



Congreso Nacional del Medio Ambiente
Cumbre del Desarrollo Sostenible

GRUPO DE TRABAJO

GT-BIOC

**DESARROLLO Y APLICACIONES DE LOS
BIOCARBURANTES**

Documento Final

PARTICIPANTES

Coordinador:

Lorenzo Baselga Aguilar
Consejo General de los Colegios Oficiales de Químicos de España

Relatores:

Mikel Balda Adrián
Acciona Biocombustibles

Emilio Font de Mora Rullán
APPA Biocarburantes

Trini Contreras Rutllan
APPA Biocarburantes

Amparo Manso Ramírez
Agencia Andaluza de la Energía

Colaboradores:

Alfonso Ezquerro
Acciona Biocombustibles

Antonio Barco Donoso
FONAMA - Junta de Extremadura

Beatriz Alonso
Abengoa

Emilio Menéndez
Universidad Autónoma de Madrid

Francisco González
FONAMA – Junta de Extremadura

Luis Miguel Pérez Pérez
OCU Ediciones

Manel Ebrí
Asociación Catalana del Biodiesel

Pablo Eugui
Acciona Biocombustibles

Pablo Gutiérrez
Abengoa

ÍNDICE GENERAL DEL DOCUMENTO

I. Definición y clasificación de los biocarburantes.....	4
II. Aplicaciones de los biocarburantes.....	27
III. Criterios de sostenibilidad.....	44
IV. Aspectos ambientales.....	57
V. Buenas prácticas.....	68

I. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS BIOCOMBUSTIBLES

1. BIOCOMBUSTIBLES DE PRIMERA GENERACIÓN

1.1. TECNOLOGÍAS DE TRANSFORMACIÓN

1.1.1. BIODIÉSEL

1.1.2. BIOETANOL

1.1.2.1. TECNOLOGÍAS BASADAS EN USO DE CEREALES

1.1.2.2. TECNOLOGÍAS BASADAS EN USO DE JUGOS AZUCARADOS

1.1.2.3. TECNOLOGÍAS BASADAS EN DESTILACIÓN DE ALCOHOLES BRUTOS

1.1.3. BIOGÁS Y BIOBUTANOL

1.2. MATERIAS PRIMAS

1.2.1. BIODIÉSEL

1.2.1.1. ACEITE DE COLZA

1.2.1.2. ACEITE DE SOJA

1.2.1.3. ACEITE DE GIRASOL

1.2.1.4. ACEITES DE PALMA Y PALMISTE

1.2.1.5. JATROPHA

1.2.2. BIOETANOL

1.2.2.1. CULTIVOS RICOS EN ALMIDÓN

1.2.2.2. MELAZAS DE CAÑA Y REMOLACHA

1.2.2.3. ALCOHOLES BRUTOS PROCEDENTES DE LA INDUSTRIA VINÍCOLA

2. BIOCOMBUSTIBLES DE SEGUNDA GENERACIÓN

2.1. TECNOLOGÍAS DE TRANSFORMACIÓN

2.1.1. DIESEL F-T

2.1.2. ETANOL

2.1.3. DME

2.1.4. HIDRÓGENO

2.1.5. BIODIÉSEL

2.2. MATERIAS PRIMAS

2.2.1. ALGAS

2.2.2. BIOMASA LIGNOCELULÓSICA

3. BIORREFINERÍAS

1. BIOCOMBUSTIBLES DE PRIMERA GENERACIÓN

Se denominan biocombustibles a aquellos combustibles líquidos o gaseosos que derivan de un material biológico y que son obtenidos de una manera renovable. Los llamados de primera generación indican la existencia de otro tipo de biocombustibles que no son de segunda y que posteriormente definiremos.

¿Qué son biocombustibles de primera generación?

En realidad no existe una clara definición, pero se entiende que son aquellos que:

- ✓ Se producen a partir de materias primas convencionales
- ✓ Reducen emisiones de gases de efecto invernadero respecto a los combustibles fósiles
- ✓ Tienen ya una presencia en el mercado
- ✓ Son imprescindibles para el desarrollo de futuras generaciones de biocombustibles
- ✓ Son producidos de manera sostenible

Seguidamente se van a desarrollar los puntos citados que son los que se debieran cumplir para clasificarlos como de primera generación.

- *Las materias primas convencionales* utilizadas para la obtención de biocombustibles son diferentes según el tipo de producto que se quiera obtener, pero todas tienen en común que utilizan materias primas existentes también en el mercado alimentario, lo cual está generando en la actualidad una notable confusión social. La errónea percepción de los biocombustibles de primera generación como favorecedores de la hambruna en países subdesarrollados ha hecho que a comienzos de año aparecieran señalados como los principales causantes de la subida del precio de los alimentos, cuando, en realidad y por lo que se refiere a la UE, menos de un 1% de la producción de cereales ha sido destinada a biocombustibles. Esta percepción ha sido completamente desmentida en la actualidad ya que las principales materias primas para la producción de biocombustibles han disminuido sus precios en más de un 50% respecto a los precios de principios de año.
- La sustitución parcial o total de los combustibles fósiles por biocombustibles está comprobado que provoca un ahorro en emisiones de dióxido de carbono. La propuesta de Directiva Europea de Energías Renovables adoptada recientemente por el Parlamento Europeo y el Consejo propone un *ahorro mínimo de un 35% de emisiones de CO2 respecto de los combustibles fósiles*. Dependiendo de qué tipo de materia prima se emplee y qué tipo de producto se obtenga, el ahorro en emisiones será diferente, pero todos tendrán que cumplir el mínimo exigido por la Directiva.
- *La consolidación en el mercado de los biocombustibles de primera generación* resulta una gran ventaja de cara a su disponibilidad comercial y a la posibilidad de

llegar así al objetivo de un 5,75% de biocarburantes para el 2010 en el sector transporte.

- Para que existan biocombustibles de segunda generación es *necesaria la existencia previa de biocombustibles de primera generación*, y debe resaltarse que la coexistencia de ambas generaciones, y no la competencia entre ellas, es la única vía para poder alcanzar los objetivos establecidos a nivel nacional y europeo para el año 2020.
- Un requisito obligatorio para la producción de cualquier tipo y generación de biocombustible es que éste *se produzca de una manera sostenible*. Ello viene estipulado en la Directiva de Energías Renovables, que establece que los biocombustibles no contarán para el objetivo de transporte renovable si no cumplen unos estrictos criterios de sostenibilidad. Dichos criterios son alcanzables con ambas generaciones de este producto.

De entre los biocombustibles de primera generación se pueden encontrar varios, pero los más comúnmente conocidos y extendidos son el biodiésel y bioetanol. De ahí que en el presente trabajo, al hablar biocombustibles de primera nos estaremos refiriendo básicamente a ellos.

1.1. TECNOLOGIAS DE TRANSFORMACIÓN

Se han clasificado las tecnologías de primera generación según el tipo de biocombustible que se quiera producir y aunque éstas sean diferentes entre sí, todas ellas presentan las siguientes ventajas respecto a las tecnologías de segunda generación.

- ✓ Alto grado de desarrollo tecnológico
- ✓ Plena disposición en el mercado
- ✓ Económicamente más viables

El alto grado de desarrollo de estas tecnologías hace que en la actualidad resulte más rentable declinarse por las tecnologías de primera, ya consolidadas, que por tecnologías de segunda, que aún requerirán más de tiempo para alcanzar su madurez.

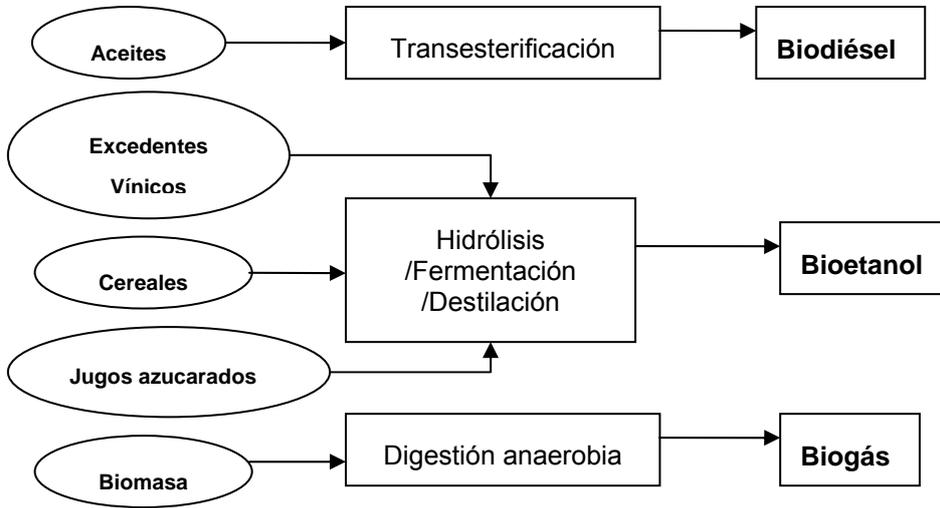
Como anteriormente se ha mencionado, el bioetanol y el biodiésel son los compuestos que básicamente se van a tratar debido a su relevancia en el mercado.

Refiriéndonos al bioetanol, básicamente toda su tecnología se encuentra centrada en EE.UU y Brasil.

Brasil fue el pionero y el que hizo la gran apuesta por este biocombustible lanzando el programa ProAlcool en los años 70. Hasta hace unos años la producción a nivel mundial ha estado siempre liderada por este país, pero en los últimos años EE.UU ha pasado a ser el principal productor.

En el caso del biodiésel, los principales productores son Alemania, Francia, Italia y Austria. Fuera de Europa están Canadá y EE.UU.

A continuación se muestra un diagrama con las principales tecnologías de primera generación.



Fuente: ACCIONA

Figura 1: Diagrama de tecnologías de transformación de primera generación

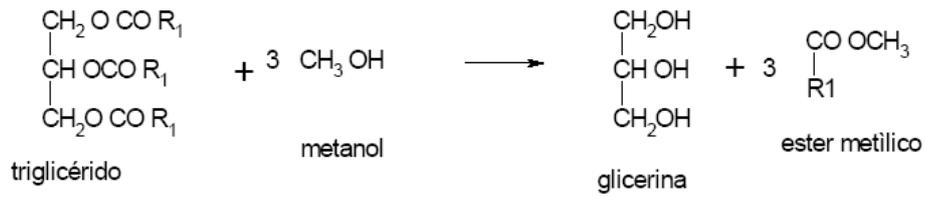
1.1.1. BIODIÉSEL

El biodiésel se obtiene mediante transesterificación. La capacidad de este proceso para tratar diferentes tipos de aceites y grasas da una idea de su flexibilidad y de la ventaja que esto representa.

Los aceites vegetales y grasas animales utilizados están compuestos principalmente de triglicéridos, que son una combinación de ácidos grasos saturados e insaturados de diferentes pesos moleculares y glicerina. Para obtener el biodiésel es necesario convertir los triglicéridos en ésteres de metilo o etilo. Esto se consigue a través de una reacción denominada transesterificación. En este proceso se produce la reacción de las tres cadenas de ácidos grasos (cadenas ésteres) de cada molécula de triglicérido con un alcohol (generalmente metanol), produciéndose la separación de estas cadenas de la molécula de glicerina. Esta separación necesita de temperatura y de un catalizador.

Tras esta separación llega la unión de las tres cadenas con el alcohol (normalmente metanol o etanol), lo que las convierte en ésteres metílicos o etílicos, es decir, en biodiésel.

A continuación se presenta la reacción de transesterificación.



El rendimiento de esta reacción es realmente alto, mayor de un 99%:

100 Kg. aceite + 10Kg. alcohol \Rightarrow 100 Kg. biodiésel + 10Kg. glicerina

El biodiésel producido deberá ser un biodiésel de calidad para su correcta comercialización y para ello deberá cumplir con la normativa UNE EN 14214.

El subproducto obtenido de la transesterificación, la glicerina, puede ser utilizada en múltiples usos después de su purificación.

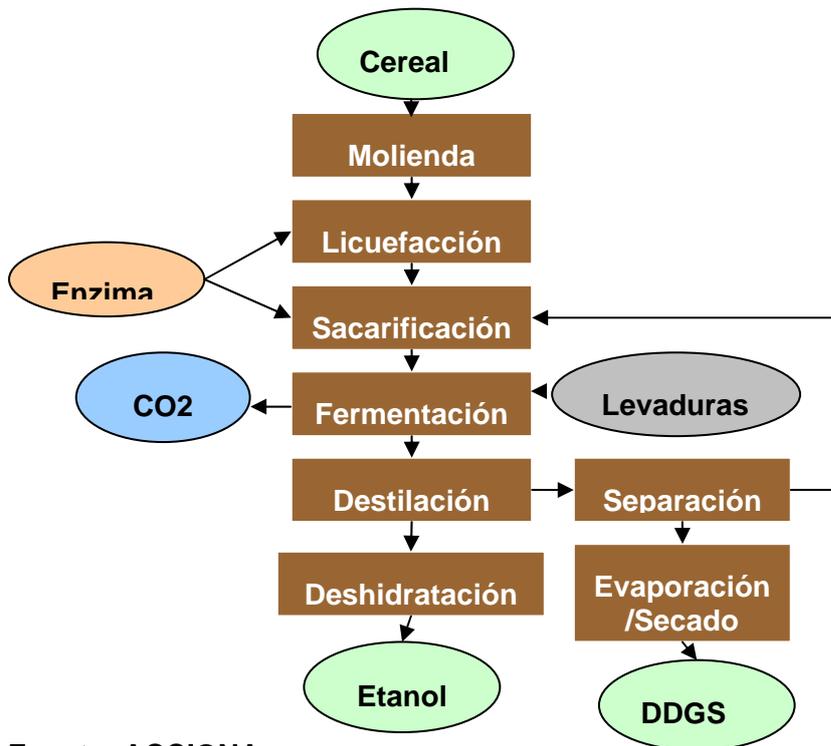
1.1.2. BIOETANOL

En este caso se distinguen:

- Tecnologías basadas en uso de cereales
- Tecnologías basadas en uso de jugos azucarados
- Tecnologías basadas en destilación de alcoholes brutos

1.1.2.1. Tecnologías basadas en uso de cereales

Esta tecnología, además de ser un proceso maduro también es flexible ya que es capaz de tratar cualquier tipo de cereal bien sea maíz, trigo, cebada etc.



Fuente: ACCIONA

Figura 2: Diagrama de obtención de bioetanol a partir del cereal

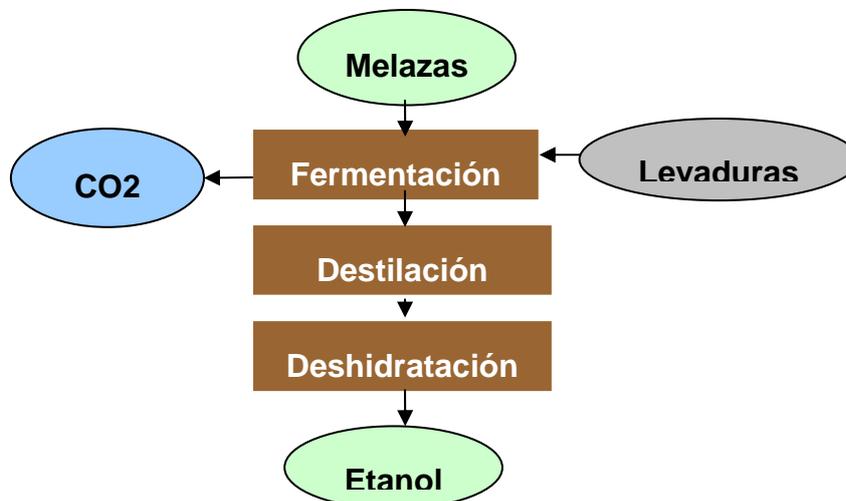
El proceso comienza con el pretratamiento de uno o varios tipos de cereal para un mejor desarrollo de las etapas posteriores. La clave de este proceso está en transformar el máximo contenido de almidón (contenido en la materia) en moléculas de glucosa, llevándose a cabo para ello las etapas de licuefacción y sacarificación.

Una vez obtenidas, se realiza una fermentación para llegar así al alcohol en cuestión. Este alcohol será tratado adecuadamente hasta el punto que llegue a cumplir normativa. En el caso del bioetanol la especificación existente y necesaria para una correcta comercialización es la UNE EN15376.

Como co-producto se obtienen DDGS (Dried Distillers Grains with Solubles), productos de alto valor proteico destinados frecuentemente a alimentación animal.

1.1.2.2. Tecnologías basadas en uso de jugos azucarados

Esta tecnología procesa materias primas ricas en azúcares (melazas de caña de azúcar o remolacha) obtenidas de la propia caña de azúcar o remolacha.



Fuente: ACCIONA

Figura 3: Diagrama de obtención de bioetanol a partir de melazas

El objetivo en este proceso es transformar los azúcares en bioetanol y para ello no es necesario realizar etapas de licuefacción ni sacarificación, bastaría simplemente con realizar una fermentación directa para obtener así el bioetanol.

1.1.2.3. Tecnologías basadas en destilación de alcoholes brutos

En este proceso a diferencia de los dos anteriores la materia prima tratada es ya un alcohol bruto procedente de excedentes vínicos.

El proceso básicamente se compone de destilaciones que serán las encargadas de eliminar los componentes indeseados en el alcohol y de conseguir un etanol que cumpla con las especificaciones exigidas (UNE EN15376).

1.1.3. BIOGÁS Y BIOBUTANOL

El biogás puede definirse como el producto gaseoso de la descomposición de la materia orgánica en condiciones anaerobias. Dicha descomposición se realiza por la acción de bacterias que transforman la materia orgánica en una mezcla de productos gaseosos o **biogás** (CH₄, CO₂, H₂, H₂S, fundamentalmente) y una mezcla de productos minerales y de compuestos de difícil degradación, denominada digestato.

MATERIA ORGÁNICA + Microorganismos → BIOGAS + DIGESTATO

El proceso de formación del Biogás se genera partir de las reacciones de degradación de la materia orgánica, en ella, se producen una serie de reacciones químicas y bioquímicas por acción de microorganismos, los cuales llevan a cabo biotransformaciones específicas.

Estas reacciones se llevan a cabo en un ambiente reductor, libre de oxígeno u otros oxidantes fuertes. Este proceso se conoce como digestión anaerobia y consta de tres etapas fundamentales que en términos generales podemos desarrollar en:

- Una primera etapa donde se produce una hidrólisis y fermentación la cual es llevada a cabo por bacterias hidrolíticas y acidogénicas que degradan los hidratos de carbono, lípidos y proteínas generando ácidos grasos volátiles, hidrógeno, amoníaco y dióxido de carbono.
- En la segunda etapa se produce ácido acético, dióxido de carbono e hidrógeno a partir de los ácidos grasos volátiles, esta fase se denomina acetogenesis.
- Por último en la fase denominada metanogenesis se produce dióxido de carbono y metano mediante bacterias metanogénicas las cuales son anaerobias estrictas.

Tras este proceso se genera un biogás que contiene un alto porcentaje en metano, CH₄ (entre 50-70%), por lo que puede ser empleado para producir energía mediante su combustión en motores, turbinas o calderas.

La composición del biogás es variable y depende del sustrato digerido y del tipo de tecnología utilizada, pero suele estar en torno a los siguientes valores:

50-70% de metano (CH₄).

30-40% de dióxido de carbono (CO₂).

≤ 5% de hidrógeno (H₂), ácido sulfhídrico (H₂S), y otros gases.

En general el biogás se genera a partir de residuos orgánicos (ganaderos, agrícolas, urbanos, lodos procedentes de tratamiento de aguas residuales,...). Las dos principales materias primas utilizadas, son por un lado los cultivos energéticos, cultivos dedicados exclusivamente a la producción de biogás como pueden ser el maíz, cereales,

sorgo, forraje, etc. de los que se obtiene un elevado rendimiento energético, y la otra opción es el uso de residuos orgánicos.

