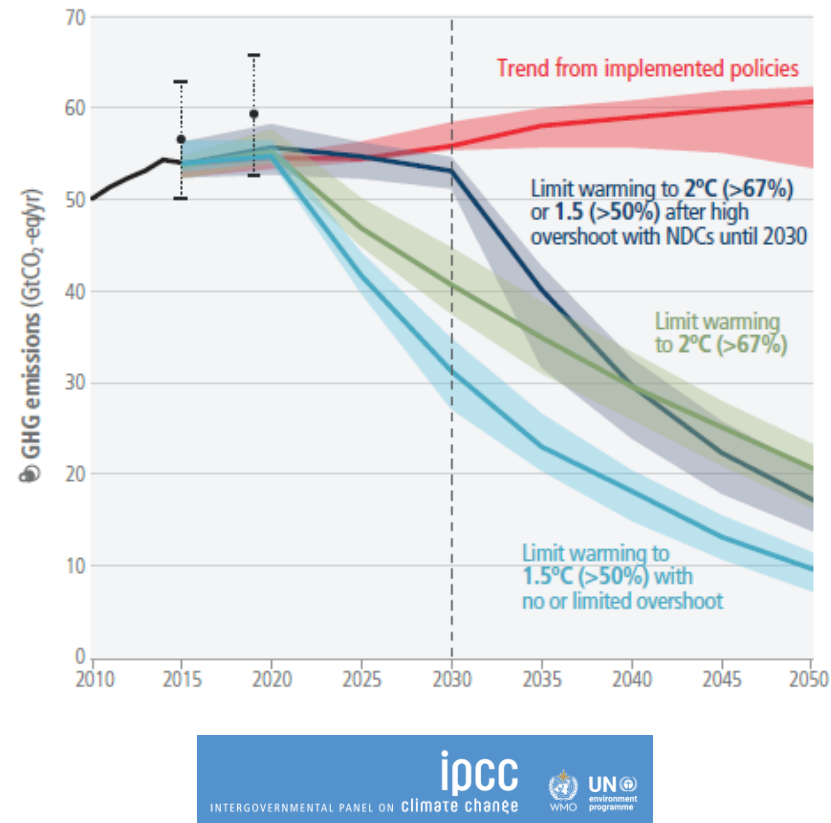
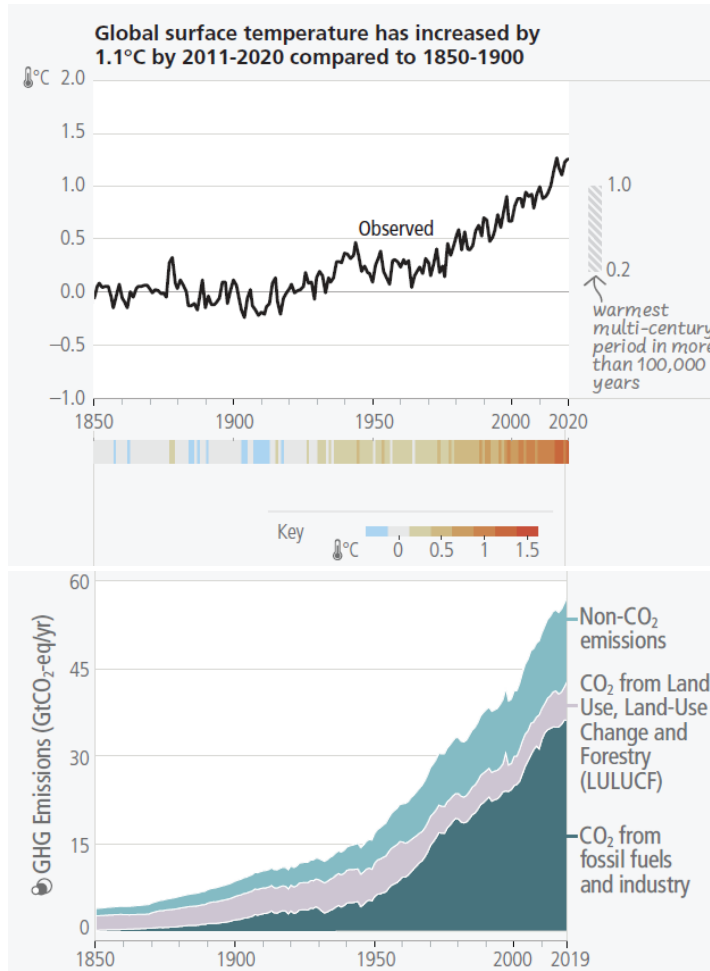


Transición Energética en la Península Ibérica

PONENTE: Andrés Anca Couce /
Universidad Carlos III de Madrid

TEMA: Combustibles renovables

Neutralidad climática



Compromiso de cero emisiones netas en la UE en el año 2050

3

Usos de energía

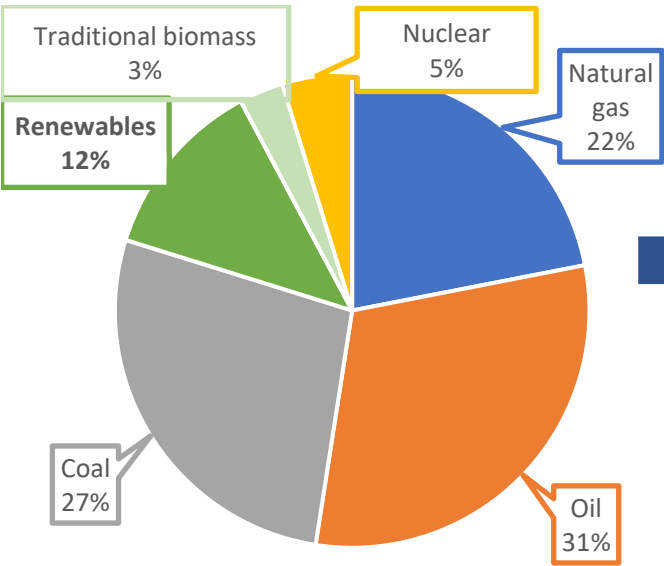
Por primera vez, el 100% de la energía de España se ha cubierto con renovables. La cuestión es si podemos repetirlo

Cinco nucleares estaban paradas, lo que elevó el protagonismo renovable a más del 77% de la generación

27 comentarios



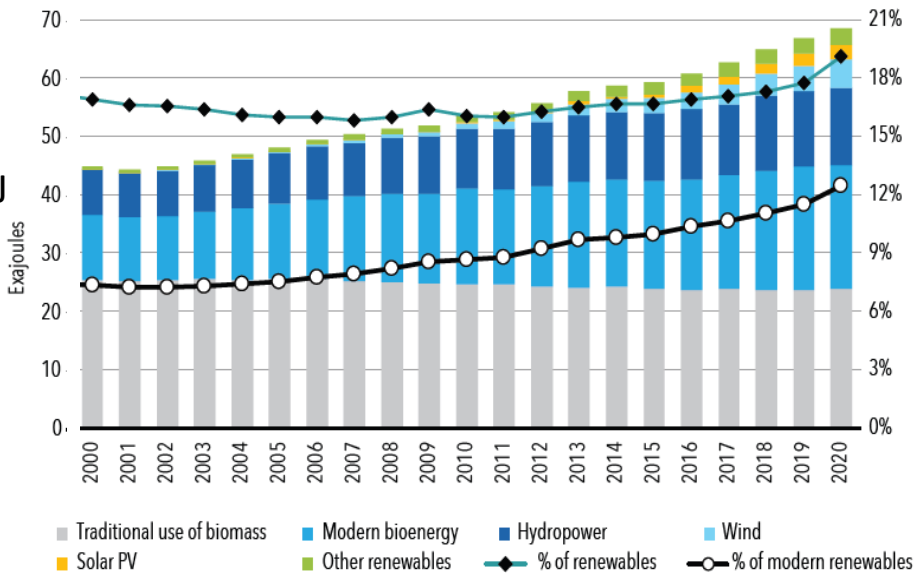
Usos energéticos
totales: 642 EJ



445 EJ
197 EJ

12 % Energía Renovable moderna
(14 % España)

% Energía renovable
en el consumo final

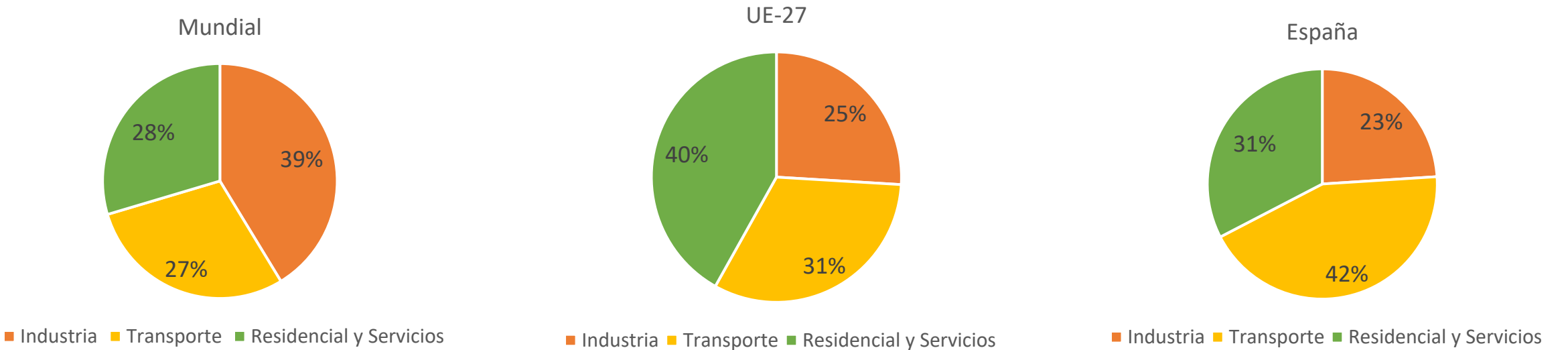


13 % Energía Renovable moderna
(19 % España)

4

Usos de energía

% consumo energía total por sector



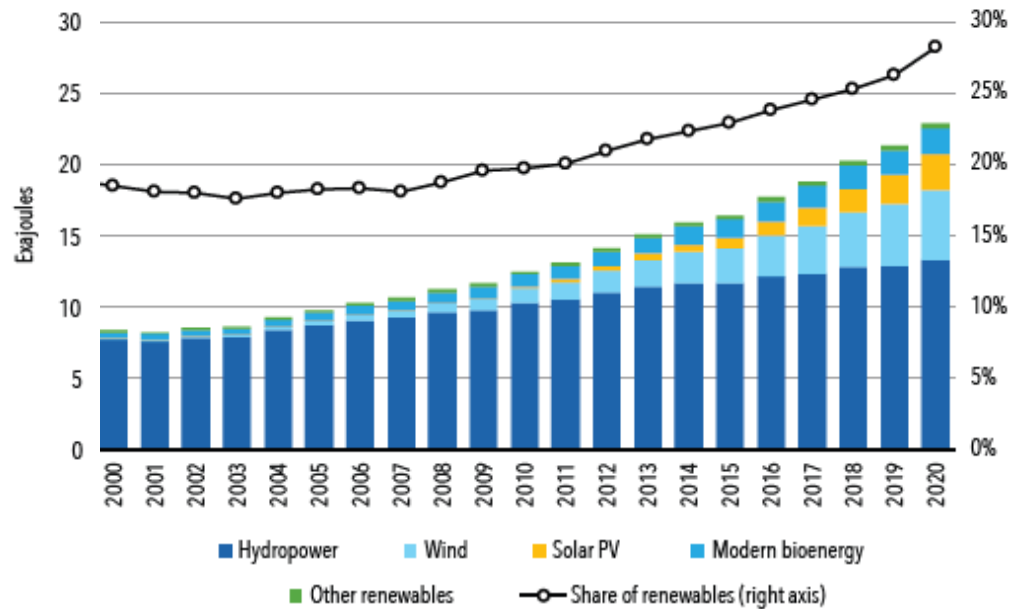
International Energy Agency | World Energy Outlook 2024

Sector	Fuente
Industria	Calor
Residencial y Servicios	Electricidad
Transporte	Transporte

