

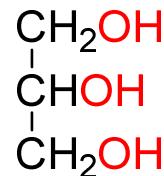
# **REUTILIZACIÓN DE LOS ACEITES DOMÉSTICOS USADOS, PRODUCCIÓN DE BIODIESEL Y JABONES CON ACEITE DOMÉSTICO**

**Eneritz Anakabe y Sonia Arrasate  
Departamento de Química Orgánica e Inorgánica, UPV/EHU  
Leioa, 29 de Enero de 2024**



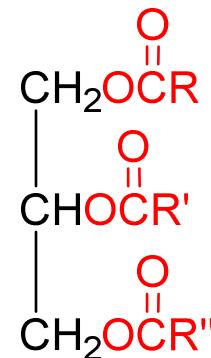
## Introducción: propiedades de aceites vegetales

Los aceites son triésteres del glicerol que contienen carboxilatos de cadena larga. Se le conoce con el nombre de triglicérido.



Glicerol

(1,2,3-propano**triol**)



Triglicérido

(**triester** de 1,2,3-propano**triol**)

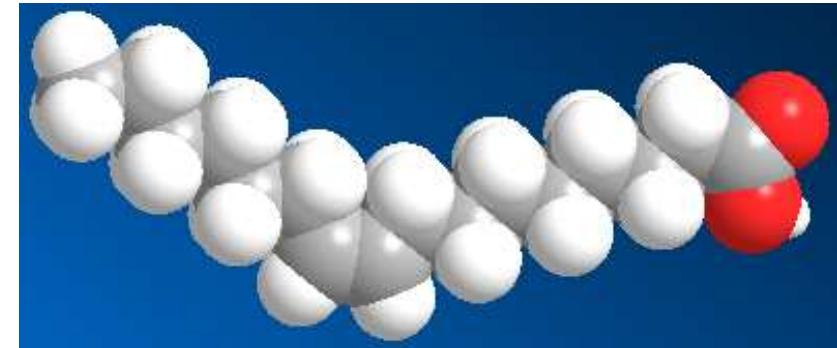
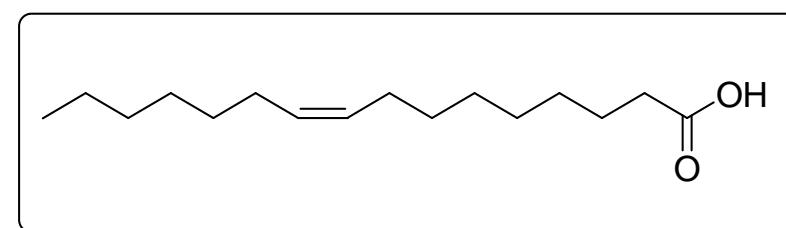
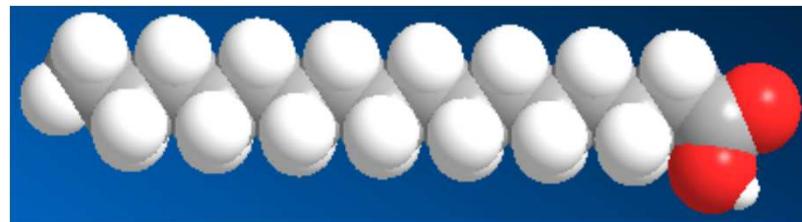
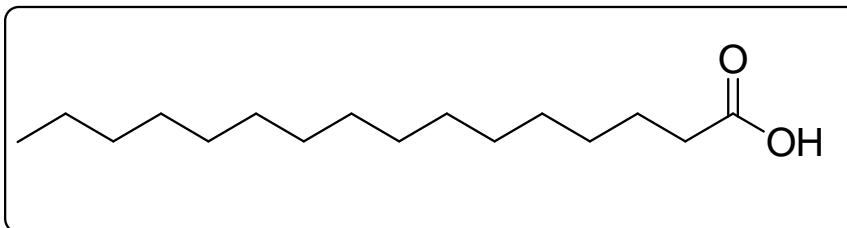


## Introducción: propiedades de aceites vegetales

### Estructura de los aceites vegetales y componentes principales:

Los ácidos grasos pueden ser saturados o insaturados.

- Si son insaturados el doble enlace suele ser *cis*. Los ácidos de los aceites, los ácidos grasos, no suelen tener ramificaciones y el número de átomos de carbono suele ser par.



