

## La Química verde

José M. López Nieto  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA QUIMICA  
(UPV-CSIC)



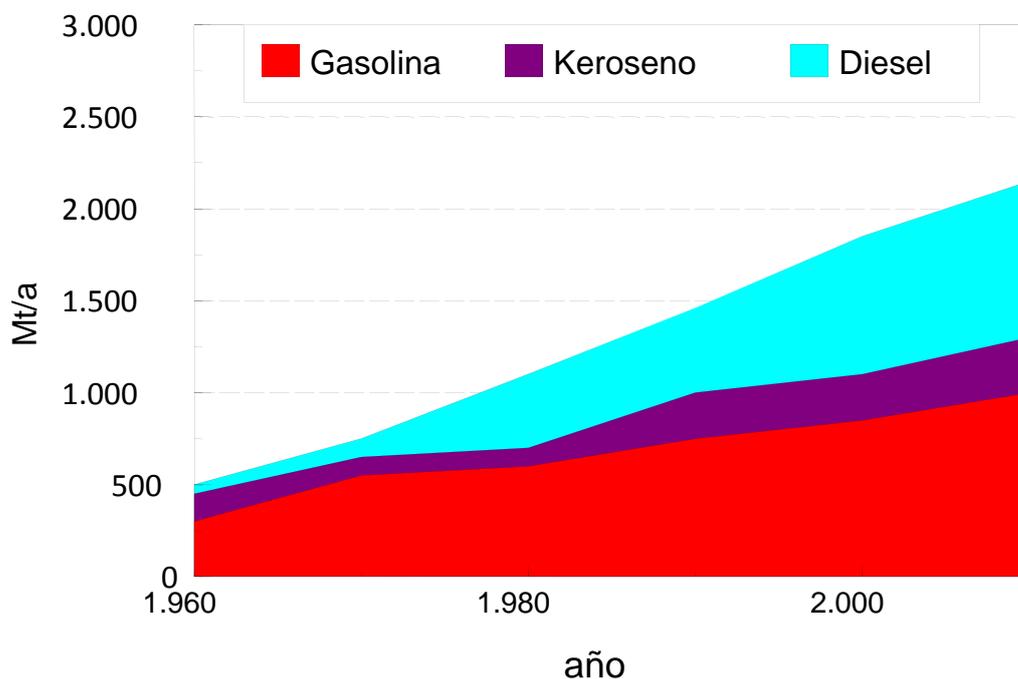
## LA QUIMICA VERDE

- En las últimos tres décadas se ha puesto de manifiesto cómo **un consumo desaforado** de materias primas y energía (y en general de productos manufacturados), así como el empleo de **ciertos procesos industriales no deseados**, han tenido una responsabilidad directa en el incremento de la contaminación medioambiental.
- Para tratar de paliar estos problema surgió una nueva filosofía, **la química sostenible** y, dentro de ella **la química verde**.

# El Plomo: un ejemplo de contaminación

- **Pinturas y cremas** para la cara (Egipto)
- **Colorantes** para el pelo (acetato de plomo)
- **Municiones**
- **Cañerías**
- **Soldadura de plomo**
- **Industria del vidrio** (cristal de bohemia tiene hasta un 40% de óxido de plomo)
- **Pesticida** (arseniato de plomo): tabaco
- **Gasolinas** (alquilo de plomo)

## Demanda mundial de combustibles para transporte



# Formación de CO<sub>2</sub>

1 litro de gasolina consumida genera.... **2380 g de CO<sub>2</sub>**

1 litro de diesel consumido genera..... **2750 g de CO<sub>2</sub>**

**“El diesel genera más CO<sub>2</sub> por litro consumido”**

(105CV) Gasolina      Consumo **7 l/100 Km**

TDI (110CV) Diesel      Consumo **5.2l/100 Km**

Teniendo en cuenta consumo y producción por litro

**El diesel produce un 14% menos de CO<sub>2</sub>  
que la gasolina**

**¿Qué son más contaminante los vehículos  
con motores diesel o los de gasolina?**

**DIESEL**

***Es mejor en***

**CO**

**CO<sub>2</sub>**

**VOCs**

**GASOLINA**

***Es mejor en***

**NO<sub>x</sub>**

**Partículas**

**PAH**

# El empleo del petróleo

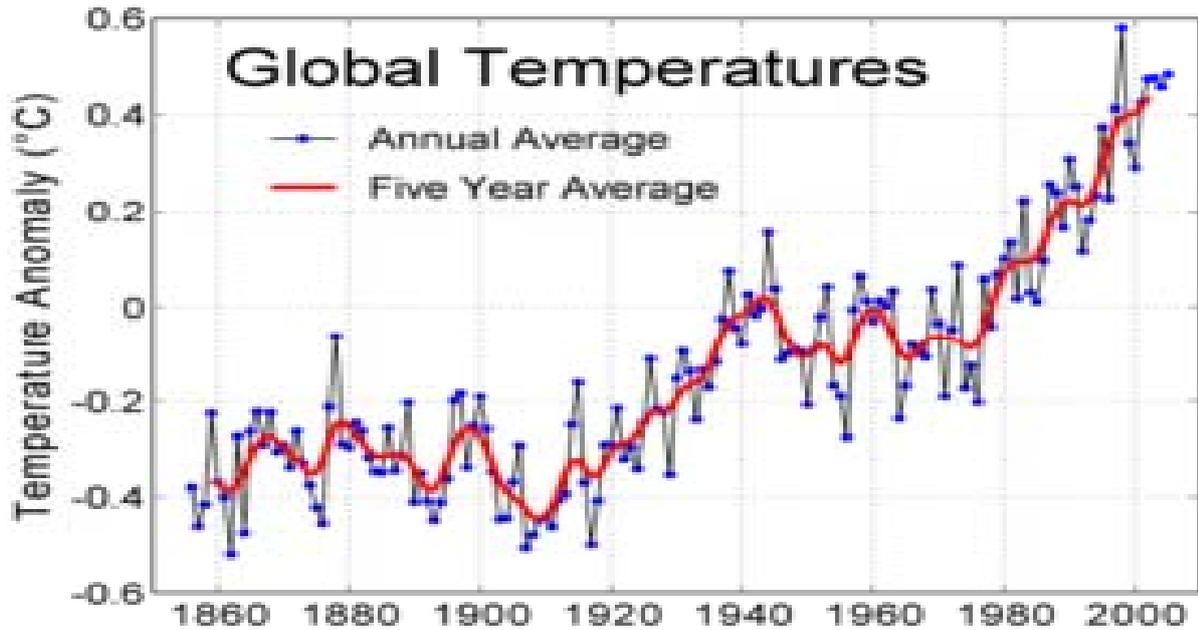
- Uno de los hechos más importantes del siglo XX ha sido el empleo del petróleo como materia prima.
- Primero para la obtención de combustibles (**industria del refino**) y posteriormente en su transformación en productos para la cosmética, la alimentación, plásticos, fibras, etc. (**petroquímica**).
- El **gran consumo**, y los efectos derivados de dicho consumo, hizo que saltaran las alarmas respecto al deterioro del medio ambiente

## Consumo de energía. Historia

Y cuantos residuos se generan con este consumo de energía?



