

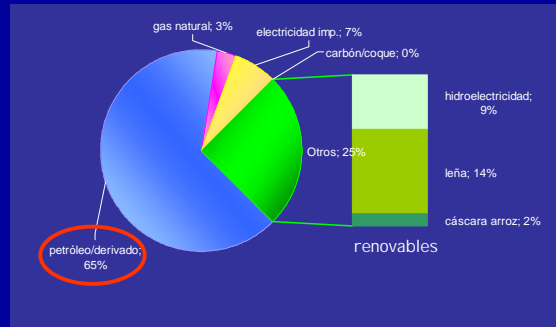
Academia Nacional de Ingeniería

Alternativas viables de la fabricación de biodiesel en Uruguay

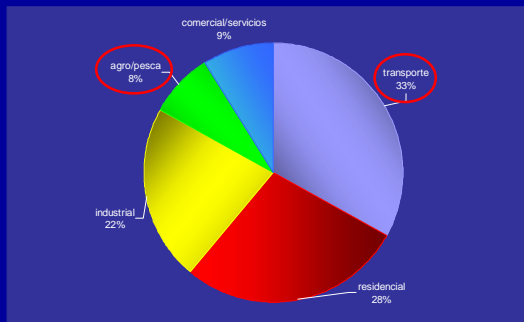
Acad. Dra. Ing. Quím. María Antonia Grompone

6 de noviembre del 2007

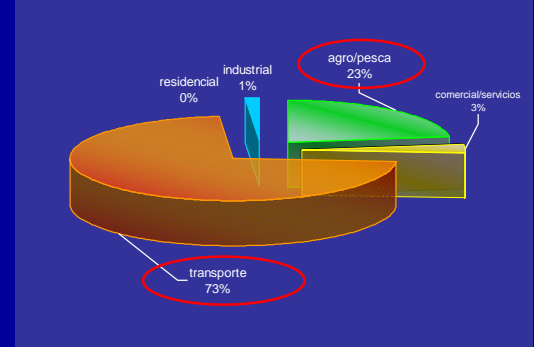
Distribución del consumo energético del Uruguay (año 2006)



Consumo energético por sectores (Uruguay, 2006)



Consumo de gasoil por sectores (Uruguay, 2006)

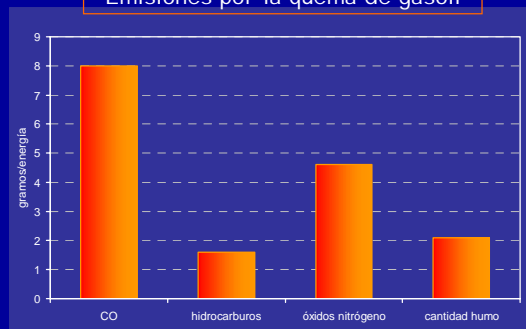


El Uruguay consume alrededor de 800 millones de litros de **gasoil** por año.

Producido a partir del petróleo crudo importado

Importado directamente como gasoil

Emisiones por la quema de gasoil



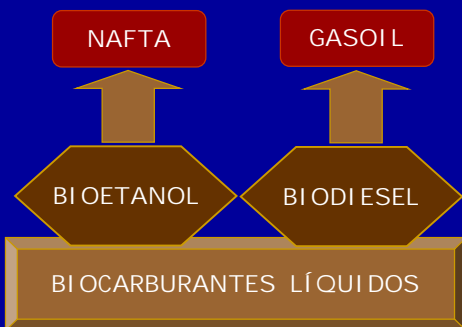
Una de las soluciones a los problemas de contaminación y de importación de combustibles proviene de los BIOCARBURANTES.

BIOCARBURANTES (biocombustibles líquidos)

Se obtienen a partir de materias primas de origen agrícola.



Recursos renovables de origen nacional.



El biodiesel es un combustible para motores de ignición-compresión (motores diesel o gasoleros).

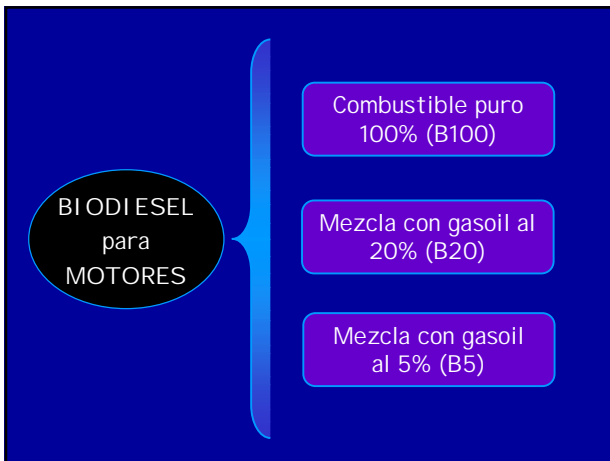
EQUIPOS
DIESEL

Motores diesel
(gasoleros)