Usos de energía: electricidad y calor

Electricidad

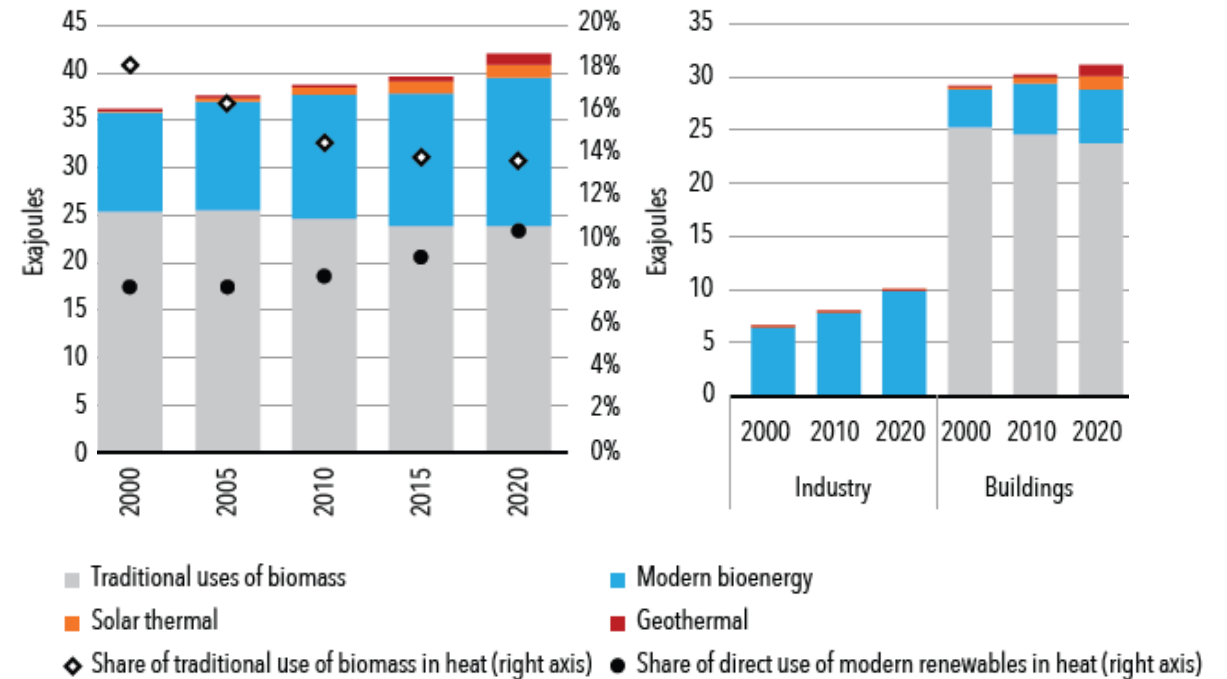
Consumo de electricidad procedente de energía renovable



28 % Energía Renovable
(España: 43 % 2020, 56% 2024)

Calor

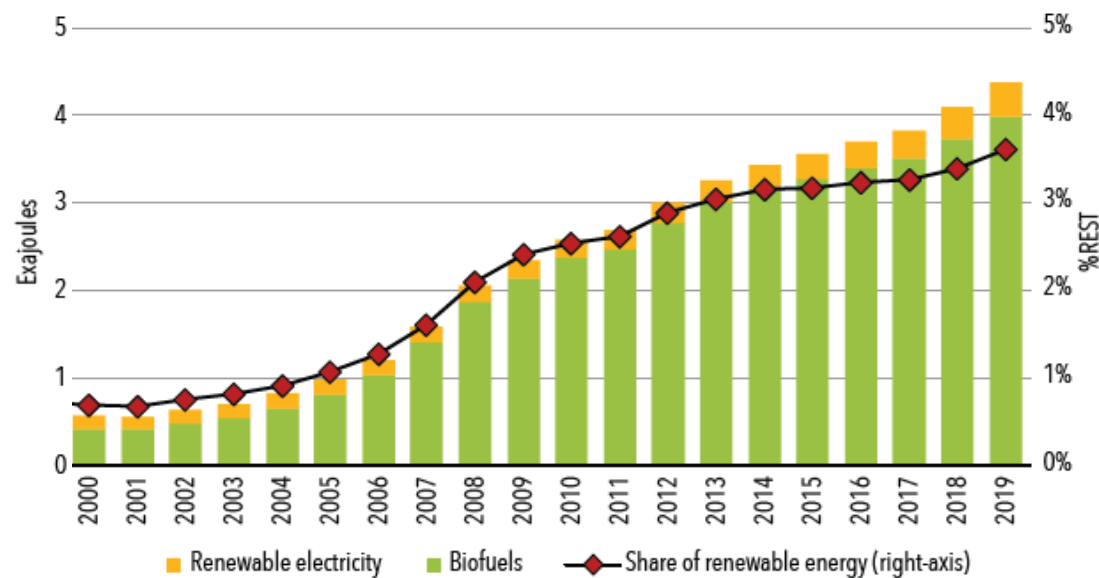
Consumo de calor procedente de energía renovable



Usos de energía: transporte

Transporte

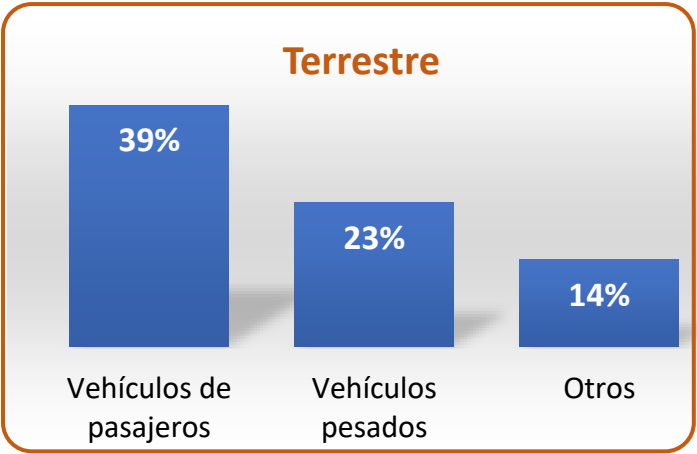
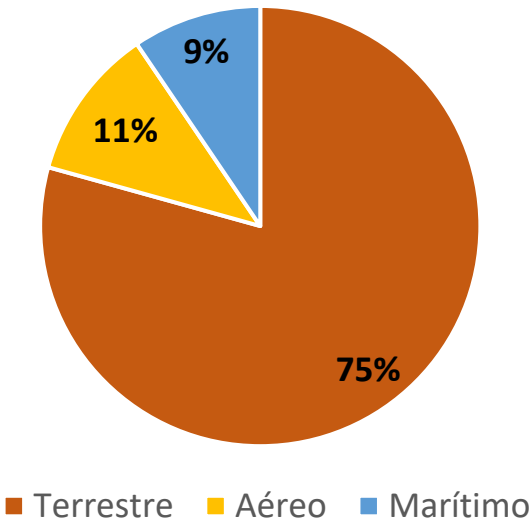
Consumo de energía renovable en el transporte



Tracking SDG 7: The Energy Progress Report 2023

3,6 % Energía Renovable

% Consumo de energía por sector de transporte

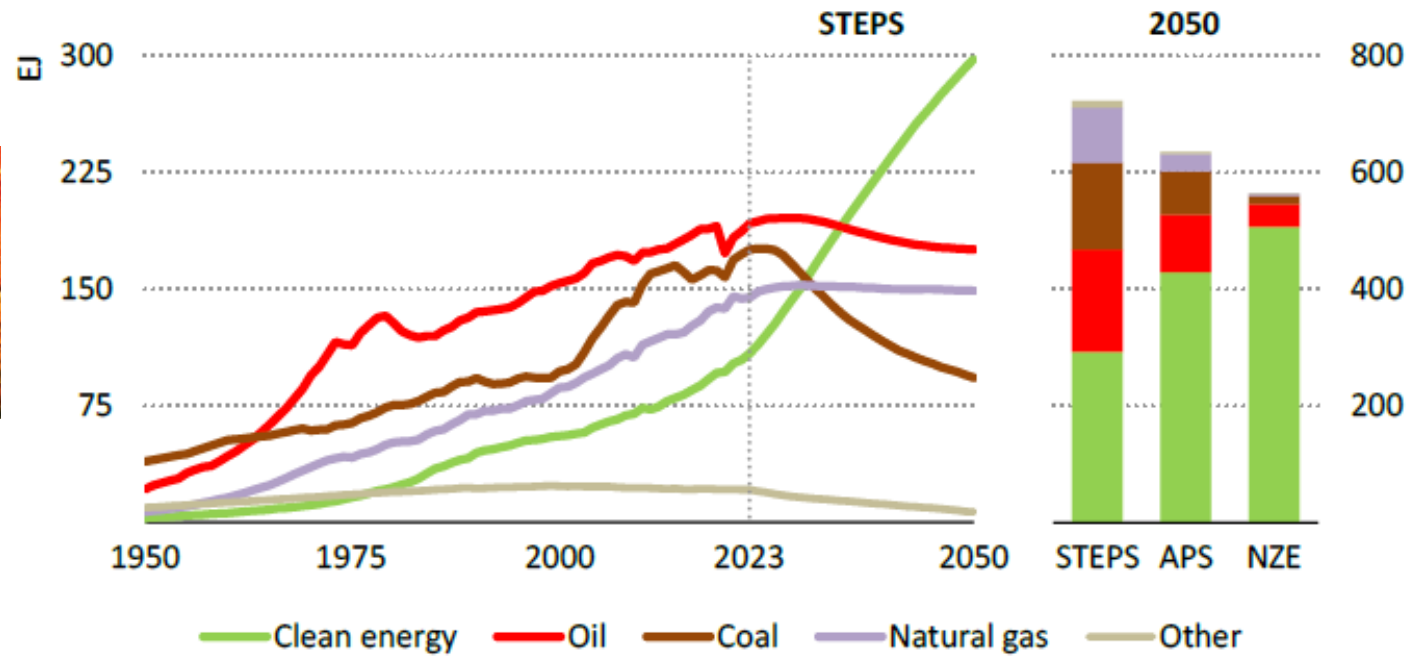


International Energy Agency | World Energy Outlook 2024

Escenarios futuros

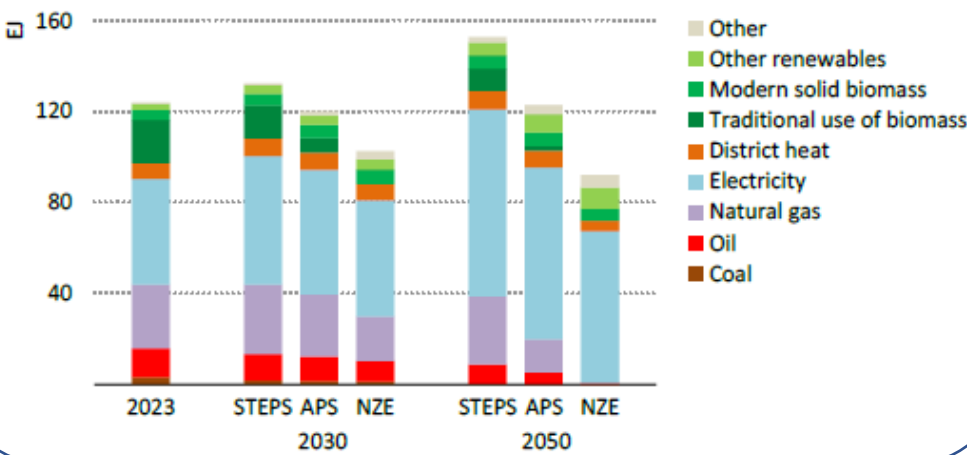
Escenarios a 2050 (Usos energéticos totales)

- STEPS: Stated Policies Scenario
- APS: Announced Pledges Scenario
- NZE: Net Zero Emissions