## Daños colaterales (combustibles fósiles)

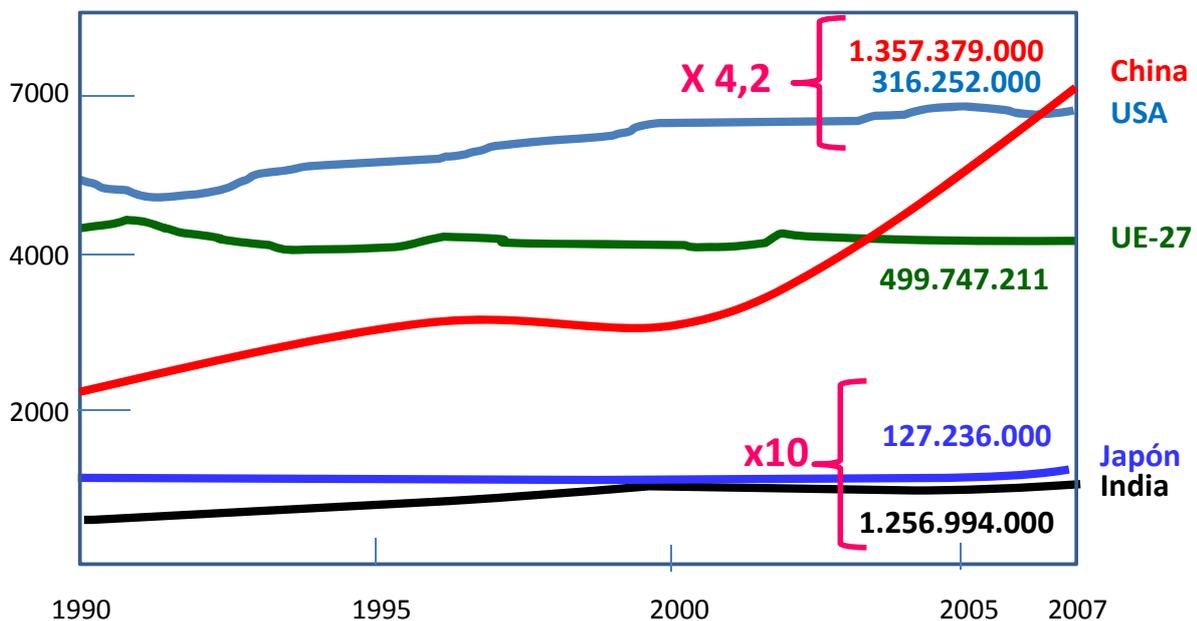


**Aunque muchas veces se ha relacionado con la química, esto se debe al CONSUMO**

## Evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub>

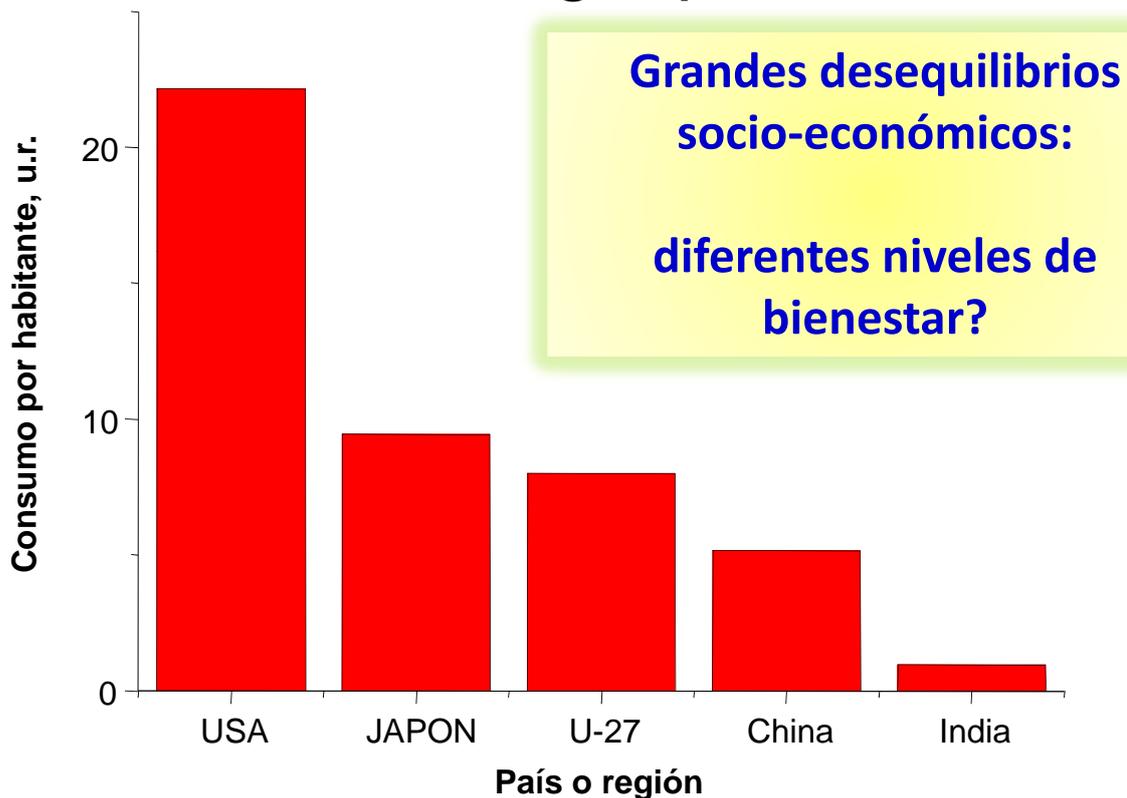
Población Mundial 2011: 7 000 000 000

Población Mundial 2007: 6 709 132 764



Fuente: Comisión Europea v OCDE

# Consumo de energía por habitante



## ***Informe Bruntland: Sostenibilidad***

- En 1987, la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo de la ONU, encabezada por la Dra. Gro Harlem Brundtland, elaboró un informe sobre la sostenibilidad al que se denominó como ***informe Bruntland***.
- El informe planteaba la posibilidad de obtener un **crecimiento económico basado en políticas de sostenibilidad** y expansión en base a recursos ambientales.

# ***Informe Bruntland: Sostenibilidad***

En este informe, se definía el concepto de desarrollo sostenible cuyo objetivo sería:

- ***....lograr un desarrollo equilibrado, con crecimiento económico, equidad social y utilización racional de los recursos naturales con el fin de satisfacer las necesidades de las presentes generaciones sin comprometer la capacidad de futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades.***

## **LA QUIMICA VERDE**

El término **química verde** se refiere al diseño de productos y procesos químicos que reducen o eliminan la producción y el uso de sustancias no deseadas (subproductos) o peligrosas para el medio ambiente y la salud humana.