- Los triglicéridos que forman los insaturados son líquidos (aceites) y los que forman los saturados, sólidos.



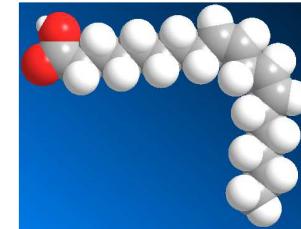
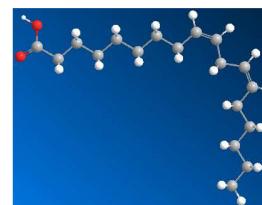
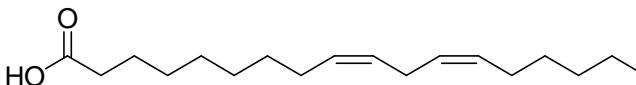
## Introducción: propiedades de aceites vegetales

- Aceite de girasol (*Helianthus annus*)

Componentes principales:

ácido linoleico (67-74%)

ácido oleico (17-22%).



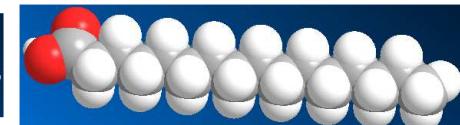
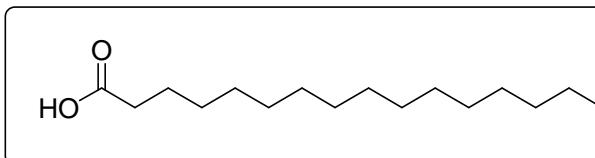
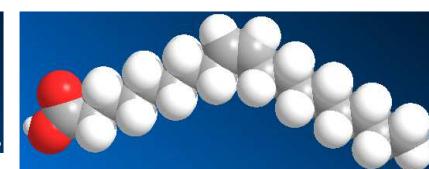
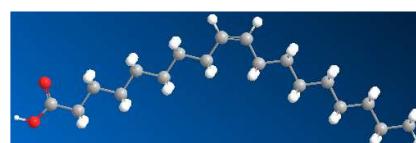
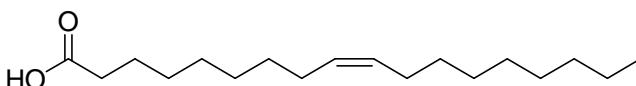
- Aceite de oliva (*Olea europaea*)

Componentes principales :

ácido oleico (71-84% )

ácido palmítico (10-13% )

ácido linoleico (7-10% ).



Ácido linoleico  
C<sub>18</sub>:2

Ácido oleico  
C<sub>18</sub>:1

Ácido palmítico  
C<sub>16</sub>:0



## Introducción: propiedades de aceites vegetales

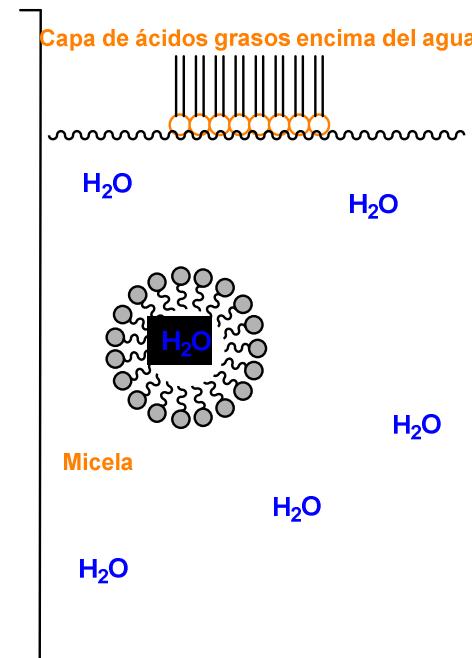
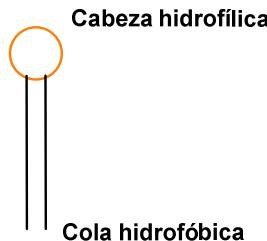
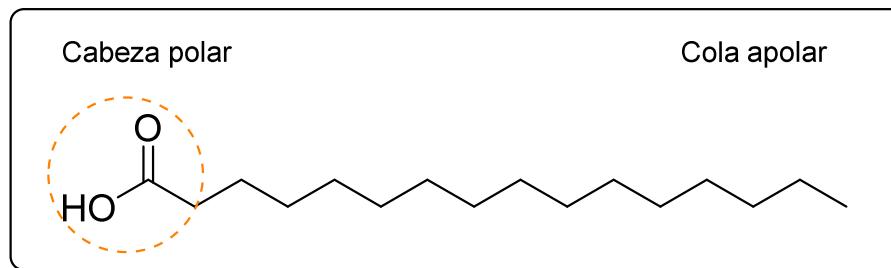
Ácido graso	Fórmula	Masa molar (g/mol)	Punto de fusión (°C)	Punto de ebullición (°C)
Ác. Linoleico	$C_{18}H_{32}O_2$	280,45	-5	229,5
Ác. Linolénico	$C_{18}H_{30}O_2$	278,44	-11	231
Ác. Oleico	$C_{18}H_{34}O_2$	282,47	16	286
Ác. Palmitoleico	$C_{16}H_{30}O_2$	254,42	1	210
Ác. Esteárico	$C_{18}H_{36}O_2$	284,48	71	360
Ác. Palmítico	$C_{16}H_{32}O_2$	256,43	63	350