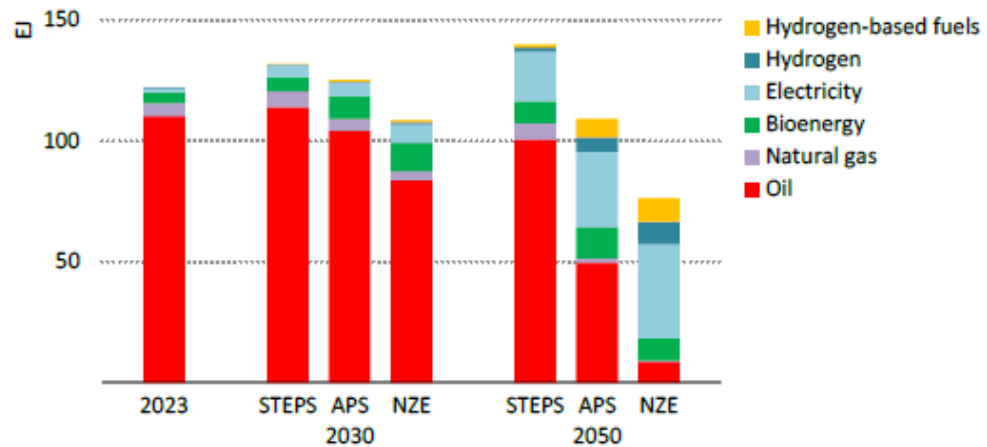


Escenarios futuros

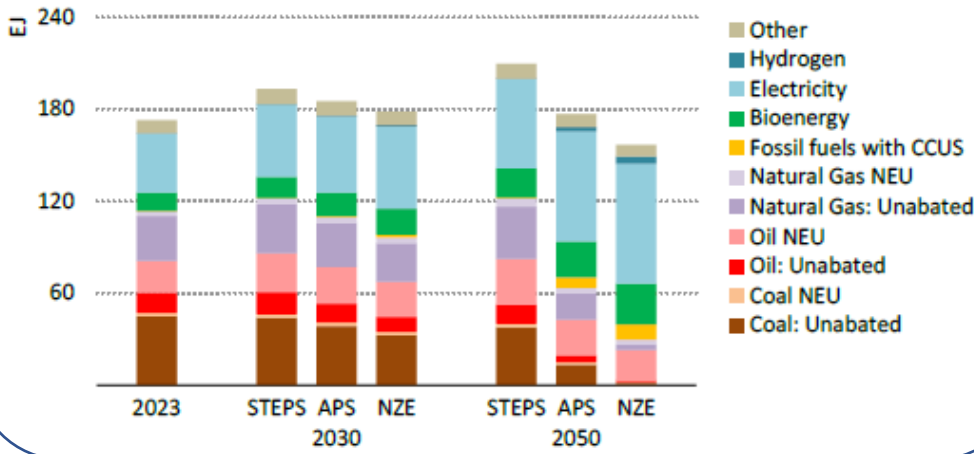
Residencial y servicios



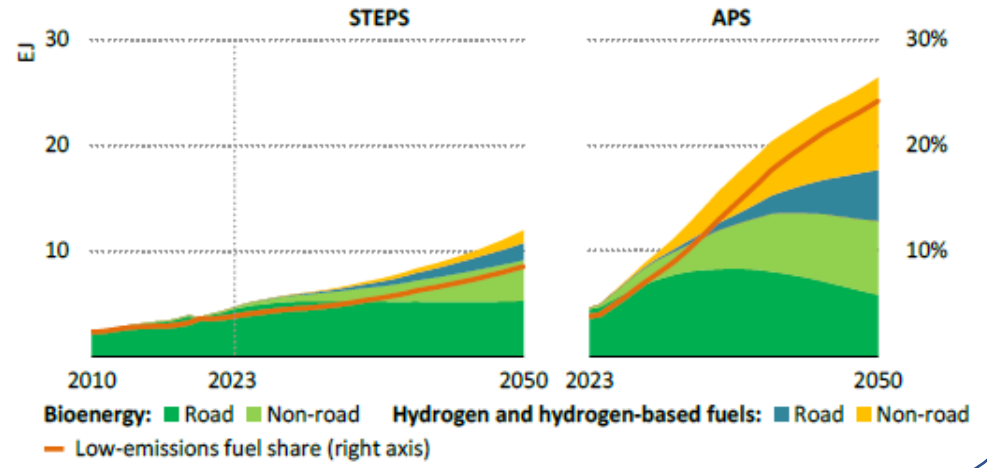
Transporte



Industria

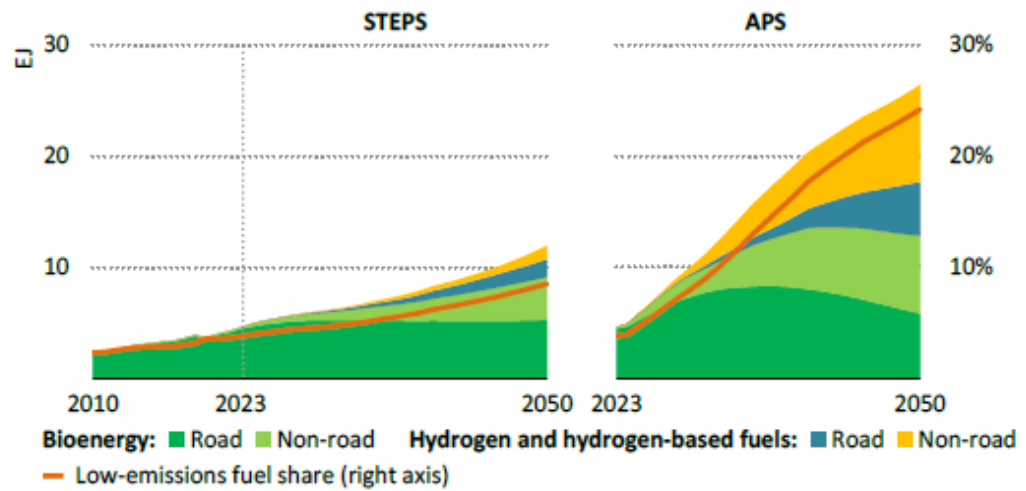


Combustibles renovables



Combustibles renovables

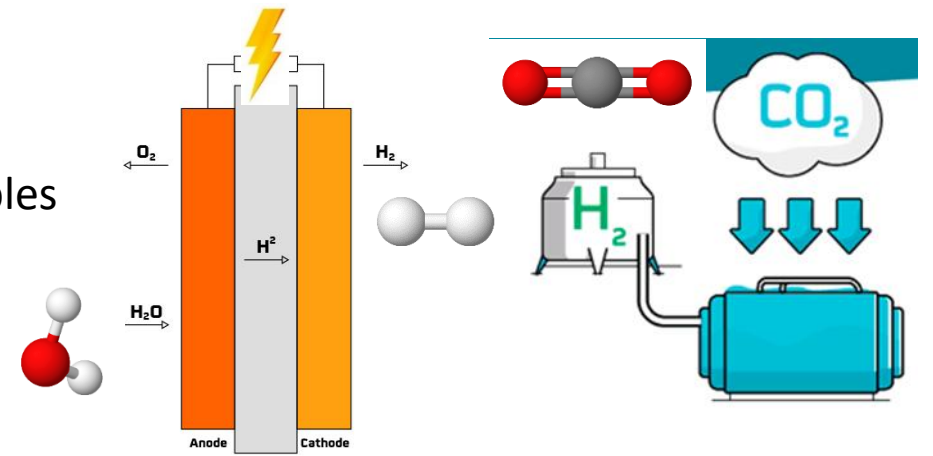
Combustibles renovables en el transporte



Biocombustibles

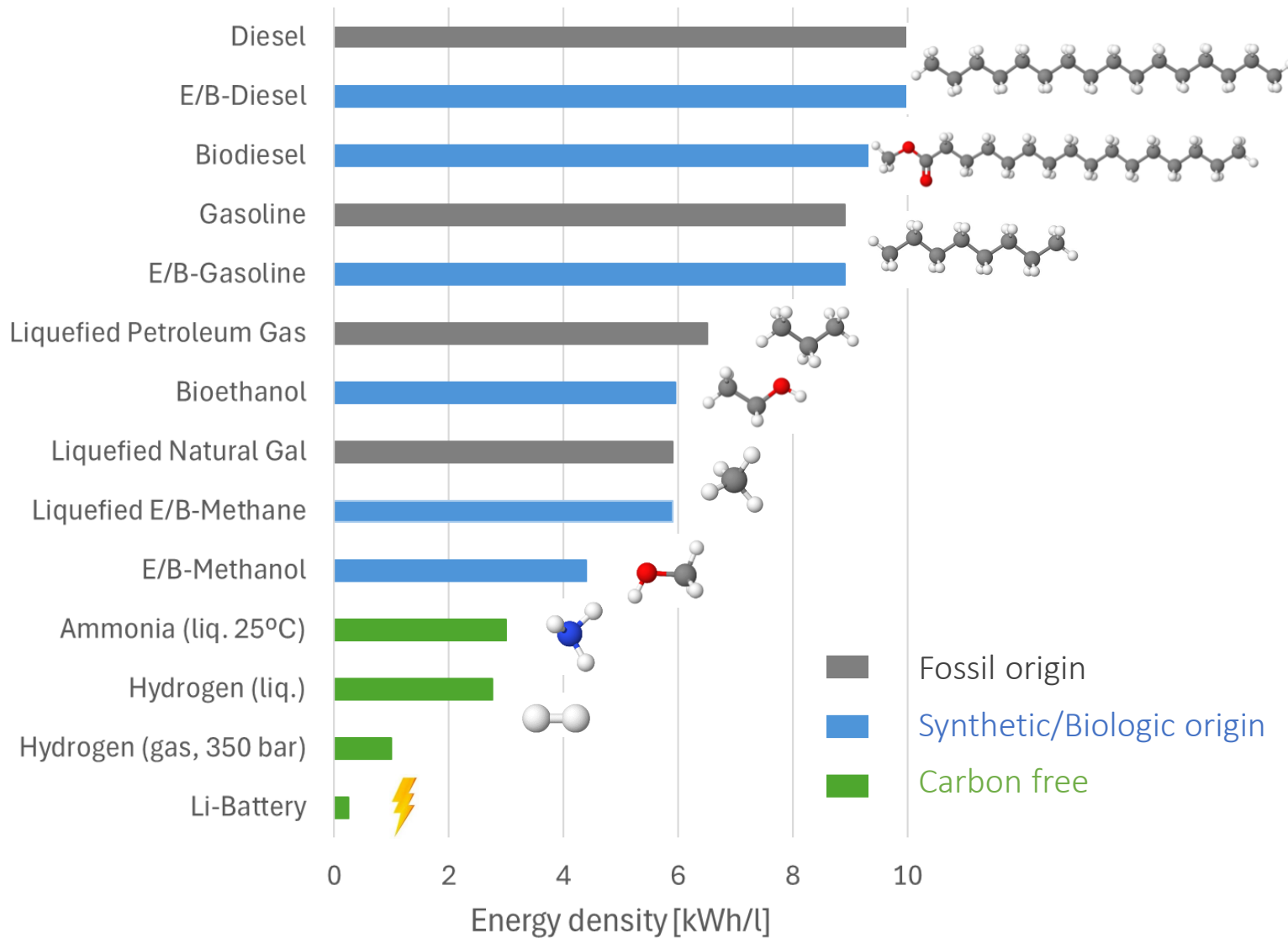


Combustibles sintéticos (e-fuels):



H_2 / H_2 -based fuels

Combustibles renovables



Ventajas de los combustibles renovables:

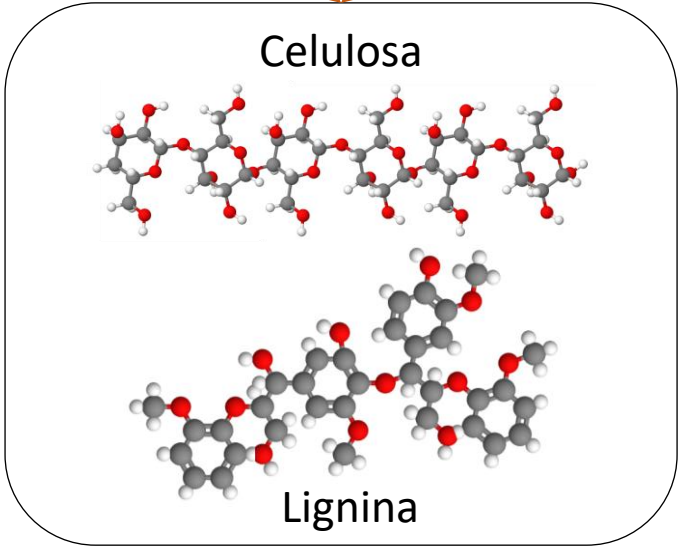
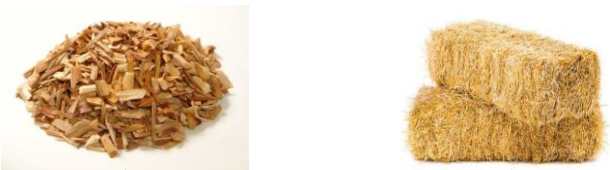
- ✓ Alta densidad energética
- ✓ Uso de infraestructura actual (almacenamiento, transporte, sistemas de potencia)
- ✓ Uso de todas las fuentes renovables