**Anastas, P.T. Warner, J.C., "Green Chemistry Theory and Practice", Oxford University Press, 1998**

# PRINCIPIOS DE LA QUIMICA VERDE

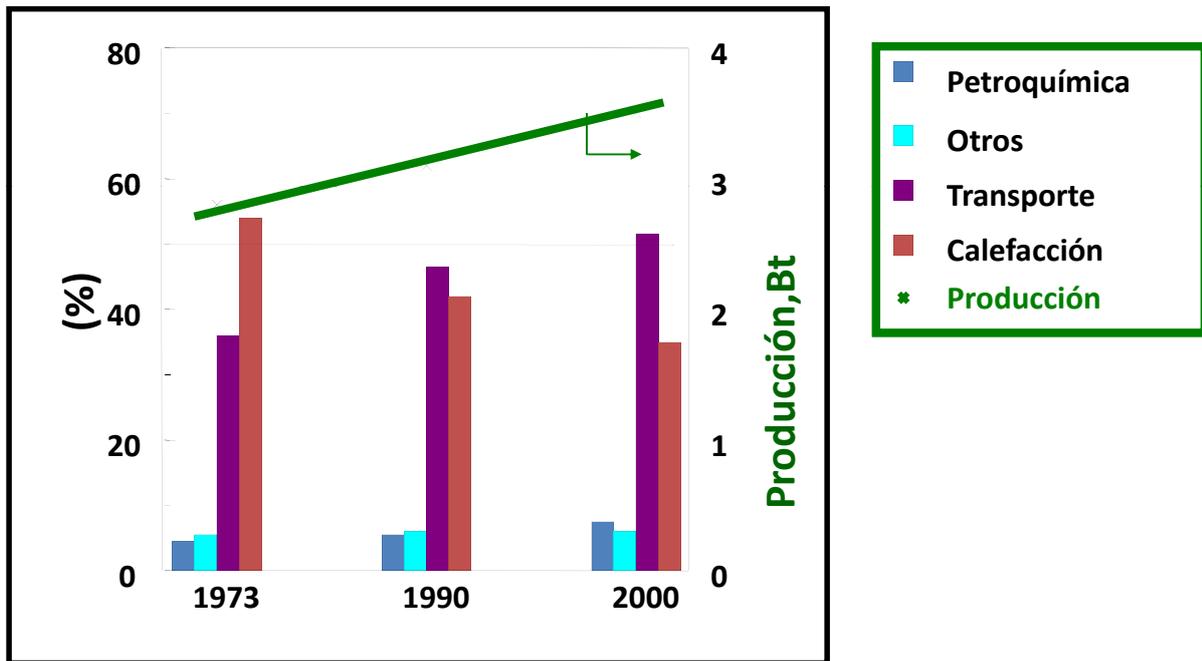
- No generar o minimizar residuos.
- Productos y reactivos sin toxicidad.
- Procesos y síntesis no dañinos.
- Usar materias primas renovables.
- Catalizadores muy activos, selectivos y reutilizables.
- Evitar síntesis con grupos protectores /purificaciones.
- Maximizar la economía atómica.
- Evitar disolventes o utilizar disolventes tolerables.
- Minimizar gasto en energía de los procesos
- Usar productos que se autodegraden o biodegradables
- Análisis en tiempo real
- Minimizar el riesgo de accidentes

Anastas, P.T. Warner, J.C., 1998

## El factor E en diferentes tipos de industrias químicas

Industria	Volumen de producción (ton)	FACTOR E (kg-subproducto/Kg-producto)
<b>Combustibles *</b>	<b><math>10^6-10^8</math></b>	<b><math>\leq 0.1</math></b>
Química	$10^4-10^6$	< 1-5
Química fina	$10^2-10^4$	5-50
Q. Farmacéutica	$10 -10^2$	25-100

# Mercados mundiales del Petróleo

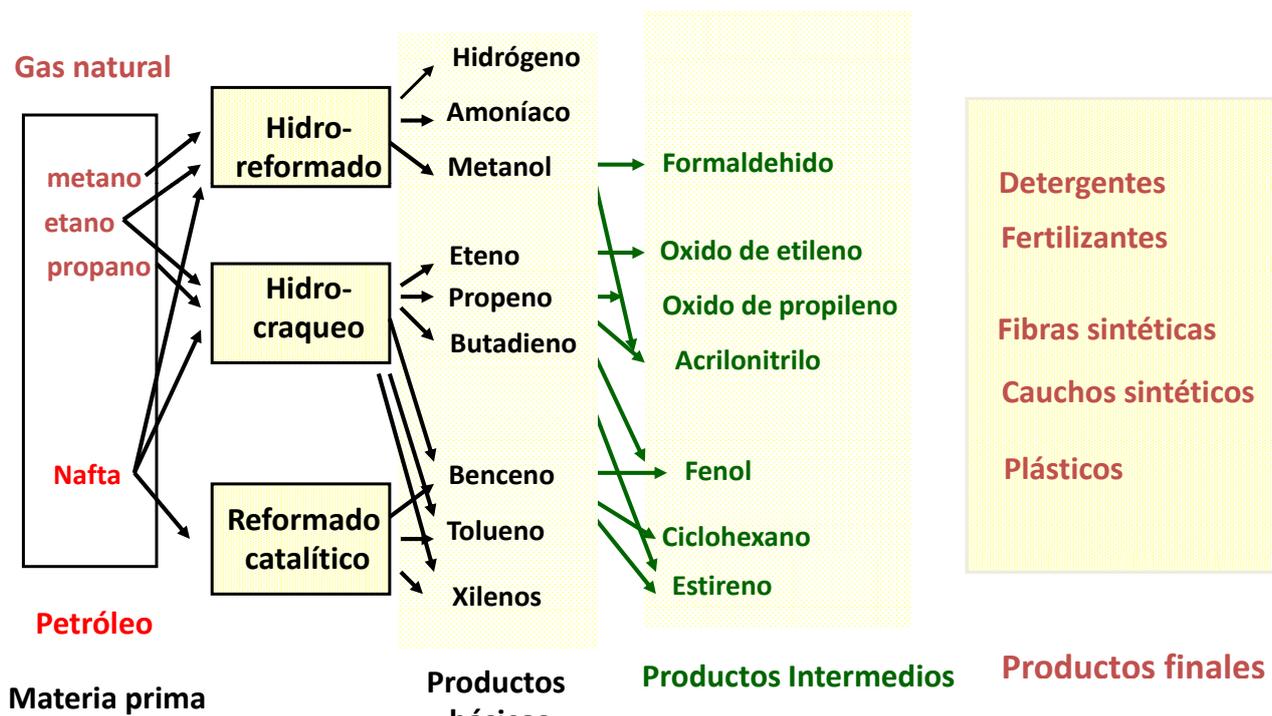


**Es necesario un uso más racional del petróleo**



# Industria Petroquímica

(materias primas, productos intermedios y finales)



## Catalizadores?

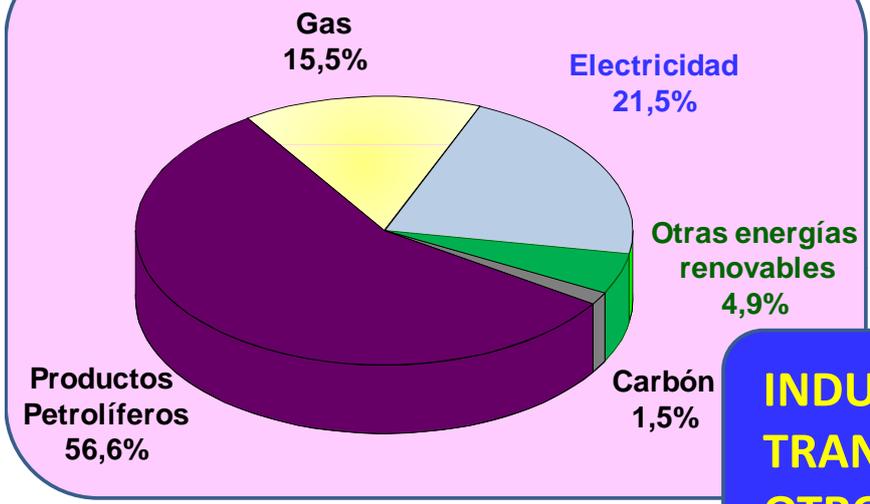
The periodic table shows various elements, with a red box highlighting the transition metals (groups 3-10). A red arrow points from the box to a molecular model of a catalyst, which is a complex structure of red and grey spheres.

