

La Química verde

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



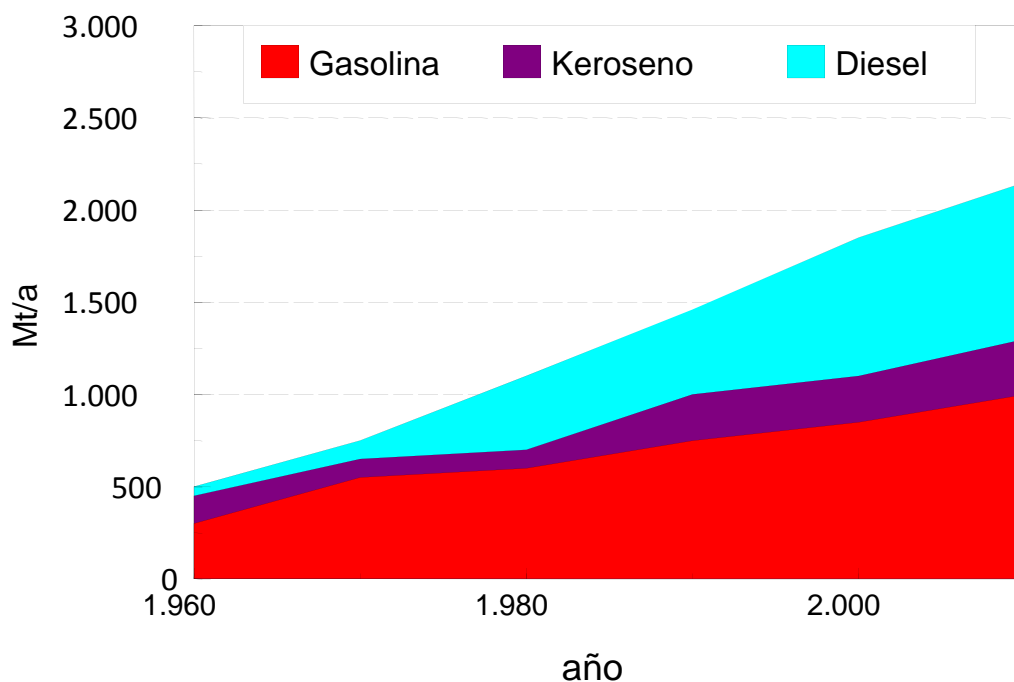
LA QUIMICA VERDE

- 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 CO₂

1 litro de gasolina consumida genera.... **2380 g de CO₂**

1 litro de diesel consumido genera..... **2750 g de CO₂**

“El diesel genera más CO₂ 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 CO₂ que la gasolina

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

DIESEL

Es mejor en

**CO
CO₂
VOCs**

GASOLINA

Es mejor en

**NO_x
Partículas
PAH**

El empleo del petróleo

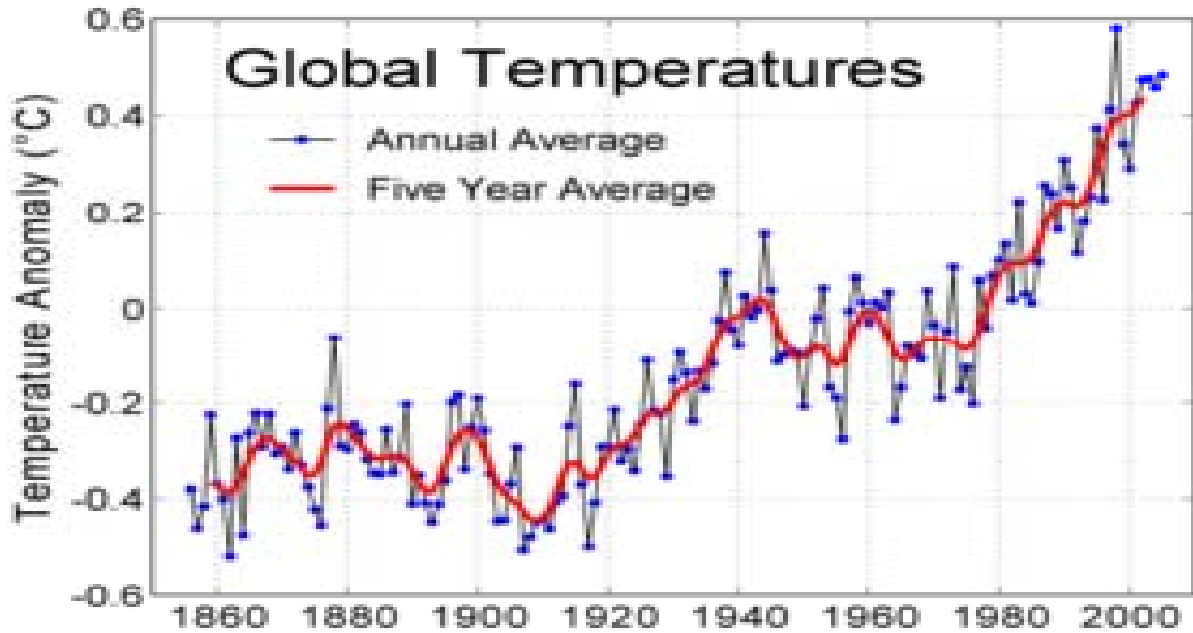
- Uno de los hechos más importantes del siglo XX ha sido el empleo del petróleo como materia prima.
- Primero para la obtención de combustibles (**industria del refino**) y posteriormente en su transformación en productos para la cosmética, la alimentación, plásticos, fibras, etc. (**petroquímica**).
- 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)