Imprescindibles para la neutralidad climática en el transporte

Tipos de biomasa

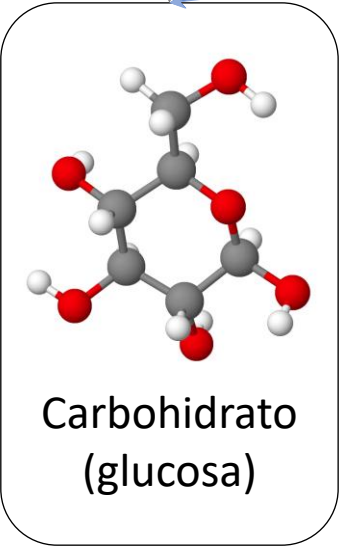
Lignocelulósica

- Madera / leñosa
- Residuos agrícolas y herbáceos



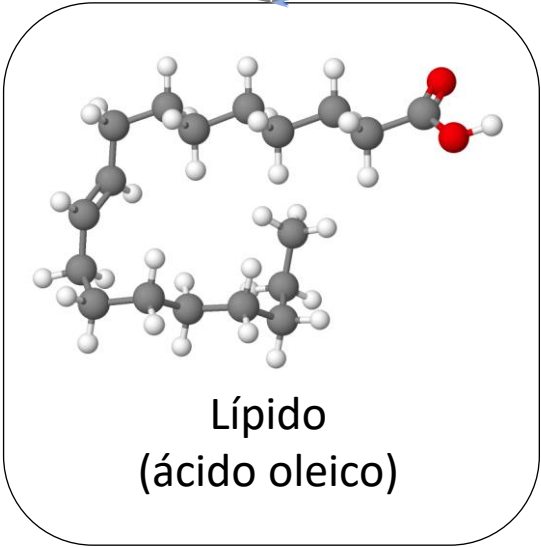
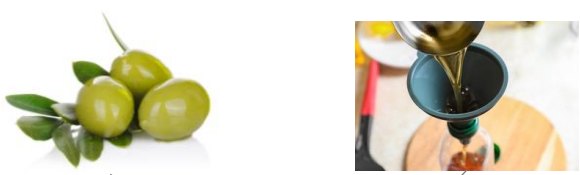
Carbohidratos

- Cultivos de azúcar y almidón



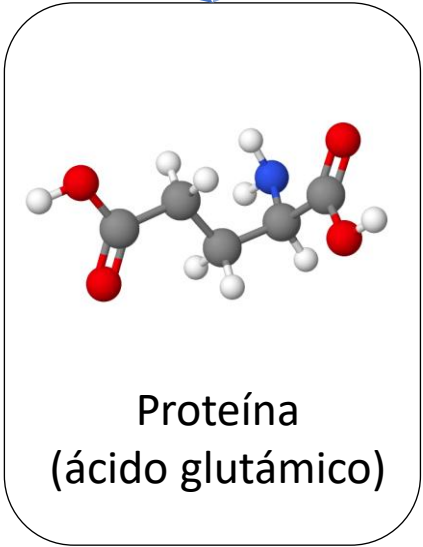
Lípidos

- Cultivos de aceites
- Aceites usados, grasas

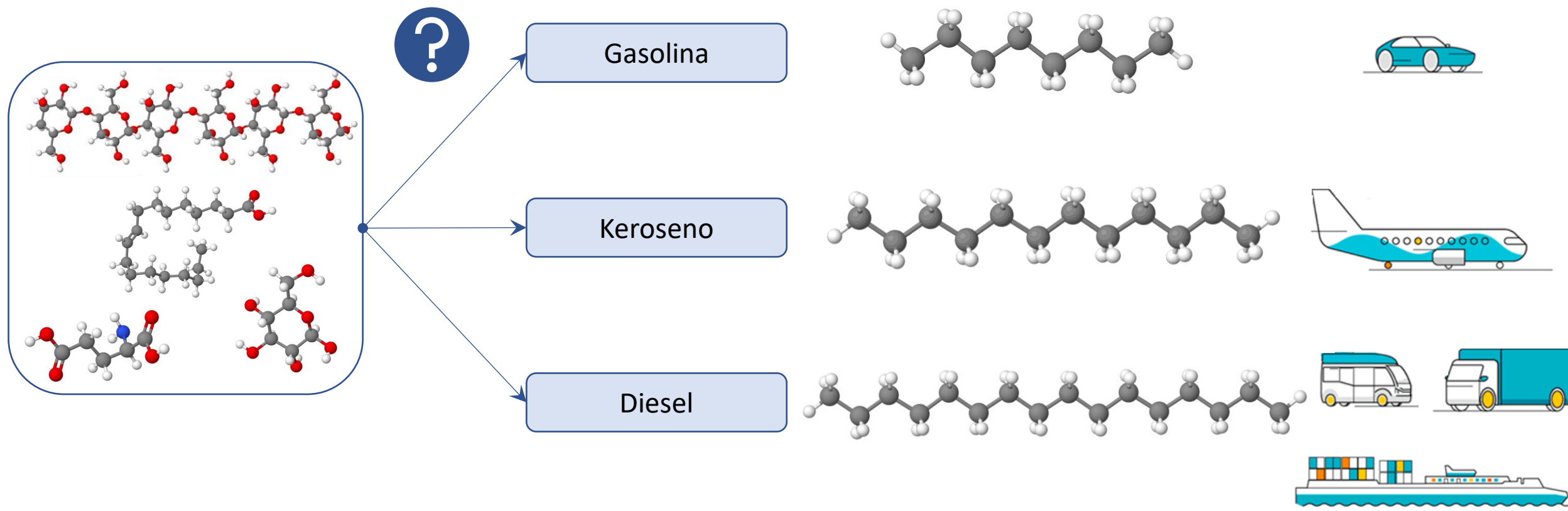


Carbohidratos, lípidos, proteínas

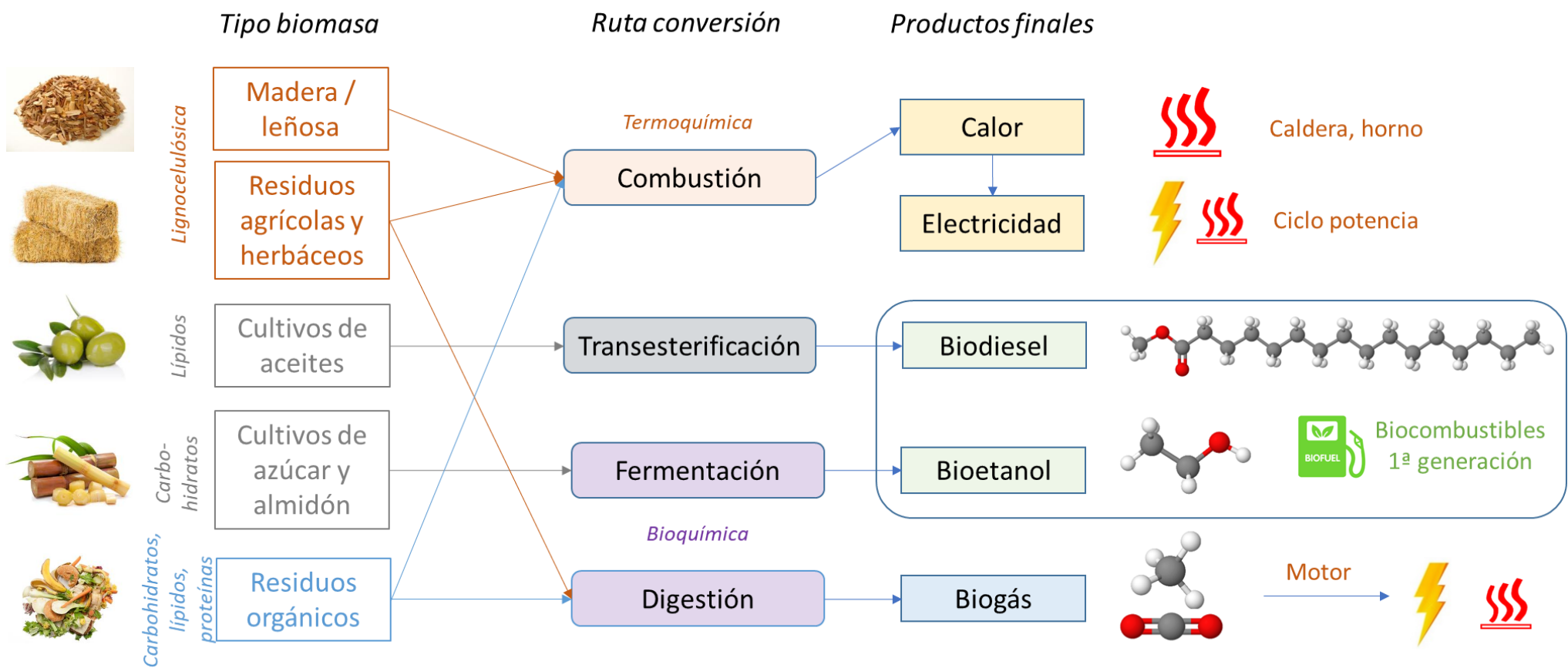
- Residuos orgánicos
- Algas



Sustituir combustibles líquidos con biomasa



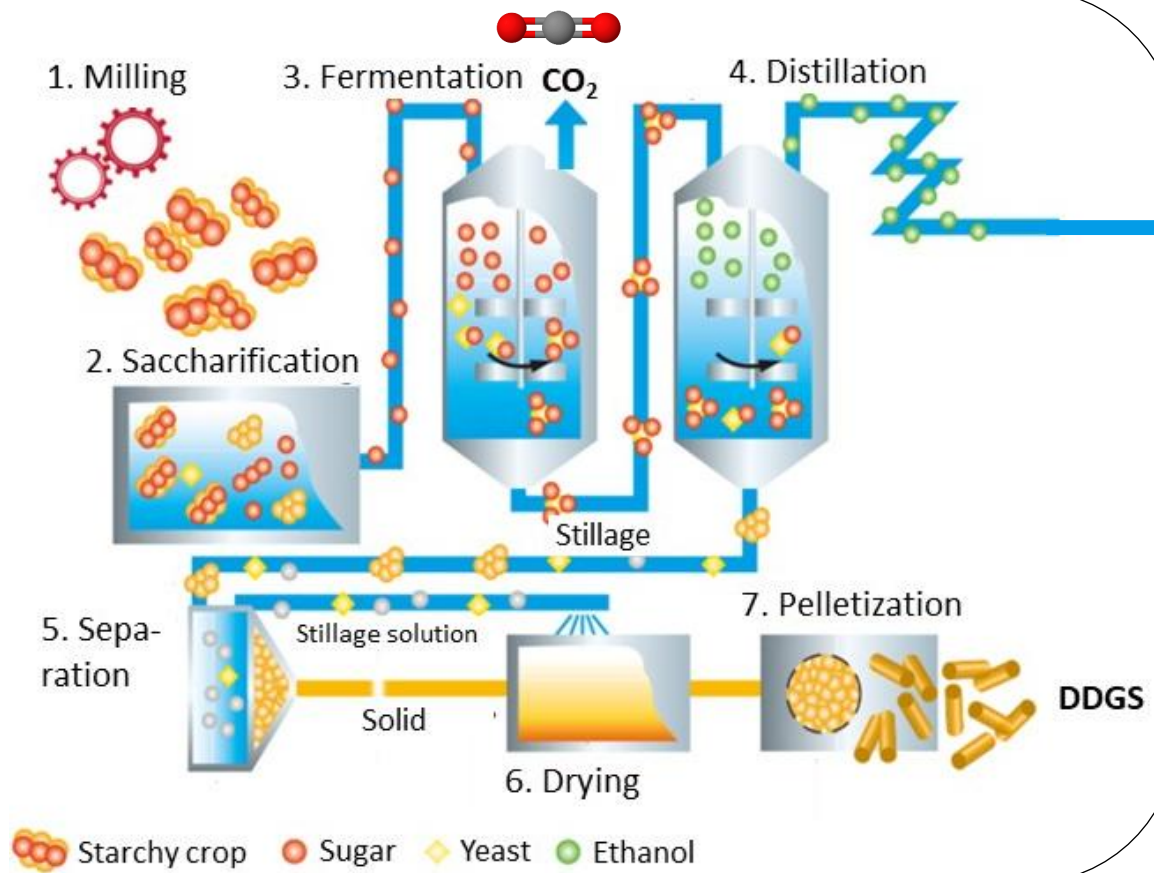
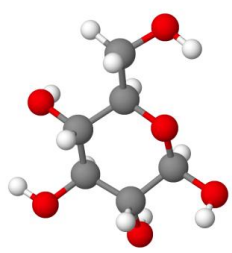
Usos actuales de la biomasa