**Notas:**

- Metales
- Metalesoides
- Ne metales
- Gases nobles

(T) Base en peso atómico estándar de 12 (1) Indica el más estable y el de isotopo más conocido.

**Consumo en España de energía final (2009)**

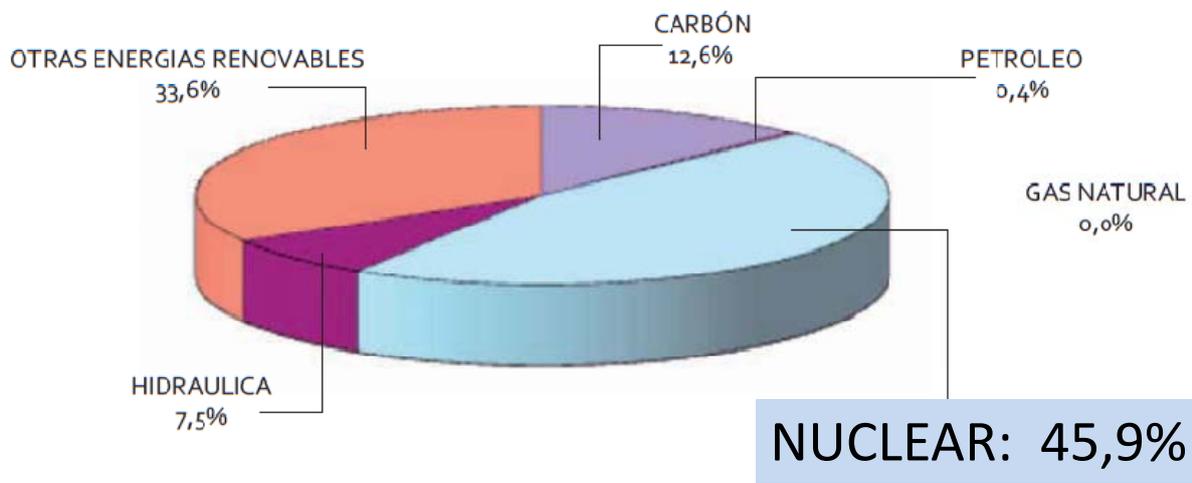


<b>INDUSTRIA</b>	<b>34,6%</b>
<b>TRANSPORTE</b>	<b>37,8%</b>
<b>OTROS</b>	<b>27,6%</b>

<b>Gasolinas</b>	<b>11,4%</b>
<b>Gasoil (A+B+C)</b>	<b>55,9%</b>
<b>Queroseno</b>	<b>11,1%</b>
<b>Gas</b>	<b>3,7%</b>



**Producción nacional de energía (2009): 30,824 ktep**



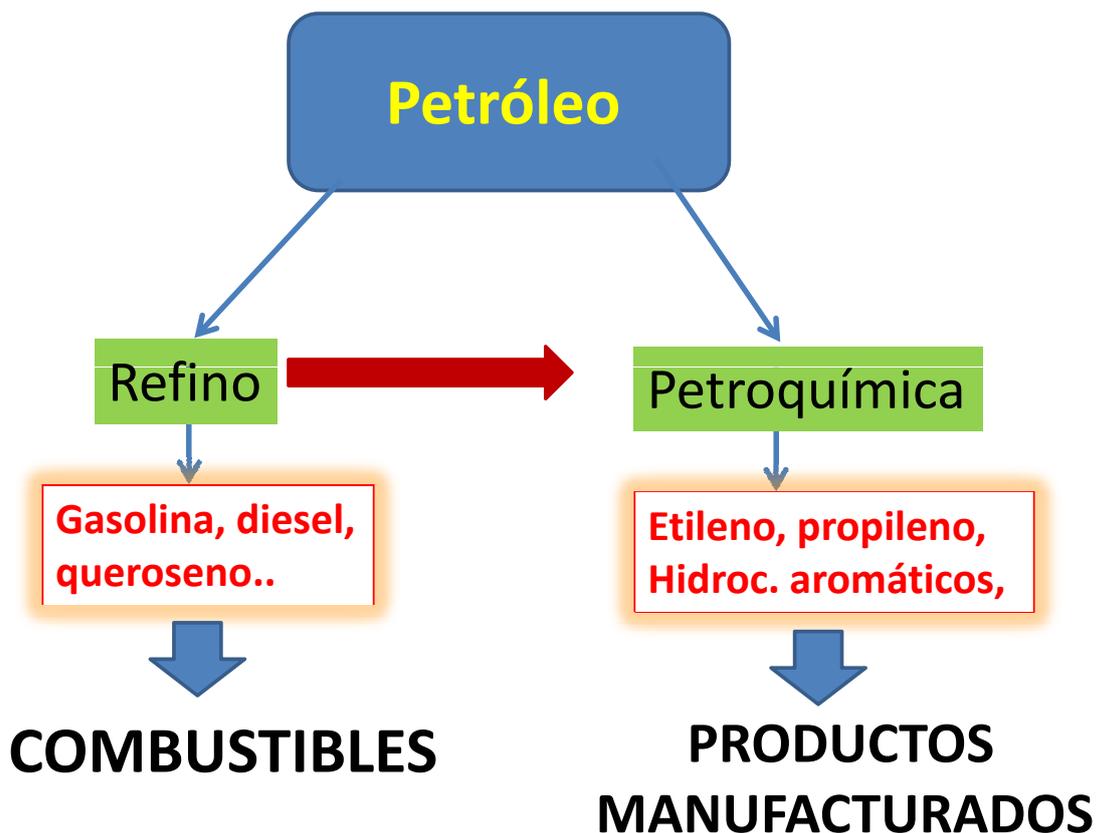
**Consumo nacional de energía: 97,776 ktep**