## Introducción: propiedades de aceites vegetales

## Características de los aceites vegetales :

- Los ácidos grasos son insolubles en agua o hidrofóbicos.
  - La cadena larga del hidrocarburo ( $C_{16}$ ,  $C_{18}$ ) es apolar.
  - El otro extremo, la función ácido carboxílico al ser polar es hidrofílica.
  - Por lo tanto, las moléculas de ácidos grasos son heteropolares, y por lo tanto generan una capa en la superficie de agua, o pequeñas micelas dentro del agua.





## Introducción: propiedades de aceites vegetales

### Aceite usado como residuo:

- Los aceites son un alimento fundamental de la dieta, muy utilizados en nuestra alimentación.
- Cuando cocinamos los aceites se obtienen temperaturas muy altas y debido a eso y a la cantidad de agua que contienen los alimentos, cambian las propiedades químico-físicas orgánicas de los aceites.
- Como consecuencia se hidrolizan los ésteres y se forman radicales libres.
- El aceite se degrada cuando se reutiliza y se convierte en un residuo.
- La legislación (OMAM 304/2002) dice que estos aceites vegetales usados son de tipo LER 200125.



## Introducción: propiedades de aceites vegetales

■ **Plan Nacional de Residuos Urbanos (PNRU) dice así:** “Por su especial relevancia y posibilidades de reciclaje, el Plan prevé la recogida selectiva de los aceites y grasas vegetales de origen doméstico e industrial asimilado, mediante la dotación de contenedores específicos, campañas de sensibilización y establecimiento de acuerdos con empresas especializadas en su tratamiento y reciclaje. El Plan se fija como objetivo alcanzar una tasa de recogida y reciclado de los residuos de aceites vegetales del 50% antes del 31 de diciembre del año 2002 y del 80% antes del 31 de diciembre del año 2006. Como ya se ha indicado, se impulsará que los residuos específicos domésticos, por sus singulares características, se separen del resto de residuos urbanos para proceder a su posterior reciclaje o valoración, a través de sistemas tales como, Puntos Limpios, recogidas especiales puerta a puerta, acuerdos voluntarios.... La ley 10/98 de residuos, establece: el poseedor de los residuos estará obligado, mientras se encuentran en su poder, a mantenerlos en condiciones adecuadas de higiene y seguridad.

■ **La ley en su artículo 11 dice:** ...Los poseedores de residuos estarán obligados, siempre que no procedan a gestionarlos por sí mismos, a entregarlos a un gestor de residuos, para su valorización o eliminación...

■ **Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR):**...Valorización energética, en forma de biodiesel, de los siguientes porcentajes de aceites vegetales usados. Para el año 2010 el 80 % se tiene que transformar en biodiesel y para el 2015 el 90%.

■ **Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR) 2016-2022**:...para 2020, la valorización energética podría alcanzar hasta el 15% de los residuos municipales generados, mediante: la preparación de combustibles...



## Introducción: propiedades de aceites vegetales

### Razones para recoger el aceite:

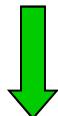
- Se le da una utilidad al aceite usado, una manera de reciclar.
- Se evita que el aceite utilizado vaya por el fregadero.
- Se reduce la contaminación de las aguas.
- Se facilita el proceso en las depuradoras.



## Introducción: propiedades de aceites vegetales

### Problemas que produce el aceite en las depuradoras:

- El aceite doméstico que no se recoge acaba en las depuradoras (EDAR).