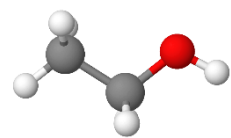
Fermentación - bioetanol

Carbohidratos

Cultivos de
azúcar y
almidón



Bioetanol



Gasolina



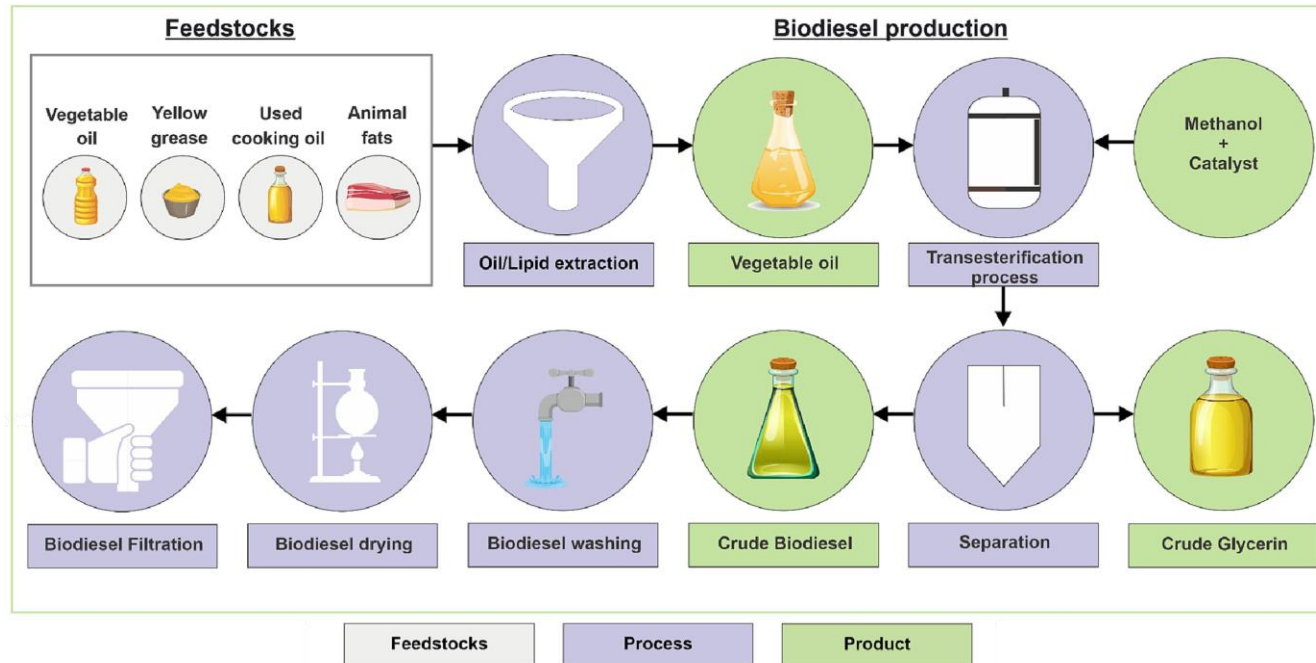
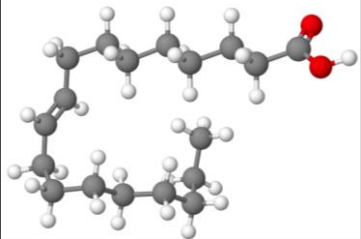
Limitación

Hidrólisis previa para uso
de biomasa lignocelulósica
fermentando la
(hemi)celulosa.

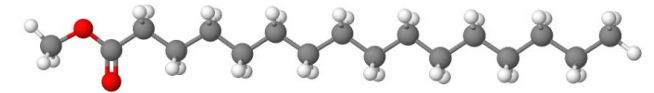
Transesterificación - biodiesel

Lípidos

Cultivos de aceites



Biodiesel



Diesel

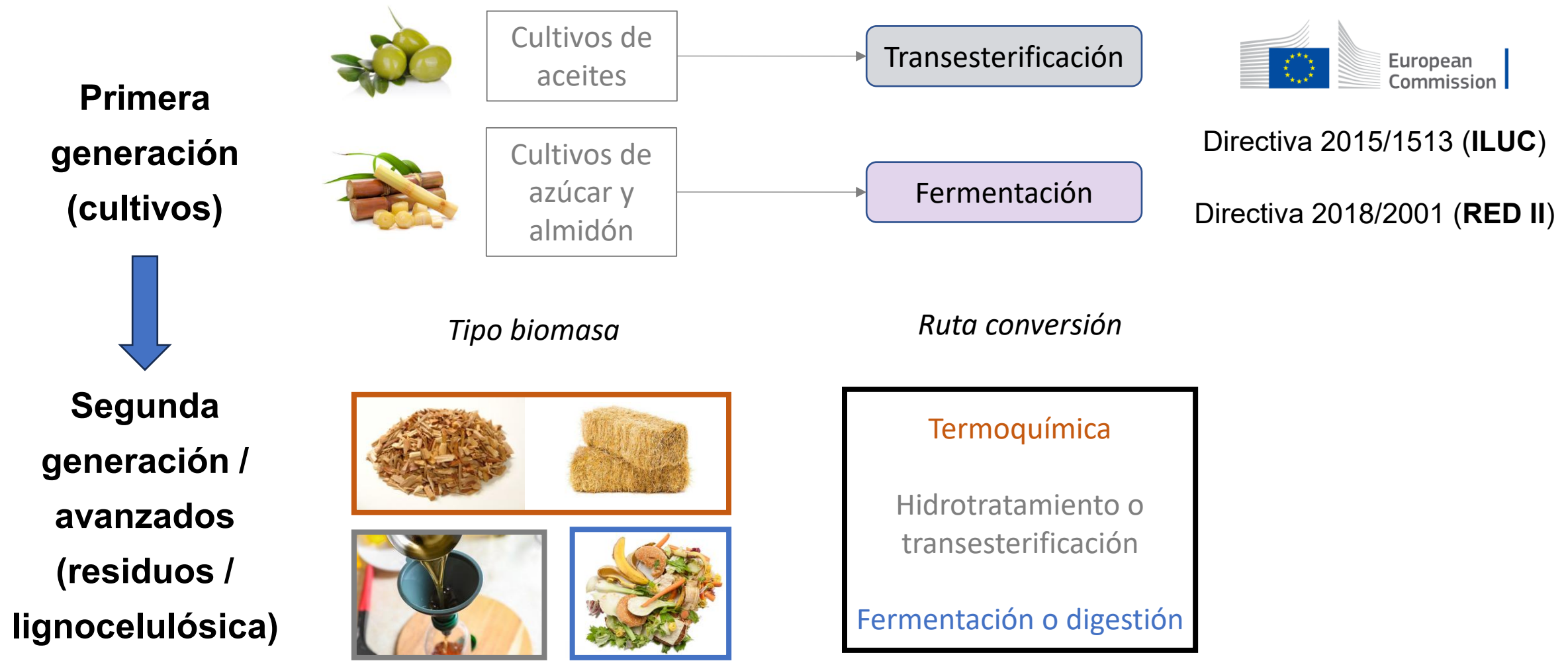
B7

Limitación

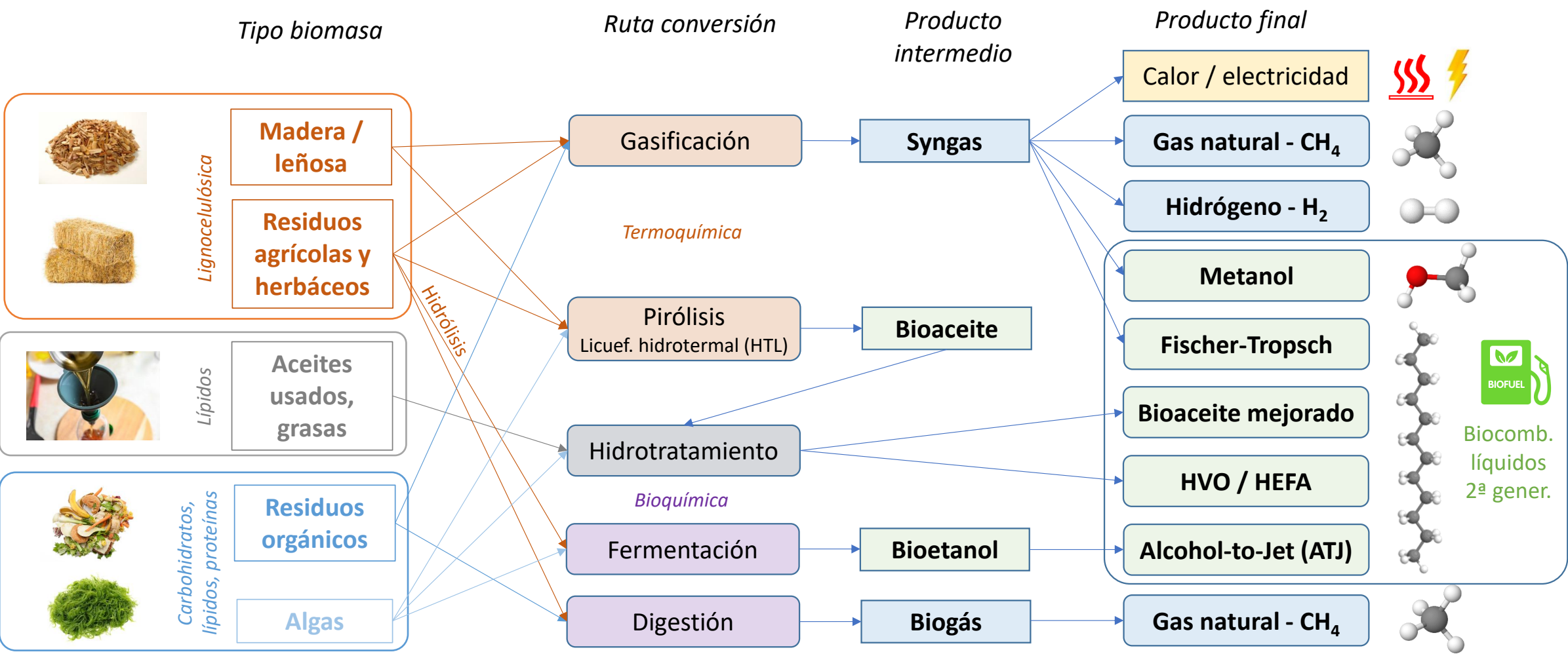
Sólo válido para lípidos:

- Cultivos de aceites
- Aceites usados
- Grasas animales

Generaciones de biocombustibles



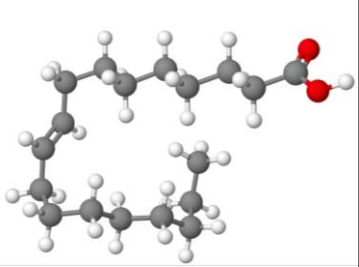
Usos futuros de la biomasa



Aceites usados y grasas

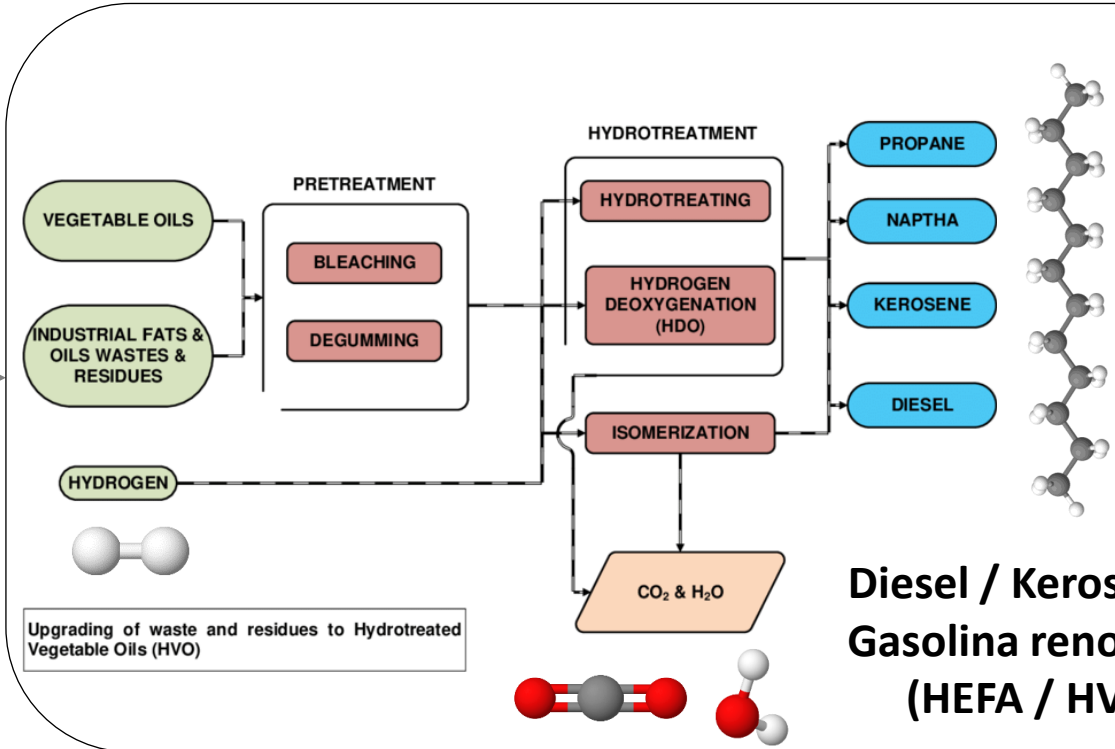
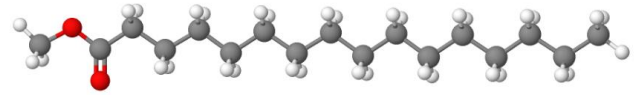
Lípidos