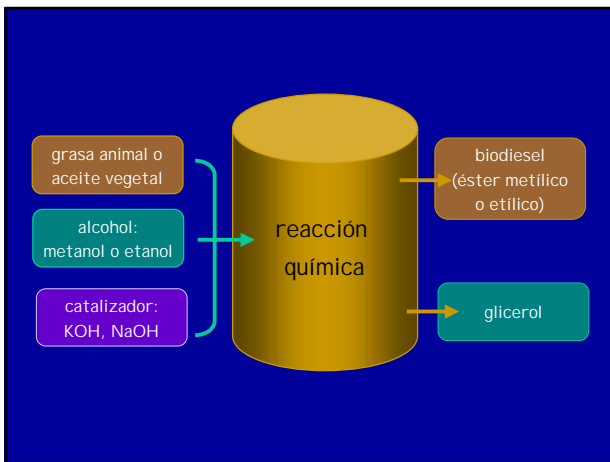
Calderas

Turbinas

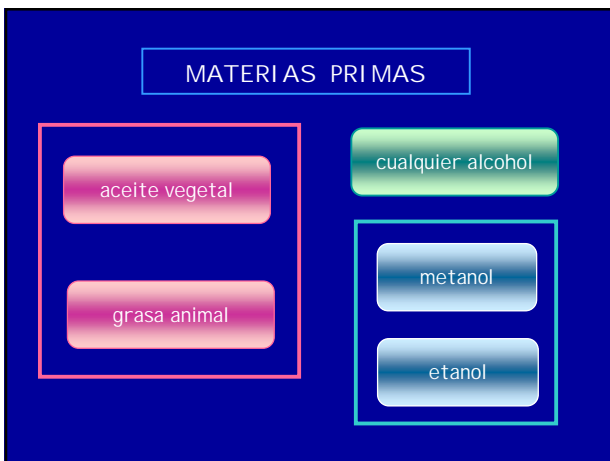
El biodiesel puede sustituir al gasoil sin efectuar cambios en los motores. Se puede mezclar con él en cualquier proporción.



Preparación de biodiesel:
reacción química



Materias Primas



Metanol

Etanol

Biodiesel

Inflamables Explosivos

En las plantas de fabricación se debe cumplir con condiciones estrictas de seguridad.

METANOL

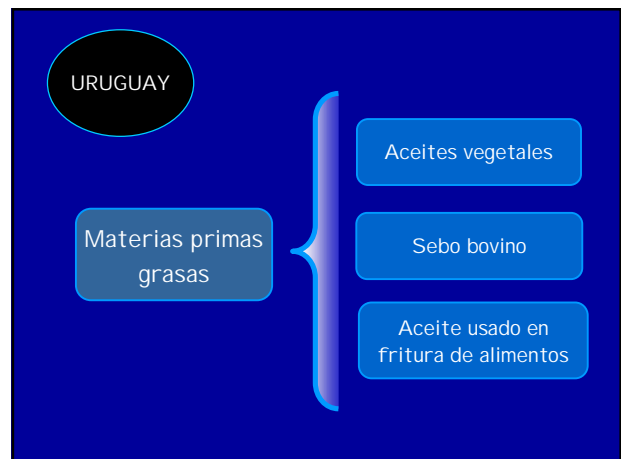
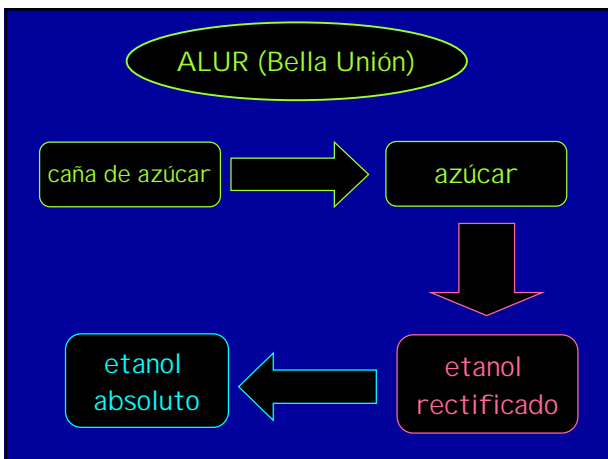
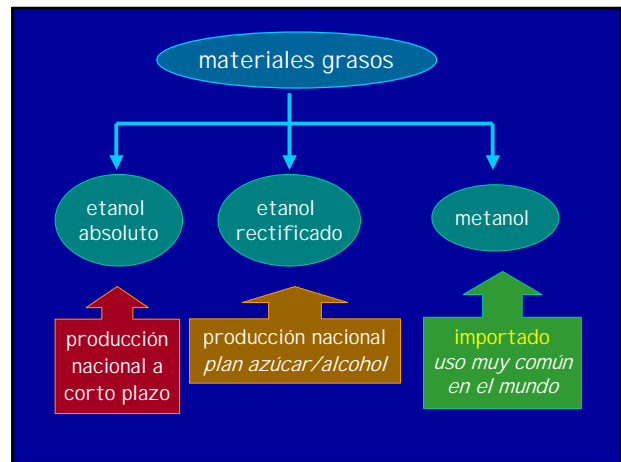
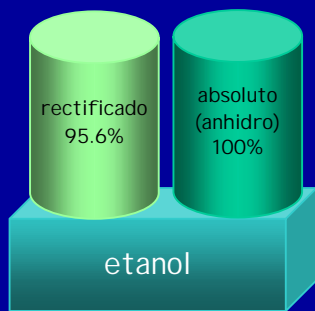
Tóxico por respiración de sus vapores, ingestión o absorción por la piel.

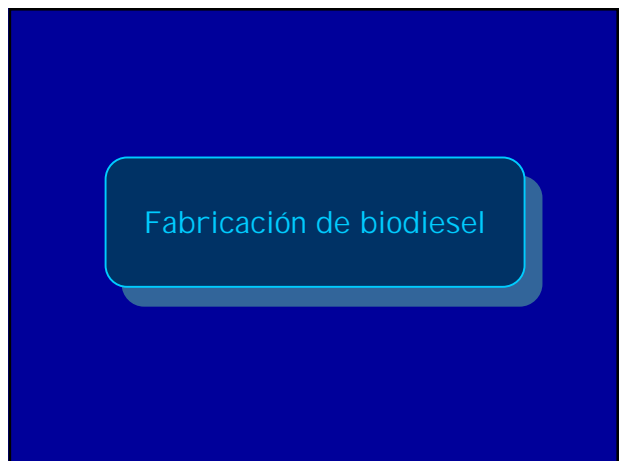
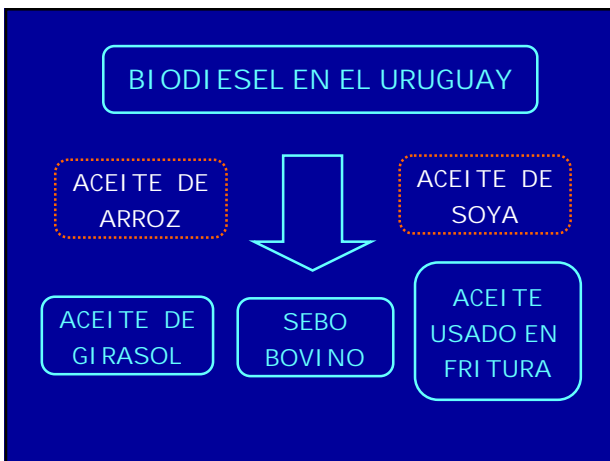
El daño por ingesta puede ser fatal.