Esta segunda opción, aunque quizás con menor rendimiento energético, a parte de la producción de energía renovable tiene una serie de ventajas como es la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, ya que evita las emisiones que se producirían por la fermentación de los residuos orgánicos, y a su vez evita la contaminación de los suelos y las aguas donde se vierten estos residuos.

Un beneficio más a destacar es la reducción en parte de la dependencia energética de otras fuentes más contaminantes. Con este aprovechamiento energético de la materia orgánica se lograría una degradación de dicha materia más barata y ecológica si lo comparamos con los sistemas de tratamiento actual de la materia orgánica como son la incineración y el vertido.

A continuación veremos una tabla donde se aprecian rendimientos energéticos a partir de diferentes materias primas:

<i>Tipo de desecho orgánico</i>	<i>Biogás(m³/t)</i>
<i>Desechos agroindustriales, fabricas de jugos, enlatadoras de frutas y conservas</i>	<i>40-100</i>
<i>Residuos de mataderos y procesadoras de pescado</i>	<i>20-80</i>
<i>Residuos "verdes" de jardinerías, agrícolas, pasto, maíz</i>	<i>100-400</i>
<i>Gallinaza</i>	<i>30-40</i>
<i>Residuos orgánicos domésticos</i>	<i>40-80</i>
<i>Estiércol de cerdo</i>	<i>25-40</i>
<i>Estiércol de ganado vacuno</i>	<i>20-30</i>

Su valor energético como combustible depende de su contenido en metano. Por ejemplo, para un biogás con contenido medio de metano de un 60% se tiene un poder calorífico en torno a 6,4 kWh/Nm³. Esto equivale a 0,8 l de gasolina, a 0,6 m³ de gas natural o 0,3 kg de carbón

Desde el punto de vista de la tecnología empleada en la producción de biogás existen varios diseños de reactor para poner en contacto el sustrato con los microorganismos. De forma esquemática los más utilizados son: reactores continuos de mezcla completa y reactores de retención.

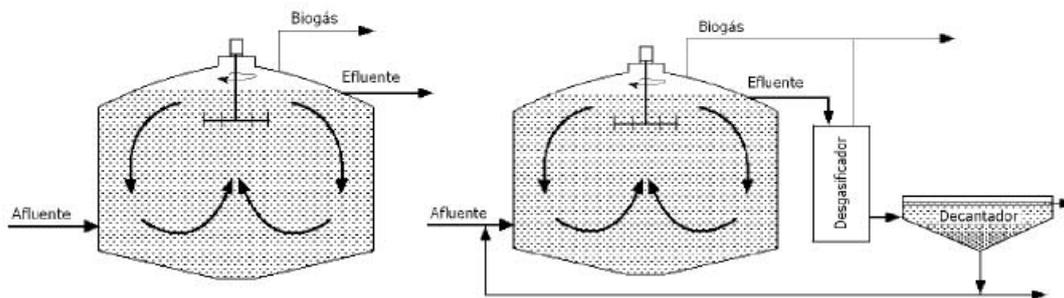
En los reactores de mezcla completa gracias a un sistema de agitación se mantiene una concentración uniforme tanto de sustrato como de microorganismos. Una

variante del reactor de mezcla completa consiste en introducir una corriente de recirculación después de concentrar la biomasa de salida.

En los reactores retención se inmoviliza la masa microbiana en soportes (filtro o lecho). Con esta tecnología se consiguen tiempos de retención menores.

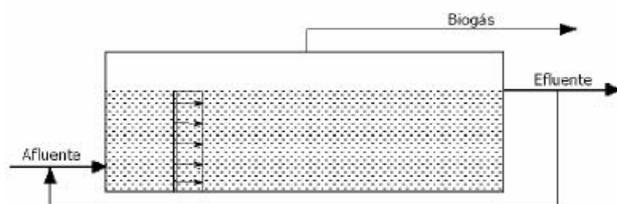
Además de los modelos anteriores se utilizan, dependiendo del tipo de sustrato a utilizar, otras configuraciones como reactor en flujo pistón e incluso reactores de mezcla completa discontinuos.

A continuación se muestran algunas de las tecnologías de producción de biogás citadas:

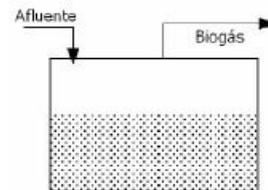


a) Reactor de mezcla completa (RMC) sin recirculación

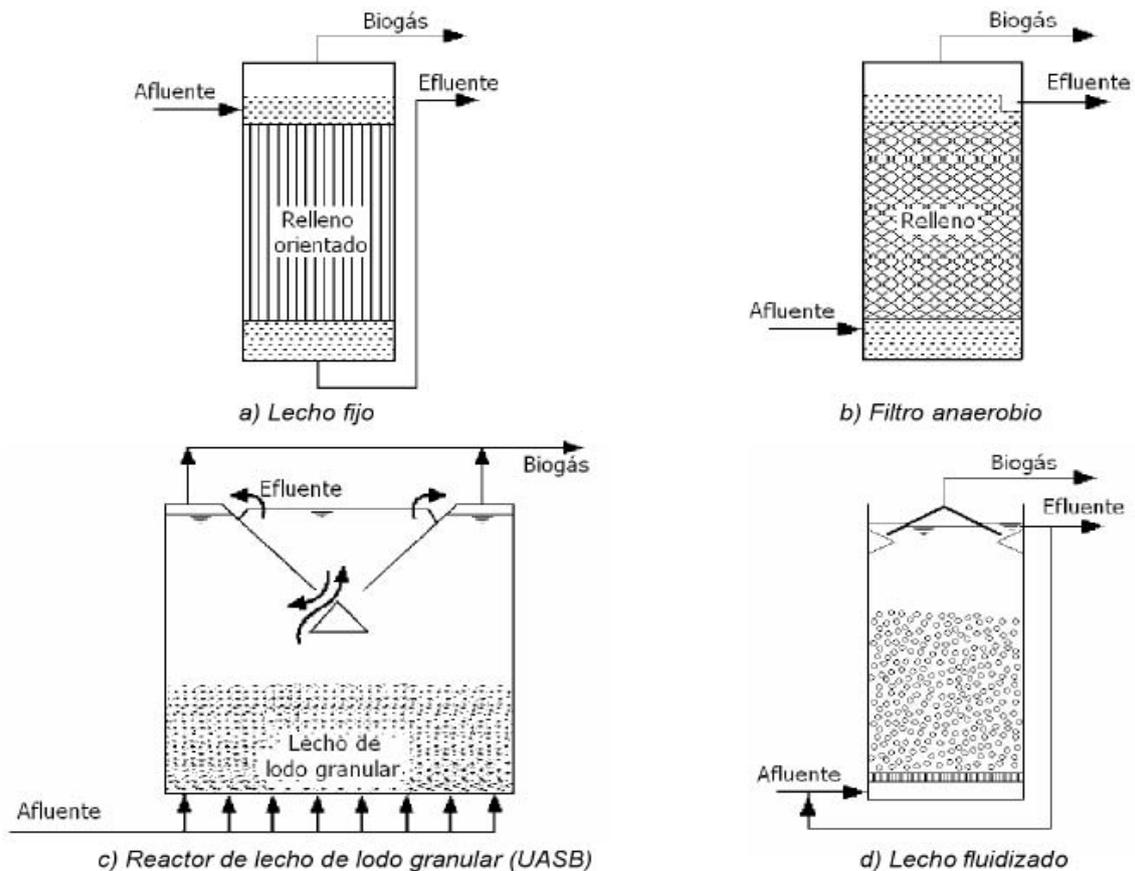
b) RMC con recirculación (contacto anaerobio)



c) Digestor de flujo pistón



d) Digestor discontinuo



1.2. MATERIAS PRIMAS

Como se ha comentado en el apartado anterior, el biodiésel se produce a partir de aceites vegetales y grasas animales. Se han clasificado las materias primas por tipo de biocombustibles.

1.2.1. BIODIÉSEL

Las materias primas convencionales más utilizadas para la producción del biodiésel son:

- ✓ Aceite de colza
- ✓ Aceite de soja
- ✓ Aceite de girasol

✓ Aceite de palma

También existen otras nuevas como puede ser el caso del aceite de Jatropha.

1.2.1.1. Aceite de colza

El aceite de colza se presenta hoy como un producto de alta calidad en el listado de aceites vegetales.

Una de las principales características es la proporción de ácidos grasos que conforman el aceite.

Los aceites en general tienen como principales componentes los ácidos grasos y éstos pueden ser saturados y no saturados. Los saturados nos darán buenas propiedades de resistencia a la oxidación y los insaturados darán buenas propiedades de comportamiento en frío.

La colza tiene valores muy bajos de ácidos grasos saturados, por lo que se convierte en un producto de primerísima calidad y que cubre las exigencias de mercado de la mayoría de los países consumidores.

1.2.1.2. Aceite de soja

El Aceite de soja es el aceite que se obtiene de la semilla de la soya (*Glycine max*). Era conocido en China 3.000 años a.C. Tiene muy buena calidad y bajo costo, y actualmente es el de mayor producción entre los aceites vegetales del mundo.

La soja es una planta leguminosa cuyo fruto es parecido a la alubia y es rico en proteínas. Su aceite se extrae de las semillas de soja *Glycine Max Merr*, Soja hispida Moench y *Dolichos soja* y aunque en nuestro país no está muy introducido, en el resto del mundo es el aceite más consumido.

El aceite de soja es bastante equilibrado en su composición de ácidos grasos. Contiene aproximadamente un 15% de ácidos grasos naturales como palmítico y esteárico, 25% de oleico, 55% de linoleico y 5% de linolénico. Este aceite tiene también un elevado contenido de tocoferoles y fosfatados (1.8%). El ácido linolénico contiene tres dobles enlaces y es fácilmente oxidable, dando como resultado una menor estabilidad de los aceites en el almacenamiento. Durante el proceso de hidrogenación se eliminan los dobles enlaces y mejora su estabilidad.

1.2.1.3. Aceite de girasol

El aceite de girasol es considerado de alta calidad por presentar un bajo porcentaje de ácidos grasos saturados y un alto porcentaje de ácidos grasos insaturados.

La producción de aceite surge de la combinación entre el número de granos, su peso por grano y su concentración de materia grasa. Estos componentes se determinan durante las fases fenológicas del cultivo.

El número de granos por unidad de superficie es el principal determinante del rendimiento en girasol, depende de la producción de primordios florales y de su supervivencia, fertilización y cuajado. El período crítico para esta definición es más amplio que en otros cultivos y se extiende desde unos 30 días antes hasta unos 20 días después de la floración. En este momento, condiciones ambientales favorables (agua, radiación, nitrógeno) aceleran la tasa de crecimiento del cultivo dando lugar a la formación de un mayor número de granos.

El fruto de girasol está formado por el pericarpio y la semilla (embrión y cotiledones) donde se acumula el aceite. Altas temperatura reducen el peso final del grano al reducir la duración del período de llenado. Los máximos pesos se logran en un rango de temperaturas medias diarias relativamente bajas (12 a 22°C). Una mayor intercepción de radiación (área foliar verde) durante el llenado de grano tiene un efecto positivo sobre tanto por prolongar la duración de esta etapa como por mejorar la tasa de acumulación de peso en el grano.

La concentración de aceite en el grano varía entre 48 y 54%.

La variación entre cultivos se atribuye a diferencias en la proporción de pericarpio (cáscara) y en la concentración de aceite en la semilla. En general, los cultivos con granos de pericarpio negro presentan una mayor concentración de aceite que los estriados. Al acortarse la duración del período de llenado de granos se reduce la concentración de aceite.

La concentración de proteínas varía entre 15 y 19%, correspondiendo los valores mayores a una menor concentración de aceite.

1.2.1.4. Aceites de palma y palmiste

De todas las cosechas de aceite actuales la palma de aceite es la que da las producciones más altas por hectárea. La fruta de la palma es un hueso de cáscara central dura rodeado por una pulpa externa (mesocarpio) que contiene el aceite de palma. El fruto contiene un hueso, del cual se extrae por prensado un tipo diferente de aceite, aceite de palmiste (palm kernel oil), dejando un residuo proteico valioso como pienso animal, la torta del núcleo de la palma..

La palma africana es originaria del Golfo de Guinea (África occidental) y se extiende hasta 15° de latitud norte y sur, pero las partes más productivas de la industria están actualmente en Malasia e Indonesia, que proporcionan la mayoría del aceite que incorpora comercio internacional.

De los racimos cosechados de las palmas se obtienen dos productos:

a) El aceite crudo de la pulpa de los frutos;

b) Las almendras que están dentro de las semillas, de las que se obtiene el aceite de palmiste.

Los racimos cosechados de las palmas se deben llevar a una planta extractora cercana al cultivo para ser procesados tan frescos como sea posible. Allí se refinan y se fraccionan los aceites para producir las oleínas y las estearinas de palma y de palmiste, que sirven en la fabricación de múltiples productos comestibles y no comestibles incorporados a la vida diaria de la población mundial. De igual manera, la torta del palmiste obtenida al extraer el aceite de las almendras, se aprovecha para la fabricación de concentrados para la alimentación animal.

El aceite que se extrae de la pulpa de los frutos es el más abundante, representando entre el 40% y el 50% del peso de cada fruto individual, mientras que en los racimos el aceite representa entre el 19% y el 25%.

Sin embargo, en la realidad del país palmicultor, se encuentra una amplia gama de productividades. Estas van desde 2.5 hasta 6.3 toneladas anuales de aceite por hectárea dependiendo de la zona donde se desarrolle el cultivo, del manejo que se le brinde, de la capacidad genética de sintetizar y almacenar aceite, de las condiciones climáticas, de la calidad del proceso y de los equipos en las plantas extractoras.

En cuanto al aceite extraído del palmiste o almendra, se debe señalar que representa alrededor del 4.4% del peso de cada fruto y entre el 2.5% y el 3.5% respecto del peso del racimo. De esta manera, teóricamente se podrían obtener entre 780 y 980 kilogramos de aceite de palmiste por hectárea.

Del procesamiento de la almendra o palmiste entre el 50% y el 56% del producto obtenido es torta, variación que depende de la limpieza del palmiste, que contiene entre el 17% y el 19% de proteína, según el tipo de extracción empleado.

1.2.1.5. Jatropha

La jatropha Curcas es un arbusto que alcanza entre 2 y 6 metros de altura, originario de Centroamérica, pero hoy en día está siendo cultivado en países de Asia (India) y África.

Además de ser usado en la medicina tradicional como purgante, y como remedio contra la erosión, su interés actual está en utilizar el aceite contenido en sus semillas para la producción de biodiésel.

Sus semillas contienen entre un 35% y un 40% de aceite, obteniéndose también una torta que se puede usar como fertilizante, aunque debido a su toxicidad no es posible usarla para alimentación animal.

Los rendimientos son muy variables, dependiendo fundamentalmente de la cantidad de agua recibida. Se puede considerar 3 Tm/ha de semilla como rendimiento más representativo en situaciones semiáridas aunque en condiciones óptimas de precipitaciones o riego se puede llegar a superar las 10 Tm/ha.

Es un cultivo que entra en producción desde el primer año aumentando progresivamente su producción hasta el quinto año, a partir del cuál se mantiene y puede llegar a estar 40

años en producción. En función de la bondad del clima, se obtendrán una o varias cosechas anuales.

El cultivo de *Jatropha* se muestra como una oportunidad para la industria del biodiésel por varios motivos. El aceite obtenido tiene una calidad buena para producir biodiésel con lo que se presenta como una alternativa a los actuales aceites utilizados como el aceite de palma, siempre y cuando se solucionara los problemas de toxicidad de sus subproductos (torta, glicerina). Desde el punto de vista agronómico es un cultivo del que se puede obtener producción en suelos poco productivos y que tolera bien períodos de sequía aunque en este tipo de condiciones vería mermada su producción.

1.2.2. BIOETANOL

Los procesos industriales de obtención de etanol existentes en la actualidad emplean las siguientes materias primas.

- ✓ Cultivos ricos en almidón
- ✓ Melazas de caña y remolacha
- ✓ Alcoholes brutos procedentes de industria vinícola

1.2.2.1. Cultivos ricos en almidón

Una de las principales características a tener en cuenta es la cantidad de almidón contenido en los cultivos. Será por tanto un factor determinante a la hora de obtener un rendimiento u otro.

El almidón es un polímero compuesto de unidades de glucosa (D-glucosa) que a su vez están dispuestas formando dos tipos de estructuras poliméricas:

- **Amilosa:** polímero lineal formado por unidades de glucosa unidas mediante enlaces $\alpha(1\rightarrow4)$.
- **Amilopectina:** polímero formado por unidades de glucosa unidas mediante enlaces $\alpha(1\rightarrow4)$ y que presenta ramificaciones aproximadamente cada 25 unidades de glucosa. Estas ramificaciones surgen mediante la formación de enlaces $\alpha(1\rightarrow6)$ entre las unidades de glucosa.

Las diferencias estructurales existentes entre ambos polímeros vienen determinadas por el tipo de enlace establecido entre las unidades de glucosa. Por ello a la hora de hidrolizar el almidón para liberar las unidades monoméricas que lo componen es necesario operar en varias etapas.

Además es importante destacar que el contenido en amilosa y amilopectina puede variar dependiendo de la materia prima y va a determinar las condiciones necesarias para llevar a cabo la hidrólisis del almidón.

Dentro de los cultivos **ricos en almidón**, destaca mayoritariamente el grano de cereal (maíz, trigo, cebada y centeno). El maíz es la materia prima que se emplea mayoritariamente en EE.UU , mientras que en la UE las materias primas más utilizadas son el trigo, la cebada y el centeno. También hay que indicar que en los últimos años China está comenzando la producción de bioetanol a partir de grano de trigo y maíz.

En cuanto a su composición cabe destacar que el trigo, cebada y centeno tienen un menor contenido en almidón que el maíz por lo que la utilización de éstos requerirá un sobredimensionamiento de la planta para una misma capacidad de producción.

1.2.2.2. Melazas de caña y remolacha

Los principales cultivos azucarados empleados para la producción de jugos (normalmente denominados melazas) que pueden ser fermentados a bioetanol son:

- Caña de azúcar.
- Remolacha azucarera.

La caña de azúcar (16,5% azúcares) se emplea mayoritariamente en Brasil y otros países de clima tropical (como India y Tailandia), mientras que la remolacha azucarera (20,4% azúcares) se emplea casi exclusivamente en Europa (Francia y Reino Unido).

Sin embargo, a pesar de que en la actualidad se están desarrollando procesos capaces de transformar íntegramente estos cultivos a bioetanol, es importante destacar que constituyen las dos materias primas más importantes para la obtención de azúcar para uso alimentario y por esta razón los procesos más comunes y desarrollados son los que permiten el aprovechamiento de las melazas obtenidas tras la extracción de este producto.

Existen varios tipos de melazas, siendo las de caña de azúcar y remolacha azucarera las más abundantes y se componen básicamente de los jugos azucarados obtenidos tras la cristalización del azúcar en las plantas azucareras.

A primera vista las melazas pueden parecer la materia prima más adecuada para la producción de bioetanol. Esto es debido a que los azúcares se encuentran libres en el medio líquido y por tanto, no es necesario llevar a cabo procesos de hidrólisis como en el caso del grano de cereal u otras materias primas ricas en almidón.

El grado de concentración de estos jugos se suele medir en ° BRIX. Se trata de una medida que determina el contenido en azúcares de un líquido si todos los sólidos en suspensión fuesen azúcares.

Las melazas de remolacha azucarera suelen tener un menor contenido en azúcares que las de caña y su composición es mayoritariamente sacarosa.

1.2.2.3. Alcoholes brutos procedentes de la industria vinícola

Estos alcoholes procedentes de excedentes vínicos tienen alrededor de 92°. Esto hace que el proceso se simplifique ya que la materia prima de partida se trata ya de un alcohol.

2. BIOCOMBUSTIBLES DE SEGUNDA GENERACIÓN

Sin duda la existencia de anteriores biocombustibles ha dado lugar a la aparición de otras generaciones, pero en realidad no existe una clara línea divisoria entre ambas.

¿Qué son los biocombustibles de segunda generación?