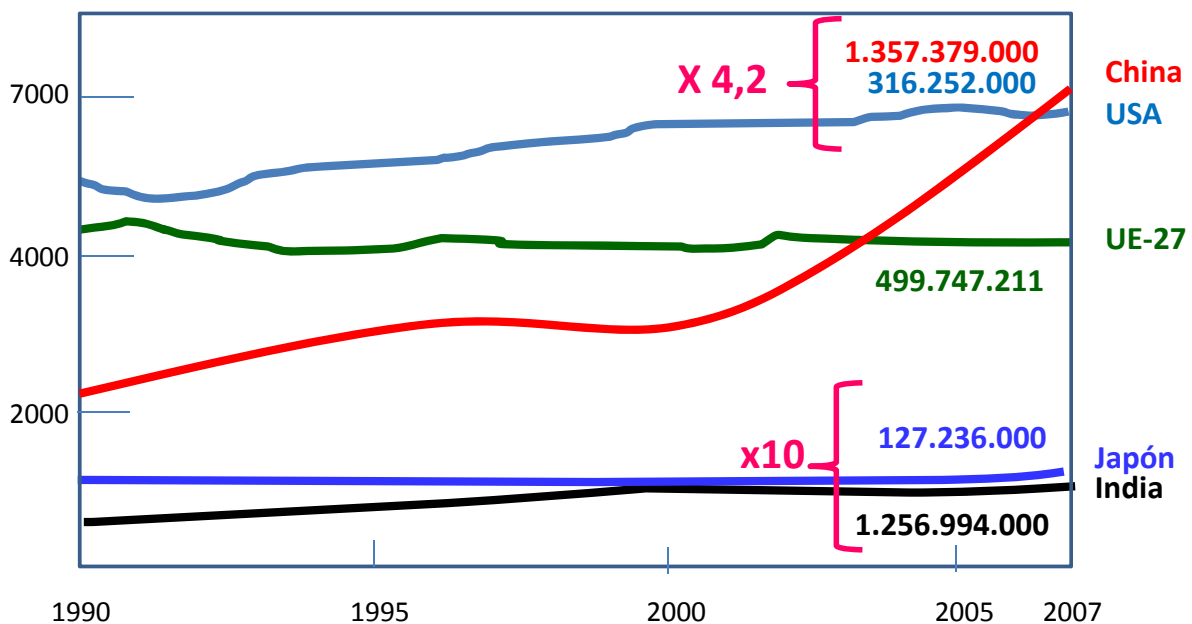


Aunque muchas veces se ha relacionado con la química, esto se debe al CONSUMO

Evolución de las emisiones de CO₂

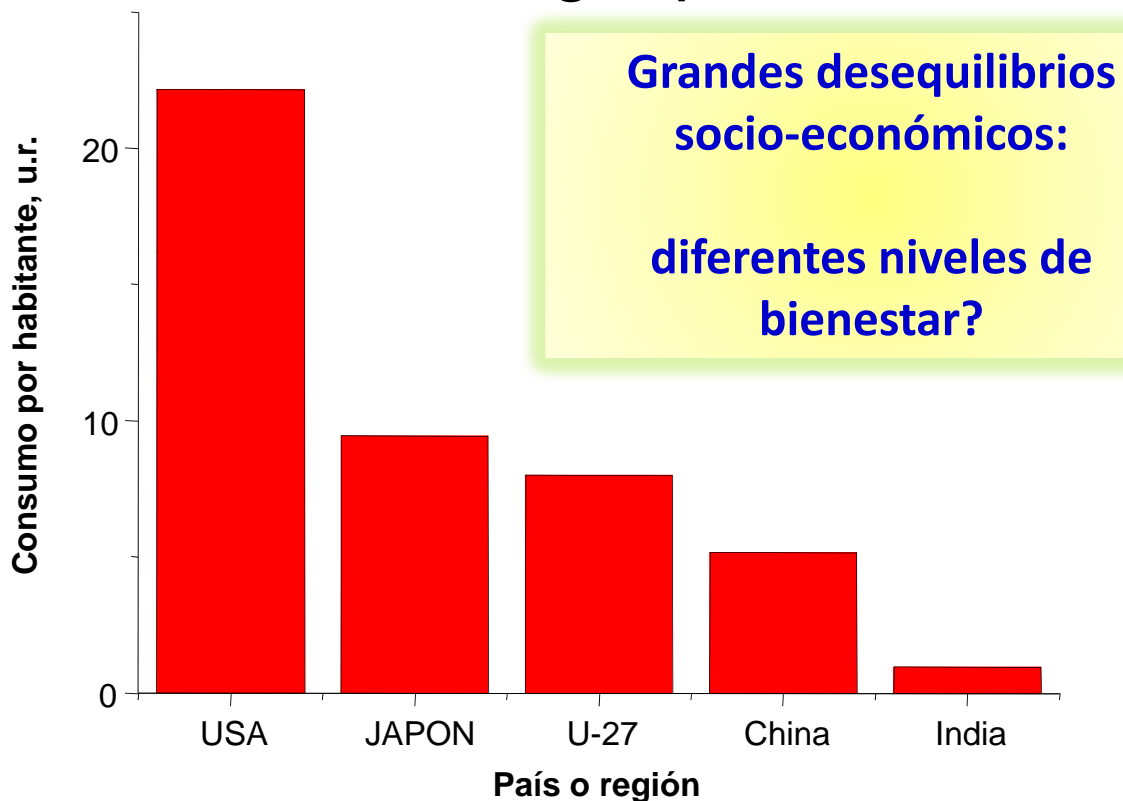
Población Mundial 2011: 7 000 000 000

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

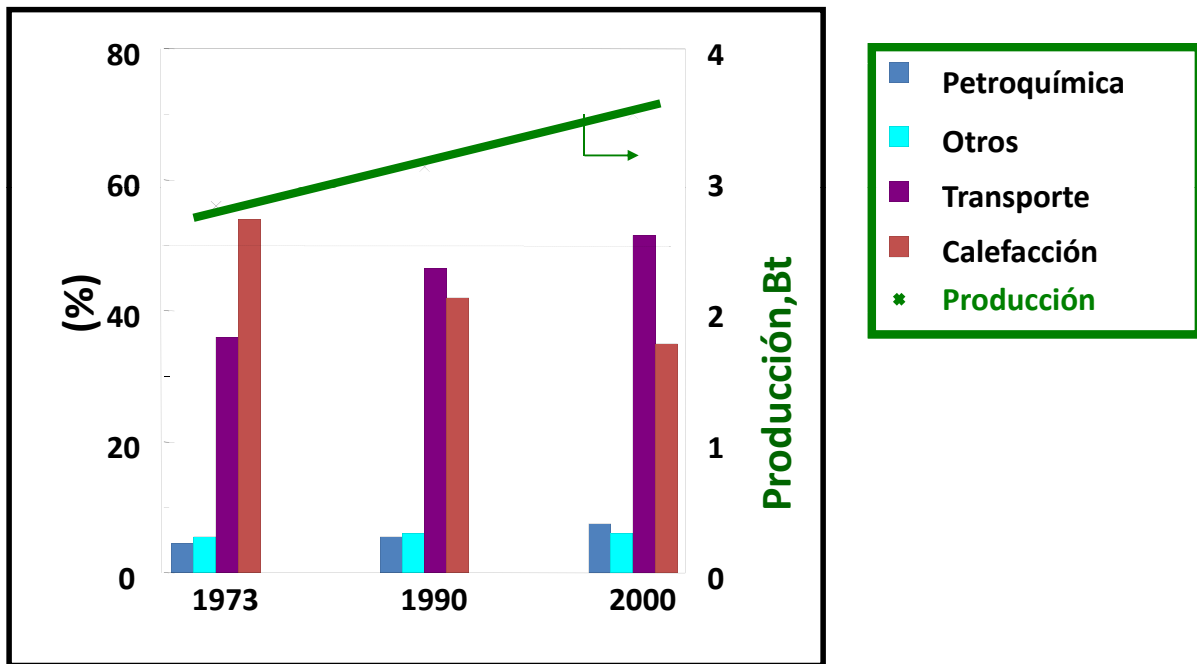
- No generar o minimizar residuos.
- Productos y reactivos sin toxicidad.
- Procesos y síntesis no dañinos.
- Usar materias primas renovables.
- Catalizadores muy activos, selectivos y reutilizables.
- Evitar síntesis con grupos protectores /purificaciones.
- Maximizar la economía atómica.
- Evitar disolventes 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)
Combustibles *	10^6-10^8	≤ 0.1
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