La respiración de sus vapores puede provocar daño en los riñones, corazón, hígado y ojos (hasta ceguera).



Es totalmente inconveniente la preparación doméstica del biodiesel en una licuadora.





URUGUAY

Ley sobre Agrocombustibles: 2007

Aprobado el 7 de febrero por la Cámara de Senadores y el 29 de octubre por la Cámara de Representantes.

BIODIESEL(B100)

Art. 12: Combustible para motores, compuesto de ésteres mono alquílicos de ácidos grasos de cadena larga, derivados de aceites vegetales o grasas animales, que cumple con las previsiones contenidas en la Norma UNIT 1100 y sus futuras actualizaciones.

NORMA UNIT 1100: biodiesel

Fue aprobada en diciembre del 2005.

Recogió las exigencias europeas (EN 14214) y americanas (ASTM D 6751-03a).

Etapas de la fabricación del biodiesel


Reacción química

Separación del glicerol

Lavado del biodiesel

Secado del biodiesel

Reacción química

1 ton aceite + 108 kg metanol 

mezcla y reacción
catalizador

separación

1 ton biodiesel 100 kg glicerol ("glicerina")

aceite
metanol y catalizador

reacción

biodiesel
glicerol

AGITACIÓN

SEPARACIÓN

Norma UNIT 1100

PROPIEDAD	LÍMITES
Contenido de ésteres	96.5 % (mínimo)
Contenido de monoglicéridos	0.80 % (máximo)
Contenido de diglicéridos	0.20 % (máximo)
Contenido de triglicéridos	0.00 % (máximo)
Glicerol total	0.25 % (máximo)
Contenido de alcohol	0.20 % (m/m) máximo
Punto de inflamación	100°C (mínimo)
Glicerol libre	0.02 % (m/m) máximo
Contenido de agua y sedimentos	0.05 % (m/m) máximo

cantidad mínima de biodiesel formado

Norma UNIT 1100

PROPIEDAD	LÍMITES
Contenido de ésteres	96.5 % (mínimo)
Contenido de grasa o monoglicéridos	0.80 % (máximo)
Contenido de aceite sin reaccionar diglicéridos	0.12 % (máximo)
Contenido de aceite sin reaccionar triglicéridos	0.00 % (máximo)
Glicerol total	0.25 % (m/m) máximo
Contenido de alcohol	0.20 % (m/m) máximo
Punto de inflamación	100°C (mínimo)
Glicerol libre	0.02 % (m/m) máximo
Contenido de agua y sedimentos	0.05 % (m/m) máximo

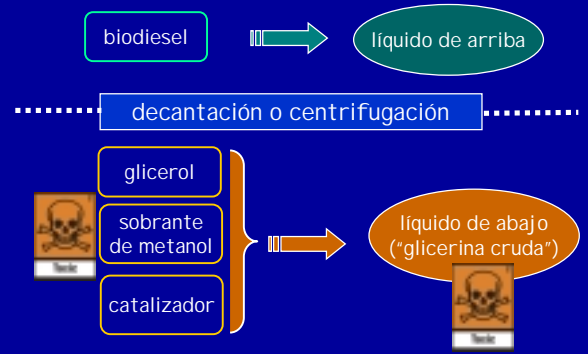
Si queda **aceite sin reaccionar** no se puede eliminar por lavado porque es soluble en el biodiesel.

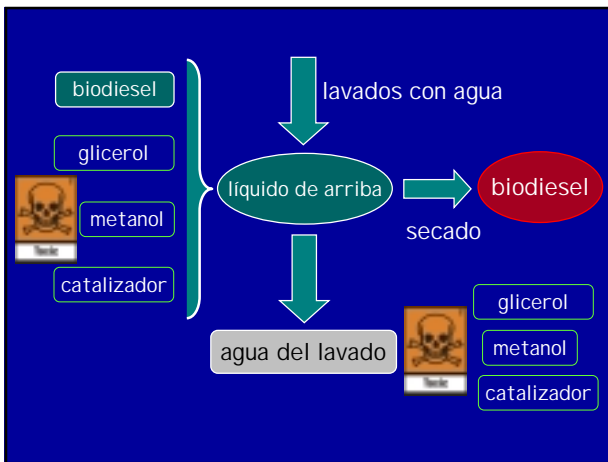
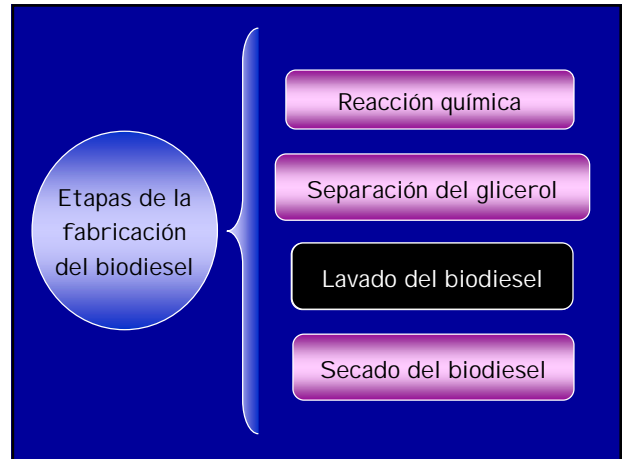
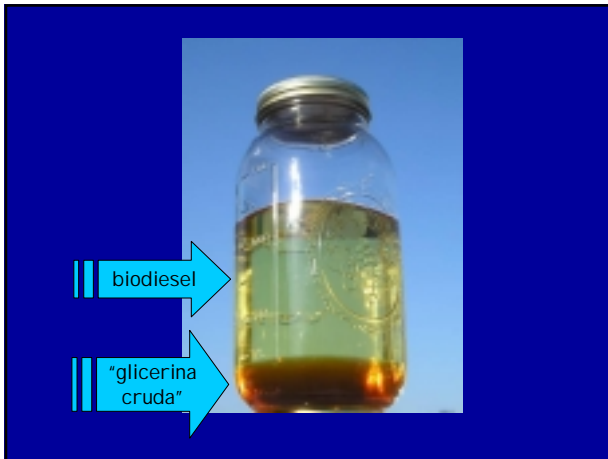
El **aceite sin reaccionar** va al motor junto con el combustible, provocando daños en el mediano plazo (por ejemplo, aparición de residuos carbonosos y depósitos en el inyector y en la cámara de combustión).