Aceites usados, grasas



Transesterificación

Biodiesel

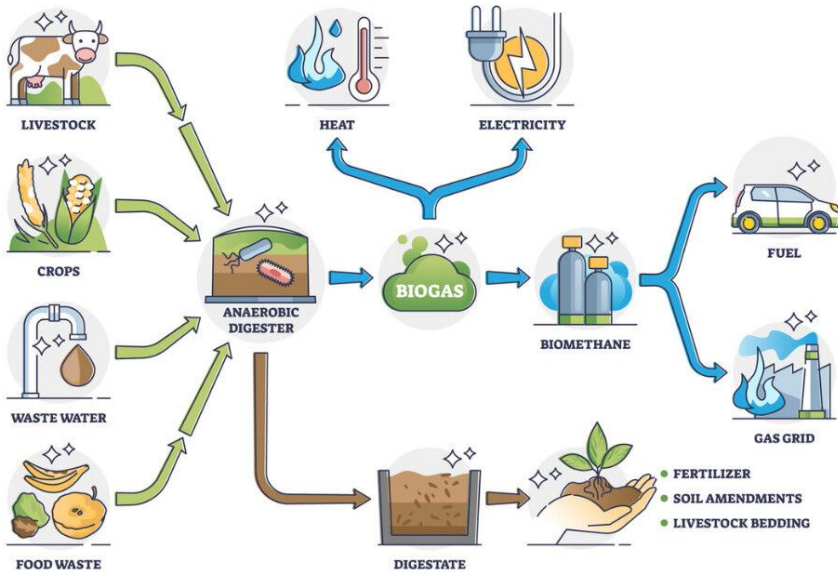
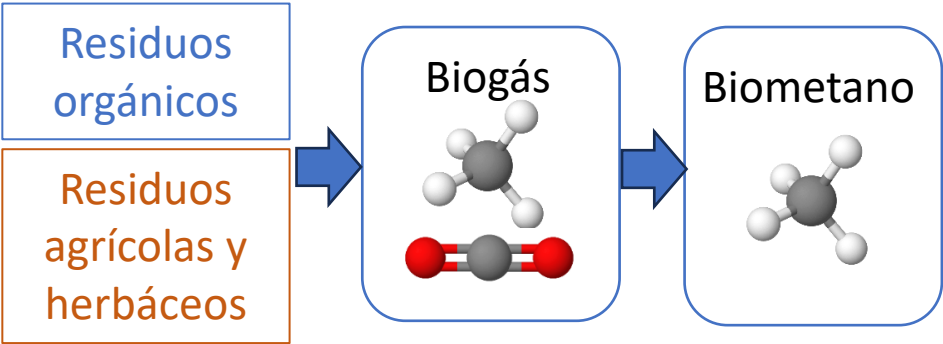


Diesel / Keroseno / Gasolina renovable (HEFA / HVO)

Planta de producción en Cartagena



Residuos orgánicos y biomasa lignocelulósica

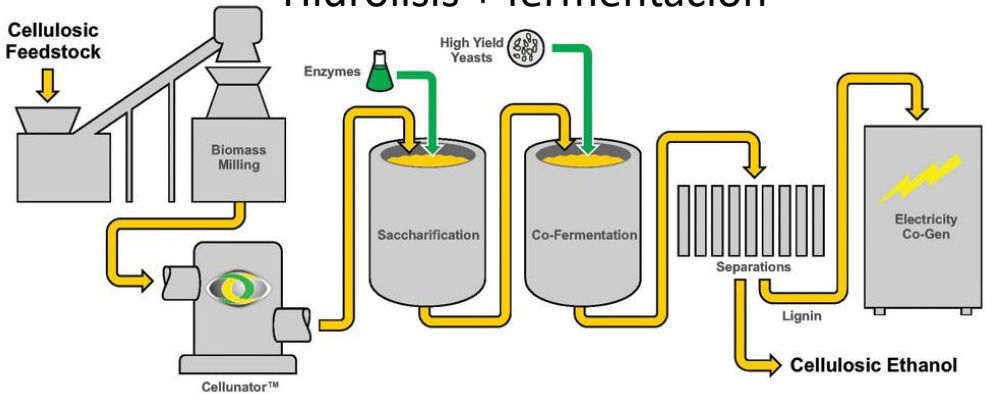


Lignocelulósica

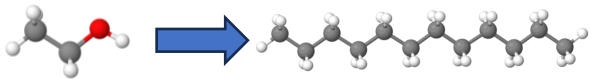
Madera /
leñosa

Residuos agrícolas
y herbáceos

Etanol celulósico: Hidrólisis + fermentación



Alcohol to
jet (AHJ):

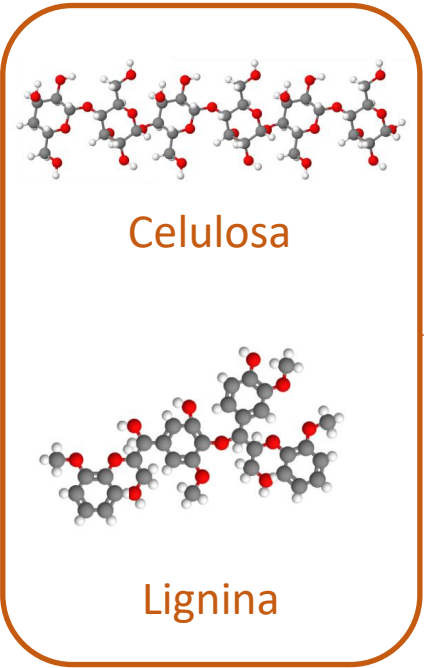


Procesos
termoquímicos

- Pirólisis
- Gasificación

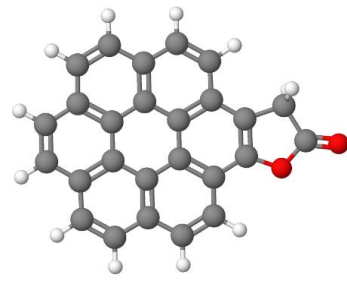
Pirólisis de biomasa

Biomasa lignocelulósica
(madera, leñosa, residuos
agrícolas y herbáceos)



Pirólisis

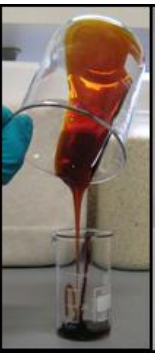
Biochar



Bioaceites



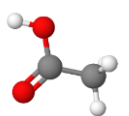
Pyrolytic lignin



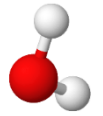
Sugar syrup



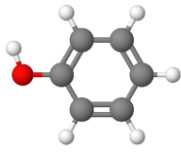
Aqueous phase



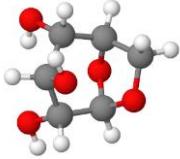
Alcoholes y carbonilos



Agua



Fenoles



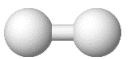
Azúcares

H₂

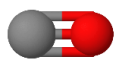
Hidrotratamiento



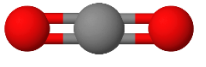
Gases



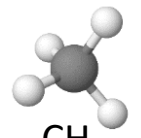
H₂



CO

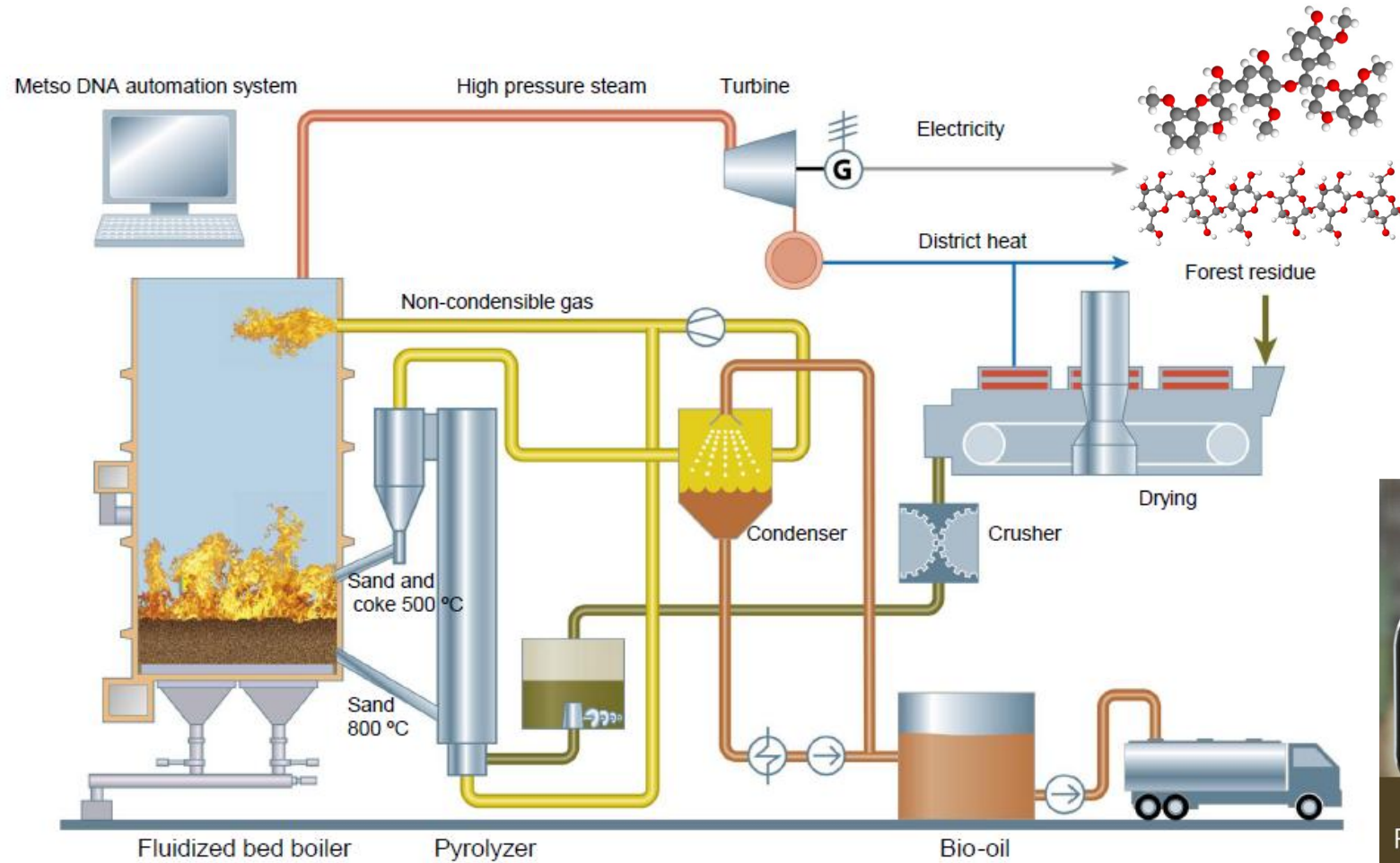


CO₂



CH₄

Planta de pirólisis



- Pirolizador de lecho fluido circulante (Joensuu, Finlandia)