Se entiende como biocombustibles de segunda a aquellos que:

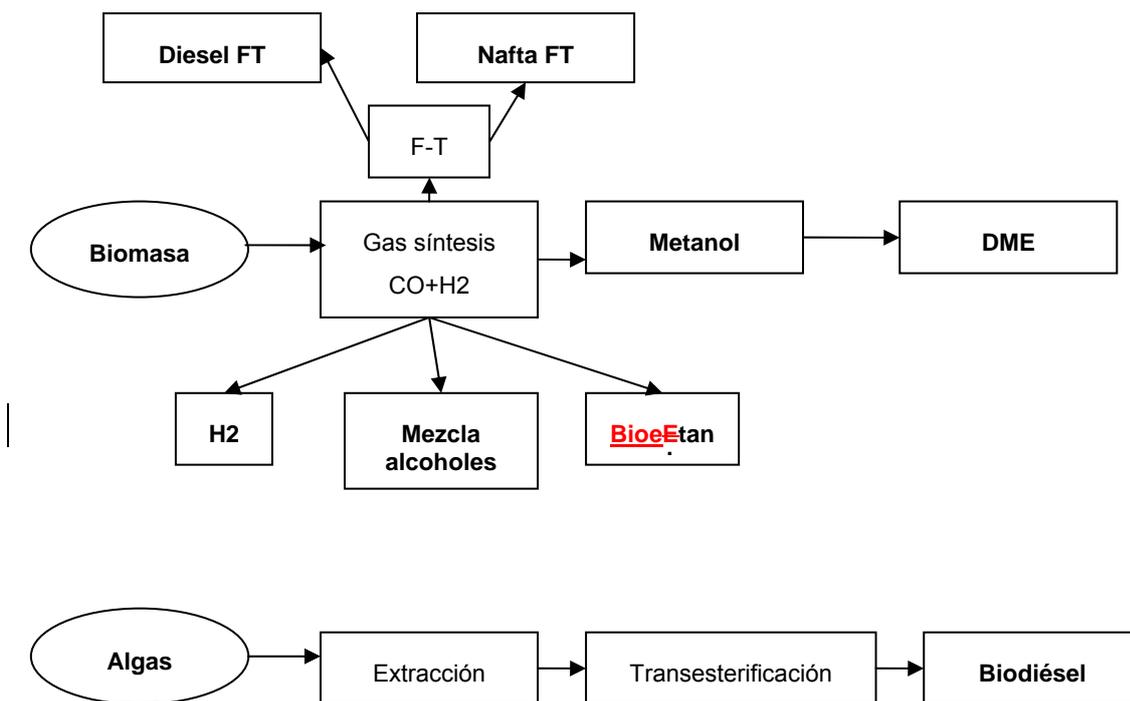
- ✓ Utilizan materias primas no convencionales (lignocelulósicas u otras)
 - ✓ Presentan una elevada capacidad de reducción de emisiones de efecto invernadero y de ahorro energético
 - ✓ Se obtienen a partir de procesos complejos
 - ✓ Son producidos de manera sostenible
- *Estas materias primas* (lignocelulósicas u otras) presentan una clara ventaja frente a las convencionales y es que no compiten con el mercado alimentario y por tanto están fuera de polémica social. Con ellas se consigue un aumento en el rango de materias para la producción de biocombustibles y se reduce aún más el riesgo de depender de una sola, como es el caso del petróleo en los combustibles fósiles.

Dentro de la gran variedad de materias primas, lo realmente importante no es la elección de una de éstas, sino que independientemente de cuál se escoja, el biocombustible debe ser producido de una *manera sostenible*. Así por tanto serán igual de válidas tanto las tecnologías de primera como las de segunda.

- Como ya se ha comentado la consecución del mínimo ahorro de emisiones establecido por la Directiva de Energías Renovables es requisito imprescindible para poder llevar a cabo cualquier tipo de producción si se pretende contabilizar para la consecución del objetivo y obtener ayudas fiscales y la mayoría de procesos de transformación de segunda generación presentan *gran capacidad de ahorro medioambiental y energético*.
- Los procesos denominados de segunda generación son *procesos complejos* que aún no tienen un grado de desarrollo como pueden tenerlos los de primera (se encuentran en una fase preindustrial), pero que sin lugar a duda tendrán una disponibilidad comercial en un periodo muy breve de tiempo y además serán necesarios para, junto con los de primera, lograr reducir la dependencia energética y los efectos medioambientales.

2.1. TECNOLOGÍAS DE TRANSFORMACIÓN

El abanico de compuestos que se pueden obtener a partir de tecnologías de segunda generación es muy amplio. Los principales se pueden observar en el siguiente diagrama.



Fuente: ACCIONA

Figura 4: Diagrama de tecnologías de transformación de segunda generación

2.1.1. DIESEL F-T

El proceso Fischer-Tropsch (F-T) permite obtener combustibles similares a los que se obtienen a partir del refinado del petróleo y es un proceso que presenta mayor flexibilidad ya que permite dirigir la síntesis y lograr las características deseadas del producto. Se pueden obtener dos tipos de combustibles con las siguientes características:

- Elevado número de cetano (>74) y contenido nulo en compuestos aromáticos.
- Moderado número de cetano (60) y bajo contenido en compuestos aromáticos(<15%)

Como ya se ha dicho las propiedades del diesel F-T son muy similares a la del diesel derivado del petróleo, por tanto, es perfectamente compatible con la red de almacenamiento, distribución y manejo existente para el diesel fósil, sin necesidad de realizar modificaciones.

Los fabricantes de automóviles aceptan su empleo en motores diesel aunque aconsejan la adición de aditivos para mejorar su lubricidad, ya que es menor que la del diesel fósil. Por ello, a la hora de emplearlo como combustible en los motores diesel es conveniente adicionar un lubricante que podría ser el propio diesel e incluso biodiésel.

2.1.2. BIOETANOL

Aunque en el diagrama sólo aparece una forma de obtención de bioetanol (gasificación y síntesis), en realidad existen 3 vías. Estas son:

- **Proceso de obtención de bioetanol mediante hidrólisis enzimática y fermentación (Bioquímico)**
- **Proceso de obtención de bioetanol mediante gasificación y fermentación (Mixto o combinado)**
- **Proceso de obtención de etanol mediante gasificación y síntesis (Termoquímico)**

El proceso termoquímico (expuesto en el diagrama) presenta mayor robustez en cuanto a las condiciones de proceso ya que no requiere de la presencia de seres vivos (levaduras etc..) como en el caso de la ruta mixta y bioquímica.

El aprovechamiento de la materia prima es otro factor a tener en cuenta ya que según qué proceso se escoja ésta se consumirá parcial o totalmente. En el caso de las vías termoquímicas y mixtas el aprovechamiento de la materia para la conversión a bioetanol es total mientras que en la vía bioquímica sólo se aprovechan los hidratos de carbono presentes en la materia prima de partida.

Estas son algunas de las diferencias que pueden presentar entre sí pero la elección de un proceso u otro requerirá de un estudio muy minucioso ya que van a depender de múltiples factores.

2.1.3. DME

El dimetil éter (DME) es un combustible sintético que no se suele obtener a partir del refino de petróleo. Existen 2 vías de producción:

-Síntesis en dos etapas a partir del metanol:

Primero se sintetiza el metanol que posteriormente es deshidratado para obtener el DME. Este es el proceso más empleado actualmente.

- Producción directa a partir del gas de síntesis:

Es un proceso muy reciente en desarrollo pero resulta más eficiente en términos económicos y de consumo energético.

2.1.4. HIDRÓGENO

El proceso más común de obtención de H₂ es a partir del gas natural, sin embargo también existen otras fuentes potenciales de producción como es el caso de la biomasa y sobre todo mediante hidrólisis del agua utilizando electricidad.

La producción de hidrógeno a partir del gas de síntesis obtenido mediante gasificación de biomasa se encuentra en una etapa experimental, debido a la mayor complejidad del proceso de gasificación y al menor contenido en hidrógeno de la biomasa con respecto al gas natural.

2.1.5. BIODIÉSEL

Algas

En cuanto al proceso se refiere, la tecnología de extracción será diferente a la empleada con materias convencionales.

Las algas se cultivan en balsas, tubos o canales de escasa profundidad, para permitir una mayor iluminación. Una vez desarrolladas y aportando debidamente los componentes esenciales, se extraen de su medio de crecimiento mediante un adecuado proceso de separación y se extrae el aceite. Finalmente tendrá lugar la conversión de éste a biodiésel mediante la reacción de transesterificación.

2.2. MATERIAS PRIMAS

Las materias primas utilizadas en tecnologías de transformación de segunda generación son:

- **Algas, etc**

- **Biomasa lignocelulósica**

2.2.1. Algas

Las algas son unos organismos vegetales que necesitan 3 componentes esenciales para su desarrollo: luz, anhídrido carbónico y agua.

Algunas especies contienen un alto contenido en grasas que resultan determinantes para la producción de aceites o biodiésel.

Los cultivos de algas comenzaron en los años 60 en Japón para la industria alimentaria, y en el año 78 se inició el desarrollo de cultivos de algas para la producción de biocombustibles. Actualmente hay diversos centros de investigación que están desarrollando nuevas variedades de algas y los rendimientos van mejorando constantemente. Estos son prometedores pero habrá que esperar a un mayor escalado para poder tener datos más fiables.

2.2.2. Biomasa lignocelulósica

La biomasa lignocelulósica engloba una gran parte de los materiales con alto contenido de celulosa que se generan como residuos en los procesos productivos de los sectores agrícola, forestal e industrial. Dichos materiales son susceptibles de ser utilizados como materia prima para la producción de los productos anteriormente citados.

- **Los residuos agrícolas** proceden de los cultivos leñosos y herbáceos, y entre ellos hay que destacar los producidos en los cultivos de cereal y en algunos otros cultivos con utilidad industrial textil y oleícola.
- **La biomasa de origen forestal** proviene de los tratamientos silvícolas y de la mejora y mantenimiento de los montes y masas forestales.
- **La biomasa de origen industrial** engloba aquellos residuos generados en las industrias, como la papelera, y la fracción orgánica de los residuos sólidos industriales. Muchos de estos residuos no sólo tienen un valor económico en el contexto en el que se generan, sino que suelen provocar problemas ambientales durante su eliminación.
- **Los cultivos energéticos** que incluyen cultivos de naturaleza herbácea y forestal (switchgrass, elephantgrass, myscanthus, chopo de corta rotación, etc.).

La biomasa lignocelulósica presenta una estructura compleja compuesta de tres fracciones que deben ser procesadas por separado para asegurar una conversión eficiente de este tipo de materiales a etanol; estas tres fracciones son la celulosa (representa normalmente entre 40-60% de la biomasa seca), la hemicelulosa (representa normalmente entre 20-40% de la biomasa seca) y la lignina (representa normalmente entre 10-25% de la biomasa seca). De esta forma, puede decirse que el complejo lignocelulósico es una especie de matriz de carbohidratos compuesta de celulosa y lignina, enlazada por cadenas de hemicelulosa.

La celulosa está compuesta de cadenas largas de moléculas de D-glucosa unidas por enlaces beta (1-4) que, a su vez, se agrupan en estructuras superiores de gran cristalinidad, lo que dificulta su hidrólisis y conversión a azúcares fermentables. Sin embargo, una vez se producen los azúcares simples, pueden fermentarse sin dificultad. La celulosa puede ser hidrolizada a etanol mediante procesos ácidos o enzimáticos.

La hemicelulosa está formada por polímeros de azúcares de cinco átomos de carbono (principalmente xilosa). Esta fracción es fácilmente hidrolizable ya que no presenta estructura cristalina; sin embargo, la xilosa es un azúcar difícil de fermentar a etanol.

La lignina es un polímero tridimensional de unidades de fenilpropano ligadas por enlaces éster y C-C.

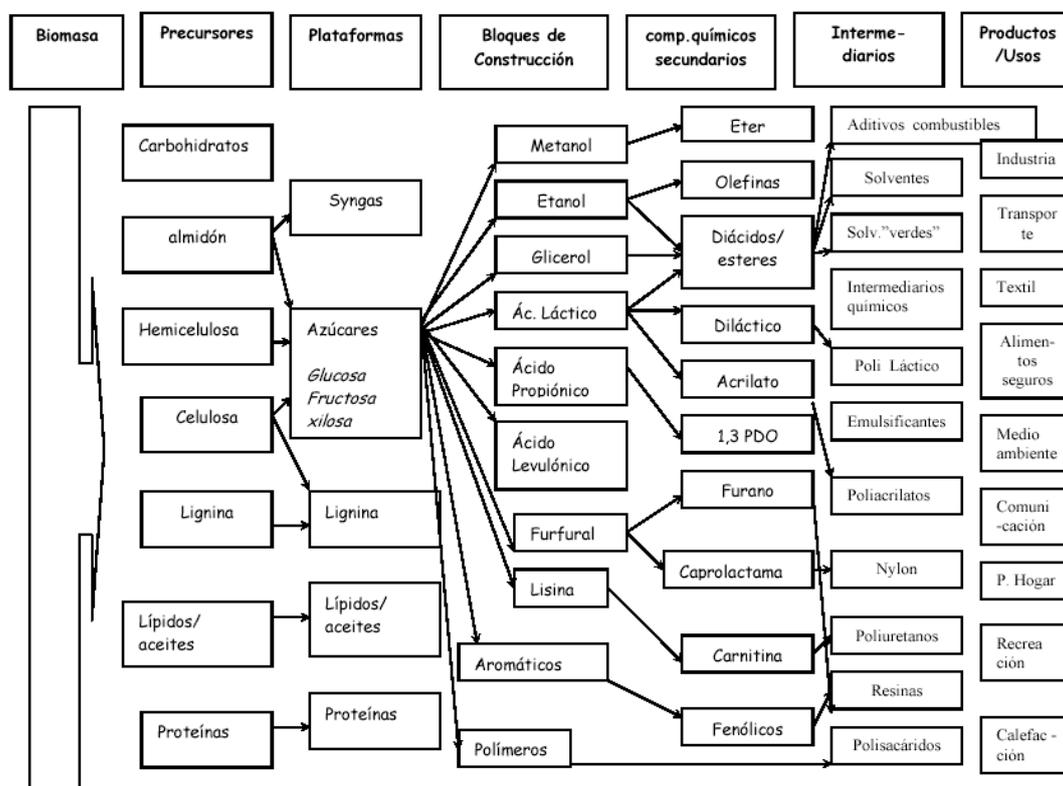
Además de estas tres fracciones, la biomasa lignocelulósica también está compuesta por un pequeño porcentaje de **cenizas**.

3. BIORREFINERÍAS

Las biorrefinerías se definen como los medios de producción que integran procesos de conversión de biomasa y equipos para producir combustible, energía y productos químicos a partir de la misma. Los carbohidratos, proteínas, lignina y otros componentes que puede generar la biomasa son convertidos en compuestos químicos de alto valor añadido.

Existen 4 sistemas de biorrefinerías clasificados de acuerdo la biomasa considerada:

- Biorrefinerías de naturaleza “seca”, lignocelulósico utilizando biomasa que contienen alta cantidad de celulosa
- Biorrefinerías de “grano”, que utilizan materias primas como cereal o maíz
- Biorrefinerías de” naturaleza húmeda” que utilizan biomasa como puede ser alfalfa
- Biorrefinerías que incluyen la plataforma de azúcares basada en la conversión química y bioquímica de los azúcares extraídos de la biomasa por fermentación y la plataforma de syngas, basada en procesos de conversión termoquímica.



Fuente: INTI

Figura 5: Diagrama de productos biobasados a partir de biomasa y sus posibles usos

II. LAS APLICACIONES DE LOS BIOCOMBUSTIBLES LÍQUIDOS Y GASEOSOS

1. INTRODUCCIÓN
2. BIODIÉSEL
 - 2.1. UTILIZACIÓN EN VEHÍCULOS DIÉSEL
 - 2.2. COGENERACIÓN Y USOS TÉRMICOS
3. BIOETANOL
 - 3.1. UTILIZACIÓN COMO ETBE
 - 3.2. UTILIZACIÓN EN ESTADO PURO EN PEQUEÑOS PORCENTAJES
 - 3.3. UTILIZACIÓN EN VEHÍCULOS FLEXIBLES
 - 3.4. UTILIZACIÓN EN MOTORES DIESEL
4. BIOGÁS
 - 4.1. UTILIZACIÓN EN VEHÍCULOS
 - 4.2. COGENERACIÓN Y USOS TÉRMICOS
5. USO DE BIOCARBURANTES EN AVIACIÓN, TRANSPORTE FERROVIARIO Y NAVAL
 - 5.1. USO EN AVIACIÓN
 - 5.2. USO EN TRANSPORTE FERROVIARIO Y MARINO

1. Introducción

Los biocombustibles líquidos y gaseosos pueden ser utilizados con fines de transporte, en vehículos (incluyendo turismos, furgonetas, camiones, etc...) aviones, trenes... en cuyo caso se denominan biocarburantes, o en calderas estáticas para la producción de calor y/o electricidad. A continuación se recogen los principales aspectos de las aplicaciones del biodiésel, el bioetanol y el biogás, principales biocombustibles producidos y consumidos en España.

2. Biodiésel

El biodiésel es un éster producido a partir de la reacción de triglicéridos de aceites vegetales o grasas animales con un alcohol de cadena corta, proceso llamado transesterificación. Como alcohol en Europa se utiliza normalmente metanol, lo que da lugar a ésteres metílicos. En cambio, en Brasil y Estados Unidos, los otros dos grandes mercados mundiales del biodiésel, se utiliza tanto metanol como etanol.

Por su composición y propiedades los ésteres metílicos pueden ser utilizados en motores de ignición por compresión, es decir, vehículos diesel, y en calderas de gasóleo. Así, el biodiésel posee densidades y viscosidades similares a la del gasóleo, una mayor lubricidad y un mayor número de cetano, lo cual hace que su combustión en motores diesel sea adecuada, e incluso mejor que cuando se utiliza gasóleo.

2.1. **Utilización en vehículos diésel**

Los ésteres metílicos pueden ser utilizados en motores diesel en estado puro o en mezcla con gasóleo A. En España ello viene regulado por el Real Decreto 61/2006, de 31 de enero, *por el que se determinan las especificaciones de gasolinas, gasóleos, fuelóleos y gases licuados del petróleo y se regula el uso de determinados biocarburantes*.

El estado puro (producto que normalmente se denomina B100) el vehículo puede requerir pequeñas modificaciones que deben ser homologadas por el fabricante. Actualmente en España existen 8 gasolineras que suministren B100¹, además de otras flotas cautivas e instalaciones privadas que usan este porcentaje. Alemania es prácticamente el único país de la Unión Europea en el que se utiliza en cantidades significativas.

Para comprobar qué incidencia pudiera tener el B100 en los vehículos, Acciona Biocombustibles ha realizado diferentes pruebas tanto a nivel de flotas cautivas como

¹ Situadas en las provincias de Alicante (1), Barcelona (1), Burgos (1), Ciudad Real (1), Cuenca (1), Murcia (1), Valencia (2). Fuente: MITYC.

con la industria automovilística. A continuación se describen dichas pruebas y se enumeran las conclusiones.

A nivel interno se seleccionaron diferentes vehículos turismos en función de su sistema de inyección: indirecta o directa (common-rail, bomba rotativa, inyector bomba). A los modelos seleccionados se les realizó un seguimiento de control basado en: Km realizados, litros repostados y observaciones e incidencias en la conducción.

También se realizaron pruebas similares en camiones. Se seleccionaron 180 camiones Renault Magnum/Premium y 16 camiones Scania 420. La duración de éstas fue de alrededor de un año.

En relación a la industria automovilística (Renault) se trabajó conjuntamente en 15 vehículos. Los vehículos escogidos fueron 6 Renault Clio, 4 Renault Kangoo, 3 Renault Laguna , 2 Renault Megane.

Actualmente y a nivel regional se está suministrando biodiésel 100% a 50 autobuses de la Montañesa (Transporte Urbano de Pamplona).