Etapas de la fabricación del biodiesel

- Reacción química
- Separación del glicerol
- Lavado del biodiesel
- Secado del biodiesel

PRODUCTOS DE LA REACCIÓN





Norma UNIT 1100

PROPIEDAD	LÍMITES
Contenido de ésteres	96.5 % (mínimo)
Contenido de monoglicéridos	0.80 % (m/m) máximo
Contenido de diglicéridos	0.20 % (m/m) máximo
Contenido de triglicéridos	0.20 % (m/m) máximo
Glicerol total	0.25 % (m/m) máximo
Contenido de alcohol	0.20 % (m/m) máximo
Punto de inflamación	100°C (mínimo)
Glicerol libre	0.02 % (m/m) máximo
Contenido de agua y sedimentos	0.05 % (m/m) máximo

Si la separación de la glicerina (glicerol) no fue completa o los lavados del biodiesel no fueron suficientes, queda dentro del biodiesel una cantidad de glicerol superior a la permitida por la Norma UNIT 1100.

Norma UNIT 1100

PROPIEDAD	LÍMITES
Contenido de ésteres	96.5 % (mínimo)
Contenido de monoglicéridos	0.80 % (m/m) máximo
Contenido de diglicéridos	0.20 % (m/m) máximo
Contenido de triglicéridos	0.20 % (m/m) máximo
Glicerol total	0.25 % (m/m) máximo
Contenido de alcohol	0.20 % (m/m) máximo
Punto de inflamación	100°C (mínimo)
Glicerol libre	0.02 % (m/m) máximo
Contenido de agua y sedimentos	0.05 % (m/m) máximo

Si queda metanol en el biodiesel, puede provocar corrosión en los motores, atacar a las juntas y afectar la temperatura de encendido. También aumenta el riesgo de explosión en los tanques de almacenamiento.

Norma UNIT 1100

PROPIEDAD	LÍMITES
Contenido de ésteres	96.5 % (mínimo)
Contenido de monoglicéridos	0.80 % (m/m) máximo
Contenido de diglicéridos	0.20 % (m/m) máximo
Contenido de triglicéridos	0.20 % (m/m) máximo
Glicerol total	0.25 % (m/m) máximo
Contenido de alcohol	0.20 % (m/m) máximo
Punto de inflamación	100°C (mínimo)
Glicerol libre	0.02 % (m/m) máximo
Contenido de agua y sedimentos	0.05 % (m/m) máximo

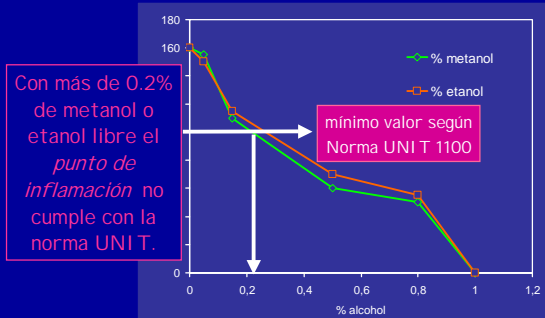
Punto de inflamación ("flash point")

Es la temperatura a la cual los vapores del combustible se inflaman espontáneamente.

El gasoil tiene un punto de inflamación entre 50°C y 80°C.

El punto de inflamación del biodiesel es considerablemente más alto: superior a 160°C.

Efecto del alcohol remanente sobre el punto de inflamación del biodiesel.



Etapas de la fabricación del biodiesel

Reacción química

Separación de la glicerol

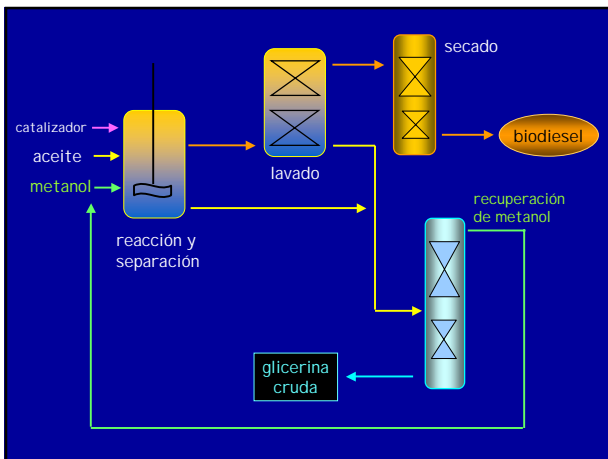
Lavado del biodiesel

Secado del biodiesel

Norma UNIT 1100

PROPIEDAD	LÍMITES
Contenido de ésteres	96.5 % (mínimo)
Contenido de monoglicéridos	0.80 % (m/m) máximo
Contenido de diglicéridos	0.20 % (m/m) máximo
Contenido de triglicéridos	0.20 % (m/m) máximo
Glicerol total	0.25 % (m/m) máximo
Contenido de alcohol	0.20 % (m/m) máximo
Punto de inflamación	100°C (mínimo)
Glicerol libre	0.02 % (m/m) máximo
Contenido de agua y sedimentos	0.05 % (m/m) máximo

Hay que eliminar bien el agua de lavado del biodiesel para que ésta no se separe en el fondo de los tanques de almacenamiento y/o ingrese al motor con el combustible.