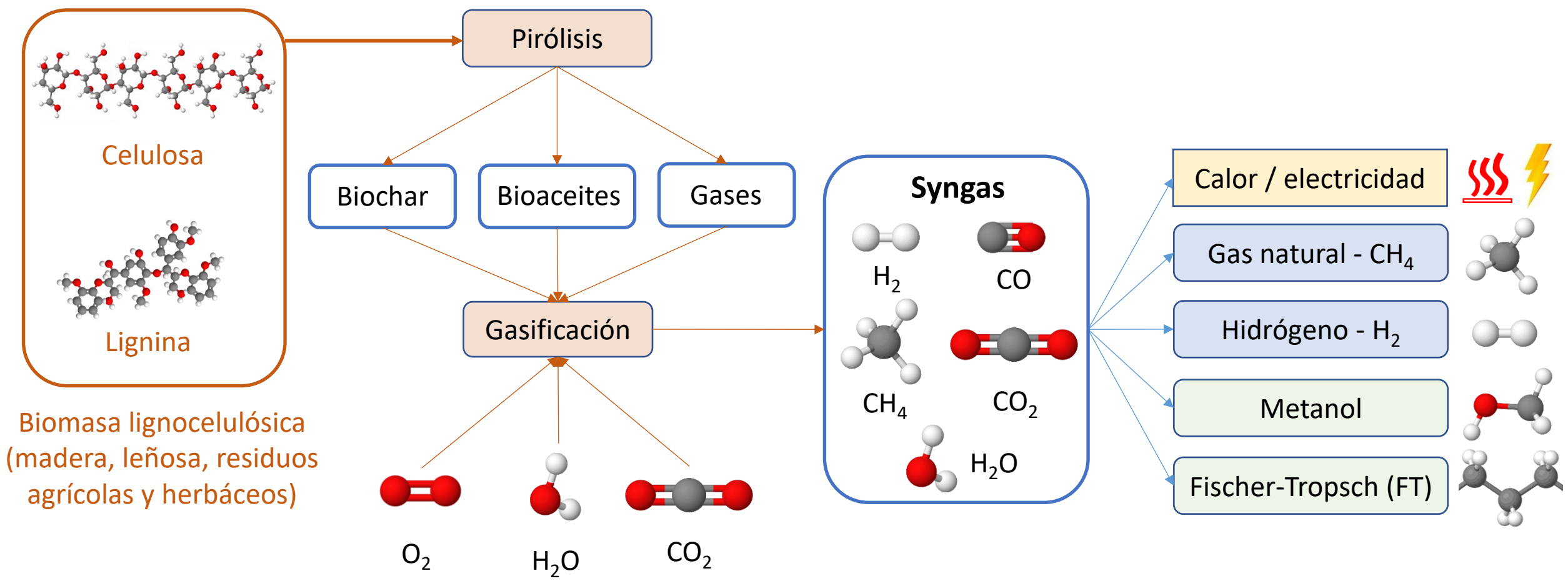


H₂

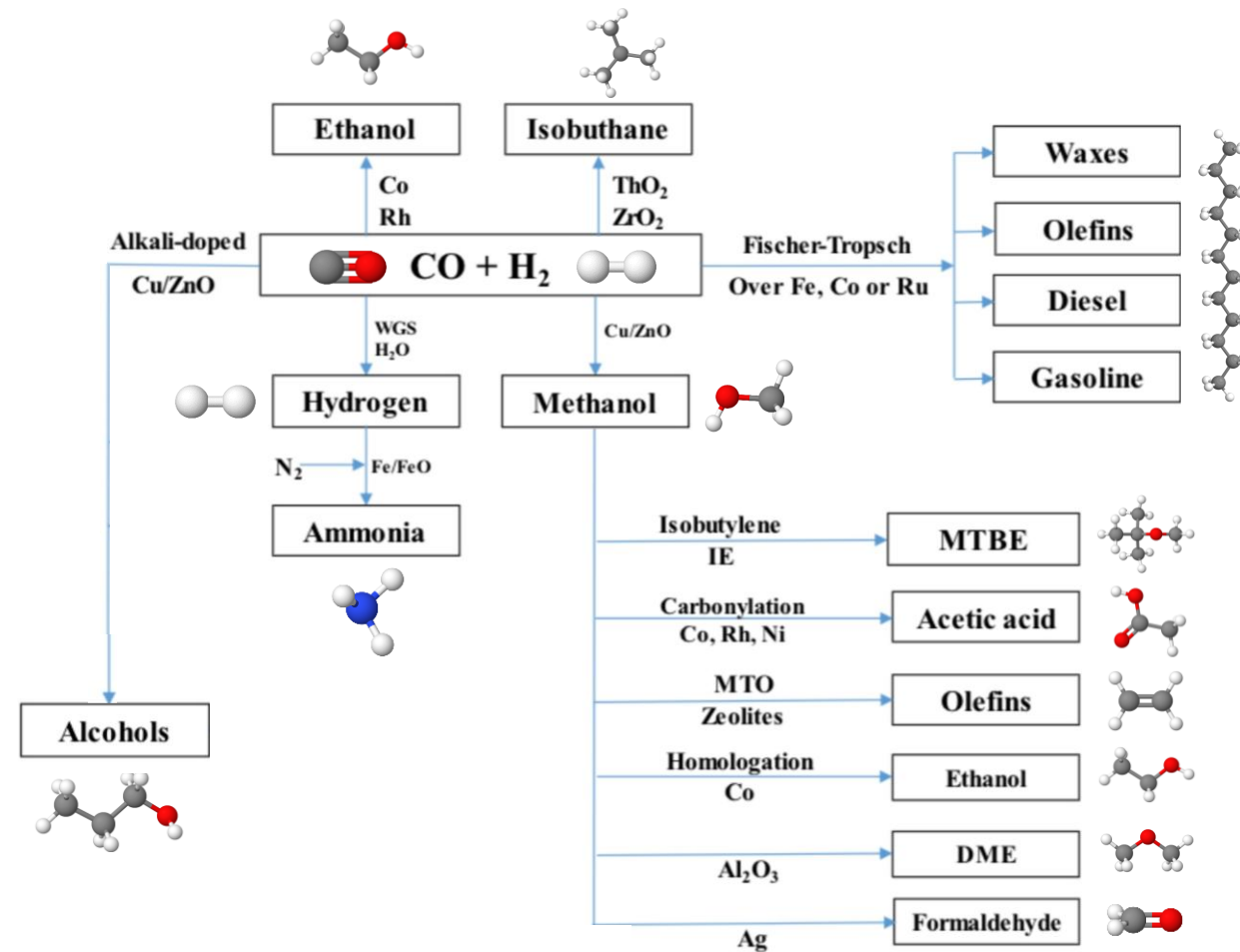
Hidrotratamiento



22 Gasificación de biomasa

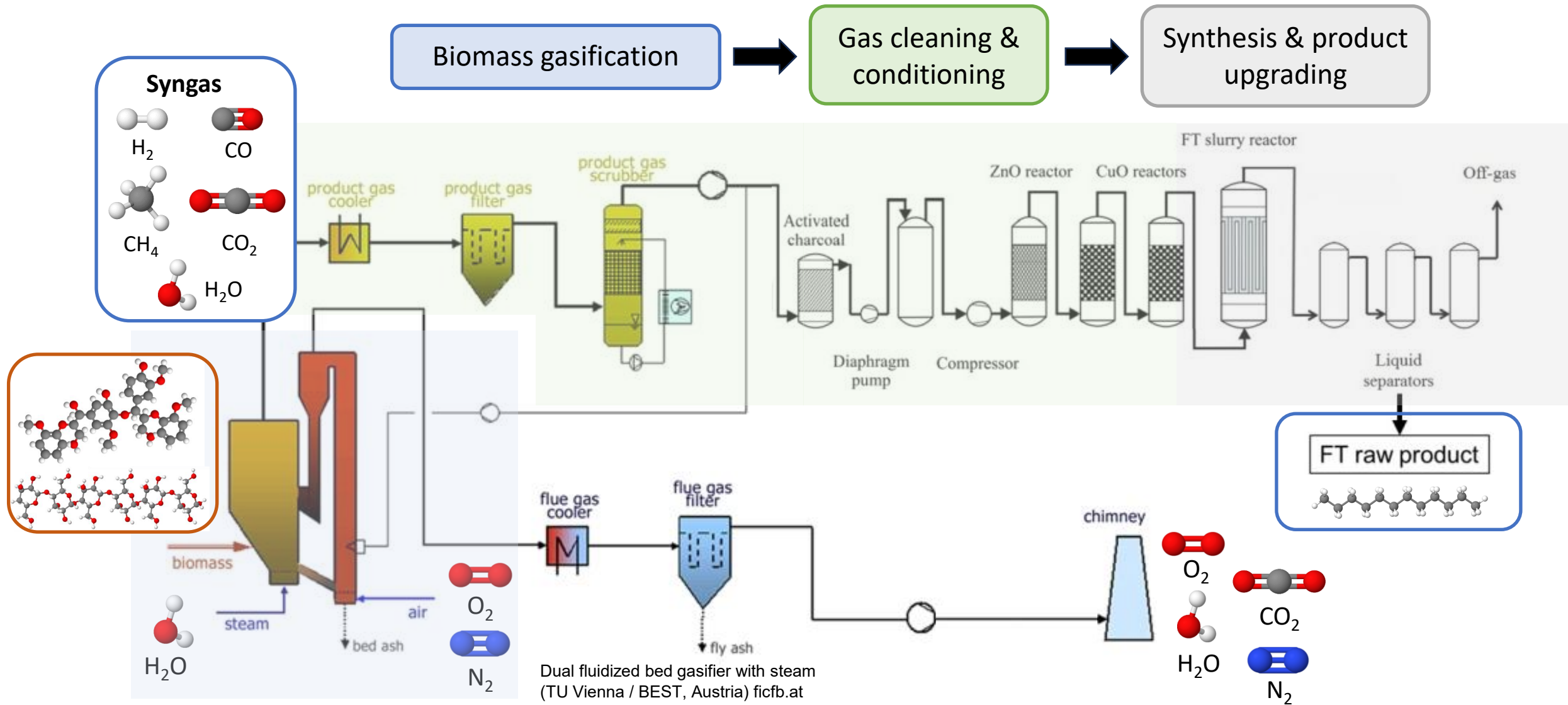


Gasificación de biomasa: sintetización de biocombustibles

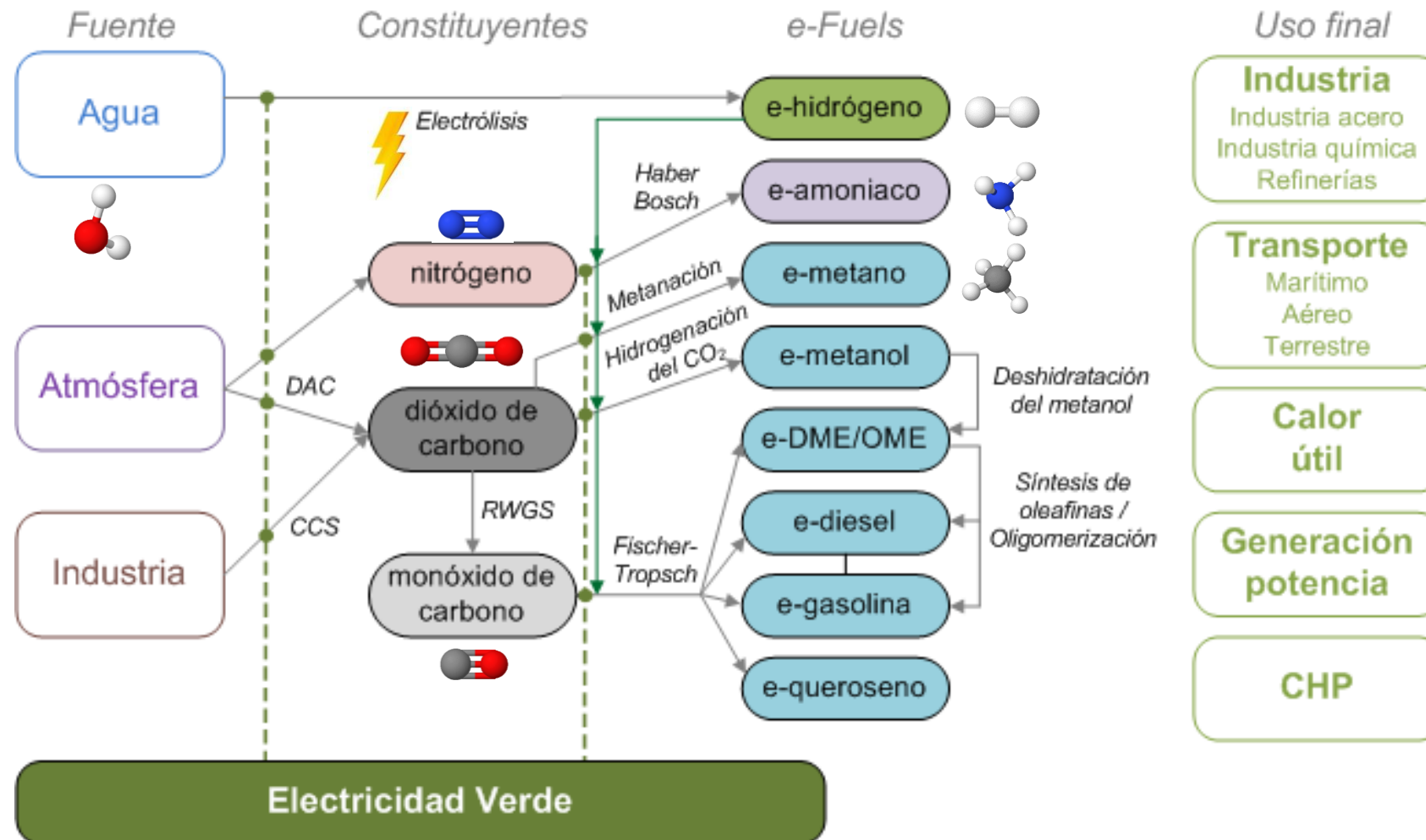


Síntesis	Ratio H_2/CO	Reacciones	Presión (bar)	Temperatura (°C)
Metanol (CH_3OH)	2.05 – 2.15	$\text{CO} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}$ $\text{CO}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$	50 - 100	250 - 380
Mezcla de alcoholes	1.5	$n\text{CO} + 2n\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH} + (n-1)\text{H}_2\text{O}$ $n\text{CO} + (2n+1)\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_n\text{H}_{2n+2} + n\text{H}_2\text{O}$	100	350
DME (CH_3OCH_3)	-	$2\text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{OCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ (via methanol)	5 - 15	250 - 300