Los resultados de todas estas pruebas han revelado que:

- En cuanto a la **durabilidad**, los repuestos de caucho del motor no sufrieron degradación alguna, al igual que los inyectores y las bombas de inyección. El estado del aceite lubricante fue similar al usado con gasoil y los periodos de cambio se mantuvieron similares a los del gasoil.
- Los **filtros de combustible**, analizados por Bosch, no mostraron ninguna degradación.
- Los **consumos** con biodiésel son **similares** a los de gasoil.
- Se produce una **Disminución** significativa en **emisiones contaminantes**
- En general todas las pruebas transcurrieron con normalidad y no se observó ninguna incidencia.

En mezclas inferiores al 30% con gasóleo, el biodiésel se puede utilizar en vehículos sin modificaciones. El R.D. 61/2006 permite el uso de cualquier porcentaje de mezcla siempre que se cumpla con los límites especificados en el anexo II del mismo.

Recientemente la Comisión Europea ha manifestado que su uso en porcentajes del 10% (v/v) o superiores no entraña problemas para el motor².

Sin embargo, generalmente, los fabricantes de vehículos no garantizan su uso en porcentajes superiores al 5% (v/v), con arreglo a la norma de calidad del gasóleo UNE EN 590³, que permite dicho porcentaje de mezcla. De acuerdo con esta norma, los porcentajes de biodiésel por debajo de y hasta el 5% (v/v) se consideran gasóleo.

La norma EN 590 está siendo actualmente revisada para, en una primera etapa, permitir la mezcla hasta el 7% (v/v) y, posteriormente, aumentar al 10% (v/v). Asimismo, la propuesta de Directiva de Energías Renovables publicada por la Comisión Europea el pasado 23 de enero (y actualmente en proceso de negociación con el Parlamento Europeo y el Consejo) propone dichos aumentos en unas fechas determinadas: 31 de diciembre de 2010 para mezclas del 0 al 7% (v/v) y 31 de diciembre de 2014 para el 5% al 10%(v/v). Dichas mezclas deberán estar disponibles en el mercado en las estaciones de servicio con más de dos surtidores que vendan gasóleo.

A pesar de la tendencia general de los fabricantes, existen varias experiencias e iniciativas de fabricantes de automóviles que demuestran que el uso de porcentajes más elevados es perfectamente factible:

- ⇒ En Francia existe el “Partenariat Diester”⁴, asociación sin ánimo de lucro cuyo objetivo es promover la utilización de mezclas diesel/biodiésel al 30% en flotas cautivas. Según los datos que maneja esta asociación en el año 2006 más de 6.000 vehículos funcionaron con este tipo de mezclas. A fin de 2007 el número aumentó hasta superar los 8.000 vehículos.
- ⇒ Durante doce años (desde 1993 a 2005) una flota de 14 vehículos ligeros (10 con motores de inyección indirecta y 4 con tecnología *common rail* y filtro de partículas) y 20 camiones pesados (Euro 0 y Euro 3) utilizó una mezcla de 50% biodiésel/50% gasóleo y gasóleo puro, este último con el objetivo de poder comparar resultados. Ninguno de los motores mostró funcionamientos distintos al trabajar con uno u otro biocarburante⁵.

Actualmente en España existen 443 gasolineras que suministran mezclas de biodiésel en porcentajes superiores al 5% (v/v)⁶, que van desde el 5,5% al 50%, aunque generalmente, se concentran en el rango de 20-30% (321).

² European Commission, DG TREN, “*Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources*” COM(2008) 19 final

³ UNE EN 590 – Combustibles de automoción. Diesel. Requisitos y métodos de ensayo.

⁴ <http://www.partenaires-diester.fr/index.php>

⁵ P. Gateau. “*Twelve years of using 50% RME fuel mixture in heavy trucks and light vehicles*”. AEA 2006. 5-6 abril 2006, Poitiers, Futuroscopes.

⁶ www.mityc.es. Información sobre los precios de los carburantes en las estaciones de servicio.

El biodiésel, ya sea mezclado o en estado puro, debe cumplir con las especificaciones de la norma UNE EN 14214⁷, excepto en el índice de yodo cuyo límite se aumenta de 120 a 140. Este parámetro es un indicador de la saturación de un aceite o éster y se ha venido utilizando desde hace muchos años por la industria aceitera para determinar de forma sencilla e indirecta la facilidad de un aceite para oxidarse con el paso del tiempo.

El aumento introducido en el R.D. 61/2006 está justificado para permitir la fabricación de biodiésel de aceites vegetales autóctonos, como el aceite de girasol y de soja, cuyos índices de yodo son superiores a 120, y que se cultivan en tierras españolas desde hace muchos años. Ello, no supone problemas para la utilización de vehículos como ha demostrado un reciente estudio financiado por la Unión Europea⁸, que ha concluido que este parámetro puede ser eliminado al existir otros (estabilidad a la oxidación, contenido en ésteres poli-insaturados y ésteres linolénicos) que aportan un aseguramiento adecuado de la calidad. De hecho, la norma EN 14214 está en proceso de revisión en el Comité Europeo de Normalización (CEN) y uno de los parámetros objeto de modificación es el índice de yodo con el propósito de permitir el uso de más materias primas aparte de la colza, que es la materia prima más utilizada actualmente en la UE y que sí tiene índices de yodo inferiores a 120.

2.2. Cogeneración y usos térmicos

El biodiesel como sustituto del gasoil puede emplearse en calderas para usos térmicos e incluso en motores para cogeneración. Desde el punto de vista técnico no existe ninguna dificultad, consiguiéndose los mismos resultados consumiendo biodiésel que cuando se consume gasoil, con la diferencia sustancial de que con el biodiésel se genera menos contaminación.

En España no existen experiencias conocidas. Sin embargo, en otros países de la UE como Alemania e Italia su uso está más extendido. La escasa repercusión en el mercado español de este tipo de aplicaciones se debe a la fiscalidad aplicable al gasóleo C de calefacción, inferior a la del gasóleo A de automoción, que hace que no sea económicamente rentable utilizar biodiésel. En Italia, donde el impuesto de gasoil de calefacción es igual al de automoción, la mitad de la producción de biodiésel es utilizada en calefacción.

En el caso de Alemania, el ejemplo más representativo lo constituye el Parlamento Nacional, o Reichstag, que utiliza biodiésel en sus calderas para suplir hasta el 40% de sus necesidades energéticas. El consumo anual de biodiésel se sitúa alrededor de

⁷ UNE EN 14214 – Combustibles de automoción. Ésteres de metilo de ácidos grasos (FAME) para motores diesel. Requisitos y métodos de ensayo

⁸ M. Mittelbach, S. Schober "Bioscopes Project– Lot. 1c. State of the Art of Biodiesel". Institute of Chemistry, University of Graz.

3.000 toneladas al año, que son utilizadas en calderas de producción **combinada** de calor y electricidad.

Los ésteres metílicos que se utilicen para la combustión en calderas deben cumplir con la norma EN 14213. Esta norma es muy similar a la EN 14214 para uso como carburante de automoción, excepto en que se permite una menor estabilidad a la oxidación y un índice de yodo de 130, debido a la mayor robustez de las calderas.

En el caso de mezclarse con gasóleo de calefacción, como se estipula en la norma EN 14213, *“las mezclas resultantes deberían cumplir los requisitos de las normas nacionales para estos combustibles en aquellos países en los que aplique esta norma”*. En el caso de España, dichas especificaciones son las incluidas en el anexo III del R.D. 61/2006 para el gasóleo C.

3. Bioetanol

El bioetanol es etanol producido a partir de la fermentación de materia orgánica con altos contenidos en almidón. El uso de enzimas avanzadas está permitiendo, además, su obtención a partir de material lignocelulósico.

Por sus características es utilizado normalmente como carburante en motores de ciclo Otto, mezclado con gasolina. Según el R.D. 61/2006, puede ser usado en vehículos sin ninguna modificación, ya sea mezclado en estado puro en porcentajes hasta el 5% (v/v) y/o formando parte de éteres (ETBE), que pueden ser añadidos en porcentajes hasta el 15% (v/v). En todo caso, la mezcla resultante no puede superar el 2,7% (m/m) de oxígeno en su contenido. También puede ser utilizado en mayores proporciones en vehículos flexibles y motores diesel modificados.

3.1. Utilización como ETBE

Las siglas ETBE hacen referencia a eter ter-butílic. Los éteres son compuestos oxigenados que se utilizan en mezcla con gasolina para aportar oxígeno a la misma. De esta forma, se consigue aumentar el octanaje, parámetro que mide la buena combustibilidad y que por tanto, cuanto más elevado sea, mejor.

El ETBE se fabrica mediante la reacción de bioetanol con isobutileno en porcentajes del 45%. El isobutileno es un derivado del petróleo que se fabrica en las mismas refinerías.

El ETBE se utiliza como sustituto del MTBE y del plomo, aditivos que se utilizaban anteriormente con el mismo propósito que pero que han ido quedando en desuso, o han sido prohibidos en el caso del plomo, por sus efectos nocivos sobre la salud humana y el medio ambiente.

Hasta ahora, podía ser utilizado en porcentajes iguales o inferiores al 15% (v/v), aunque la reciente aprobación de la Directiva de Calidad de carburantes (Directiva 70/98/CE) permite porcentajes de mezclas de hasta el 22%. Actualmente, prácticamente todas las gasolinas en España contienen ETBE en su composición.

3.2. Utilización en estado puro en pequeños porcentajes

En estado puro, el Real Decreto 61/2006 permite su uso en mezcla con gasolina en porcentajes inferiores o iguales al 5% (v/v). En estos casos, las mezclas se consideran gasolina tal como se recoge en el anexo I de la misma. Las especificaciones de dicho anexo dimanarían de trasposición de la Directiva Europea de Calidad de carburantes.

Como excepción a la Directiva, en España se permite que las mezclas de bioetanol y gasolina por debajo del 5% puedan tener una presión de vapor de 70 kPa en verano y 85 kPa en invierno, mientras que la Directiva exige como máximo 60 kPa y 80 kPa, respectivamente. Esto supone ir en contra de una norma europea lo que ha conllevado que España esté padeciendo un procedimiento de infracción por inadecuada trasposición.

Sin embargo, en la reciente aprobación de la actualización de la Directiva uno de los cambios que se ha introducido es aumentar el porcentaje de mezcla del 5 al 10%, para facilitar la utilización de este biocarburante. Para que ello sea posible, se ha propuesto aumentar el límite de Presión de Vapor Reid a medida que aumenta el porcentaje de mezcla, llegando a un aumento de 8 kPa para porcentajes entre 5 y 6% (v/v).

Existen, sin embargo, documentos que mencionan la posibilidad de usar bioetanol en porcentajes superiores sin que ello suponga problemas en los motores:

- El documento de la Comisión de 7.11.2001, COM (2001) 547 final⁹ afirma que *"(...) el bioetanol puede utilizarse como combustible de automoción por sí solo o en mezcla con los carburantes convencionales. Técnicamente, la mayor parte de los vehículos matriculados en la UE pueden funcionar con una mezcla de combustible que presente una proporción de bioetanol de hasta el 15%"*

⁹ European Commission, DG TREN, "Communication of the European Commission to the European Parliament, the Council, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on alternative fuels for road transportation and on a set of measures to promote the use of biofuels" COM (2001) 547 final. 7.11.2001.

- Respecto a flotas con mayor antigüedad, anteriores al año 2000, el programa European Auto-Oil II¹⁰ estableció que “...las mezclas de gasolina con un porcentaje de hasta el 22% pueden ser utilizadas en motores de ignición por chispa sin problemas de materiales o de funcionamiento” (Arcoumanis, 2000).

En Brasil, el porcentaje de bioetanol en la gasolina ha ido aumentando desde el 4,5% en 1977 hasta el 15% en 1979 y el 20% en 1981 (Pereira de Carvalho, 2005), alcanzándose en la actualidad un porcentaje mínimo de mezcla del 23%, habiéndose registrado muy pocas reclamaciones relativas a problemas de conducibilidad o corrosión¹¹.

Asimismo, algunas marcas de automóviles en EE.UU. y Suecia admiten la utilización de mezclas de gasolina y bioetanol (hasta porcentajes del 15 % v/v) garantizando las prestaciones de los vehículos:

- EE.UU: Audi, BMW, Ford Chrysler, GM, Honda, Hyundai, Isuzu, Jaguar, KIA, Land Rover, Lexus, Mazda, Mercedes Benz, Mitsubishi, Nissan, Porsche, Saab, Subaru, Suzuki, Toyota, Volkswagen, Volvo.
- Suecia: Renault, Citroen Mitsubishi, Ford, Chevrolet, Honda, Mazda, Opel, Saab, Subaru, Suzuki, Volvo Toyota, Volkswagen, Alfa Romeo, Audi, BMW, Fiat, Seat.

El bioetanol que se utilice para realizar mezclas hasta el 5% debe cumplir con la norma de calidad UNE EN 15376¹², que actualmente está en proceso de adopción como norma española UNE. Esta norma especifica que el bioetanol sin desnaturalizar, es decir, sin marcadores para diferenciarlo del etanol para consumo humano, debe tener una pureza del 98,7% (m/m).

3.3. Utilización en vehículos flexibles

El bioetanol también puede ser utilizado en vehículos especiales, llamados vehículos flexibles o de combustible flexible (FFV en sus siglas en inglés), en cuyo caso puede utilizarse mezclado con gasolina hasta el 85%.

Los motores de estos vehículos son capaces de funcionar tanto con gasolina pura como con mezclas de bioetanol desde el 1 al 85% en volumen, de ahí que se llamen vehículos flexibles. Ello se consigue regulando la inyección de carburante en función

¹⁰ GAMS Software GmbH "Short term expertise in the context of the Auto-Oil II program and the envisaged clean air for Europe Program" December, 1999.

¹¹ Moreira, 2003.

¹² EN 15376 – Automotive fuels – ethanol as a blending component for petrol – Requirements and test methods.

de la proporción de bioetanol presente en la mezcla mediante sensores electrónicos automáticos.

Se estima que en 2008 circularán en el mundo más de 14 millones de vehículos flexibles usando etanol como combustible, principalmente en Estados Unidos (7,3 millones)¹³, Brasil (6,2 millones)¹⁴, Canadá (600 mil) y Europa, liderada por Suecia (116 mil)¹⁵.

Actualmente existen en España 14 gasolineras de E85 situadas en diferentes provincias españolas: Álava (2), Barcelona (1), Burgos (1), Cartagena (1), Castellón (1), Guipúzcoa (2), Madrid (1), Navarra (2), Segovia (1), Sevilla (1) y Valencia (1).

3.4. Utilización en motores diesel

Adicionalmente a lo ya comentado, existen distintas experiencias que han demostrado que el bioetanol también podría ser utilizado en motores diesel ya sea en estado puro o al 95% en mezcla con gasóleo en motores pesados (autobuses y camiones) o en bajos porcentajes de mezcla con gasóleo, normalmente entre 10 y 15%, formando un nuevo carburante que se ha venido a denominar E-diesel.

En cuanto al uso en estado puro o en porcentajes elevados en motores pesados, existen diferentes experiencias de utilización de E95 (95% bioetanol) en autobuses en España. Un buen ejemplo de ello es el proyecto Best, cofinanciado por la Comisión Europea, en el que participan el Ayuntamiento de Madrid y el Ente Vasco de la Energía. En dicho proyecto una flota de cinco autobuses con motores de ciclo diesel de SCANIA ha estado funcionando con bioetanol.

En el caso del E-diesel, han de tomarse en consideración medidas especiales para su utilización debido a las características intrínsecas de la mezcla.

Así, el E-diesel el tiene un punto de inflamación o índice de flamabilidad (flash point) bastante bajo, rondando los 13°C en el caso de tratarse de mezclas de un 10% de bioetanol. Este valor está muy por debajo del punto de inflamación especificado para el gasóleo según la norma EN 590 (55 °C) y es muy cercano al de la gasolina y puede hacer que los vapores que se formen, en mezcla con el aire, alcancen las temperaturas de flamabilidad y potencialmente igniten en presencia de alguna fuente de ignición, por ejemplo una llama. Ello hace que la mezcla sea más peligrosa que el gasóleo. Por ello, para poder ser utilizado y distribuido, es necesaria la adopción de

¹³ National Renewable Energy Laboratory, U.S. Department of Energy. Data, Analysis and Trends: Light Duty E85 FFVs in Use (1998-2008).

¹⁴ Produção de Automóveis por Tipo e Combustível - 2008. ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores.

¹⁵ Eric Kroh (August 2008). FFVs flourish in Sweden. Ethanol Producer Magazine.

medidas de seguridad similares a las de la gasolina, fundamentalmente en las tareas de carga de combustible, como el empleo de apagallamas en las bocas de los tanques o de boquillas que impidan el contacto entre combustible y aire (dry locks). También es necesario realizar cambios en los vehículos diesel para adaptarse a las operaciones de carga.

Adicionalmente, el E-diesel necesita la utilización de aditivos para favorecer su estabilidad y mejorar sus características en relación a la lubricidad y el índice de cetano. Normalmente, de no añadir aditivos, el bioetanol y el gasóleo tenderían a segregarse en dos fases debido, principalmente, al hecho de que el bioetanol es una molécula polar mientras que los hidrocarburos no lo son. Este efecto se ve acentuado cuando se trabaja a bajas temperaturas (por debajo de 10°C), con elevadas proporciones de bioetanol y/o en presencia de agua.

Además, sin estos aditivos el índice de cetano, propiedad que permite evaluar la autoignición del combustible, sería demasiado bajo, lo que conllevaría el mal funcionamiento del motor, incrementando por ende las emisiones de hidrocarburos inquemados, partículas y CO.

Finalmente, la adición de bioetanol disminuye la lubricidad de la mezcla y, por tanto, los aditivos han de compensar dicho efecto para favorecer el comportamiento mecánico de las piezas móviles del motor, en especial el sistema inyector, que trabaja por encima de las 2.000 atm de presión y por tanto requiere que el combustible ejerza un buen efecto lubricante.

Básicamente hay dos tipos de aditivos que se pueden utilizar para conseguir los efectos comentados: los emulsificadores (surfactantes) y los cosolventes. Los emulsificadores actúan suspendiendo pequeñas gotas de bioetanol en el seno del diesel. Desafortunadamente, para conseguir este efecto algunos aditivos requieren de calentamiento y varias etapas de mezclado para generar la mezcla final, lo que aumenta el coste del carburante. Dentro de esta clasificación se hallan los surfactantes, que no necesitan estos requisitos. Estos compuestos, que pueden ser alcanoles, decaglicerol, mono-oleato y alcanolamidas, normalmente se añaden en porcentajes menores al 5%. Por otra parte, los cosolventes son sustancias capaces de solubilizarse en los dos compuestos lo que hace que ambos productos se mezclen entre sí. Algunos expertos han realizado pruebas exitosas con acetato de etilo.

Algunos estudios, sugieren la posibilidad de añadir biodiésel a las mezclas bioetanol:gasóleo (cuyo producto resultante es llamado EB-diesel o BE-diesel) en diferentes proporciones en motores diesel. De esta forma se consigue paliar algunas de las deficiencias del E-diesel y mejorar las propiedades del uso de biodiésel. Este tipo de mezclas también necesitan el uso de aditivos para mejorar sus propiedades, sin embargo, debido a que el biodiésel tiene un efecto cosolvente se mejora la solubilidad del bioetanol en el gasoil. Asimismo, al tener el biodiésel mejor poder lubricante que el gasóleo, la reducción de lubricidad al añadir bioetanol puede verse compensada.