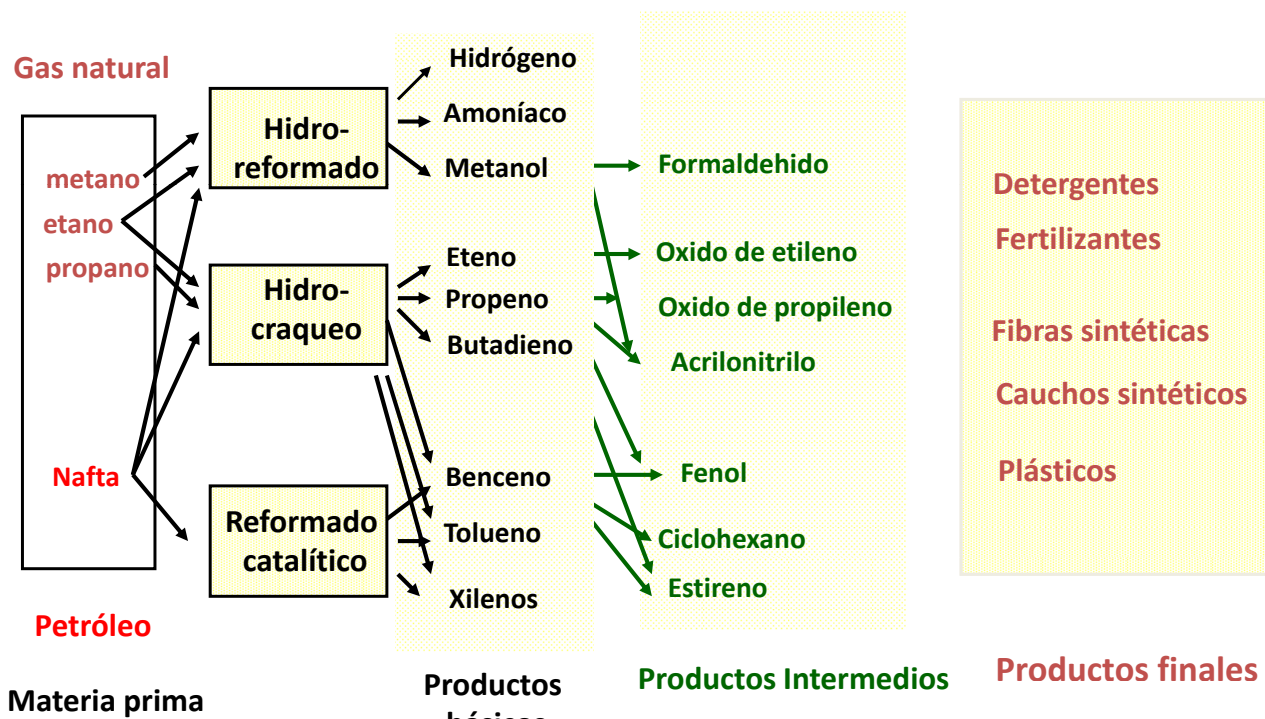


Es necesario un uso más racional del petróleo



Industria Petroquímica

(materias primas, productos intermedios y finales)



Catalizadores?

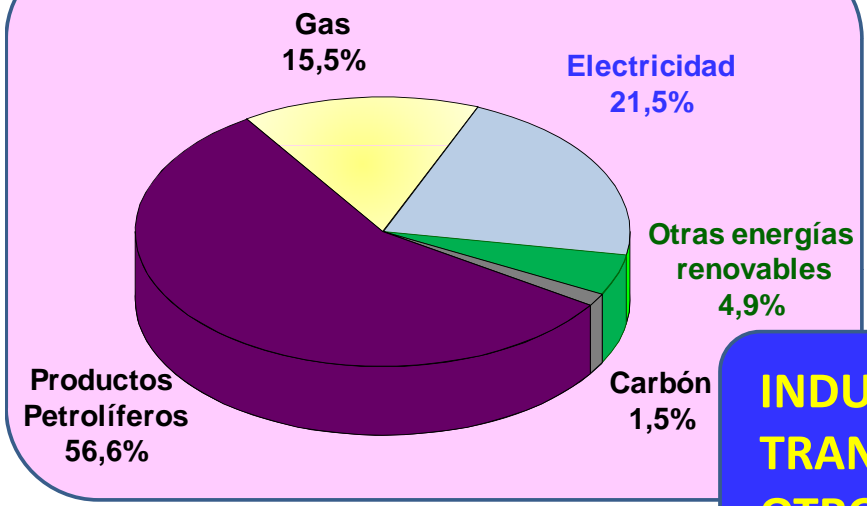
The periodic table highlights transition metals (d-block) in a red box, which are common catalysts. A red circle highlights Aluminum (Al) and Silicon (Si) in the p-block, with a red arrow pointing to a molecular model of a complex metal-organic structure.