Esos aceites aumentan el coste de tratamiento de las aguas.

EDAR Llobregat y Besós  
(2008): 231€/Tn  
1 L aceite usado, 2,5 €

1 L de aceite contamina 1000 L de agua.



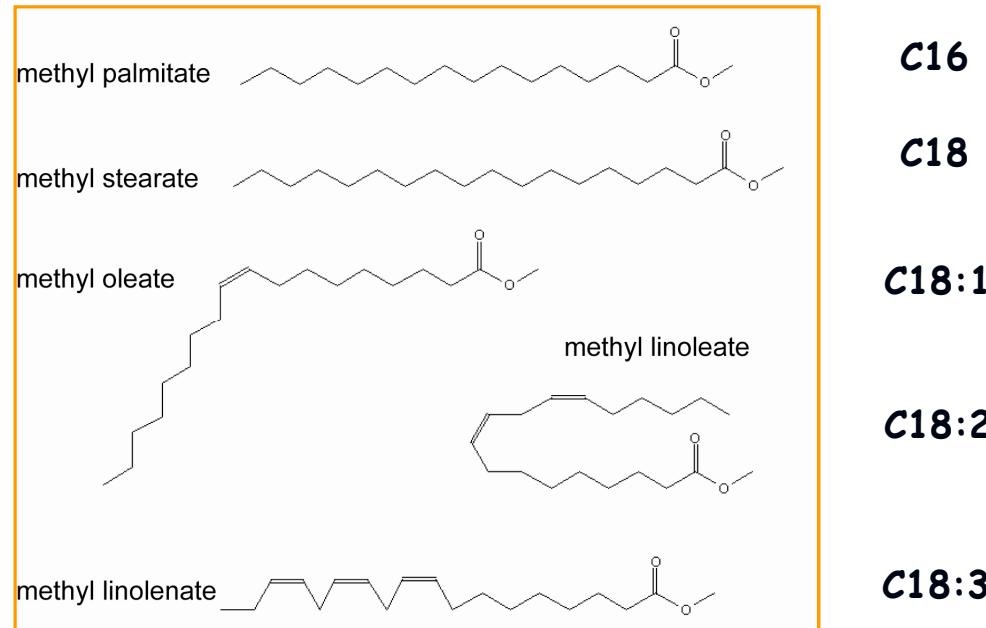


# Obtención de Biodiesel a partir de aceites vegetales usados



## Biodiesel: definición

- El biodiesel es un **combustible** que proviene de **fuentes de lípidos renovables** (de aceites vegetales o grasas animales).
- Son **monoalquil ésteres** de ácidos grasos de cadena larga.
- FAME: fatty acid methyl esters





# Fuentes de Biodiesel



## ■ Aceites vegetales

- Girasol
- Cereal
- Semillas de algodón
- Vaina de Soja
- Cacahuete
- Palma
- Colza



## ■ Aceites usados de cocina

## ■ Grasas animales.





## Características del Biodiesel

- El Biodiesel se puede utilizar en **cualquier vehículo que funcione con gasoil**.
- **El rendimiento y consumo es igual que el de un motor que utiliza gasoil.**
- **Es un combustible que proviene de fuentes renovables.**



## Transesterificación: metanolisis

- El biodiesel se obtiene por **transesterificación** en medio básico de aceites o grasas con alcoholes.
  - Con metanol: **metanolisis**.
  - Con etanol: **etanolisis**.
- Ventajas del metanol:
  - Más económico que el etanol
  - Conversión alta (98%)
  - Tiempos de reacción cortos



## Transesterificación: metanolisis



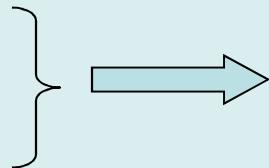
<https://www.youtube.com/watch?v=fSXtq2NU56c>



## Transesterificación: metanolisis

Condiciones de reacción:

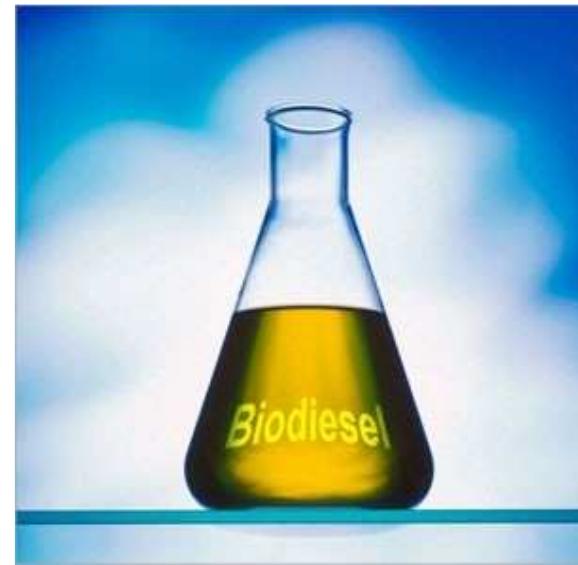
- Agitación: 600 rpm.
- $T^a < 65^{\circ}\text{C}$
- Una hora.



$\approx 100\%$  Rdto



Biodiesel + Glicerina



Biodiesel



## Transesterificación: metanolisis

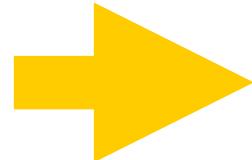
35 mL metanol

+

1 g Catalizador

+

100 g aceite



96,5 g biodiesel

+

10,5 g glicerina



## Transesterificación: metanolisis

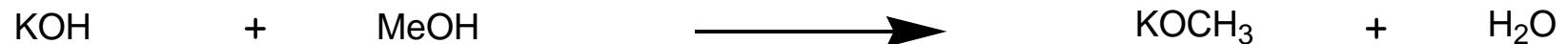
### ■ CATALIZADOR:

Se emplea un catalizador **básico**. Con ácidos la reacción es más lenta.

Los más empleados:

- Metóxido sódico (NaOCH3)
- Metóxido potásico (KOCH3)

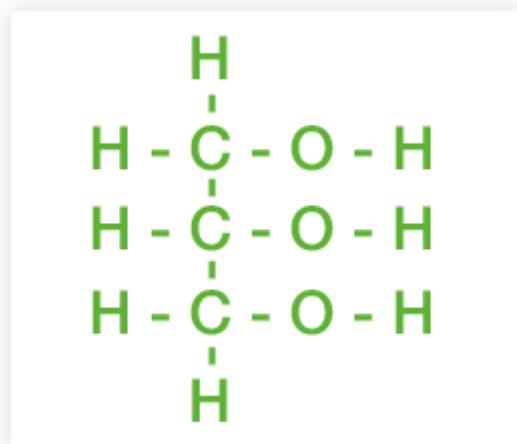
Para la obtención de estos catalizadores, se emplea MeOH y NaOH o KOH.





## Problemas del Biodiesel: Glicerina

- En esta reacción se obtiene también **glicerina**, que se separa fácilmente por extracción. La glicerina tiene un gran número de aplicaciones industriales (cosméticos, farmacia, síntesis de polímeros, como anticongelante...).
- Problema: se generan grandes cantidades.





## Problemas del Biodiesel

- En la mayoría de los motores Diesel no se puede utilizar 100% de biodiesel, ya que disuelve las piezas de goma y caucho del circuito de combustible.



Para evitar esto, hay que realizar modificaciones en los motores, empleando plásticos que no sean solubles en el biodiesel.



## Problemas del Biodiesel

- El Biodiesel limpia la suciedad de los motores y lo acumula en los filtros.
- El Biodiesel es más viscoso que el diesel, por tanto no es manejable a temperaturas bajas.
- El Biodiesel se congela 2-3°C antes que los combustibles derivados del petróleo.
- El “Biodiesel” que se vende en las gasolineras tiene la siguiente composición: 10-20 % éster metílico (biodiesel) y 90-80 % diesel.



## Problemas del Biodiesel

PROPIEDADES	ACEITE	BIODIESEL	GASOIL
Densidad a 15°C (kg/L)	0.96	0.883	0.84
Indice de Cetano	31.8-36	49-52.5	48-51.5
Punto de inflamación (°C)	-	118	64
Viscosidad a 20°C (cSt)	77.8	7.5	4.2
Poder calorífico (kJ/kg)	39000	40000	45000
Azufre (% en peso)	0.01	0.01	0.5



## Propiedades del Biodiesel

- Propiedades que tiene que tener el Biodiesel para cumplir la norma EN14214 .