No es recomendable que el biodiesel se fabrique de manera artesanal, sin control por parte de una persona especializada y **sin efectuar los análisis** que aseguren que no provocará daños en los motores.

Equipo transportable para fabricar biodiesel



Materias primas no aptas para la fabricación de BIODIESEL según la Norma UNI T 1100

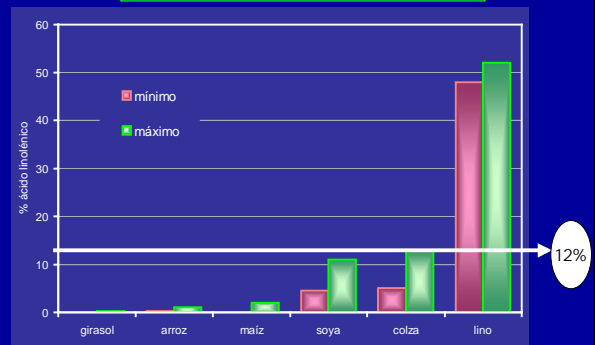
Materias primas grasas

Propiedad (Norma UNI T 1100)	Máximo % (m/m)
Éster de ácido linoléico	12.0



No se puede emplear aceites secantes como el de LINO.

Contenido de ácido linoléico (18:3)



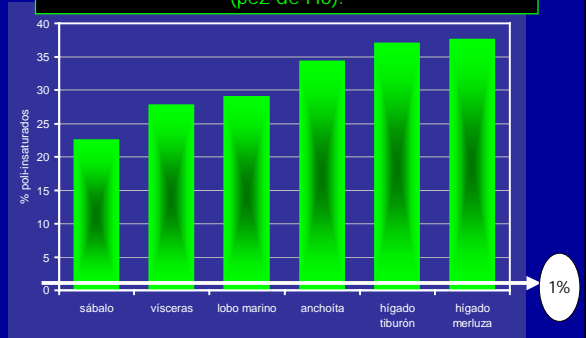
Materias primas grasas

Propiedad	Máximo % (m/m)
Ésteres poli-insaturados (> 4 dobles enlaces)	1.0



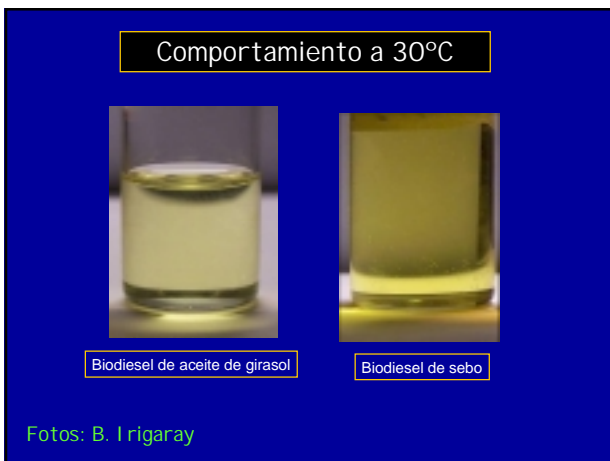
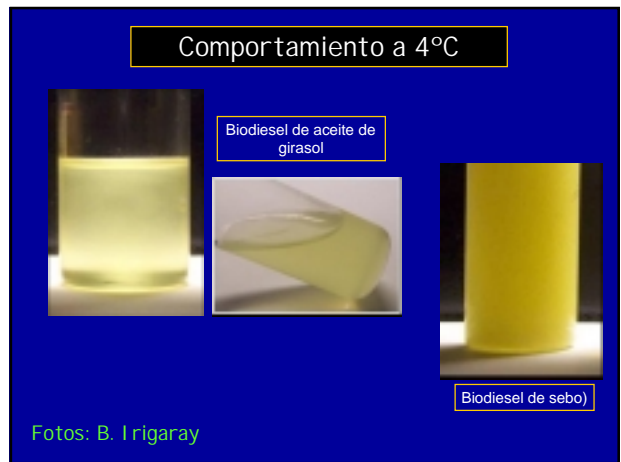
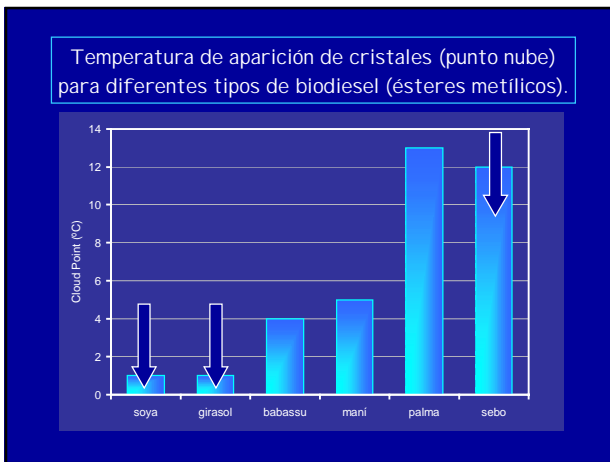
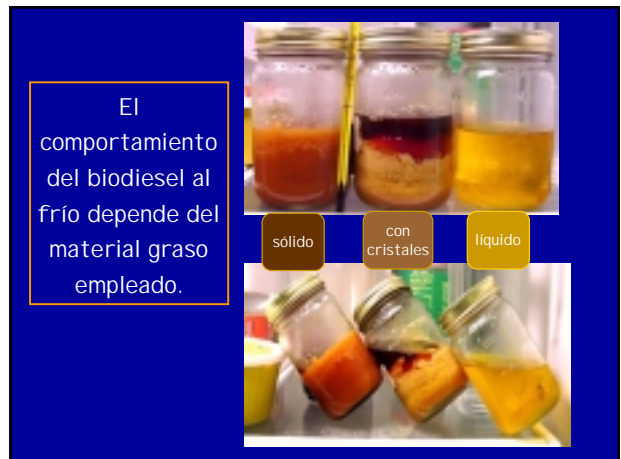
No se puede emplear ciertos aceites como los de origen marino (de pescados).