Notas:

- Metales (Metals)
- Metalesoides (Metalloids)
- Ne metales (Non-metals)
- Gases nobles (Noble gases)

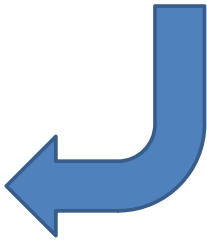
(T) Base en peso atómico estándar de 12 (1) Indica el más estable y el de isotopo más conocido.

Consumo en España de energía final (2009)

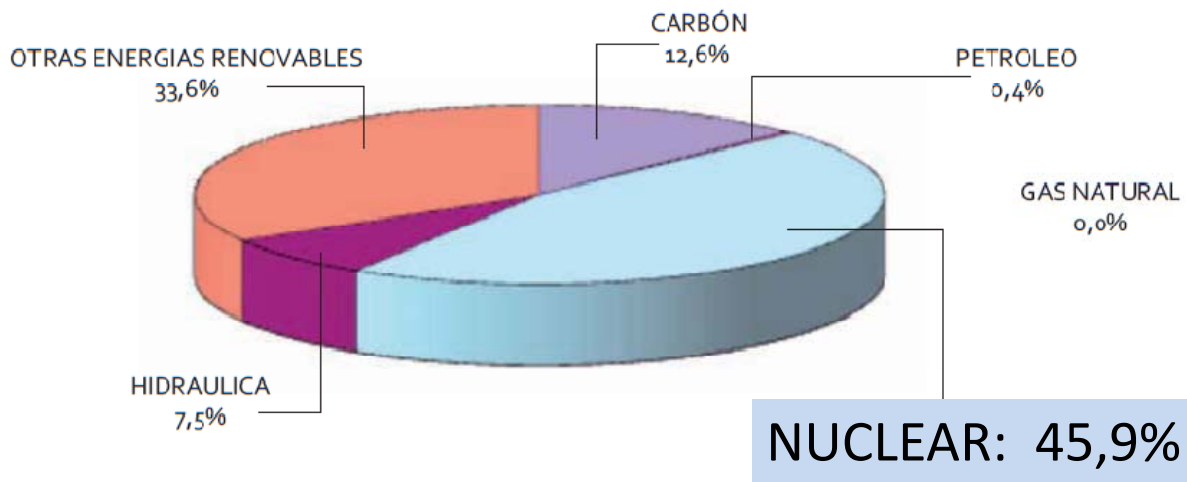


INDUSTRIA	34,6%
TRANSPORTE	37,8%
OTROS	27,6%

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



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



NUCLEAR: 45,9%

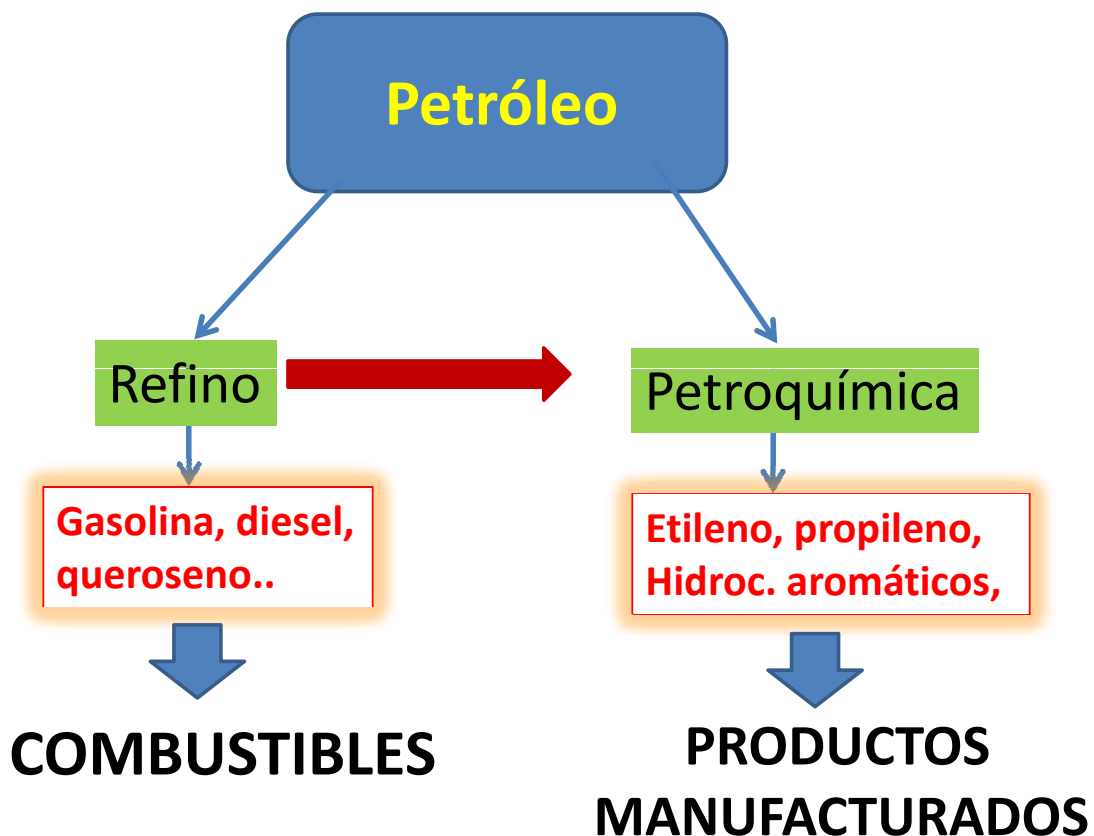
Consumo nacional de energía: 97,776 ktep