Propiedad	Unidades	Límites		Método
		Minimo	Máximo	
Contenido en ester	% (m/m)	96.5		EN14103
Densidad a 15°C	kg/m <sup>3</sup>	860	900	EN ISO 3675
Viscosidad a 40°C	mm <sup>2</sup> /s	3.5	5.0	EN ISO 3104
Flash Point	°C	120	-	prEN ISO 3679
Azufre	mg/kg	-	10,0	prEN ISO 20846
Residuo Carbonoso	% (m/m)	-	0,30	EN ISO 10370
Número Cetano		51.0		EN ISO 10370
Cenizas sulfatadas	% (m/m)	-	0.02	ISO 3987
Agua	ma/ka	-	500	EN ISO 12937
Contaminación Total	ma/ka	-	24	EN 12662
Corrosión Cu (3 hr./50°C)		Clase 1		EN ISO 2160
Estabilidad a la Oxidación. 110°C	Hr	6.0	-	EN 14112
Acidez	ma KOH/a		0.50	EN 14104
Índice de Yodo	ar vodo/100 ar		140	EN 14111
Ester metílico del ácido linolénico	% (m/m)		12.0	EN 14103
Esteres metílicos poliinsaturados (>=4 dobles)	% (m/m)		1	
Metanol	% (m/m)		0.20	EN 14110
Monoalicerídos	% (m/m)		0.80	EN 14105
Dialicerídos	% (m/m)		0.20	EN 14105
Trialicerídos	% (m/m)		0.20	EN 14105
Glicerol libre	% (m/m)		0,02	EN 14105
Glicerol total	% (m/m)		0.25	EN 14105
Metales grupo I	mg/kg		5,0	EN 14108



## Procedimiento experimental para la obtención de Biodiesel

- Empleando 0,25 L de aceite usado, cuanto KOH y MeOH hay que emplear?

Datos:

- Densidad del aceite usado: 0,9 g/mL
- Triglicerido (aceite) P.m.: 842 g/mol
- Ester metílico (biodiesel) P.m.: 282 g/mol; densidad: 0,8 g/mL
- MeOH P.m.: 32 g/mol; densidad: 0,8 g/mL
- Glicerina P.m.: 92 g/mol; densidad: 1,26 g/mL
- Estequiometría de la rección: Aceite:MeOH 1:6 (en exceso)
- Aceite:KOH 100:1



## Procedimiento experimental para la obtención de Biodiesel

- Filtrar 250 mL de aceite reciclado y recogerlo en un erlenmeyer de 0,5 L.
- Se pone en la placa agitadora y se calienta a 50-60°C. Se pone el termómetro.
- Cuando la mezcla está caliente se añade la disolución de KOH en MeOH. (2,25 g KOH, 64 mL de MeOH)
- Se deja agitando 30 minutos para que ocurra la reacción
- La mezcla de reacción se pasa a un embudo de decantación de 0,5 L para que se separen bien las fases.
- La fase de abajo, la glicerina, se extrae y se guarda en un recipiente.
- La fase de arriba se guarda en otro recipiente.
- Se comprueba que el biodiesel obtenido es un combustible.