Contenido de ácidos poli-insaturados (≥ 4 dobles enlaces) de aceites marinos uruguayos y de sábalo (pez de río).



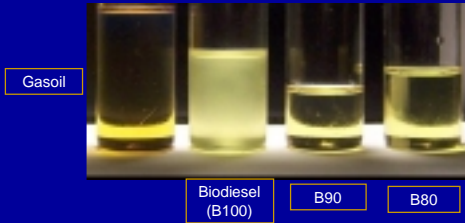
Propiedades del BIODIESEL diferentes de las del GASOIL

Comportamiento del biodiesel a bajas temperaturas



La formación de cristales y la gelificación a bajas temperaturas del biodiesel se mitiga al utilizar mezclas con gasoil.

Biodiesel de aceite de girasol, gasoil y sus mezclas a 4°C.



Fotos: B. Irigaray

Estabilidad oxidativa

Almacenamiento del biodiesel

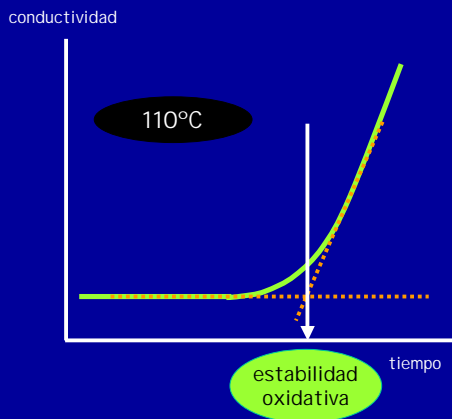
A diferencia del gasoil, el biodiesel se oxida en contacto con el aire por lo que tiene una vida útil limitada.

En cada caso hay que establecer cuánto tiempo se puede almacenar.

Medida de la estabilidad a la oxidación del biodiesel

La medida se realiza bajo condiciones diferentes a las del almacenamiento normal.

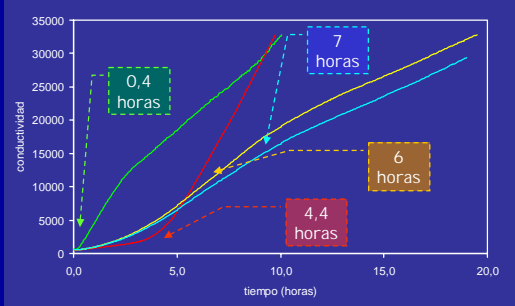
Se mide en un equipo que mantiene al biodiesel a 110°C, mientras se le burbujea aire (método OSI).



Estabilidad oxidativa

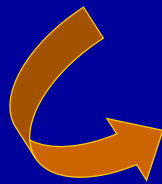
Norma UNI T: 6 horas (mínimo)

Tiempos OSI (horas) a 110°C del biodiesel elaborado con cuatro sebos vacunos diferentes.



Impacto de la producción futura de biodiesel en Uruguay.