**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)

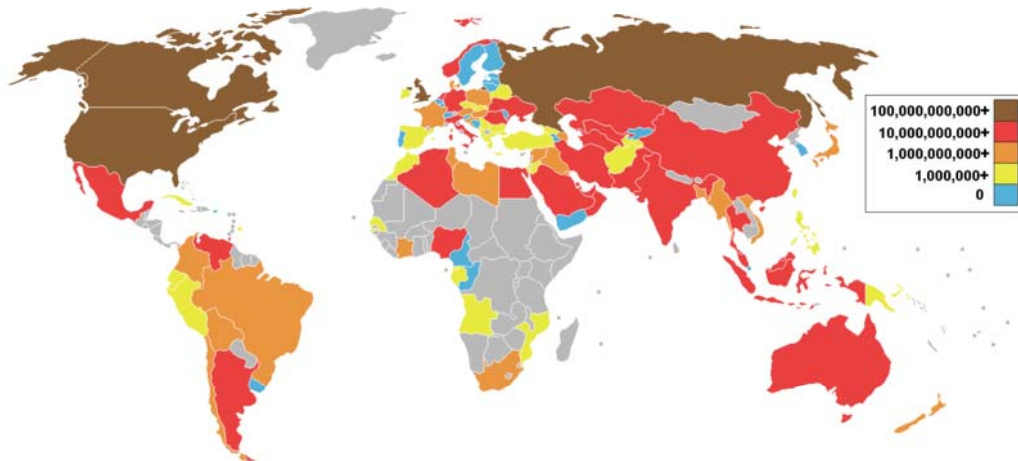
Reservas probadas
Producción mundial

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%