La composición del gasóleo es muy importante a la hora de analizar la viabilidad de este tipo de mezclas. Así, el contenido en aromáticos afecta a la solubilidad del etanol en el diesel y por tanto a la efectividad de los aditivos. La naturaleza polar del bioetanol induce las moléculas aromáticas a formar dipolos, permitiéndoles crear enlaces razonablemente fuertes con el bioetanol al mismo tiempo que siguen siendo compatibles con otros hidrocarburos presentes en el gasóleo. De esta forma, los aromáticos actúan en cierto grado como agentes enlazantes y cosolventes. Por tanto, a mayor contenido en aromáticos mayor miscibilidad entre el gasóleo y el bioetanol y menos necesidad habrá de añadir aditivos. Sin embargo, la legislación Comunitaria limita el contenido en aromáticos del gasóleo ya que a mayor contenido, mayores emisiones de hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) en los gases de escape. De hecho, actualmente, en la revisión de la Directiva de Calidad de los carburantes, la Comisión Europea ha propuesto reducir los límites de emisión del 11% actual a 8% a partir de enero 2009 lo que va a implicar una reformulación del gasóleo.

4. Biogás

El biogás es un combustible gaseoso de origen orgánico producido mediante digestión anaerobia de la biomasa. El mayor componente del biogás es metano (95% aproximadamente) La mayor parte del biogás en España se produce vertederos y es generalmente utilizado para la producción de electricidad. Sin embargo, el biogás también puede ser producido en biodigestores utilizando como materia prima lodos de depuradora, aguas residuales, estiércol y residuos de la industria alimentaria. Por sus características, aparte de para producir electricidad y/o calor, también puede ser utilizado en vehículos para transporte.

4.1. Utilización en vehículos

En la actualidad la utilización de biogás en vehículos no está muy extendida en España y, generalmente tampoco en la mayoría de países de la UE. Su uso queda reducido a flotas de autobuses urbanos de algunas ciudades. El único país europeo en que su uso en vehículos está más extendido es Suecia, país que en 2007 utilizó unas 14 617 tep de biogás como biocarburante¹⁶.

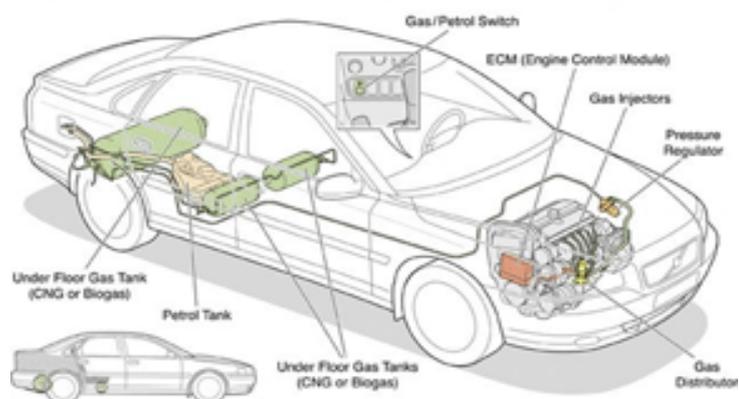
Normalmente, los productores de biogás lo utilizan para la producción de electricidad, tal como se explica en el siguiente apartado.

Con todo ello, sólo se conoce una estación de servicio que provea biogás. Éste es utilizado en flotas de empresas o en los vehículos oficiales del ayuntamiento barcelonés de Vacarisses.

¹⁶ Biofuels Barometre 2008, EurObserv'ER.

El biogás debe ser utilizado en vehículos específicamente diseñados para su uso. Normalmente estos vehículos pueden utilizar indistintamente gas natural, biogás y gasolina, por tanto, son conocidos como vehículos *bifuel* o *multifuel*. Para poder utilizarlo, el vehículo debe constar de un tanque de almacenamiento específico para el biogás (o gas natural) diferente al tanque de gasolina, tal como se muestra en la siguiente figura.

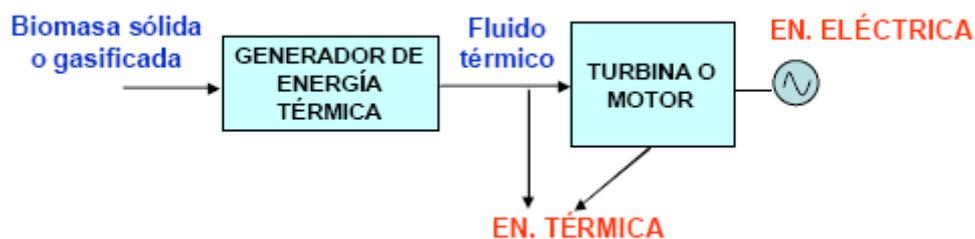
El motor en el que se combustiona el biogás para generar movimiento es el mismo que el de la gasolina. Tan sólo es necesario apretar un botón situado en el salpicadero para que el motor automáticamente se adapte a la utilización uno u otro carburante.



En la actualidad, el Comité Europeo de Normalización CEN está trabajando en la creación de un estándar de calidad del biogás, que permita homogeneizar su composición para poder ser utilizado en este tipo de motores, independientemente del fabricante de la tecnología. En todo caso, el biogás debe estar lo más libre posible de impurezas de forma que contenga la máxima proporción de metano. De esta forma, sería asimilable al gas natural.

4.2. Cogeneración y usos térmicos

La obtención de energía eléctrica y/o energía térmica a partir de biogás se consigue mediante el siguiente proceso:



El primer paso consiste en quemar el biogás para producir una fuente de energía térmica o fluido térmico (vapor, agua caliente, aire caliente, etc.). En una segunda etapa, dicho fluido se transforma en energía mecánica, convirtiéndose ésta posteriormente en energía eléctrica a través de un alternador. En caso de ciclos de cogeneración se aprovecha también la energía térmica generada.

Dependiendo de qué tipo de fluido térmico se utilice el ciclo de la figura anterior se clasifica en:

- Ciclos abiertos: en este caso el fluido térmico son los propios gases de combustión. El combustible se utiliza directamente en un motor de combustión interna o bien en una cámara de combustión haciendo pasar los gases por una turbina de gas.
- Ciclos cerrados: la energía generada por la combustión del combustible se transfiere al fluido de trabajo a través de una superficie de intercambio, por lo que hay un circuito secundario

La aplicación de un ciclo u otro depende mucho de la pureza del biogás. Para utilizar el ciclo abierto es imprescindible que el biogás esté prácticamente exento de contaminantes. Los procesos de limpieza y/o técnicas de revalorización que pueden aplicarse son:

- Absorción química
- Adsorción por variación de presión
- Separación por membrana

Los objetivos que pueden perseguir estas técnicas son:

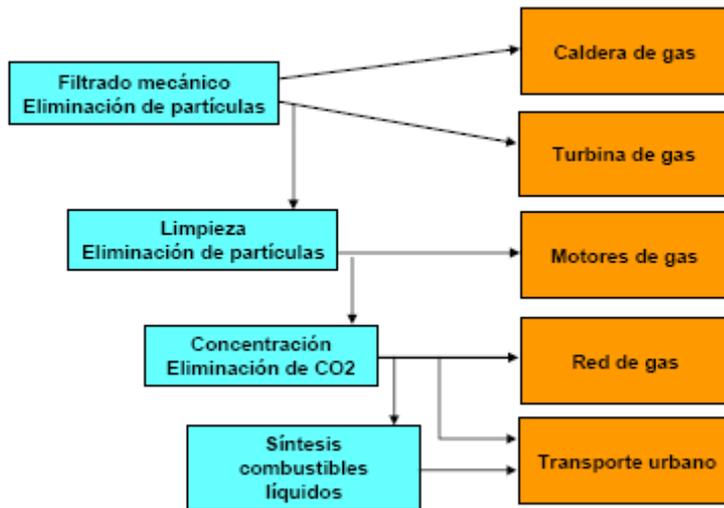
- Eliminación del CO₂
- Secado
- Eliminación de compuestos de azufre
- Eliminación de compuestos halogenados

La eliminación de CO₂ permite enriquecer el gas en metano, con lo que se obtendría el llamado pseudo gas natural (PNG) o gas natural de sustitución (SNG). Para ello, es necesario que el gas esté libre de compuestos sólidos y líquidos, y que sea inodoro.

En la gráfica siguiente se muestran los procesos de limpieza requeridos según el uso final al que se va a destinar el biogás:

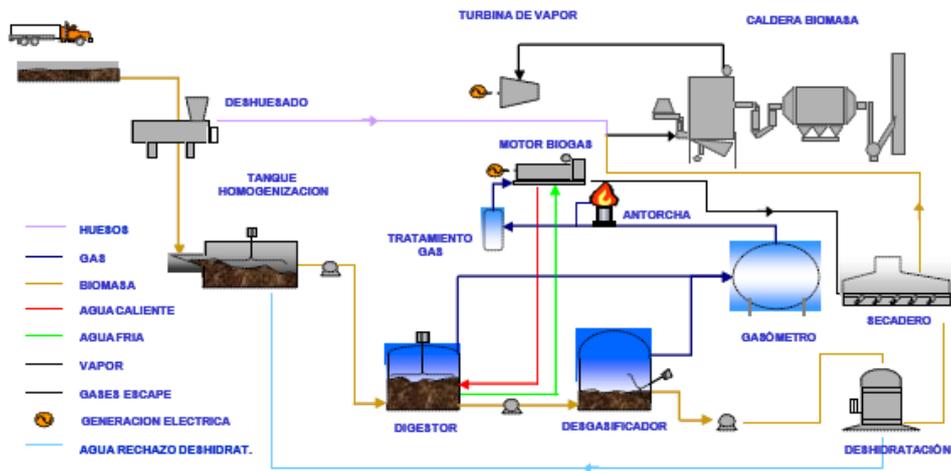
LIMPIEZA BIOGÁS

USO FINAL

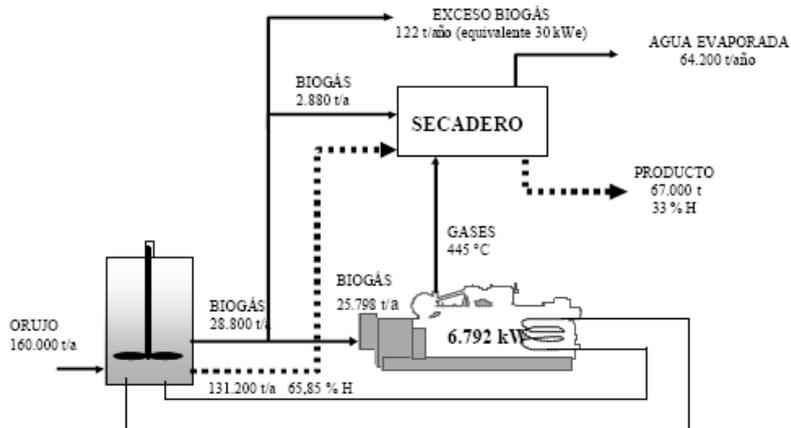


Las siguientes gráficas muestran ejemplos de plantas de generación de energía eléctrica con biogás:

Planta de metanización de residuos de la industria del olivar



Planta de generación de energía eléctrica a partir de biogás procedente de la metanización de orujo de 2 fases:



5. Uso de biocarburantes en aviación, transporte ferroviario y naval

A parte de ser utilizado en vehículos (turismos, furgonetas, camiones, etc) como ya se ha explicado en los puntos anteriores, los biocarburantes pueden ser utilizados en otros medios de transporte, tales como aviones, trenes y barcos. A continuación se recogen algunas experiencias al respecto.

5.1. Uso en aviación

El aumento de los costes del queroseno debido al elevado precio de crudo a nivel internacional y la reciente aprobación de incluir al sector de la aviación en el Sistema de Comercio de Emisiones de la UE (EU ETS) está haciendo que las compañías aéreas se planteen la utilización de biocarburantes, tanto para disminuir costes como para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero.

A diferencia de lo que ocurre en el transporte terrestre, no es posible utilizar electricidad o mecanismos híbridos, lo que hace que todas las iniciativas de sustitución del petróleo, a corto-medio plazo, sean de utilización de biocarburantes.

Los biocarburantes utilizados para sustituir al queroseno en la aviación comercial han de ser capaces de cumplir, entre otros aspectos, con dos requisitos fundamentales: tener un elevado contenido energético por unidad de volumen y resistir las bajas temperaturas que se registran en pleno vuelo (-40°C).

Por estas dos razones, generalmente se considera que ni el biodiésel (ésteres producidos por transesterificación) ni el bioetanol son buenos biocarburantes para la aviación comercial (que vuela a alturas bastante elevadas) ya que sus contenidos energéticos son bajos con respecto al queroseno y cristalizan a temperaturas

superiores. Por ello, los procesos que se consideran más adecuados para producir “bioqueroseno” son la gasificación de biomasa con posterior licuefacción vía Fischer-Tropsch o la hidrogenación de aceites vegetales para producir “hidrobiodiesel”.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que se están realizando mejoras en los aditivos anticongelantes lo que puede hacer que en un futuro el biodiésel (cuyo contenido energético tampoco es tan reducido) sea viable a tan bajas temperaturas. Además, se conocen pruebas que han obtenido resultados esperanzadores. Así, en 2007 Snecma (Grupo SAFRAN) y CFM International (CFM es una compañía participada en un 50% por General Electric y en un 50% por Snecma) realizaron pruebas en banco motor en un motor CFM56-7B utilizando una mezcla de biodiésel de girasol y colza al 30% con queroseno (Jet-A1). Las pruebas demostraron que la mezcla es capaz de funcionar sin problemas en el motor sin que éste haya tenido que sufrir ninguna modificación.

En el caso de bioetanol también existen experiencias exitosas, pero no en aviones comerciales. El fabricante brasileño de aviones ligeros, Embraer, construye desde 2004 aviones para la agricultura que son capaces de funcionar con bioetanol. Sin embargo, hay que tener en cuenta que este tipo de aviones no sufre condiciones climáticas tan adversas ni necesita consumos tan elevados como los aviones comerciales.

Las dos grandes empresas de fabricación de aviones a nivel mundial, la europea Airbus y norteamericana Boeing, recientemente han planteado diferentes aproximaciones en la apuesta por la utilización de biocarburantes. Así, mientras que el vicepresidente de Airbus ha proyectado que los biocarburantes podrán ser certificados para su uso en aviones en un periodo de ocho a diez años, es decir, en 2016 o 2018, el Director gerente de Boeing, Billy Glover, ha manifestado que espera que los biocarburantes estén certificados en 2013. El Sr. Glover añadió, además, que estima que las algas serán la materia principal de producción de biocarburantes en 10 a 15 años.

5.2. Uso en transporte ferroviario y marino

Los motores de los trenes y barcos de gran tonelaje son motores muy robustos cuyo carburante es normalmente gasóleo o una mezcla de hidrocarburos pesados por lo que normalmente son capaces de funcionar con biodiésel sin problemas.

En el caso de barcos, los proyectos canadienses Bioship y BioMer han demostrado que el uso de biodiésel en mezclas al 20% con gasóleo o en estado puro puede funcionar correctamente en los motores de barcos. El hecho de poder utilizar biocarburantes en el transporte naviero supone una ventaja medioambiental añadida con respecto a los carburantes fósiles ya que al ser biodegradables y no tóxicos pueden hacer que ante posibles fugas o vertidos las consecuencias para la biodiversidad marina sean menores.

Con respecto al transporte ferroviario, algunas compañías de países tales como el Reino Unido, Estados Unidos y Brasil, desde hace algunos años utilizan biodiésel para hacer funcionar parte de su flota.

III. CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD

ÍNDICE

1 PROPUESTA DE DIRECTIVA DE ENERGÍAS RENOVABLES

1.1. INTRODUCCIÓN

1.2. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)

1.3. CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

1.4. SOSTENIBILIDAD SOCIAL

1.5. VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LOS CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD

2 COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN

ANEXO 1

ANEXO 2

ANEXO 3

Propuesta de Directiva de Energías Renovables

1.1. Introducción

El pasado 23 de enero de 2008 la Comisión Europea presentó la propuesta de *Directiva relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables (DER)*. Esta propuesta de Directiva ha sido aprobada recientemente en primera lectura mediante proceso de co-decisión entre el Consejo y el Parlamento Europeos.

En la DER se exige a los Estados Miembros que para el año 2020 un 10% de la energía consumida para el transporte proceda de fuentes renovables (biocarburantes, electricidad, etc.).

Asimismo, la DER recoge también una serie de criterios de sostenibilidad que deberán ser cumplidos por los biocarburantes a partir de 2010 para que éstos puedan ser contabilizados para el cumplimiento de los objetivos y para que reciban beneficios fiscales.

Estos criterios de sostenibilidad incluyen criterios en cuanto a la emisión de gases de efecto invernadero, criterios de protección de la biodiversidad y criterios de sostenibilidad social, tanto para los biocarburantes producidos a partir de materias primas cultivadas en la Comunidad Europea, como para los biocarburantes producidos a partir de materias primas procedentes de terceros países. Estos criterios de sostenibilidad tendrán una repercusión directa sobre el proceso productivo de los biocarburantes desde el cultivo de la biomasa energética hasta su transformación en las plantas de producción.

El mayor desafío con el que se han encontrado las Instituciones Europeas ha sido establecer criterios de sostenibilidad para las materias primas procedentes de terceros países sin que éstos se traduzcan en barreras al libre comercio que incumplan las normas de la Organización Mundial del Comercio (OMC).

Aunque los detalles sobre los criterios de sostenibilidad no están definidos, si se conoce la base fundamental sobre la que se asentarán estos criterios. Según esta base, a continuación se detallan los requisitos que supondrá el cumplimiento de estos criterios.

1.2. Reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Para que los biocarburantes puedan contabilizarse para el cumplimiento de los objetivos nacionales deberán reducir como mínimo un 35% la emisión de GEI en comparación con

los carburantes fósiles. Este porcentaje se eleva al 50% a partir de 2017. Las plantas que entren en producción a partir de 2017 tendrán que reducir un 60% desde sus inicios.

Para facilitar el cumplimiento de este requisito a los productores, la DER incorpora, en su Anexo VII, valores de reducción de emisiones para los biocarburantes, según la materia prima de la que proceden y según el método de producción. Estos valores, calculados a partir de la metodología especificada también en el Anexo VII, se incorporan bajo el concepto de “*typical values*” o valores típicos.

Sin embargo, en un intento de incentivar una mayor eficiencia de los procesos productivos y siguiendo un enfoque conservador, la DER añade los llamados “*default values*” o valores por defecto, que resultan de aplicar una penalización del 40% en el balance de emisiones de la etapa de producción del biocarburante.

Así, el Anexo VII se divide en tres secciones: (1) una tabla general con los valores de reducción típicos y por defecto de cada tipo de biocarburante; (2) la metodología para el cálculo de emisiones en ciclo de vida; y (3) una tabla con los valores, típicos y por defecto, de emisiones para cada etapa del proceso de producción de cada biocarburante (cultivo, producción, y transporte y distribución.).

Los productores de biocarburantes, para demostrar que alcanzan la reducción mínima obligatoria, podrán (1) utilizar los valores por defecto especificados en la primera sección del anexo VII de la DER (ver Anexo 1 de este documento); (2) calcularse su balance de emisiones en ciclo de vida a partir de la fórmula de la segunda sección (ver Anexo 2 de este documento); o (3) calcularse las emisiones de una o varias etapas específicas de su proceso, utilizando para el resto de etapas los valores de emisiones por defecto especificados en la tercera sección del anexo (ver Anexo 3 de este documento).

Como punto interesante de la metodología de cálculo de emisiones, se incluye un bono de reducción de emisiones de 29 g CO₂/MJ para aquellos biocarburantes producidos a partir de materia prima cultivada en terrenos degradados.

Asimismo la DER especifica un valor de emisiones para los carburantes fósiles con los cuales se compara a los biocarburantes de 83,8 gCO₂/MJ, valor que se extrae de un Análisis de Ciclo de Vida de los carburantes fósiles procedentes de campos petrolíferos terrestres de Oriente Medio. Siguiendo un razonamiento de mercado totalmente lógico, se puede concluir que este valor de emisiones resulta demasiado bajo, ya que los biocarburantes actuales vienen a sustituir (y cada vez más en el futuro) a las fuentes de combustibles fósiles no convencionales, es decir las más costosas de extraer, y que se corresponden a su vez con las más contaminantes y las menos eficientes energéticamente, como las arenas bituminosas de Canadá, que llegan a niveles de emisiones seis veces superiores que en el caso de la extracción de petróleo convencional.