Ley sobre agrocombustibles



ANCAP incorporará biodiesel al gasoil

hasta 31/12/2008

máximo 2%

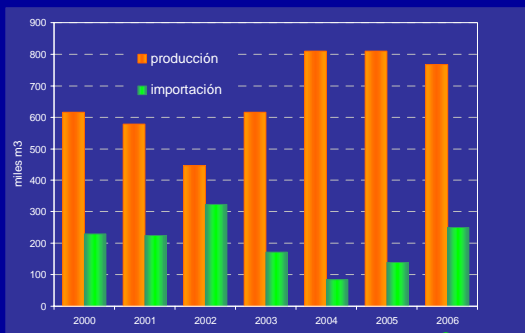
desde 1/1/2009 al 31/12/2011

obligatorio 2%

desde 1/1/2012

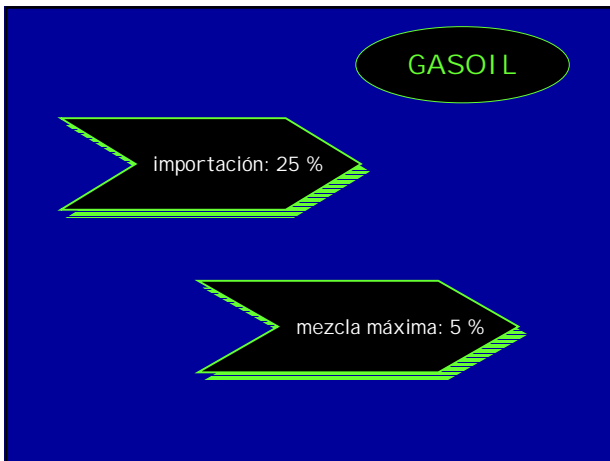
obligatorio 5%

GASOIL: Uruguay, período 2000-2006



Año 2006

IMPORTACIÓN:
25 % de la producción total de gasoil



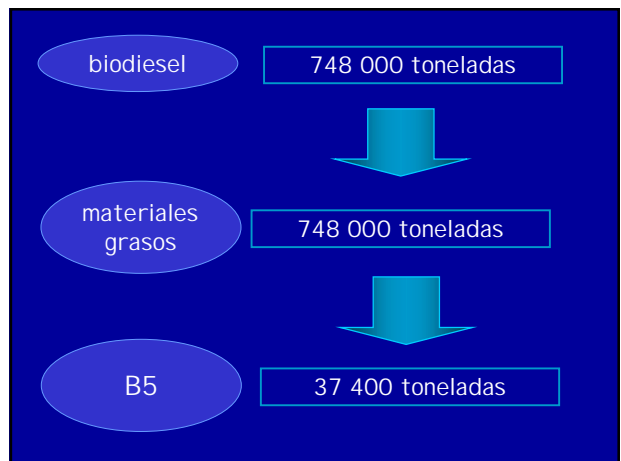
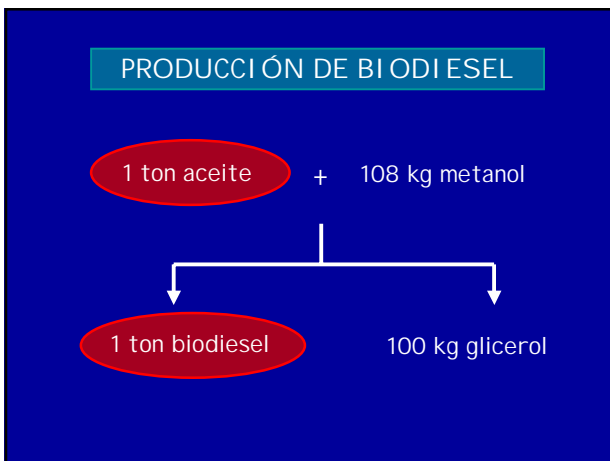
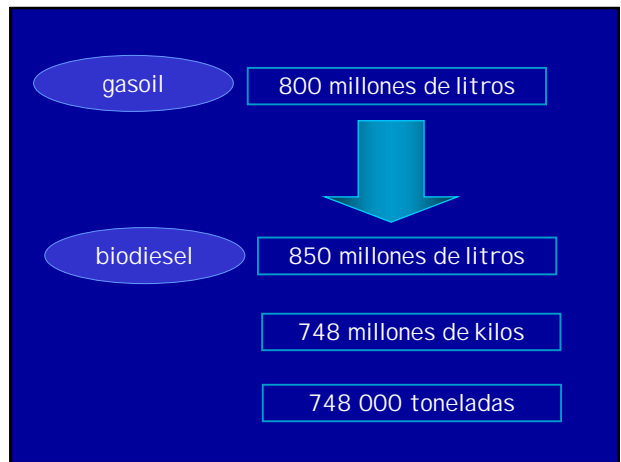
El Uruguay consume alrededor de 800 millones de litros de gasoil por año.

Rendimiento térmico

Combustible	Poder calorífico
diesel	37,9 MJ/litro
biodiesel	35,6 MJ/litro

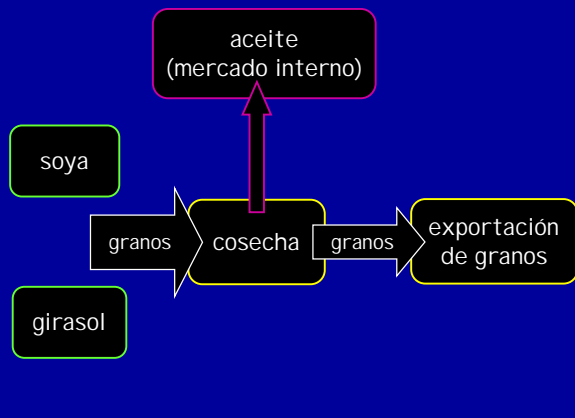
M = mega = un millón

1 litro de gasoil equivale a 1,065 litros de biodiesel

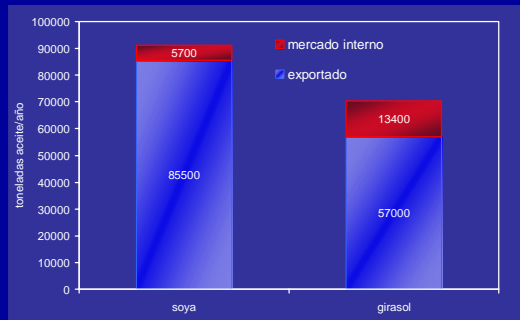


¿Qué cantidad de materiales grasos al año se pueden producir en el Uruguay?

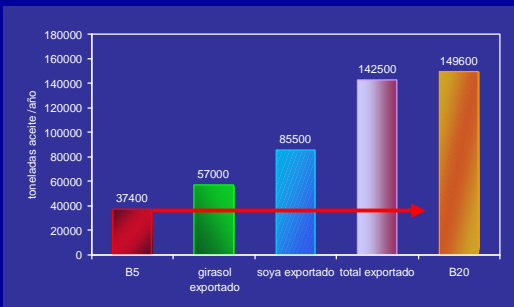
BIODIESEL de aceites vegetales



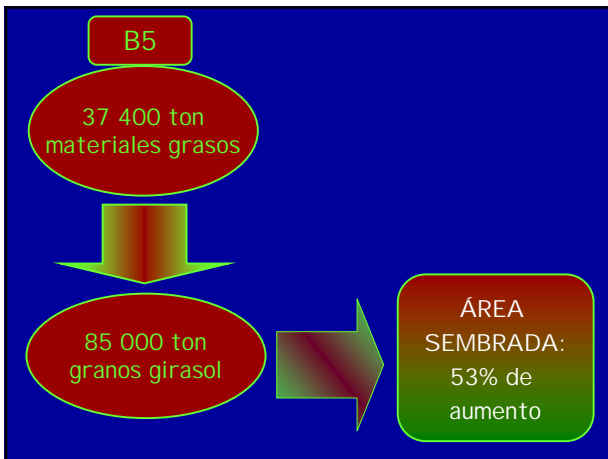
Producción potencial de aceites de soya y de girasol en función de la cosecha de granos (año 2005).