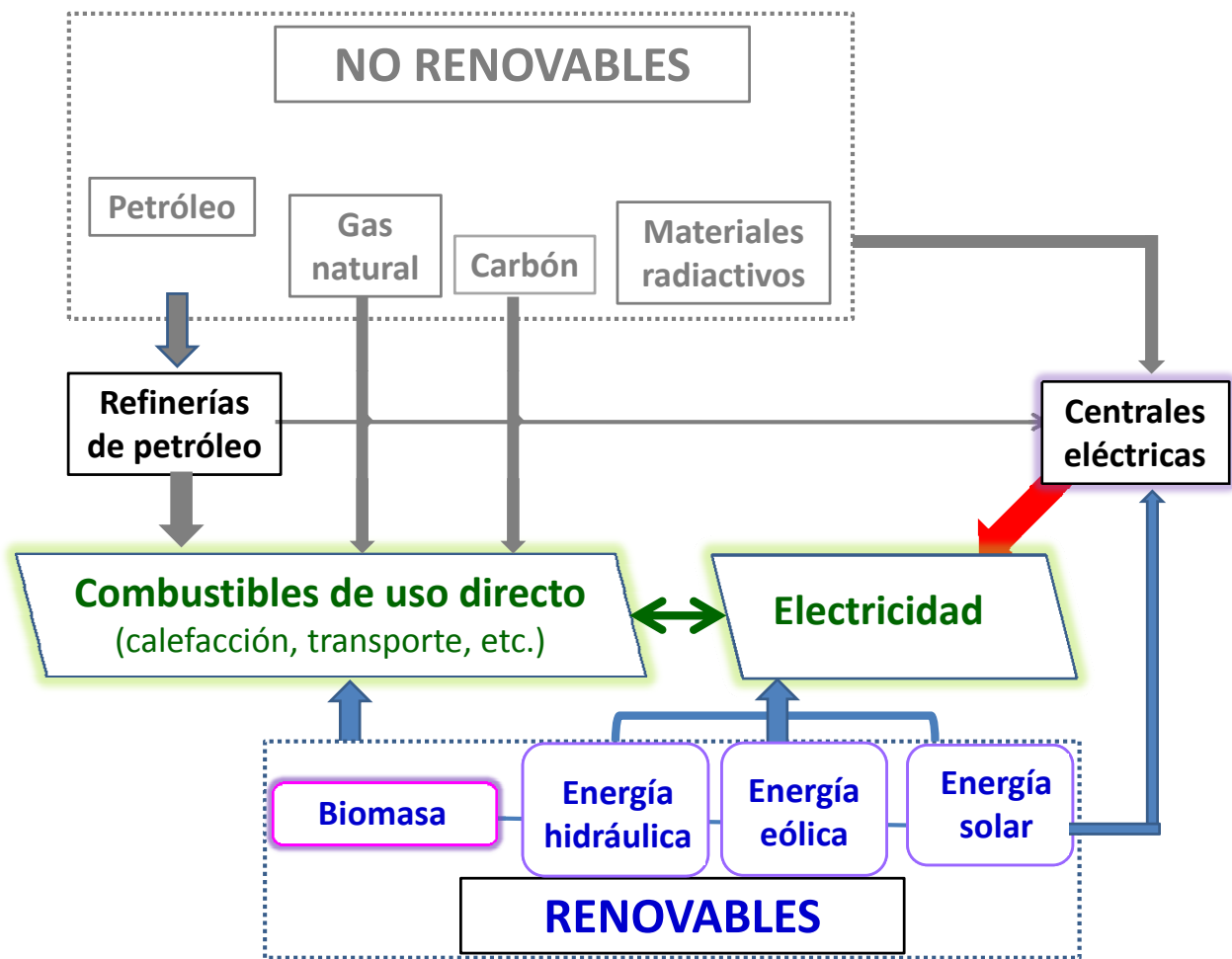
Ethane

2-3%

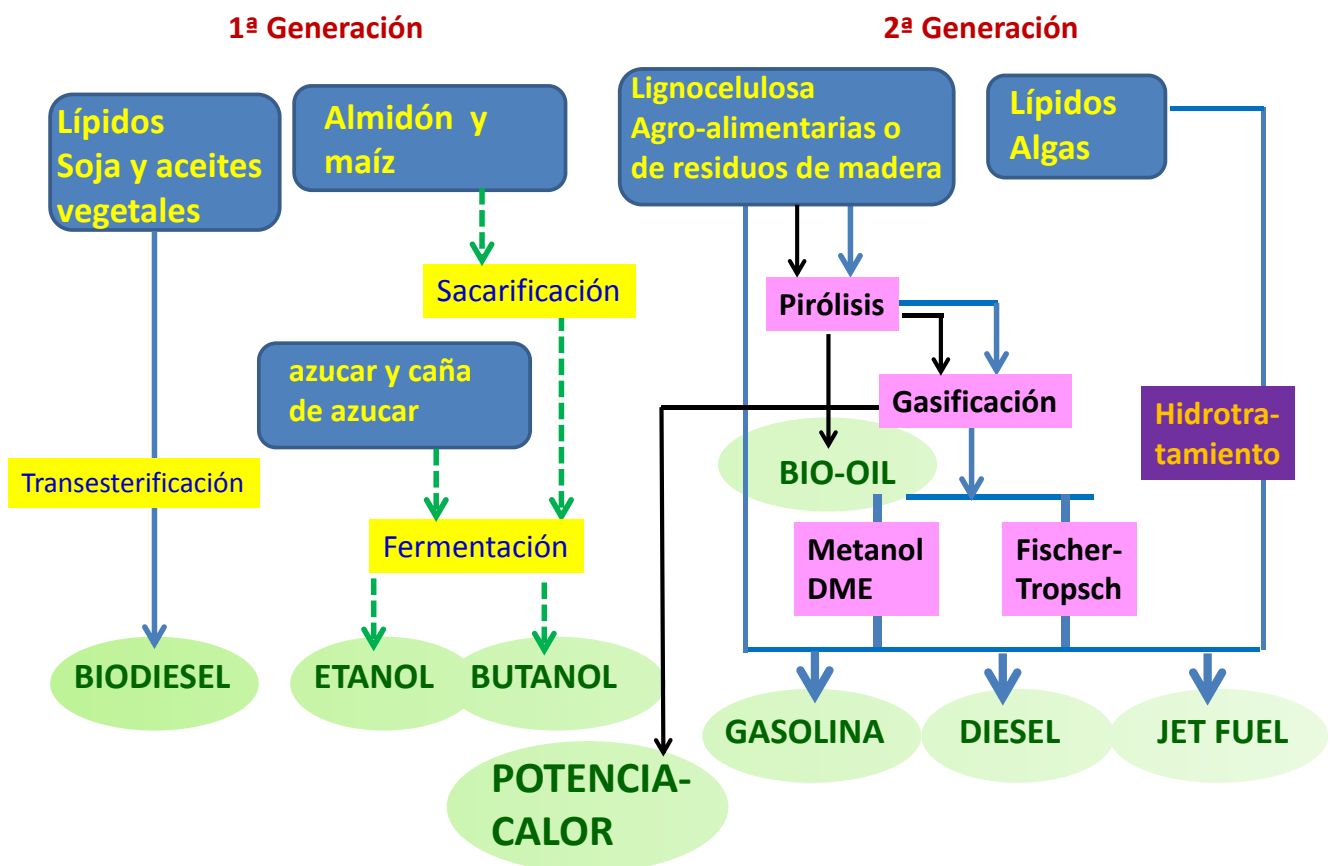
Propane

2-14%

C4-C5 hydrocarbons



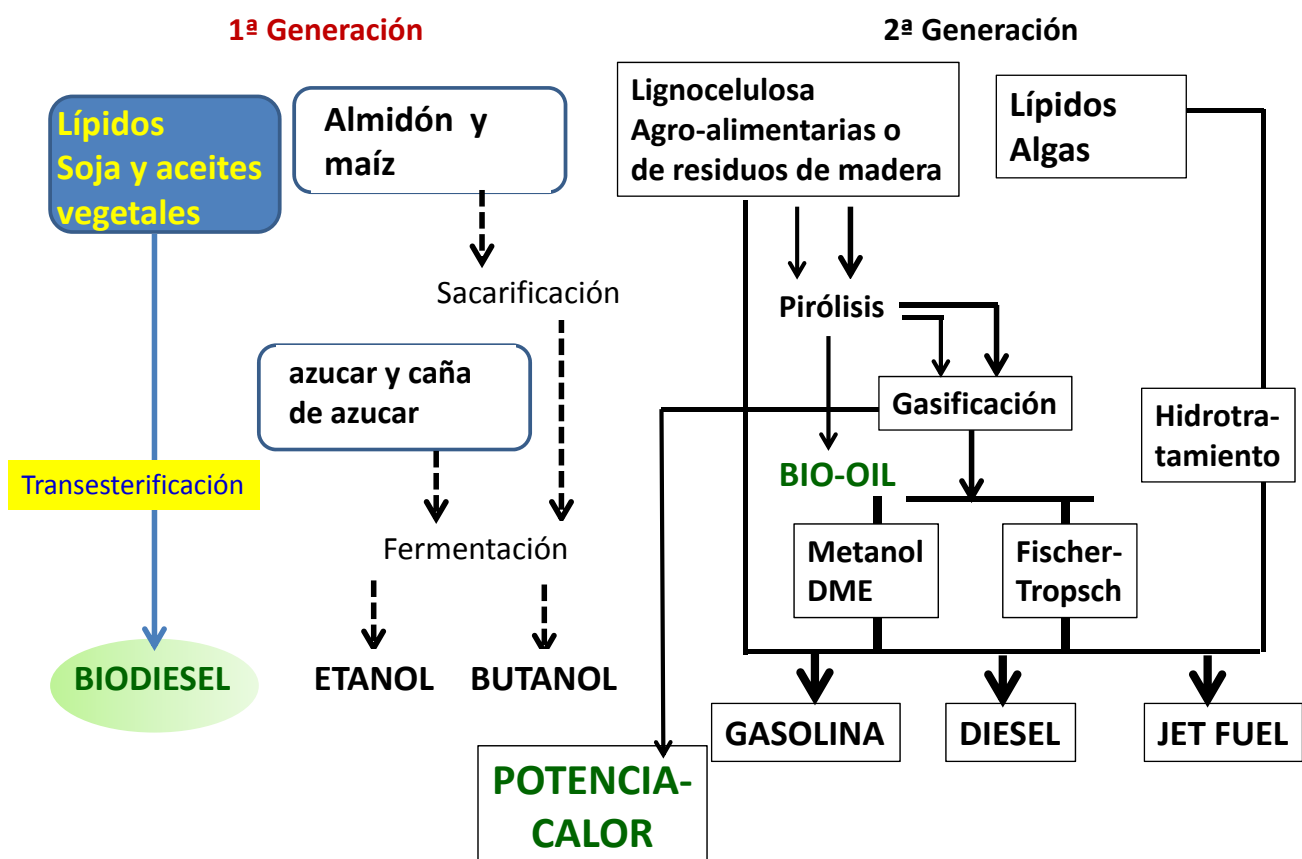
Posibles nuevas rutas para la obtención de combustibles