1.3. Conservación de la biodiversidad

La DER propone también medidas para eliminar los riesgos que puede suponer la producción de biocarburantes en cuanto a la protección de la biodiversidad.

Los productores deberán certificar que las materias primas utilizadas para la producción de biocarburantes no proceden de áreas con un elevado valor ecológico ni de zonas con elevados stocks de carbono. Este tipo de terrenos se definen en la DER como zonas que a enero de 2008 estuvieran catalogadas como:

- ✓ Bosques primarios
- ✓ Zonas designadas para la protección de la naturaleza por las autoridades competentes; o para la protección de especies amenazadas, según acuerdos internacionales, organizaciones intergubernamentales o según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (a menos que se demuestre que la producción de materia prima no interfiere con estos propósitos)
- ✓ Prados con una elevada biodiversidad (naturales o no), a menos que la recogida de materia prima sea necesaria para preservar su estatus de prado
- ✓ Humedales y turberas
- ✓ Zonas arboladas continuas

Asimismo las materias primas cultivadas en la Comunidad Europea deberán haberse obtenido de acuerdo con los criterios de sostenibilidad de la Política Agraria Comunitaria (*Cross Compliance*).

Para las materias primas cultivadas en terceros países, la Comisión Europea deberá realizar un seguimiento sobre las medidas nacionales adoptadas referentes a los criterios de protección de la biodiversidad y de protección del suelo, agua y aire.

1.4. Sostenibilidad social

Los criterios sociales serán estudiados y monitoreados por la Comisión. Cada dos años y a partir de 2012, la Comisión deberá remitir un informe al Consejo y Parlamento Europeos.

La Comisión, en estos informes, deberá estudiar el impacto de la demanda de biocarburantes sobre la sostenibilidad social de la Comunidad Europea y en terceros países, y el impacto de la política europea de biocarburantes sobre la disponibilidad de productos alimentarios a precios asequibles, especialmente en los países en vías de desarrollo. Estos informes deberán tratar también la cuestión del respeto a los derechos de propiedad de la tierra.

Asimismo la Comisión deberá incluir información sobre si los principales países productores de materias primas han ratificado e implementado toda una serie de tratados internacionales sobre los derechos de los trabajadores.

Sobre estas cuestiones, la Comisión deberá proponer acciones correctivas, en caso que sean necesarias

1.5. Verificación del cumplimiento de los criterios de sostenibilidad

Los Estados Miembros requerirán a los agentes económicos¹⁷ que demuestren el cumplimiento de los criterios de sostenibilidad a través de un sistema de Balance de Masas.

El funcionamiento exacto de este sistema no se especifica en la DER y deberá ser diseñado por cada Estado Miembro. Lo que sí especifica la DER es que bajo este sistema de certificación (1) las remesas de biocarburantes o de materias primas con diferentes características en cuanto a sostenibilidad pueden mezclarse, (2) la información referente a la sostenibilidad y al tamaño de las remesas permanece asignado a la mezcla, y (3) debe asegurarse que la suma de todas las remesas extraídas de la mezcla se describe bajo las mismas características, en las mismas cantidades, que la suma de todas las remesas inicialmente incluidas en la mezcla.

Los Estados Miembros deberán obligar a los agentes económicos que establezcan sistemas adecuados de auditoría independiente de la información que remiten.

Con el objetivo de aliviar la carga económica y burocrática que este sistema de certificación puede suponer para los agentes económicos, la DER permite a la Comisión declarar acuerdos bilaterales o multilaterales con terceros países que contengan disposiciones sobre criterios de sostenibilidad equivalentes a los de la DER. De esta manera la Comisión podrá decidir que estos acuerdos demuestran que los biocarburantes producidos a partir de materias primas cultivadas en estos países cumplen los criterios de sostenibilidad ahorrando a los productores la carga burocrática y económica de tener que certificar su biocarburante.

¹⁷ La DER no especifica a quien hace referencia el término “agentes económicos”

Asimismo la Comisión podrá decidir qué esquemas voluntarios, nacionales, multinacionales o internacionales, que establecen estándares para la producción sostenible de biomasa o para el cálculo de emisiones de GEI, contienen información suficiente para demostrar que los biocarburantes producidos bajo estos esquemas cumplen con los criterios de la DER.

Comité Europeo de Normalización

El afán por elaborar criterios de sostenibilidad para los biocarburantes a nivel europeo ha llegado también al Comité Europeo de Normalización (CEN), que recientemente ha creado un nuevo Comité Técnico: **TC 383 “Biomasa sostenible para usos energéticos”**.

El objetivo principal de este TC es el de elaborar **normas**, incluyendo estándares y principios, que los productores puedan utilizar para demostrar el cumplimiento de los criterios de sostenibilidad especificados en la DER.

El trabajo que se realizará en el marco de este TC se ha dividido por grupos de trabajo específicos para cada aspecto de la sostenibilidad, incluyendo un grupo de trabajo que estudiará los **impactos indirectos** de la producción de biomasa con fines energéticos, tales como su influencia en los mercados alimentarios o la pérdida de biodiversidad por el cambio de uso indirecto de la tierra

ANEXO 1

VALORES DE REDUCCIÓN TÍPICOS Y POR DEFECTO DE LOS BIOCARBURANTES

biofuel production pathway	typical greenhouse emission	gas	default greenhouse emission	gas
sugar beet ethanol	61%		52%	
wheat ethanol (process fuel not specified)	32%		16%	
wheat ethanol (lignite as process fuel in	32%		16%	
wheat ethanol (natural gas as process fuel	45%		34%	
wheat ethanol (natural gas as process fuel	53%		47%	
wheat ethanol (straw as process fuel in	69%		69%	
corn (maize) ethanol, Community produced (natural gas as process fuel in CHP plant)	56%		49%	
sugar cane ethanol	71%		71%	
the part from renewable sources of ETBE (ethyl-tertio-butyl-ether)	Equal to that of the ethanol production pathway used			
the part from renewable sources of TAEE (tertiary-amyl-ethyl-ether)	Equal to that of the ethanol production pathway used			
rape seed biodiesel	45%		38%	
sunflower biodiesel	58%		51%	
soybean biodiesel	40%		31%	
palm oil biodiesel (process not specified)	36%		19%	
palm oil biodiesel (process with methane	62%		56%	
waste vegetable or animal (*) oil biodiesel	88%		83%	
Hydrotreated vegetable oil from rape seed	51%		47%	
Hydrotreated vegetable oil from sunflower	65%		62%	
Hydrotreated vegetable oil from palm oil	40%		26%	
Hydrotreated vegetable oil from palm oil	68%		65%	
pure vegetable oil from rape seed	58%		57%	
biogas from municipal organic waste as	80%		73%	
biogas from wet manure as compressed	84%		81%	
biogas from dry manure as compressed	86%		82%	

biofuel production pathway	typical greenhouse gas emission saving	default greenhouse gas emission saving
wheat straw ethanol	87%	85%
waste wood ethanol	80%	74%
farmed wood ethanol	76%	70%
waste wood Fischer-Tropsch diesel	95%	95%
farmed wood Fischer-Tropsch diesel	93%	93%
waste wood DME (dimethylether)	95%	95%
farmed wood DME (dimethylether)	92%	92%
waste wood methanol	94%	94%
farmed wood methanol	91%	91%
the part from renewable sources of MTBE (methyl-tertio-butyl-ether)	Equal to that of the methanol production pathway used	

ANEXO 2

METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE EMISIONES

1. Greenhouse gas emissions from the production and use of transport fuels, biofuels and other bioliquids shall be calculated as:

$$E = e_{ec} + e_l + e_p + e_{td} + e_u - e_{ccs} - e_{ccr} - e_{ee},$$

where

E = total emissions from the use of the fuel;

e_{ec} = emissions from the extraction or cultivation of raw materials;

e_l = annualised emissions from carbon stock changes caused by land use change;

e_p = emissions from processing;

e_{td} = emissions from transport and distribution;

e_u = emissions from the fuel in use;

e_{ccs} = emission savings from carbon capture and sequestration;

e_{ccr} = emission savings from carbon capture and replacement; and

e_{ee} = emission savings from excess electricity from cogeneration.

Emissions from the manufacture of machinery and equipment shall not be taken into account.

ANEXO 3

VALORES DESAGREGADOS DE REDUCCIÓN TÍPICOS Y POR DEFECTO DE LOS BIOCARBURANTES

Cultivation: ' e_{ec} '

biofuel and other bioliquid production pathway	Typical greenhouse gas emissions (gCO _{2eq} /MJ)	Default greenhouse gas emissions (gCO _{2eq} /MJ)
sugar beet ethanol	12	12
wheat ethanol	23	23
corn (maize) ethanol, Community produced	20	20
sugar cane ethanol	14	14
the part from renewable sources of ETBE (ethyl-tertio-butyl-ether)	Equal to that of the ethanol production pathway used	Equal to that of the ethanol production pathway used
the part from renewable sources of TAEE (tertiary-amyl-ethyl-ether)	Equal to that of the ethanol production pathway used	Equal to that of the ethanol production pathway used
rape seed biodiesel	29	29
sunflower biodiesel	18	18
soybean biodiesel	19	19
palm oil biodiesel	14	14
waste vegetable or animal oil biodiesel	0	0
Hydrotreated vegetable oil from rape seed	30	30
Hydrotreated vegetable oil from sunflower	18	18
Hydrotreated vegetable oil from palm oil	15	15
pure vegetable oil from rape seed	30	30
biogas from municipal organic waste as compressed	0	0
biogas from wet manure as compressed natural gas	0	0
biogas from dry manure as compressed natural gas	0	0

Processing (including excess electricity): ' $e_p - e_{ee}$ '

biofuel and other bioliquid production pathway	Typical greenhouse gas emissions (gCO_{2eq}/MJ)	Default greenhouse gas emissions (gCO_{2eq}/MJ)
<u>sugar beet ethanol</u>	<u>19</u>	<u>26</u>
<u>wheat ethanol (process fuel not specified)</u>	<u>32</u>	<u>45</u>
<u>wheat ethanol (lignite as process fuel in CHP plant)</u>	<u>32</u>	<u>45</u>
<u>wheat ethanol (natural gas as process fuel in conventional boiler)</u>	<u>21</u>	<u>30</u>
<u>wheat ethanol (natural gas as process fuel in CHP plant)</u>	<u>14</u>	<u>19</u>
<u>wheat ethanol (straw as process fuel in CHP plant)</u>	<u>1</u>	<u>1</u>
<u>corn (maize) ethanol, Community produced (natural gas as process fuel in CHP plant)</u>	<u>15</u>	<u>21</u>
<u>sugar cane ethanol</u>	<u>1</u>	<u>1</u>
<u>the part from renewable sources of ETBE (ethyl-tertio-butyl-ether)</u>	Equal to that of the ethanol production pathway used	
<u>the part from renewable sources of TAEE (tertiary-amyl-ethyl-ether)</u>	Equal to that of the ethanol production pathway used	
<u>rape seed biodiesel</u>	<u>16</u>	<u>22</u>
<u>sunflower biodiesel</u>	<u>16</u>	<u>22</u>
<u>soybean biodiesel</u>	<u>18</u>	<u>26</u>
<u>palm oil biodiesel (process not specified)</u>	<u>35</u>	<u>49</u>
<u>palm oil biodiesel (process with methane capture at oil mill)</u>	<u>13</u>	<u>18</u>
<u>waste vegetable or animal oil biodiesel</u>	<u>9</u>	<u>13</u>
<u>Hydrotreated vegetable oil from rape seed</u>	<u>10</u>	<u>13</u>
<u>Hydrotreated vegetable oil from sunflower</u>	<u>10</u>	<u>13</u>
<u>Hydrotreated vegetable oil from palm oil (process not specified)</u>	<u>30</u>	<u>42</u>
<u>Hydrotreated vegetable oil from palm oil (process with methane capture at oil mill)</u>	<u>7</u>	<u>9</u>
<u>pure vegetable oil from rape seed</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
<u>biogas from municipal organic waste as compressed natural gas</u>	<u>14</u>	<u>20</u>
<u>biogas from wet manure as compressed natural gas</u>	<u>8</u>	<u>11</u>
<u>biogas from dry manure as compressed natural gas</u>	<u>8</u>	<u>11</u>

Transport and distribution: ' e_{td} '

biofuel and other bioliquid production pathway	Typical greenhouse gas emissions (gCO_{2eq}/MJ)	Default greenhouse gas emissions (gCO_{2eq}/MJ)
sugar beet ethanol	2	2
wheat ethanol	2	2
corn (maize) ethanol, Community produced	2	2
sugar cane ethanol	9	9
the part from renewable sources of ETBE (ethyl-tertio-butyl-ether)	Equal to that of the ethanol production pathway used	
the part from renewable sources of TAEE (tertiary-amyl-ethyl-ether)	Equal to that of the ethanol production pathway used	
rape seed biodiesel	1	1
sunflower biodiesel	1	1
soybean biodiesel	13	13
palm oil biodiesel	5	5
waste vegetable or animal oil biodiesel	1	1
Hydrotreated vegetable oil from rape seed	1	1
Hydrotreated vegetable oil from sunflower	1	1
Hydrotreated vegetable oil from palm oil	5	5
pure vegetable oil from rape seed	1	1
biogas from municipal organic waste as compressed	3	3
biogas from wet manure as compressed natural gas	5	5
biogas from dry manure as compressed natural gas	4	4

Total

biofuel and other bioliquid production pathway	Typical greenhouse gas emissions (gCO_{2eq}/MJ)	Default greenhouse gas emissions (gCO_{2eq}/MJ)
sugar beet ethanol	33	40
wheat ethanol (process fuel not specified)	57	70
wheat ethanol (lignite as process fuel in CHP plant)	57	70
wheat ethanol (natural gas as process fuel in conventional	46	55

wheat ethanol (natural gas as process fuel in CHP plant)	39	44
wheat ethanol (straw as process fuel in CHP plant)	26	26
corn (maize) ethanol, Community produced (natural gas as process fuel in CHP plant)	37	43
sugar cane ethanol	24	24
the part from renewable sources of ETBE (ethyl-tertio-butyl-ether)	Equal to that of the ethanol production pathway used	
the part from renewable sources of TAAE (tertiary-amyl-ethyl-ether)	Equal to that of the ethanol production pathway used	
rape seed biodiesel	46	52
sunflower biodiesel	35	41
soybean biodiesel	50	58
palm oil biodiesel (process not specified)	54	68
palm oil biodiesel (process with [] methane capture [] at oil mill)	32	37
waste vegetable or animal oil biodiesel	10	14
Hydrotreated vegetable oil from rape seed	41	44
Hydrotreated vegetable oil from sunflower	29	32
Hydrotreated vegetable oil from palm oil (process not specified)	50	62
Hydrotreated vegetable oil from palm oil (process with [] methane capture [] at oil mill)	27	29
pure vegetable oil from rape seed	35	36
biogas from municipal organic waste as compressed natural gas	17	23
biogas from wet manure as compressed natural gas	13	16
biogas from dry manure as compressed natural gas	12	15

IV. ASPECTOS AMBIENTALES

Uno de los motivos fundamentales para fomentar el uso de las energías renovables en general y de los biocarburantes en particular, es el del beneficio que supone el reemplazo de combustibles fósiles por su alternativa renovable, con el consiguiente efecto de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), y la minimización de impactos derivados del sector energético a los ecosistemas, como pueden ser los vertidos de hidrocarburos.

Sin embargo en el caso de los biocarburantes, el hecho de que su materia prima proceda mayoritariamente de la agricultura y el sector alimentario significa que las necesidades de tierra y su localización, agua, energía y otros insumos necesarios para su obtención, no serán igual para todos los biocarburantes, y por consiguiente sus efectos sobre el medio ambiente y su viabilidad energética dependerán de dichas circunstancias.

Otro tanto ocurre con los procesos de producción y distribución, en los que pueden intervenir factores que redunden en los rendimientos finales y su eficiencia energética.

La repercusión medioambiental de la producción y consumo de los biocarburantes puede estudiarse bajo 4 aspectos:

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none">1. Balance energético de los biocarburantes2. Efectos sobre las emisiones de GEI y el clima.3. Incidencia en la calidad atmosférica4. Impacto medioambiental de la producción de materia prima5. Impacto medioambiental de la producción y distribución de biocarburantes6. Conclusiones |
|---|

1. Balance energético de los biocarburantes

Obviamente algunos sistemas de producción de biocarburantes son mas eficientes que otros, siendo el factor geográfico (por su capacidad de producir materia prima) el que determina principalmente su nivel de eficiencia.

Por ello, y dada la necesidad de reflejar la situación respecto al balance energético de los biocarburantes en España, en este documento se va a proceder a plasmar las conclusiones del “Análisis de ciclo de vida (ACV) de combustibles alternativos para el transporte” elaborado por el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales, y Tecnológicas Ciemat.

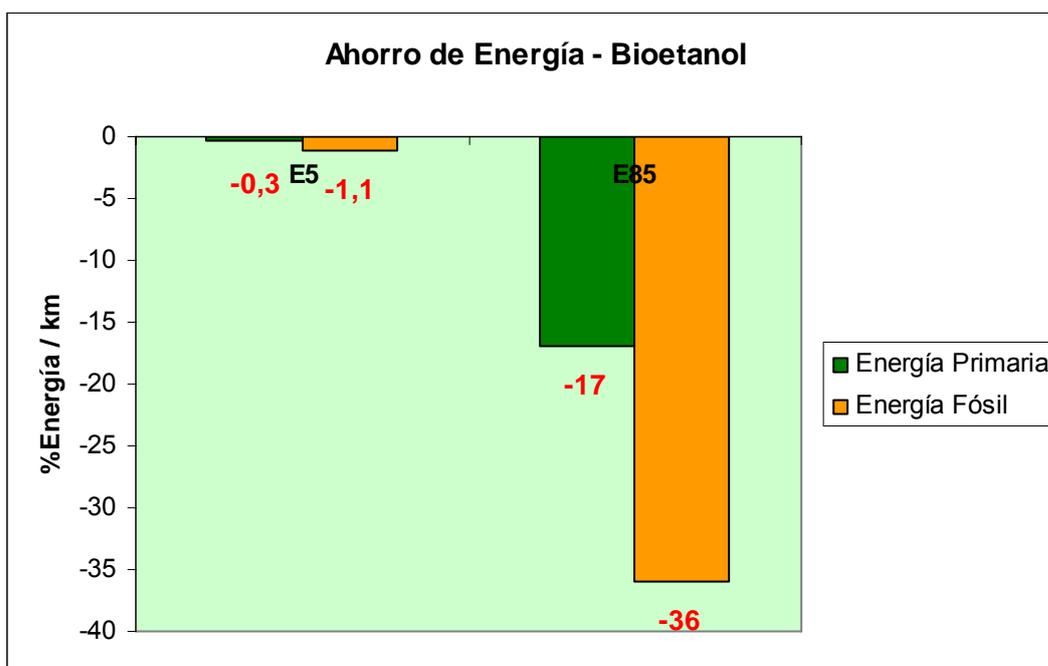
Dicho estudio analiza los procesos actuales de producción de biodiesel y bioetanol en España y ha cuantificado comparativamente sus impactos en el cambio climático y en el consumo de energía de su producción y consumo.

a. Bioetanol

En el caso del bioetanol el ACV compara el bioetanol elaborado a partir de cereales, que es la materia prima empleada mayoritariamente en España, con la gasolina sin plomo 95

a lo largo de todo su ciclo de vida, además de identificar y evaluar los impactos ambientales derivados para poder reducirlos.