**Consumo mundial de gasolinas:  
16.5 millones de barriles diarios**



**El volumen de producción  
también importa**

## Materias primas



### Petroleo (2008)

Reservas probadas  
Producción mundial

**30-40 años**

12 489 000  
81 995  
**3 938**

### Gas Natural (2008)

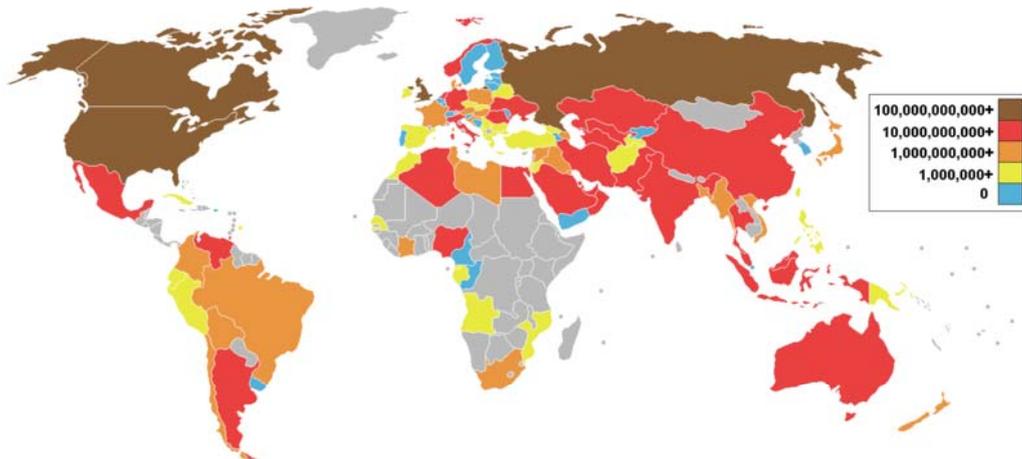
Reservas probadas  
Producción mundial

**60-70 años**

185.000  
3 060  
**2 767**

**Materias primas y energías renovables**

## Gas natural, an alternative to oil?



60-83%