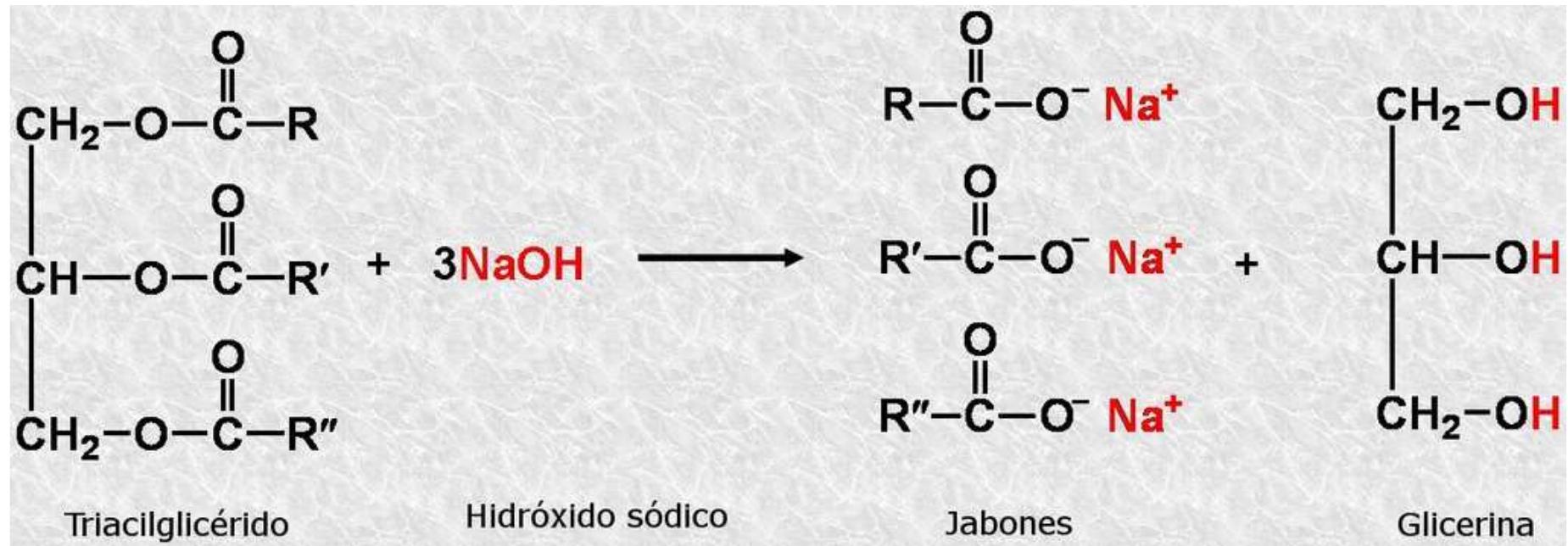
Frijitu-olioarekin biodiesel egiten





# Procedimiento experimental para la obtención de jabones

## Reacción de saponificación:





## Procedimiento experimental para la obtención de jabones

- Disolver 83 g de NaOH en 0,5 L de H<sub>2</sub>O.
- Remover durante 5 minutos.
- Añadir 0,5 L de aceite usado y remover **en la misma dirección**.
- Echar en un molde y dejar secar.
- Al de 2 días se corta y se deja secar para eliminar la sosa (NaOH).





## Bibliografía

Aparato para la obtención de Biodiesel en casa:

<http://www.youtube.com/watch?v=J4Wfsgob3gk>

- **E.Minami, S.Saka:** “Kinetics of hydrolysis and methyl esterification for biodiesel production in two-step supercritical methanol procces” Fuel, 2006.
- **S.Zheng, M.Kates, M.A.Dubé, D.D.McLean:** “Acid-catalyzed production of biodiesel from waste frying oil” Biomass and Bioenergy, 2005.
- **J. M. Encinar, J.F. González, A. Rodriguez-Reinares:** “Biodiesel from used friyng oil. Variables affecting the yields and characteristics of the biodiesel”. Industrial & Engineering Chemistry Research, American Chemical Society, 2005.
- **F.D.Torossi Baudino:** “Reacciones en contexto: la transesterificación en la producción de biodiésel a partir de aceite de fritura usado” Anales de química, 43-49, 102 (3), 2006.



## Bibliografía

- M. Mittelbach, C. Remschmidt: "Biodiesel- The comprehensive Handbook, Austria 2007.
- "Análisis del ciclo de vida de combustibles alternativos para el transporte. Fase II. Análisis de ciclo de vida comparativo del biodiesel y del diesel. Energía y cambio climático." Ministerio de Medio Ambiente, Ministerio de Educación y Ciencia, 2006, Ciemat.
- F.Mijangos, E. Olivares, G. Bueno, E. Anakabe, S. Arrasate. "Transesterifikazioak. Biodieselak. Nola lortu biodiesela sukaldeko olioa erabiliz?" 2011, UEU. Inprintan.
- National Biodiesel Board: [www.biodiesel.org](http://www.biodiesel.org)
- 2004 Biodiesel Handbook: [www.nrel.gov/vehiclesandfuels/npbf/feature\\_guidelines.html](http://www.nrel.gov/vehiclesandfuels/npbf/feature_guidelines.html)
- Energy Policy Act : [www.eere.energy.gov/vehiclesandfuels/epact](http://www.eere.energy.gov/vehiclesandfuels/epact)
- Fuel Economy Guide: [www.fueleconomy.gov/feg/feq2000.htm](http://www.fueleconomy.gov/feg/feq2000.htm)
- Alternative Fuels Data Center: [ww.eere.energy.gov/cleancities/afdc](http://www.eere.energy.gov/cleancities/afdc)
- Clean Cities Program: [www.eere.energy.gov/cleancities](http://www.eere.energy.gov/cleancities)