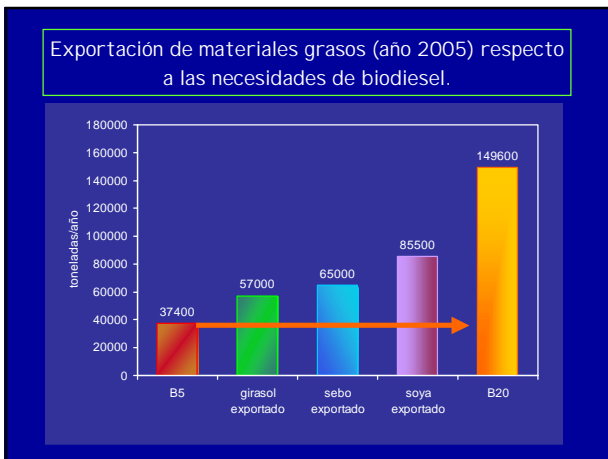
Exportación potencial de aceites de soya y de girasol (año 2005) respecto a las necesidades de biodiesel.



Mantenimiento de las exportaciones: producción adicional de semillas de girasol para biodiesel

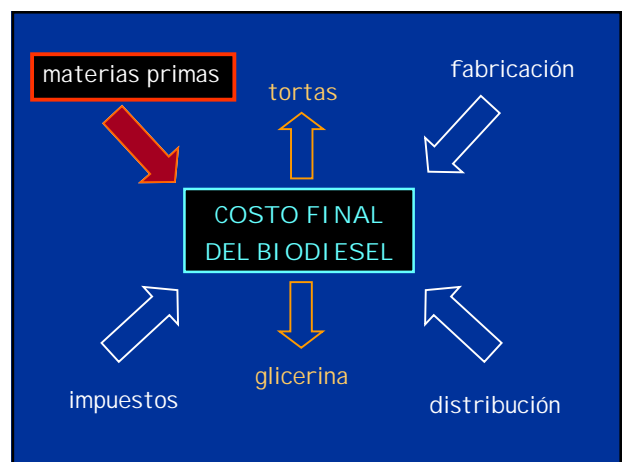


BIODIESEL de sebo bovino



Todas las alternativas de futuro conducen a un incremento en la producción de materiales grasos con consecuencias sociales positivas.

Uno de los problemas más serios para el uso de biodiesel es el **costo** de los materiales grasos de partida.



Mercado de Rotterdam (FOB U\$S/ton): año 2007

aceite de girasol	aceite de soya	aceite de colza
1 100	900	917

¿Por qué destinaría un productor su cosecha de semillas a la fabricación de biodiesel si la puede exportar (o extraer el aceite y exportarlo) a un precio fijado por el mercado internacional?

polémica adicional

¿Materiales grasos para alimentación o para combustible?

A nivel nacional se debería encarar la fabricación de biodiesel con **nuevas fuentes** de materiales grasos, cuyo precio no dependa del mercado internacional.

MATERIAS PRIMAS NO TRADICIONALES

NICARAGUA: *Jatropha curcas*

BRASIL: ricino (*mamona*)

INDIA: *Jatropha curcas*

ESPAÑA: Cardo y Carinata (colza etíope)

ITALIA: Carinata

AUSTRIA: Camelina (falso lino)

Aceite de ricino
(castor, *mamona*)

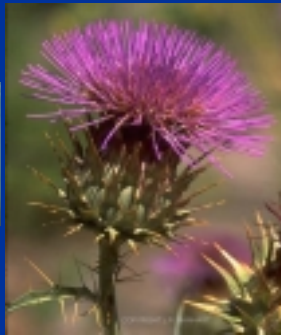
Tártago o ricino
(*Ricinus communis*)



Cardo de Castilla
(*Cynara cardunculus*)



CARDO
(*Cynara cardunculus*)



Carinata
Mostaza de Etiopía
(*Brassica carinata*)



Brassica carinata
(mostaza de Etiopía)



nuez medicinal o vómica
piñón de la India
(*Jatropha curcas* L.)

Jatropha curcas:
nuez medicinal, piñón de la India (nuez vómica)



Aceites no tradicionales para URUGUAY

Cardo

Carinata

Ricino

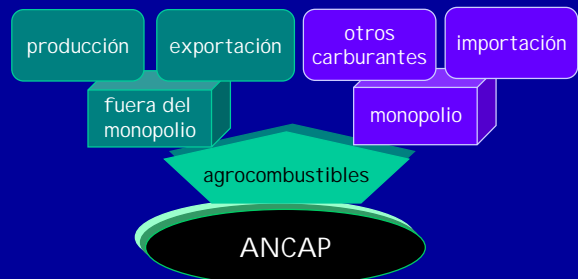
Jatropha curcas

En URUGUAY no se están haciendo estudios agrícolas sobre fuentes alternativas de aceites (excepto ricino).

Marco regulatorio uruguayo:
ley de agrocombustibles
2007

Art. 3°

Queda excluido del monopolio de ANCAP la producción y exportación de biodiesel (y etanol carburante).



Art. 4°

Se autoriza la comercialización interna de la producción de biodiesel.

Art. 14°

plantas productoras de biodiesel

para ANCAP

para exportar

autoconsumo

flotas cautivas

< 4000 L/día

Art. 5°

La producción de biodiesel para el consumo se efectuará en el territorio nacional a partir de materia prima de la producción agropecuaria nacional.

Art. 13°

La actividad de producción de agrocombustibles requerirá además de las habilitaciones que correspondan, la autorización del MIEM.

Medioambiente

biodiesel

grasas animales

aceites vegetales

bioetanol

fuentes renovables