Las mezclas de bioetanol y gasolina estudiadas son el E5 y el E85, y las conclusiones respecto al balance energético de la producción de las mezclas permiten deducir que éste es mejor cuanto mayor es el contenido de etanol en la mezcla, como indica el siguiente gráfico:



- La mezcla E85 permite un ahorro de energía primaria de un 17% comparado con la gasolina 95
- La mezcla E5 permite un ahorro de un 0,28 % de energía primaria comparado con la gasolina 95
- La mezcla E85 permite un ahorro de energía fósil de un 36% comparado con la gasolina 95
- La mezcla E5 permite un ahorro de un 1,12% de energía fósil comparado con la gasolina 95

b. Biodiesel

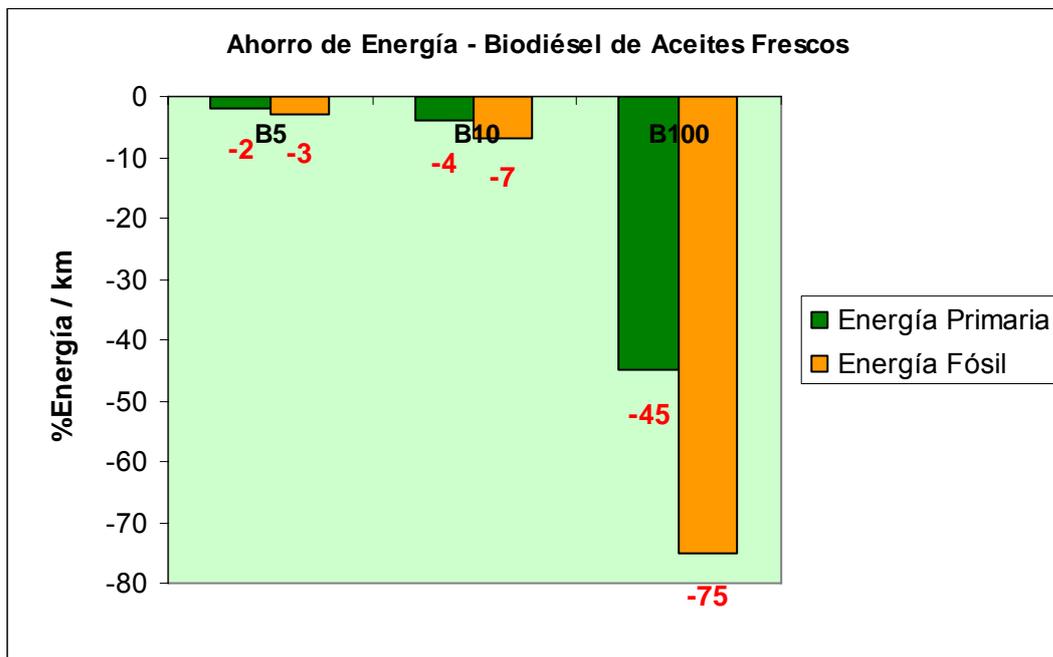
Para analizar el caso del biodiesel se han tomado en consideración dos materias primas diferenciadas, el aceite crudo y los aceites vegetales usados en comparación al diesel derivado del petróleo EN590.

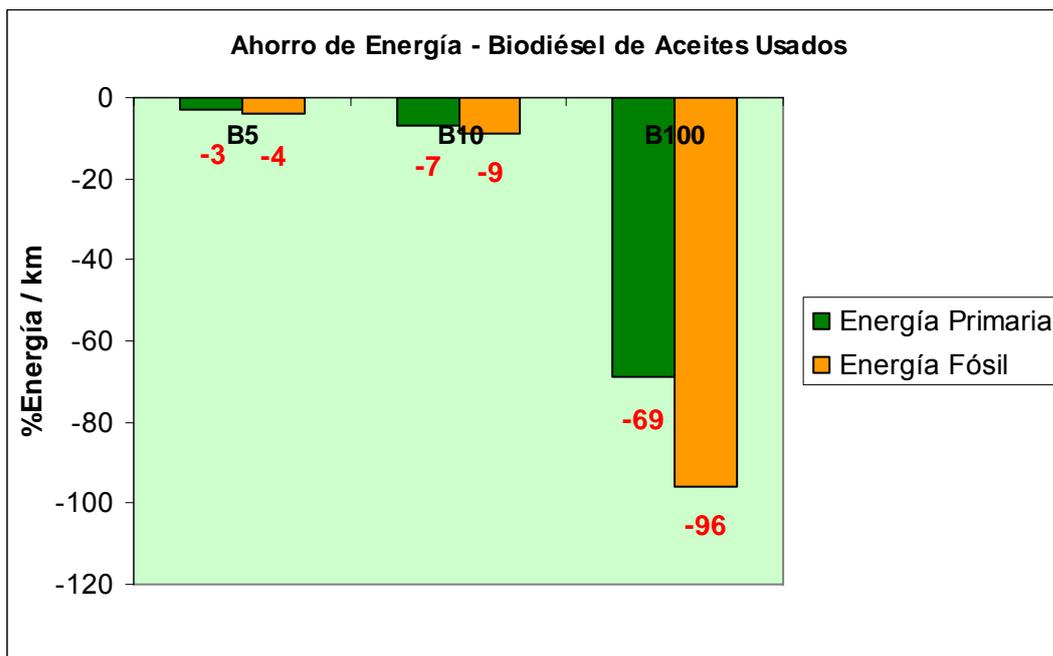
El mix de aceites crudos está compuesto por aceite de soja importada (40%), girasol de producción nacional (10%), palma importada (25%) y colza (25%), esta última un 5% de origen nacional y 95% importada.

Los balances energéticos del ciclo de vida de las mezclas estudiadas son tanto mejores cuanto mayor es el contenido de biodiesel, especialmente de aceites vegetales usados, en la mezcla. Los resultados son:

- El biodiesel de aceites vegetales crudos empleado al 100% en un motor permite un ahorro de energía primaria de un 45% comparado con el diesel EN-590.
- El biodiesel de aceites vegetales usados empleado al 100% en un motor permite un ahorro de un 75% de energía primaria en comparación con el diesel EN-590.
- El biodiesel de aceites vegetales crudos permite un ahorro de energía fósil de un 75% comparado con el diesel EN-590
- El biodiesel de aceites vegetales usados permite un ahorro de energía fósil de un 96% comparado con el diesel EN-590

En los siguientes gráficos se observa más claramente este ahorro energético:





2. Efectos sobre las emisiones de GEI y el clima.

La introducción de biocarburantes en el transporte es a corto plazo el único sistema para reducir potencialmente las emisiones de efecto invernadero a la atmósfera, si bien, esta reducción potencial puede ser mínima e incluso llegar a generar más emisiones de las que se pretenden evitar si el modelo de producción de biocarburantes no es el adecuado.

Por lo general las emisiones de GEI y el balance energético están íntimamente relacionados, ya que en función de la cantidad de energía fósil ahorrada dependerá en gran medida las emisiones a la atmósfera evitadas.

El análisis del ciclo de vida de combustibles alternativos para el transporte elaborado por CIEMAT analiza las emisiones de gases de efecto invernadero para el bioetanol y el biodiesel en las condiciones de producción españolas. Los principales resultados de dicho estudio son:

Para el etanol

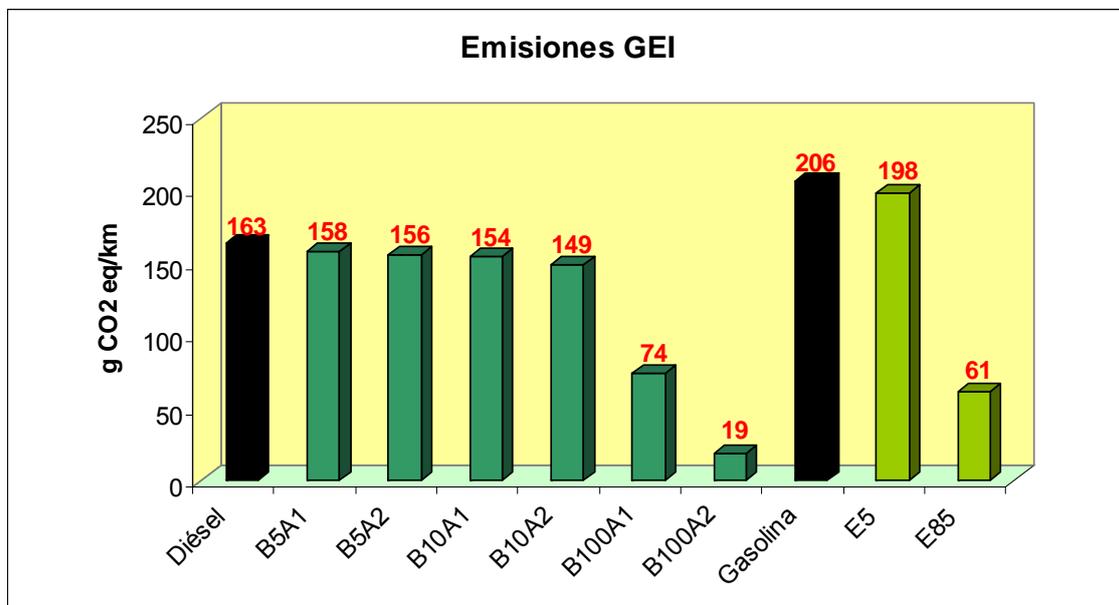
Las emisiones de CO₂ y de gases de efecto invernadero son tanto menores cuanto mayor es el contenido de biocarburante en mezcla

- La mezcla E5 evita que se emitan 8 g de CO₂ (4%) por cada km recorrido en comparación con la gasolina 95
- La mezcla E85 evita que se emitan 170 g de CO₂ (90%) por cada km recorrido en comparación con la gasolina 95
- La mezcla E5 evita la emisión de 7 g de CO₂ equivalentes (3%) por cada kilómetro recorrido en comparación con la gasolina 95
- La mezcla E85 evita que se emitan 144 g de CO₂ equivalentes (70%) por cada kilómetro recorrido en comparación con la gasolina 95

Para el biodiesel

- El biodiesel de aceites vegetales crudos (B100A1) evita que se emitan 120 g (76%) de CO₂ por cada km recorrido en comparación con el diesel EN 590
- El biodiesel de aceites vegetales usados (B100A2) evita que se emitan 144 g (91%) de CO₂ por cada km recorrido en comparación con el diesel EN 590
- El biodiesel de aceites vegetales crudos (B100A1) evita que se emitan 92 g de gases de efecto invernadero (CO₂ equivalente) (57%) por cada km recorrido en comparación con el diesel EN 590
- El biodiesel de aceites vegetales usados (B100A2) evita que se emitan 144 g de gases de efecto invernadero (CO₂ equivalente) (88%) por cada km recorrido en comparación con el diesel EN 590

En el siguiente gráfico se muestra el nivel de emisiones de las mezclas de carburantes estudiadas por el CIEMAT:



Existen, además, según dicho estudio, **áreas de mejora** que permitirían mejorar sustancialmente los balances energéticos y las emisiones de GEI. Para el **bioetanol** los campos en los que se puede mejorar son:

- Empleo de la biomasa residual de los cultivos cuyo grano se emplea en la producción de etanol en la generación de energía térmica necesaria para el proceso.
- Reducir el consumo de fertilizantes (especialmente los abonos nitrogenados) y labores de cultivos.
- Localizar nuevos cultivos con mayor rendimiento de biomasa por ha y bajos requerimientos en insumos.

Para la producción y consumo de biodiesel los campos de mejora detectados son:

- Reducir el consumo de fertilizantes y labores de cultivos. Optimizar el abonado nitrogenado

- Implantar sistemas de cogeneración en las plantas de extracción de aceite y transformación en biodiesel.
- Minimizar el porcentaje de aceite de palma en la producción de biodiesel.
- Optimizar el sistema de acopio de aceites vegetales usados.

3. Incidencia del biodiésel en la calidad atmosférica

La quema de combustibles fósiles en los automóviles tiene consecuencias muy negativas para la calidad del aire que respiramos, principalmente en nuestras ciudades.

En concreto la utilización del gasóleo en vehículos diésel es responsable de la mayor parte de la contaminación del aire de las ciudades con óxidos de nitrógeno e hidrocarburos, que conllevan a la formación de ozono, partículas y monóxido de carbono, entre otros compuestos. Todos estos contaminantes causan, en muchos casos, graves daños a la salud que llegan a ocasionar la muerte prematura de miles de personas al año, reduciendo nuestra esperanza de vida.

Con el fin de analizar los efectos del uso de biodiesel sobre la contaminación atmosférica, además de sobre la potencia y durabilidad de los motores, el Grupo de Combustibles y Motores de la Universidad de Castilla-La Mancha, en el marco del Convenio firmado entre la *Asociación de Productores de Energías Renovables (APPA)* y la Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM), ha realizado el *Estudio bibliográfico del impacto medioambiental del biodiésel, prestaciones y durabilidad de los motores*, Universidad de Castilla-La Mancha, 2007.

En este estudio se recogen las conclusiones de trabajos publicados en revistas de reconocido prestigio. Concretamente, durante el estudio de la UCLM se revisaron 195 referencias bibliográficas.

Las principales conclusiones que se extraen de esta investigación son las siguientes:

- La utilización de biodiésel aumenta ligeramente (10%) las emisiones de óxidos de nitrógeno. Este leve aumento en las emisiones de NO_x tiene una justificación técnica a nivel del motor del vehículo y no de las características del biodiésel, siendo este aumento de emisiones de NO_x fácil y tecnológicamente corregible a través de un retraso en el inicio de la inyección.
- La emisión de partículas (PM), causantes de la opacidad del humo del escape de los vehículos, constituye uno de los mayores problemas medioambientales atribuidos a los motores diésel. Estas diminutas partículas están compuestas mayoritariamente de hollín, pero su peligrosidad reside en que en su superficie pueden quedar depositadas grandes cantidades de moléculas perjudiciales para la salud. La tendencia casi unánime es una disminución de partículas de hasta el 50% a medida que se incrementa el porcentaje de biodiésel en una mezcla con diésel fósil. Hay varias razones que justifican este descenso, entre ellas destacan (1) el mayor contenido de oxígeno del biodiésel

(11%) en comparación con el gasóleo, lo que favorece una combustión más limpia en el interior del motor que se traduce en menos hollín emitido a la atmósfera; y (2) la ausencia en el biodiésel de compuestos aromáticos.

➤ Los hidrocarburos sin quemar o parcialmente quemados, también llamados compuestos orgánicos volátiles (COVs) se emiten como consecuencia de una combustión incompleta del carburante y su composición es extremadamente heterogénea. Algunos, como el benceno son cancerígenos y los hay también irritantes o causantes de malos olores. La mayoría de investigaciones miden grandes descensos de entre el 60% y el 70% en la emisión de hidrocarburos totales (THC) cuando se utiliza biodiésel puro como carburante.

➤ En general, los artículos y estudios consultados recogen descensos significativos, de aproximadamente el 50%, de monóxido de Carbono (CO) cuando se sustituye el combustible diésel convencional por biodiésel puro.

➤ Asimismo, la utilización de biodiesel provoca descensos en la emisión de otras partículas también muy perjudiciales para la salud, como son los compuestos aromáticos y poliaromáticos; y los compuestos oxigenados, como los aldehídos y las cetonas

4. Impacto medioambiental de la producción de materia prima

El mayor riesgo medioambiental asociado a los biocarburantes es la producción y aprovisionamiento de la materia prima, ya que tiene impactos asociados al uso de suelo, calidad del aire y agua, hábitat y biodiversidad. En este sentido los biocarburantes pueden tener un efecto positivo o negativo respecto a su alternativa fósil en función de la elección de un determinado tipo de cultivo en una zona determinada y con un manejo determinado.

Los impactos derivados de la producción de biocarburantes sobre el medio son los mismos que causa la producción agrícola para fines alimentarios o no alimentarios (textil, industrial):

- Aumento de la demanda de los flujos de agua para abastecer la producción agrícola y su posterior procesado
- Reducción en la calidad de agua debido a los fitosanitarios y pesticidas empleados en las labores agrícolas.
- Riesgo de empleo de superficies destinadas a vegetación natural, humedales y otras zonas de alto valor ecológico, incluso aunque no se empleen de manera directa el aumento de la necesidad de tierra puede desplazar a estas zonas otros cultivos tradicionales.
- Aumento de los niveles de óxidos nitrosos emitidos a la atmósfera motivados por la fertilización nitrogenada

No obstante, la introducción y entrada en vigor de tecnologías apropiadas, las regulaciones como es la entrada en vigor de la Directiva europea de fomento de las energías renovables que establece criterios de sostenibilidad relacionados con el impacto ambiental de las materias primas, las normas y los esquemas de la certificación pueden

ayudar a mitigar la huella medioambiental potencialmente grande de la producción de biocarburantes, aunque éstos serán lentos de materializar en aquellos países donde la política medioambiental tenga escasa fuerza en los que predominará el criterio económico frente al medioambiental.

Es una práctica imposible evitar todos los efectos negativos que pueden causar la producción de materia prima para biocarburantes, como los causados por cualquier otra actividad económica, lo que sí es posible es minimizar dichos impactos y en ese sentido la política europea respecto a los biocarburantes está sentando las bases para conseguirlo.

5. Impacto medioambiental de la producción y distribución de biocarburantes

La producción, transporte y uso final en motores de los biocarburantes tiene unos impactos medioambientales que podrían calificarse como bajos, sobre todo respecto a la calidad del aire y agua.

En la fase de producción la efectividad y la cantidad de los insumos, como energía y agua, al igual que los residuos de producción y emisiones, son factores determinantes en el impacto ambiental.

Asimismo, el medio de transporte, la distancia y su almacenamiento son determinantes del impacto ambiental durante su transporte y distribución.

No obstante los efectos adversos derivados de estas operaciones se diluyen aun más al compararlos con los efectos derivados de los carburantes fósiles al medio ambiente, donde los efectos adversos son más acentuados en la propia combustión en el vehículo.

Con carácter general y en comparación con los carburantes fósiles:

- Su nivel de emanaciones tóxicas es bajo, por lo cual mejora la calidad del aire y agua.
- Menor presencia de emisiones contaminantes de partículas en suspensión, humos visibles, monóxido de carbono, metales pesados y compuestos aromáticos.
- A diferencia del petróleo no contiene azufre, generador del fenómeno de la llamada "lluvia ácida".
- El biodiésel es altamente biodegradable en el agua, por lo que en caso de derrame se degrada más rápidamente que el diésel convencional.
- Baja toxicidad del biodiésel. La concentración de biodiésel para que llegue a ser letal por ingestión oral es muy elevada, alrededor de 17,4 g/kg de peso corporal, lo cual significa que una persona de 80 kg tendría que beber 1,6 litros de biodiésel para que tenga efectos mortales.

Aun así los pocos efectos derivados de la producción y distribución de los biocarburantes pueden ser objeto de mejora y conseguir de ese modo un carburante mucho más interesante desde el punto de vista medioambiental.

La mejora en la eficiencia en el uso del agua y la energía en las fábricas de biocarburantes contribuirá a reducir los impactos sobre la contaminación del aire y agua. Esta mejora puede consistir en sistemas que reutilicen y reciclen el agua de procesos en la fábrica para otros menesteres. Asimismo el combustible empleado en la propia fábrica puede provenir de la biomasa sólida de los cultivos empleados en la obtención de materia prima así como biodiesel y bioetanol.

Las emisiones producidas por los biocarburantes (puros o en mezcla) en el vehículo son inferiores a las producidas por los carburantes fósiles en CO, Hidrocarburos, SO₂ y partículas, por lo que su empleo en zonas urbanas puede mejorar sensiblemente la contaminación atmosférica y de ese modo reducir el riesgo de ciertas enfermedades asociadas (asma, cáncer).

No obstante, las nuevas tecnologías desarrolladas por los fabricantes de vehículos unidas a las nuevas exigencias de los carburantes fósiles hacen que la diferencia entre el uso de un carburante y biocarburante disminuya, aunque siempre a favor de los últimos.

6. Conclusiones

La producción de biocarburantes en todos los eslabones de la cadena (producción de materia prima, transformación, distribución y uso final) no están exentos de generar impactos sobre el medioambiente. Estos impactos deben ser significativamente inferiores a los producidos por los carburantes fósiles para que tenga sentido su apoyo e implantación en nuestra sociedad.

En la actualidad se están llevando a cabo diferentes análisis que muestren con detalle el alcance de esos impactos distinguiendo entre diferentes biocarburantes, procedencia de las materias primas y manejo posterior para determinar, **cuál** es sostenible, **dónde** es sostenible y **cómo** es sostenible un determinado biocarburante.