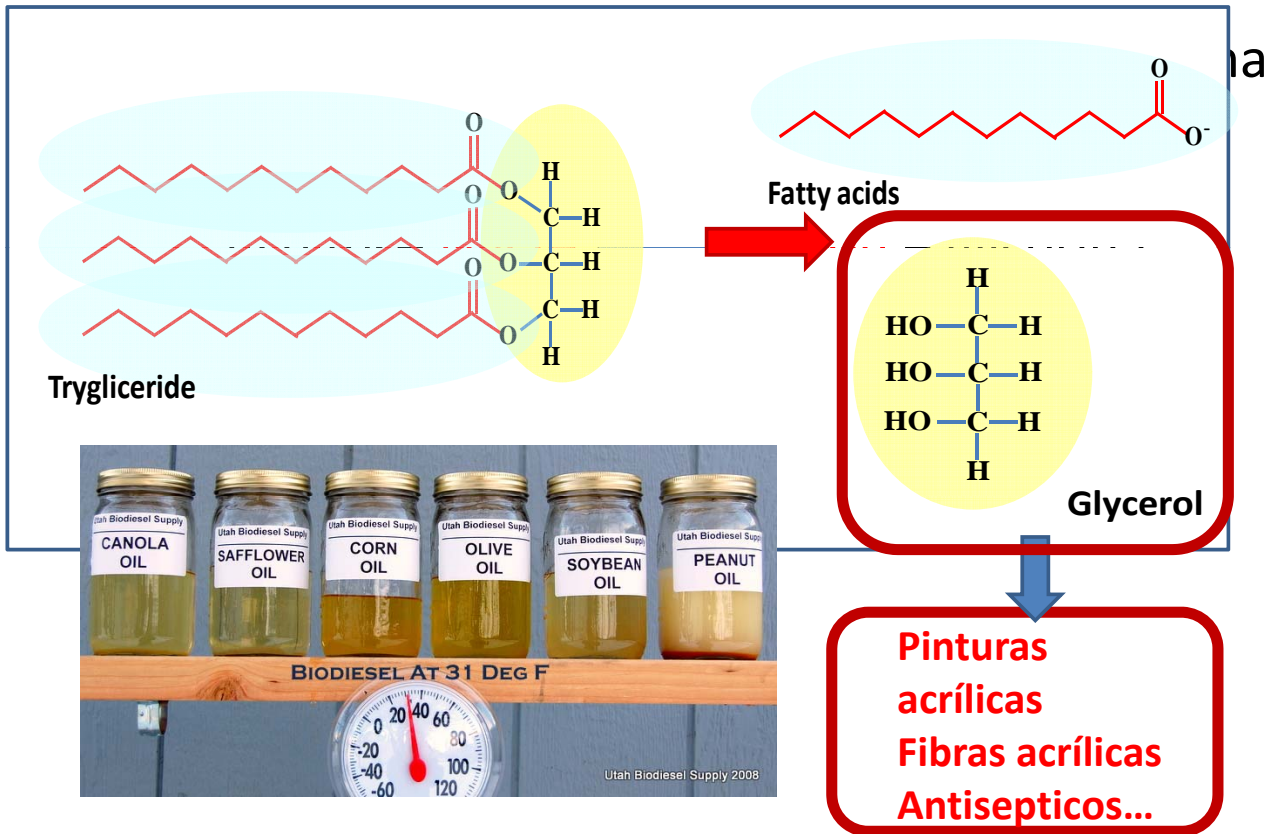
Dos ejemplos de Química Verde

- 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



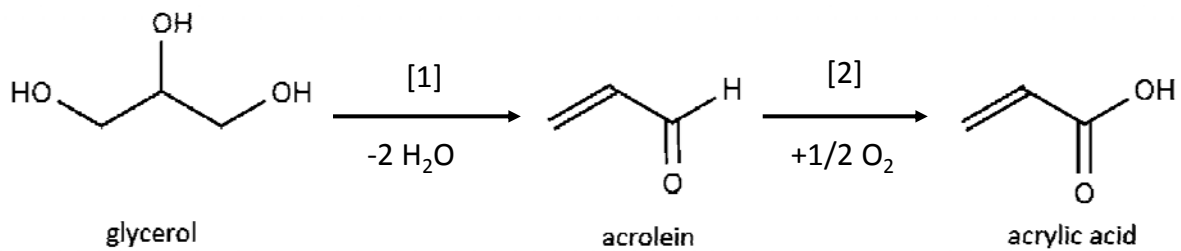
Biodiesel



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

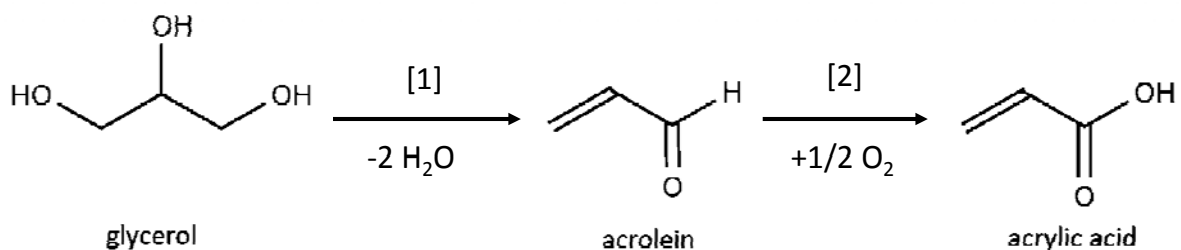
1.5 Millones Ton



Proceso actual a partir de propileno

Soriano y col. (2011) Gren Chemistry

FROM GLYCEROL TO ACRYLIC ACID



Demanda actual

0.8 Millones Ton

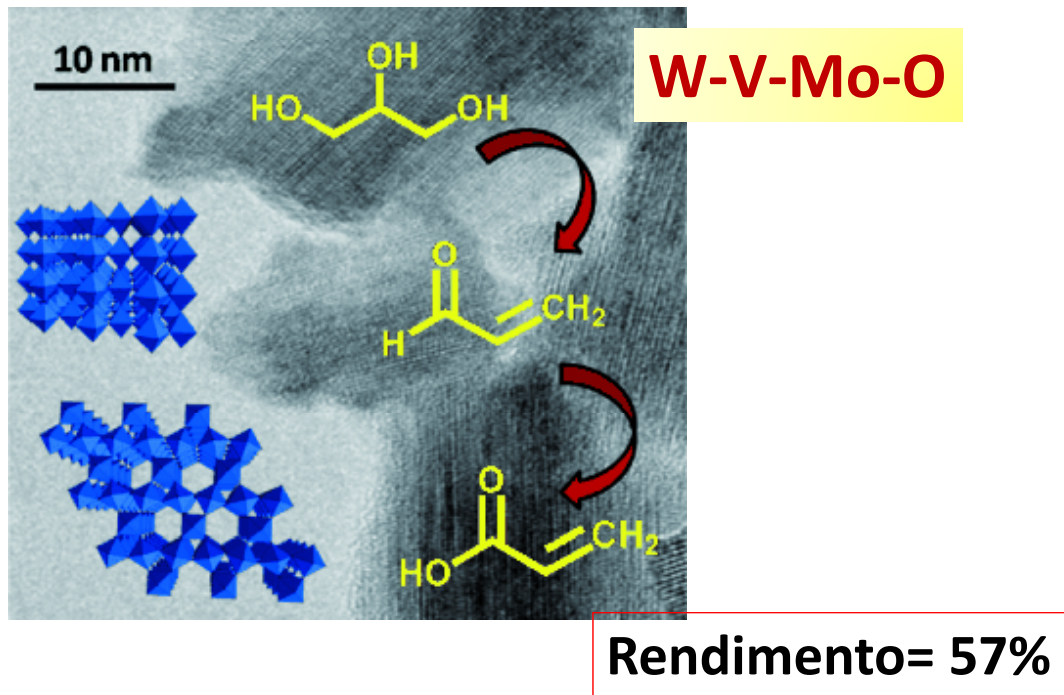
1.5 Millones Ton



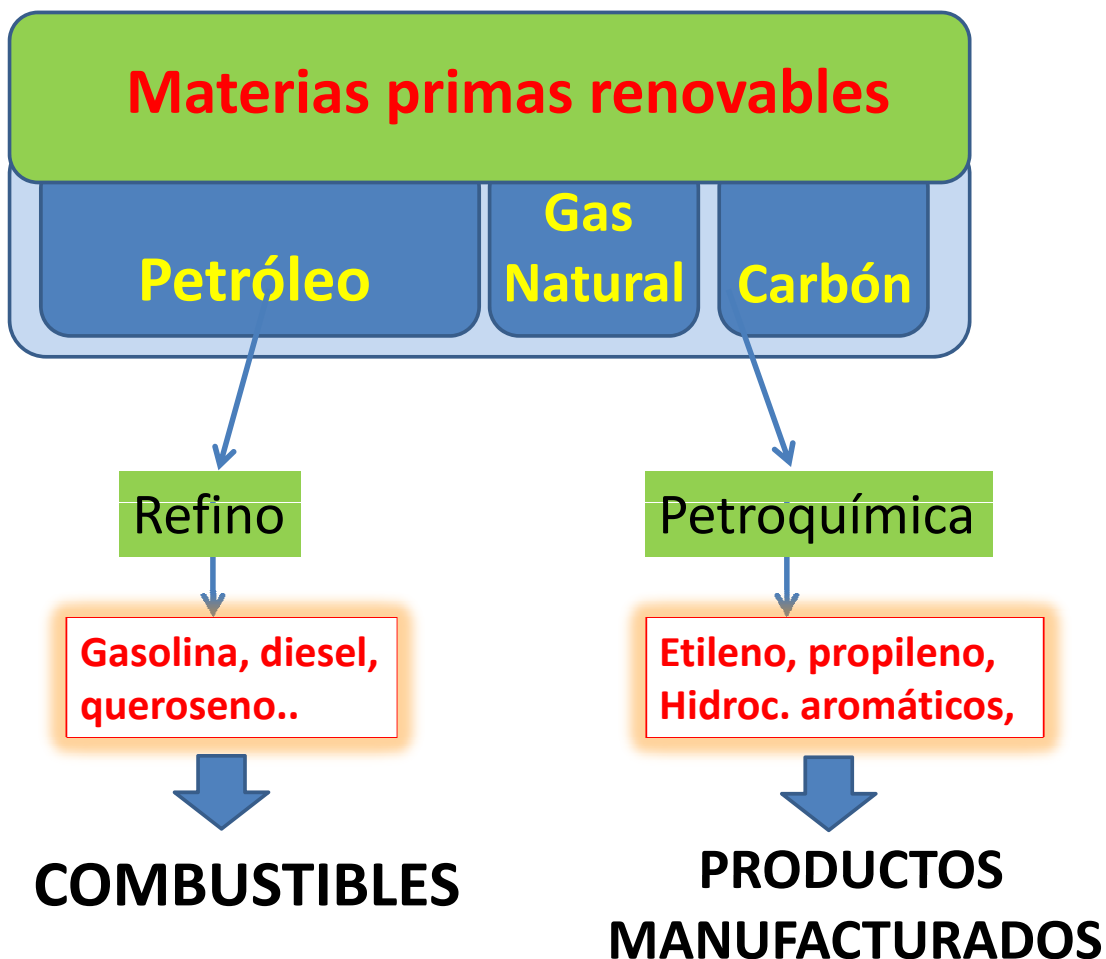
Proceso actual a partir de propileno

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 ⁶ Tm/año)	Crecimiento anual
Etileno	126.7	3.5 %
Propileno	65.0	4.5-5.0 %



Acrylic paints



Polypropylene



propylene oxide
polyether polyols,
propylene glycol



Acrylic adhesives



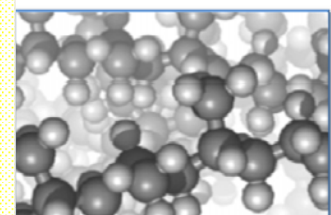
Acrylic polymers



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

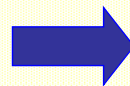
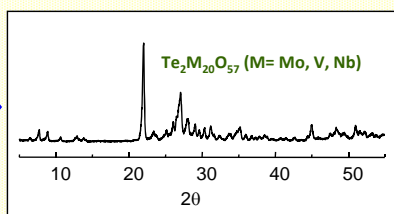
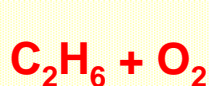
- Proceso Industrial
- Termodinámicamente **no** favorable (endotérmico)
- Altas temperaturas (700°C)
- Paradas técnicas del reactor (reparación de reactores)
- Con catalizador (desactivación)

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



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
Etileno	150,0
Aceites vegetales	145,7
Propileno	80

Aspectos en la reducción de las emisiones de CO₂

- El empleo del gas natural (metano y otros alcanos ligeros) en vez de derivados del petróleo (como olefinas) puede reducir sensiblemente las tasas de CO₂ 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 CO₂,**
 - **materiales capaces de atrapar el CO₂,**
 - **procesos empleando CO₂ 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^o Economía y Competitividad)
- PEMEX
- IMP



Gracias por su atención