**Methane**

5-9%

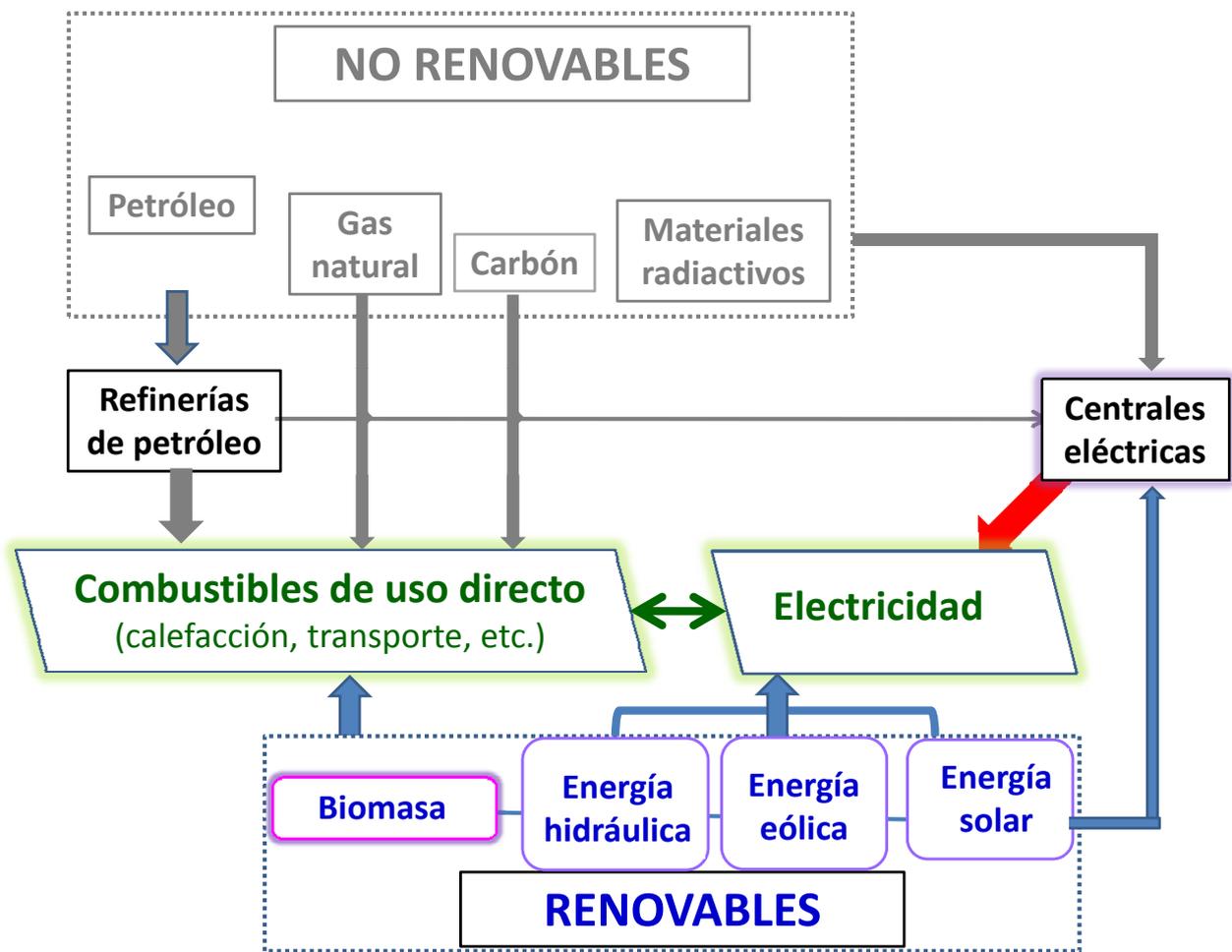
**Ethane**

2-3%

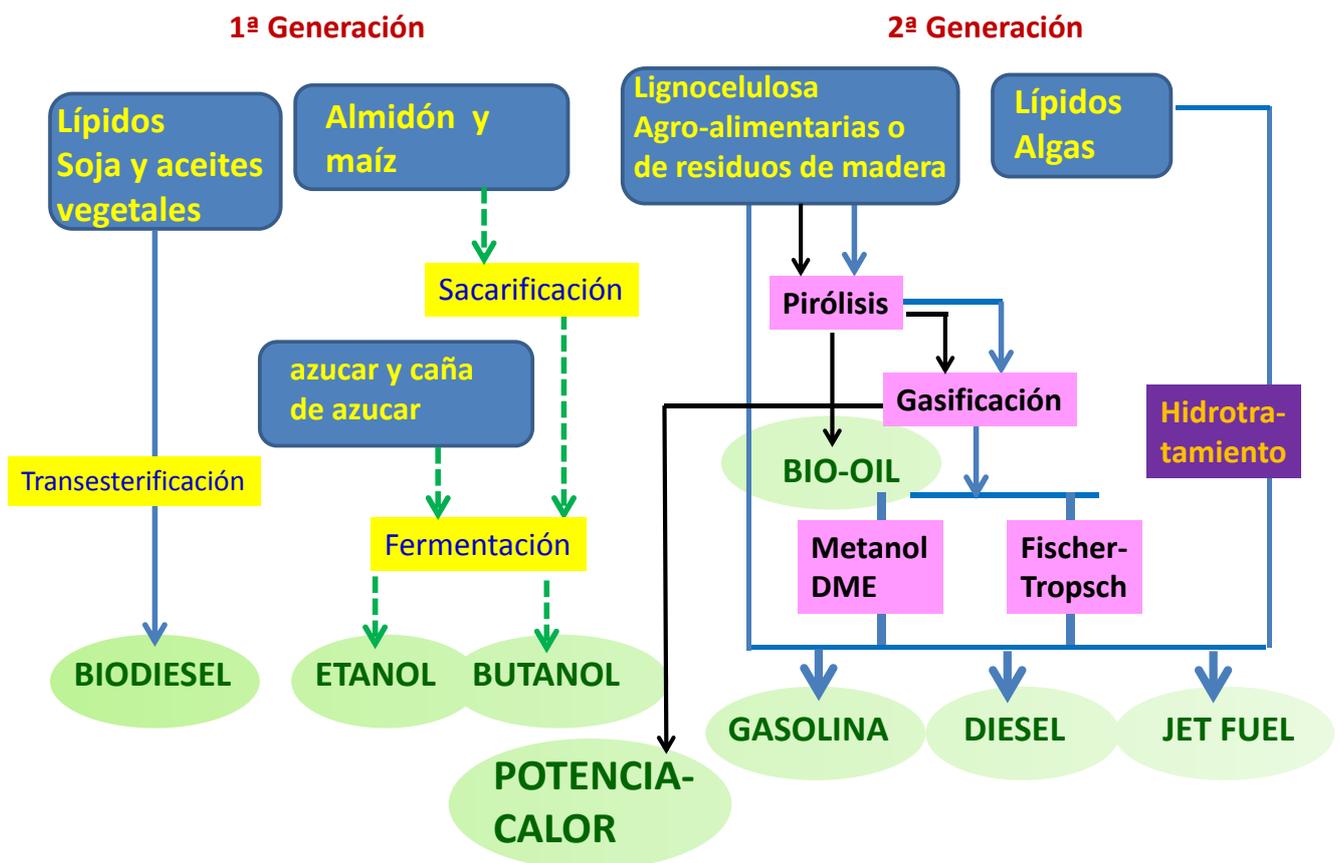
**Propane**

2-14%

**C4-C5 hydrocarbons**



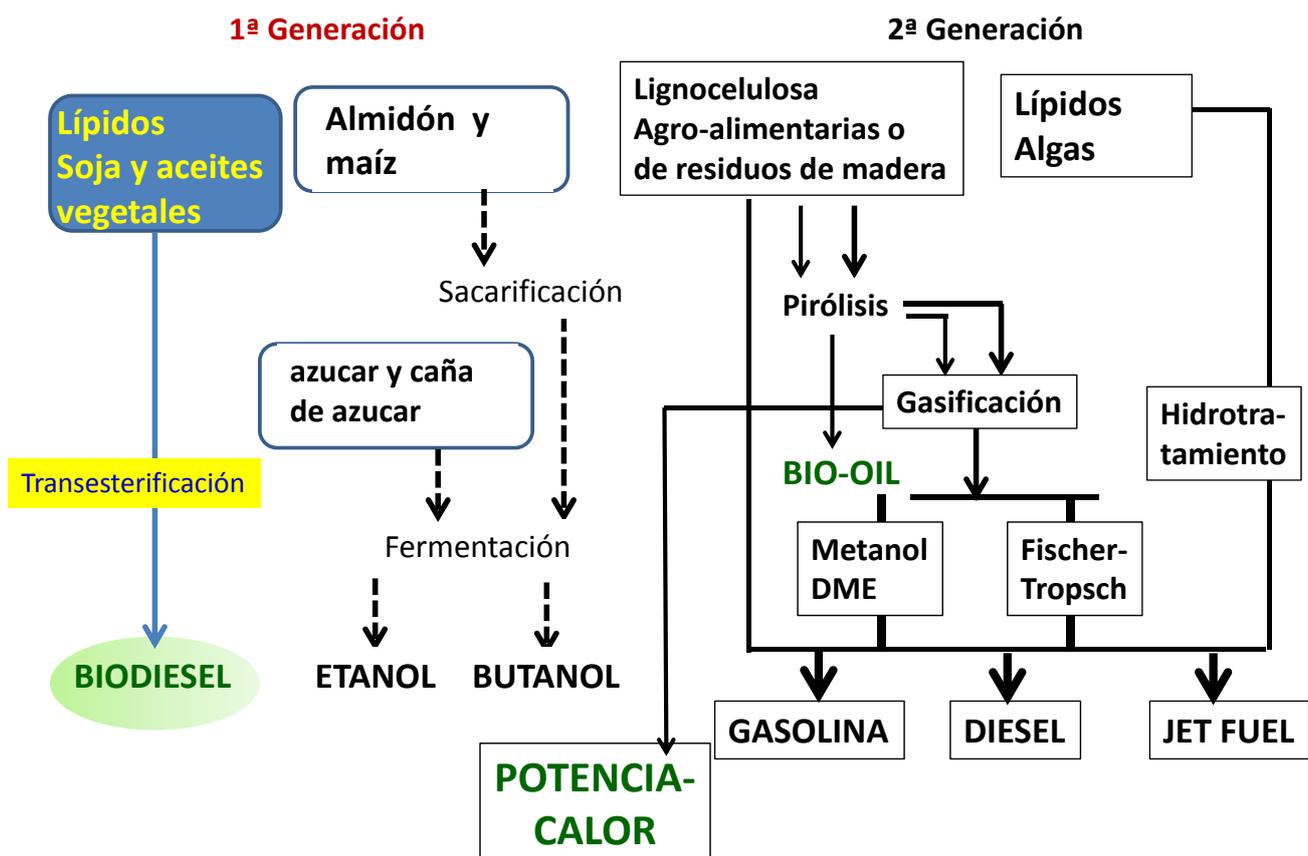
## Posibles nuevas rutas para la obtención de combustibles



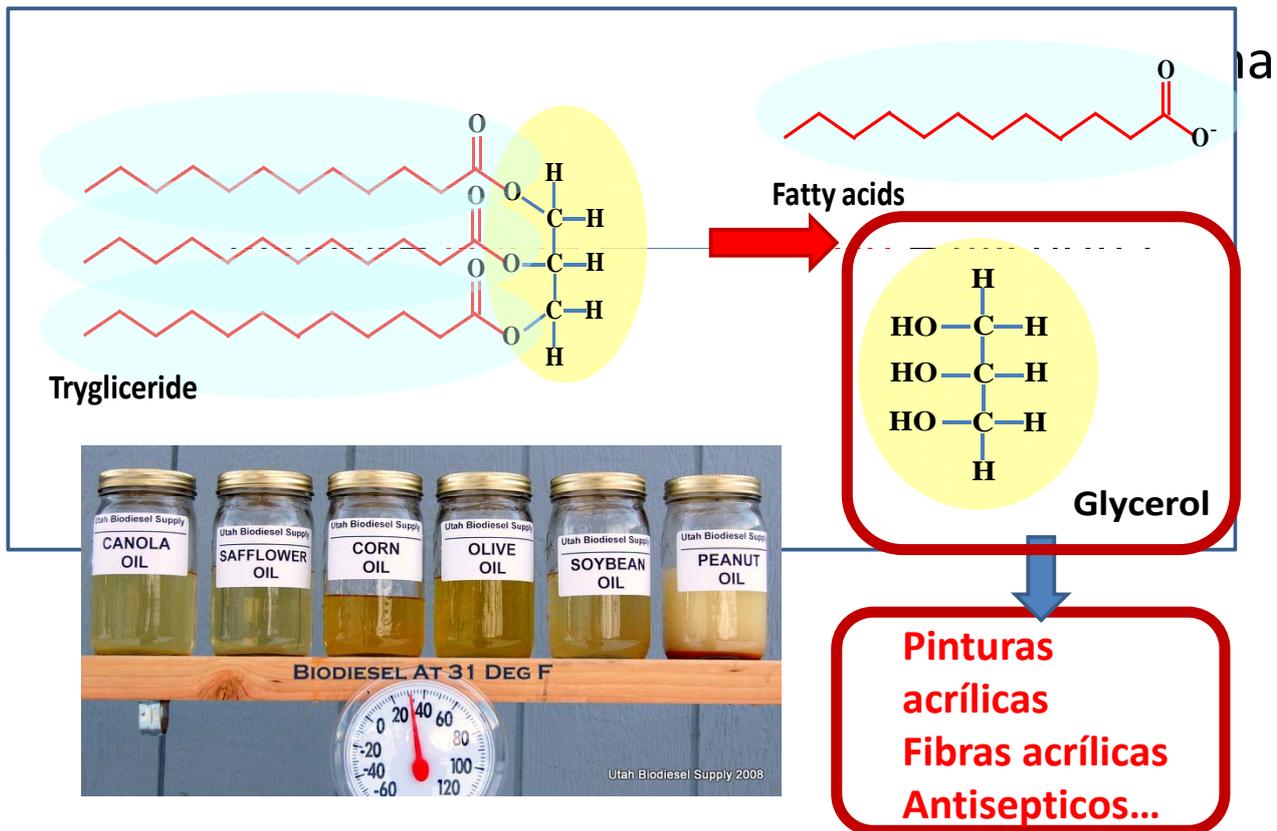
# Dos ejemplos de Química Verde

- empleo de biomasa
  - La conversión del glicerol
- reducción de la energía de un proceso
  - La obtención de olefinas