Los análisis de ciclo de vida para el biodiesel y el bioetanol efectuados en las condiciones de producción de España, reflejan que tanto el balance energético como los efectos sobre las emisiones de gases de efecto invernadero son positivos, aunque susceptibles de ser mejorados.

Respecto a los impactos sobre el medio, el uso de tierra adicional para la producción de materia prima y sus efectos sobre el suelo, agua, aire y biodiversidad es uno de los temas que más preocupan y sobre los que se están realizando esfuerzos legislativos para impedirlos mediante la obligación de ajustarse a criterios de sostenibilidad para los biocarburantes que se empleen en la UE.

Es de importancia primordial que se apliquen unas normas medioambientales mínimas adecuadas a la producción de materias primas para biocarburantes y adaptadas a las condiciones locales de la UE y de terceros países. Se ha manifestado inquietud sobre el uso de tierras retiradas de la producción debido al impacto potencial en la biodiversidad y

en el suelo, así como sobre los cultivos destinados a biocarburantes en zonas vulnerables desde el punto de vista del medio ambiente. En la resolución de esos problemas es preciso considerar dónde podrían integrarse los cultivos energéticos en las rotaciones de cultivos y la manera de evitar los efectos negativos en la biodiversidad, la contaminación del agua, la degradación del suelo y la alteración de los hábitats y las especies en zonas de elevado valor natural.

No obstante, los criterios de sostenibilidad para la producción de la UE no deben limitarse a los cultivos energéticos sino que deben abarcar todas las tierras agrícolas, como lo exigen las normas de condicionalidad establecidas por la reforma de la PAC de 2003.

En nuestras manos pues, está el desarrollar un modelo eficiente de producción de biocarburantes que garantice que con su implantación, efectivamente se está favoreciendo al medioambiente, ya que ese ha sido el motivo principal por el cual se ha apostado por su desarrollo, y los motivos económicos no deben desviarnos de esa premisa.

Referencias bibliográficas:

- Análisis del ciclo de vida de combustibles alternativos para el transporte. Fase I (etanol) y Fase II (biodiesel). Ministerio de Medio Ambiente, Ministerio de Educación y Ciencia, Ciemat.
- Biofuels for transport. Worldwatch Institute.
- Biocombustibles sostenibles. CAINCO, IBCE
- Propuesta de directiva europea para el fomento de las energías renovables.
- COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN. Estrategia de la UE para los biocarburantes

V. BUENAS PRÁCTICAS: El biodiesel en las escuelas

En una sociedad donde se habla continuamente de Desarrollo Sostenible entendiendo por este concepto el desarrollo que satisfaga las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro por atender sus propias necesidades, el camino hacia la sostenibilidad implica el compromiso y la responsabilidad de toda la sociedad. El aceite usado doméstico es un residuo contaminante para el cual, en muchos lugares de España, no existe un sistema eficiente de recogida selectiva como es el caso del papel, vidrio y envases plásticos. Este aceite es, en la actualidad, una de las principales causas de contaminación de las aguas residuales urbanas, puesto que, en general, una vez utilizados, se eliminan a través del desagüe a la red de alcantarillado de nuestros municipios, produciendo embozos y malos olores a las cañerías. Estos vertidos hacen que la depuración de las aguas sea tremendamente costosa, además de dificultar el funcionamiento normal de las depuradoras. En caso de que no haya una total depuración de estos aceites, cuando vuelve al medio ambiente el agua con aceite, éste contamina las cuencas internas, el mar y los acuíferos, interfiriendo en la vida natural y degradando el entorno. El aceite en el agua facilita la proliferación de microorganismos perjudiciales para la salud. Provoca, también, problemas en las cañerías de desagüe en nuestras casas obstruyéndolas y generando malos olores, además de encarecer el proceso de depuración de las aguas residuales en las estaciones depuradoras. Un solo litro de aceite es capaz de contaminar mil litros de agua.

Reutilizando el aceite de cocina usado se consiguen los siguientes beneficios ambientales:

- Eliminar un residuo altamente contaminante de la red de alcantarillado.
- Facilitar la reutilización del agua depurada.
- No obstruir las cañerías.
- Disminuir la probabilidad de proliferación de organismos perjudiciales para la salud y los malos olores.
- Abaratar la depuración de aguas residuales.
- Revalorización de un residuo, en este caso como materia prima para la fabricación de biodiesel.

Los aceites vegetales usados están catalogados como residuos por la legislación estatal vigente (Orden MAM 304/2002) con el código LER 20 01 05. El Plan Nacional de Residuos Urbanos (PNRU) 2000-2006 que incorpora principios de prevención y minimización destinados a conseguir la reducción de la generación de residuos urbanos, su reutilización y reciclaje, establecía entre sus objetivos lograr una tasa de reciclaje de los aceites vegetales del 50% en el 2002 y del 80% para el 2006. Además de los beneficios económicos y medioambientales mencionados, el aceite usado una vez depurado se puede revalorizar convirtiéndolo en biodiesel.

A raíz del Protocolo de Kioto en el que gran número de países industrializados marcaron el inicio de una nueva etapa menos contaminante, se está poniendo interés en el incremento del consumo de biocarburantes provenientes del tratamiento de productos vegetales. El biodiesel es un biocarburante líquido, ecológico y biodegradable, para vehículos con motor diesel, puede ser utilizado solo o mezclado en diferentes porcentajes con gasoil procedente del petróleo. Se obtiene del tratamiento del fruto de plantas oleaginosas, por lo tanto de aceites vegetales, aceites usados, así como también de

grasas animales y de aceites vegetales recuperados, a través de la reacción de transesterificación.

Como carburante tiene prácticamente la misma capacidad calorífica y potencial que el derivado del petróleo, pero con la diferencia sustancial de reducir drásticamente la emisión de contaminación atmosférica, además de proceder de la biomasa natural y ser, por lo tanto, renovable.

Para producir 1 tonelada de biodiesel se necesitan 1.17 toneladas de aceite reciclado⁽¹⁾. En Cataluña durante el año 2006 se calcula que se produjeron 29.780 tn de aceite, por lo tanto el biodiesel potencial que se podría fabricar sería de 25.370 tn. Desafortunadamente, actualmente sólo se destina a la producción de biodiesel el 1% del aceite usado generado en Cataluña.

1) Talens Peiró, L.; Villalba Méndez, G.; Gabarrell, X. Exergy analysis of integrated waste management in the recovery and recycling of used cooking oils. Environmental Science & Technology. Manuscript ID: es071972a.R2. (In Press 2008)

1. Partes involucradas

Asociación Laboris

La Asociación LABORIS es una entidad sin ánimo de lucro, constituida en julio de 1989 y registrada en la sección 1ª del Registro de Asociaciones y Fundaciones de la Generalitat de Cataluña. La entidad fue constituida con el fin de favorecer la integración social y laboral de las personas que sufren una disminución psíquica derivada de una enfermedad o trastorno mental severo. Para conseguir este objetivo, se iniciaron actividades de carácter formativo ocupacional, financiadas por el Departamento de Trabajo de la Generalitat en 1990.

Los objetivos más relevantes son:

- Integración social y laboral de personas con disminución psíquica derivada de un trastorno o enfermedad mental severo.
- Fomento, mediante la actividad productiva del centro, de las capacidades personales (estado físico, atención, memoria..), productivas (disciplina, rendimiento...) y de relación social (habilidades sociales, asertividad...)
- Intervención en los aspectos domésticos de la persona para favorecer su autonomía personal, y, a partir de mejorar la calidad de vida personal, incrementar las relaciones sociales más significativas y mejorar igualmente la calidad de las mismas: familia, vecinos,...
- Coordinación con los recursos sociales y asistenciales de referencia para completar la integración y mejorar el acceso e intervención propia de cada uno de ellos.
- Intervención familiar en el proceso de la integración.
- Creación de espacios formativos y de relación para los componentes de los núcleos familiares encargados de las personas afectadas para dotarlos de recursos adaptados y favorecer la interrelación y los cuidados mutuos.

Fundación Amentia

La Fundación privada tutelar AMENTIA se constituyó como una entidad de naturaleza fundacional el 1 de octubre de 2005 por razones de solidaridad social con personas con trastornos de salud mental. La Fundación Amentia tiene como finalidad la integración social y laboral de las personas con trastorno por salud mental y que han sido reconocidas oficialmente como disminuidas por las secuelas de la misma, la promoción de la mejora de las condiciones de vida de las personas que sufren trastornos de salud mental mediante la protección de sus derechos y o/de su patrimonio, haciéndose cargo, en el caso de su incapacitación de su curatela o tutela y la sensibilización de la sociedad, formación, información y asesoramiento en todos los aspectos de promoción.

Fundación Llissach

La entidad fue constituida con el fin de dar escolaridad a los niños y niñas de Santpedor y velar por los niños más necesitados de la población. La primera escuela (sólo masculina) se construyó el año 1898 y ya no existe. La segunda escuela (femenina) funcionó hasta el año 1968 en las instalaciones de la parroquia de Santpedor. Fue entonces cuando se construyó la actual escuela unificada en un terreno de 17.000 m² dónde actualmente se imparten estudios de Educación Infantil, Primaria y, en un futuro inmediato, Secundaria.

La Fundación Llissach es actualmente quien vela por el funcionamiento y la gestión de la Escuela Llissach. El equipo humano apoya a todo el claustro de maestros y gestiona la administración de la escuela. El hecho de tener un equipo humano de trabajadores dentro la propia Fundación, hace que las tareas vinculadas a la escuela puedan llegar más allá del propio horario escolar.

La Fundación Llissach tiene un equipo coordinador de monitores y educadores que gestionan diferentes actividades:

- Formación de monitores
- Casales de vacaciones para niños y jóvenes
- Colonias escolares y de vacaciones
- Actividades y formación de adultos
- Dinamización de Grupos de jóvenes
- Servicios escolares: comedores escolares, actividades extraescolares, etc.

Asociación Catalana del Biodiésel

La Associació Catalana del Biodièsel (ACBiodiesel) es una entidad sin ánimo de lucro, constituida en junio de 2003 y registrada en la Dirección general de Derecho y de Entidades Jurídicas,

Los objetivos de la ACBiodiesel son:

1. Promocionar el uso del biodiesel, puro o en mezcla con gasoil como carburante para vehículos y maquinaria de todo tipo, equipados con motores de ciclo diesel adecuados a este carburante.
2. Vigilar la consecución de un combustible biológico homogéneo que reúna las características técnicas de la norma europea EN 1414 para el biodiesel 100%, y,

para las mezclas de venta al público, las del Real Decreto 61/2006. En el caso de las mezclas diferentes para clientes finales, deberá seguir el que dice la Directiva CE 30/2003 (cada combustible debe cumplir su norma de calidad antes que la de la mezcla).

3. Recomendar a los asociados un sistema de garantía de calidad que garantice el cumplimiento de las normas que se dicten en cada momento.
4. Realizar las acciones necesarias y velar para que los fabricantes incluyan sin restricciones el biodiesel en sus catálogos, como combustible autorizado.
5. Facilitar a los asociados un medio imparcial, sin ánimo de lucro, con la finalidad de dar las respuestas técnicas necesarias a los usuarios.
6. Crear y autorizar la utilización de un distintivo de la ACBiodiesel, que explique al usuario que el biodiesel que se usará es biodiesel de un socio que se ha comprometido a seguir las normas de calidad aplicables.
7. Representar a los miembros de la Asociación ante las Administraciones, defendiendo sus intereses.

Pueden formar parte de la Asociación todas las personas físicas y jurídicas, públicas y privadas, con plena capacidad jurídica y de obrar, que fabriquen, distribuyan o utilicen biodiesel y los fabricantes de vehículos o maquinaria que puedan utilizarlos.

Actualmente los miembros de la ACBiodiesel son los siguientes:

PRODUCTORES

Stocks del Vallès, S.A.
Bionet Europa, S.L.
Albabio Andalucía

DISTRIBUIDORES

Petromiralles, S.L.
Petrocat
Via Operador Petrolífero

SOCIOS INSTITUCIONALES

Institut Català de l'Energia (ICAEN)
Universitat Autònoma de Barcelona (UAB)
Universitat Rovira i Virgili de Tarragona (URV)
Universidad de Castilla La Mancha (UCLM)
Universitat de Lleida (UdL)

GRANDES USUARIOS

Urbaser
Transports Metropolitans de Barcelona (TMB)

Objetivo y Descripción del Proyecto

Este es un programa con cuatro vertientes: **Educativa**, haciendo crecer la conciencia del reciclaje y sostenibilidad de los recursos. **Medioambiental**, puesto que enseña a los escolares a recuperar un residuo altamente contaminante y el daño que puede hacer el aceite ya frito si lo echamos por el fregadero. **Energético**, se explica como este residuo, el aceite usado doméstico, se puede convertir en un biocombustible para nuestros

vehículos. **Social**, puesto que la empresa que recoge el aceite lo hace mediante trabajadores con riesgo de exclusión laboral por enfermedad mental.

Herramientas de apoyo al proyecto:

1. Página Web.

Creación de una página web que cumpla los siguientes objetivos:

- Difundir de forma masiva la importancia de reciclar el aceite de cocina usado con el fin de evitar la contaminación de las aguas y revalorizar un residuo convirtiéndolo en un biocarburante.
- Dar a conocer las actividades de economía social que dan servicio a los ciudadanos recogiendo el aceite a las escuelas.
- Contribuir al cambio de hábitos de consumo y sensibilizar a la población de su responsabilidad social y medioambiental.
- Promocionar el uso del biodiesel como sustitutivo del gasoil e informar de sus ventajas.
- Ofrecer un espacio virtual de comunicación y difusión de experiencias para los diferentes centros escolares que participan en el proyecto.

2. Trípticos, flyers.

A partir de la imagen de la mascota del proyecto “**Goli**” (Gota de Aceite, “oli” en catalán), se elaborará una serie de material gráfico divulgativo para apoyar la difusión y promoción del proyecto.

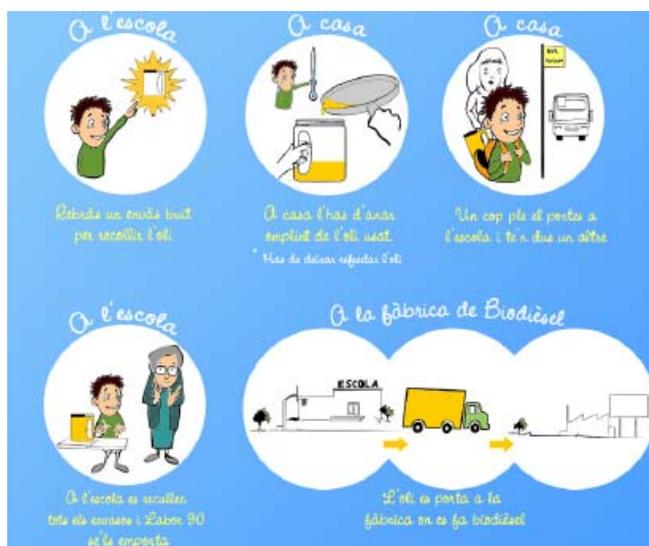


3 . Talleres en las escuelas para niños y para las familias.

Con el objetivo de dar a conocer el proyecto “Biodiesel en las Escuelas” y sus objetivos, se organizarán talleres en los centros educativos tanto para niños como para sus familias. Se organizarán los talleres para los alumnos por niveles: educación infantil (P3, P4 y P5), primer ciclo (de 1er a 3er) y segundo ciclo (de 4rt a 6è). Los contenidos de los talleres serán:

- La defensa del medio ambiente, control del cambio climático y sostenibilidad: recogida selectiva.
- El residuo de aceite vegetal doméstico. Por qué es un residuo contaminante. Qué hacer con el aceite usado. Por qué es importante recogerlo selectivamente. Qué beneficios comporta su recogida selectiva. Qué se obtiene con el reciclaje del aceite vegetal.
- El biodiesel: qué es, qué ventajas comporta.

- Explicación del proyecto “Biodiesel en las Escuelas”: economía social.



4

Campaña divulgativa

El proyecto debe contar con un importante soporte mediático e informativo. En la fase piloto se presentará a los Ayuntamientos de los respectivos municipios (Santpedor y Sant Hipòlit de Voltregà).

4. Fases del Proyecto

Están proyectadas 4 fases que representarán dos años de duración:

1ª Fase: 2 escuelas (300 familias)

- Escuela Llissach, Santpedor
- Escuela Sagrats Cors, Sant Hipòlit de Voltregà

2ª Fase: 10 escuelas (2000 familias)

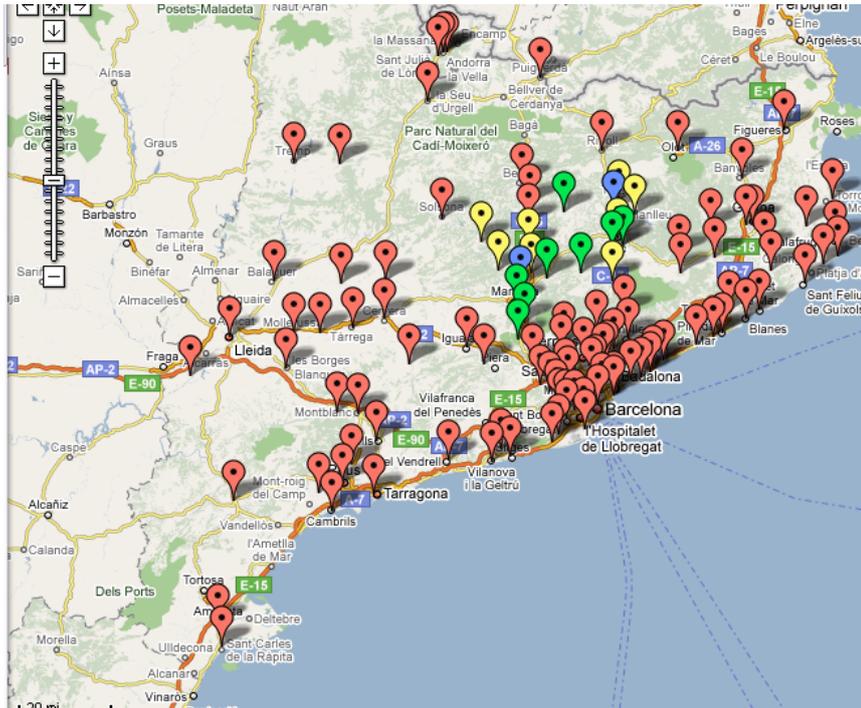
- 3 escuelas de la comarca del Bages
- 3 escuelas de la comarca de Osona
- 2 escuelas de la comarca del Vallés Occidental
- 2 escuelas de Barcelona

3ª Fase: 26 escuelas (8000 familias)

- 8 escuelas de la comarca del Bages
- 8 escuelas de la comarca de Osona
- 5 escuelas de la comarca del Vallés Occidental
- 5 escuelas de Barcelona

4ª Fase: 440 escuelas concertadas de todo Cataluña (150.000 familias)

Al cumplir la cuarta fase, que se espera sea a finales del 2010, se podrán recoger aproximadamente 1,2 millones de litros de aceite usado al año que irán destinados a la producción de biodiésel, por lo que se habrá podido evitar que se haga un mal uso de este residuo con el tremendo impacto que tiene sobre el medio ambiente.



Escuelas de la 4ª fase repartidas por todo el territorio catalán y Andorra

En esta cuarta fase se espera ya haber desarrollado un envase propio que tenga unas características especiales para facilitar su limpieza (boca ancha, tamaño adecuado para la máquina de lavado) así como que sea manejable para las familias y fácil de echar el aceite.



Envase vacío

Envase lleno de aceite

Para la ejecución de la fase con 440 escuelas habrá unas necesidades de personal que llevará a crear los siguientes puestos de trabajo:

- 20 monitores de escuela para llevar a cabo los talleres
- 2 personas de administración
- 30 personas con necesidades especiales (economía social) para la manipulación y transporte de los envases.