## Posibles nuevas rutas para la obtención de combustibles



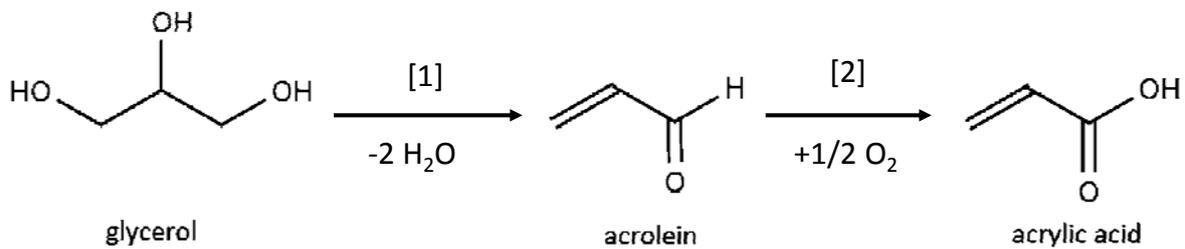
# Biodiesel



## Beneficios en la utilización del glicerol

- Biodiesel, una de las alternativas prometedoras (el biocombustible más común en Europa).
- Se obtiene a partir de aceites vegetales, grasas animales o grasas recicladas.
- Sin embargo, genera cerca de un 10% de subproducto, es decir, aproximadamente **99,8 g de glicerol por litro de biodiesel** producido.
- En otras palabras, por **cada Tonelada de biodiesel producido se obtiene 110 kg de glicerol en bruto**.
- Sólo en 2006, **680 millones de kg de glicerol** en bruto se produjeron en la UE (más otros 50 millones de kilos producidos en los EE.UU), lo que puede generar problemas ambientales.

# FROM GLYCEROL TO ACRYLIC ACID



**Demanda actual**

0.8 Millones Ton

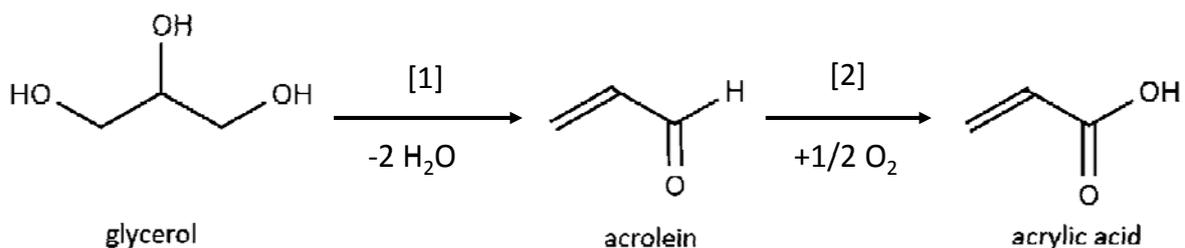
1.5 Millones Ton



**Proceso actual a partir de propileno**

Soriano y col. (2011) Gren Chemistry

# FROM GLYCEROL TO ACRYLIC ACID



**Demanda actual**

0.8 Millones Ton

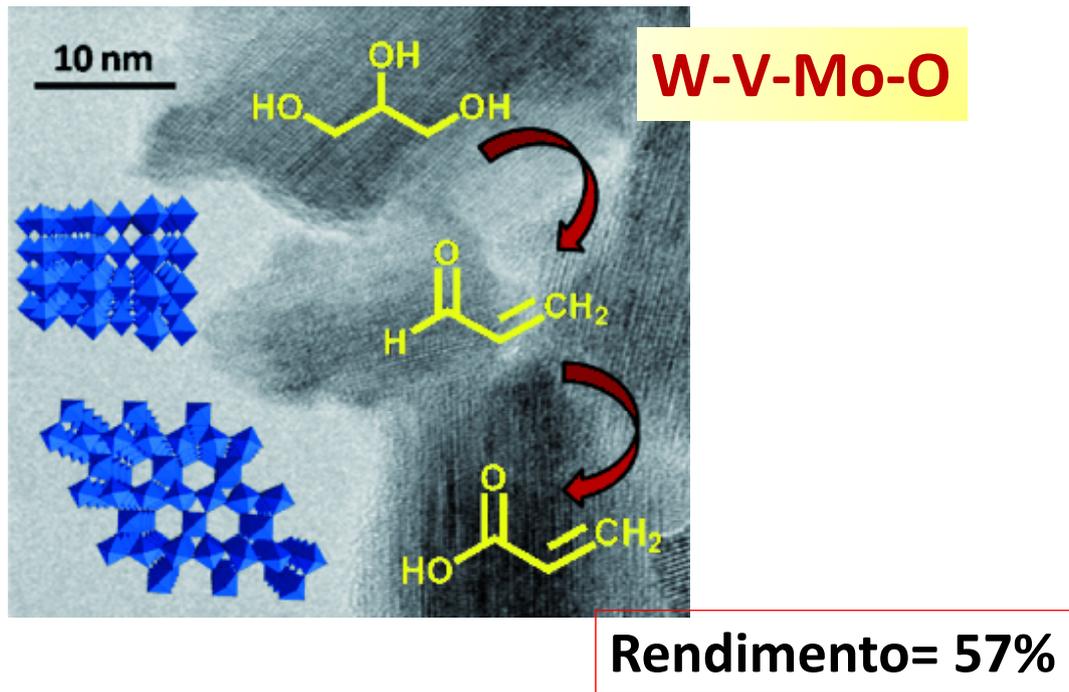
1.5 Millones Ton



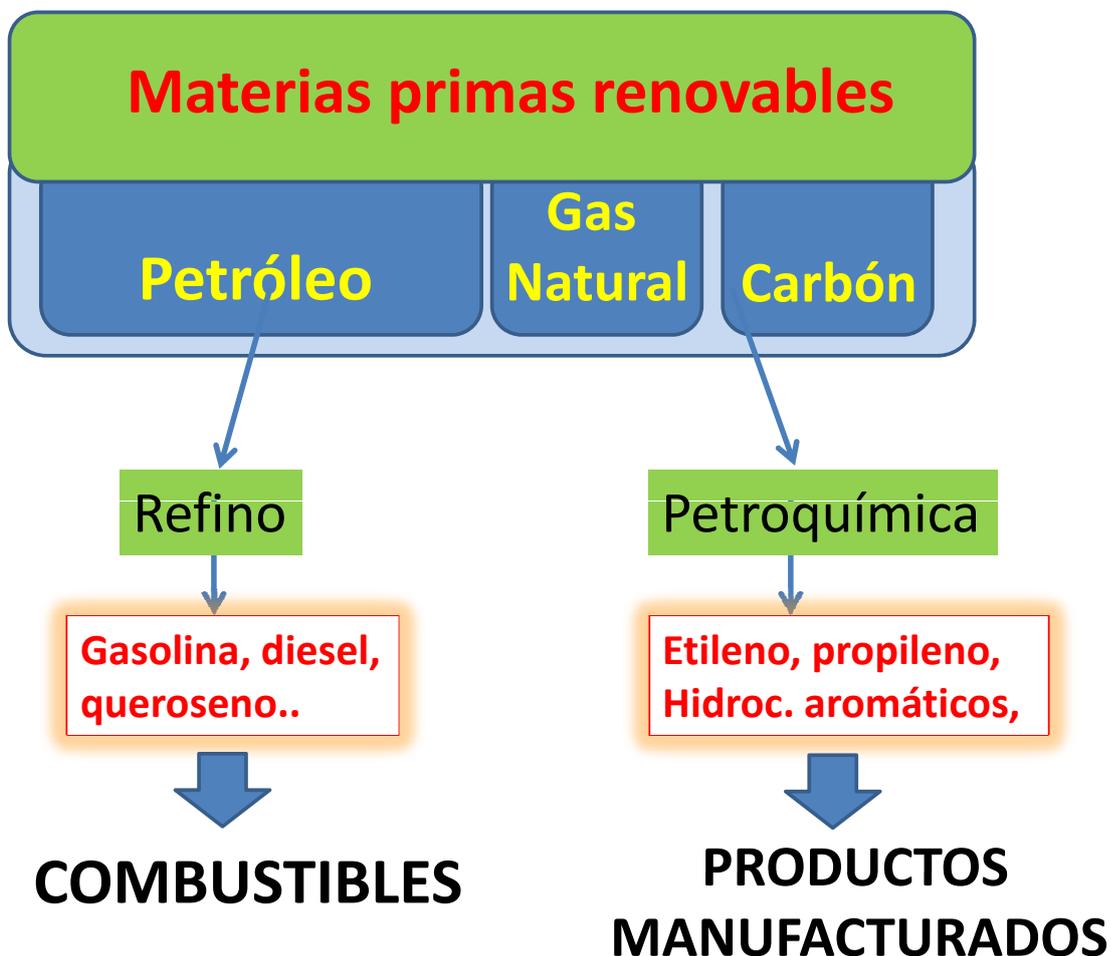
**Proceso actual a partir de propileno**

Soriano y col. (2011) Gren Chemistry

# FROM GLYCEROL TO ACRYLIC ACID



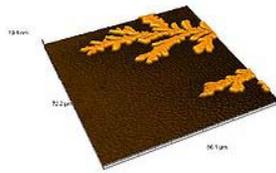
Chieragato, Soriano y col. (2014) ChemSusChem



# Olefinas en Petroquímica



Polyethylene



ethylene oxide



Ethylbenzene,  
styrene



Acetic acid  
Vinyl  
Acetate

	Producción 2009 (*10 <sup>6</sup> Tm/año)	Crecimiento anual
<b>Etileno</b>	<b>126.7</b>	<b>3.5 %</b>
<b>Propileno</b>	<b>65.0</b>	<b>4.5-5.0 %</b>



Acrylic paints



Polypropylene



propylene oxide  
polyether polyols,  
propylene glycol



Acrylic adhesives



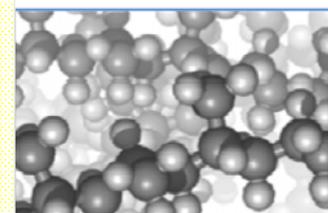
Acrylic polymers



Superabsorbent  
polymers (SAPs)

## Inconvenientes en el uso/producción de olefinas

- Craqueo a vapor es el proceso químico que consume más energía en la industria química.
  - Cerca del 30% del consumo total de energía final del sector
  - Generó cerca de **180 millones de toneladas de CO2 en 2004**
  - Más del 35% de galletas de Europa son más de 25 años de edad
- Por lo tanto, hay razones importantes para la innovación.



# Obtención de olefinas de alcanos ligeros

## Pirólisis

- Proceso Industrial
- Termodinámicamente **no** favorable (endotérmico)
- Altas temperaturas (700°C)
- Paradas técnicas del reactor (reparación de reactores )
- Con catalizador (desactivación)

## Deshidrogenación oxidativa

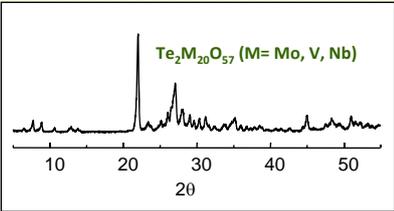
- En investigación
- Termodinámicamente favorable (exotérmico)  
$$\text{H}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow \text{H}_2\text{O}$$
- Temperaturas medias (400°C)  
Reactor en continuo (sin paradas)
- Regeneración del catalizador "in situ" (no desactivación)



## Oxidación Selectiva de Etano sobre



$\text{C}_2\text{H}_6 + \text{O}_2 \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O}$



Yield= 72%  
Selectivity= 81%

López Nieto, Botella, Vázquez, Dejoz, Chem. Commun (2002) 1906  
López Nieto, Botella, Vázquez, Dejoz, WO Pat 0364035 (2003)



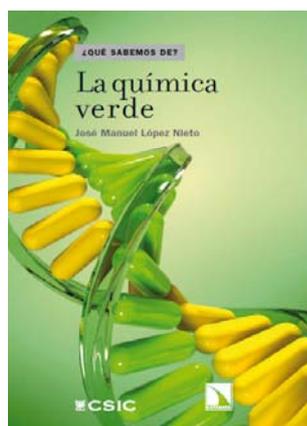
Producción mundial	Millones de toneladas
Maíz	839,7
Trigo	651,4
Patata	321
<b>Etileno</b>	<b>150,0</b>
Aceites vegetales	145,7
<b>Propileno</b>	<b>80</b>

## Aspectos en la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>

- El empleo del gas natural (metano y otros alcanos ligeros) en vez de derivados del petróleo (como olefinas) puede reducir sensiblemente las tasas de CO<sub>2</sub> de la Industria química.
- También el hidrógeno, un vector energético, puede ser un paso positivo
- En todo caso, el futuro pasa por:
  - **Localización en la formación de CO<sub>2</sub>,**
  - **materiales capaces de atrapar el CO<sub>2</sub>,**
  - **procesos empleando CO<sub>2</sub> como reactivo,**

# Conclusiones

- Es posible, y deseable, **otro orden tecnológico**
- Se necesita optimizar la producción, empleando en lo posible materias primas y energías renovables
- Pero se requiere también un uso más racional
- No toda la culpa la tiene el avance tecnológico, este nos ha ayudado a reducir los niveles actuales
- Pero hay que racionalizar el consumo.



## Financiación de proyectos de investigación

- CYCYT (CTQ-2012-37925-CO3-01)
- Programa Severo Ochoa (SEV-2012-0267)  
(M<sup>o</sup> Economía y Competitividad)
- PEMEX
- IMP



**Gracias por su atención**