Metanación (CH_4 , SNG)	3	$\text{CO} + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$	1 - 10	200 - 400
Fischer-Tropsch ($\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$; $n=10,20$)	2.15	$n\text{CO} + (2n+1)\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_n\text{H}_{2n+2} + n\text{H}_2\text{O}$ $n\text{CO} + 2n\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_n\text{H}_{2n} + n\text{H}_2\text{O}$	20 - 40	220 - 300

Planta de gasificación – Fischer Tropsch (F-T)

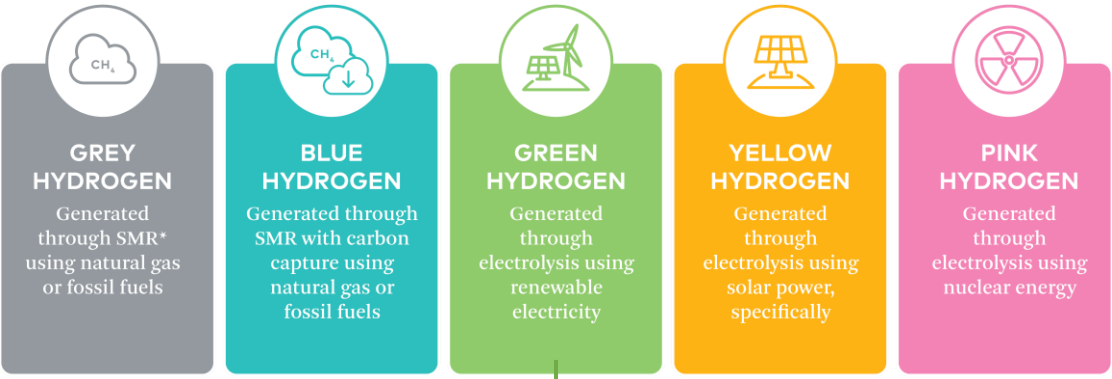


Combustibles sintéticos (e-fuels)

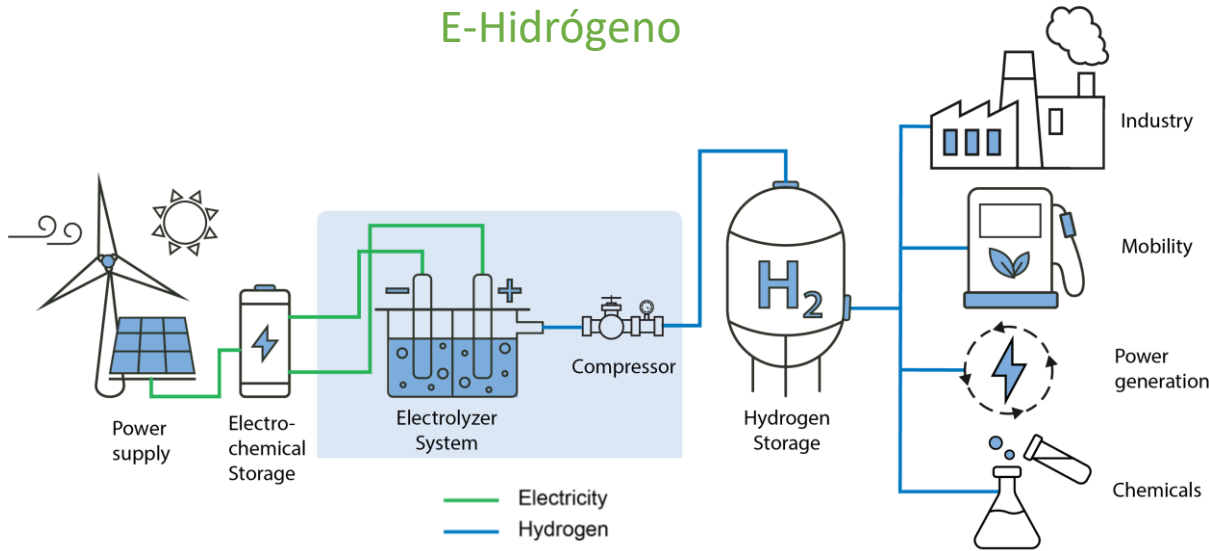


E-Hidrógeno

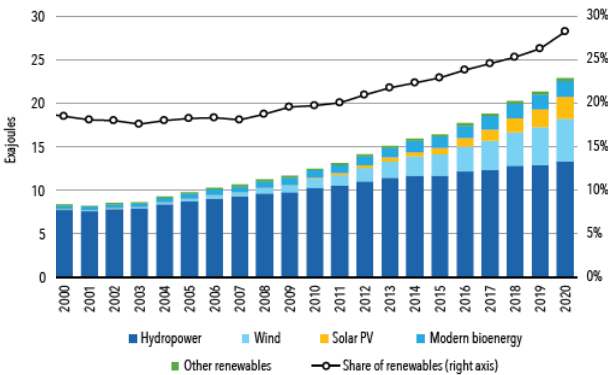
Tipos de hidrógeno



E-Hidrógeno



Mix eléctrico

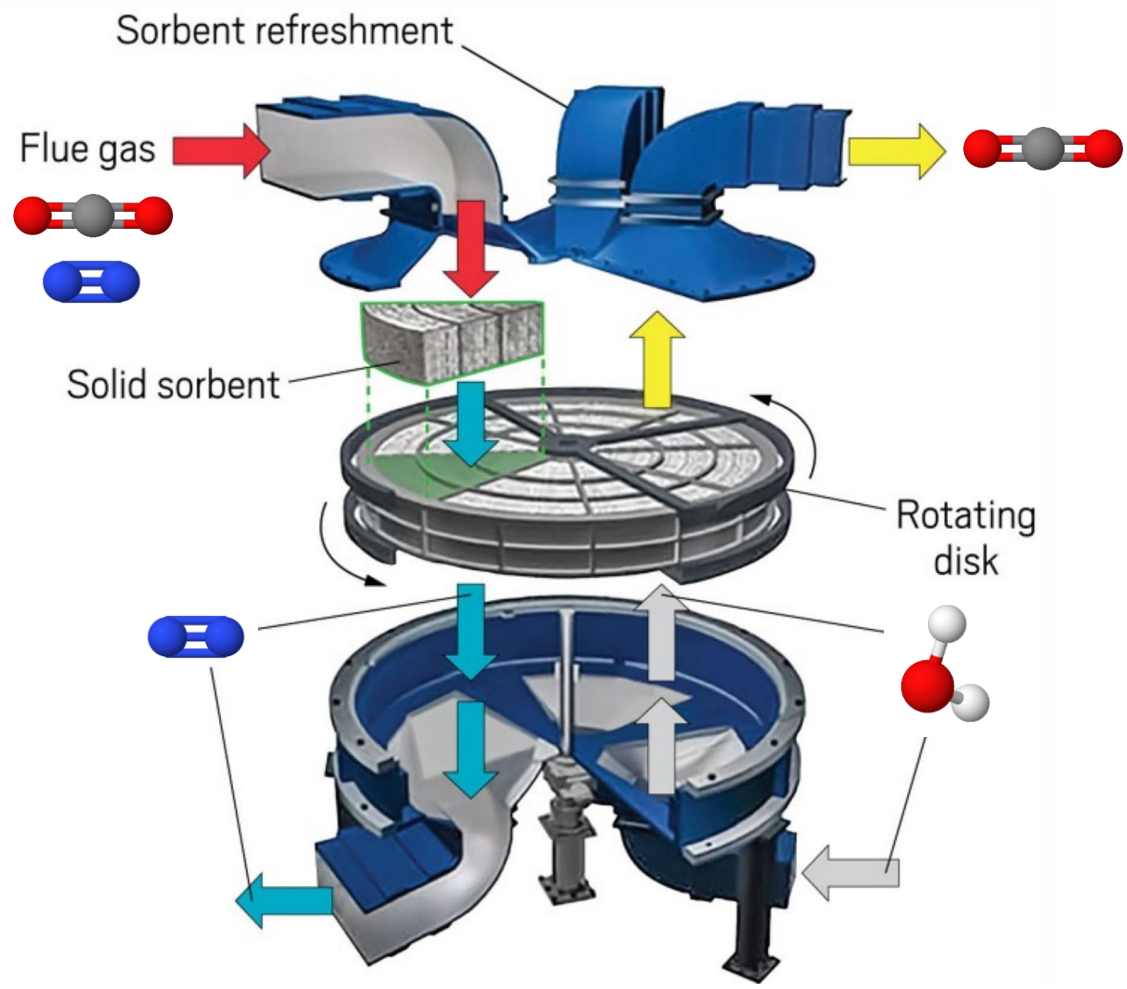


28 % Energía Renovable
(España:
43 % 2020,
56% 2024)

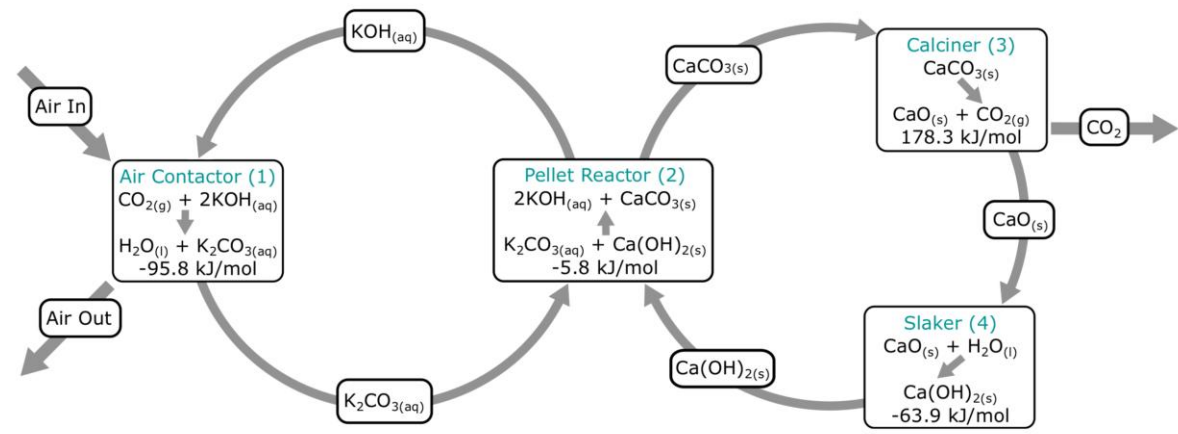
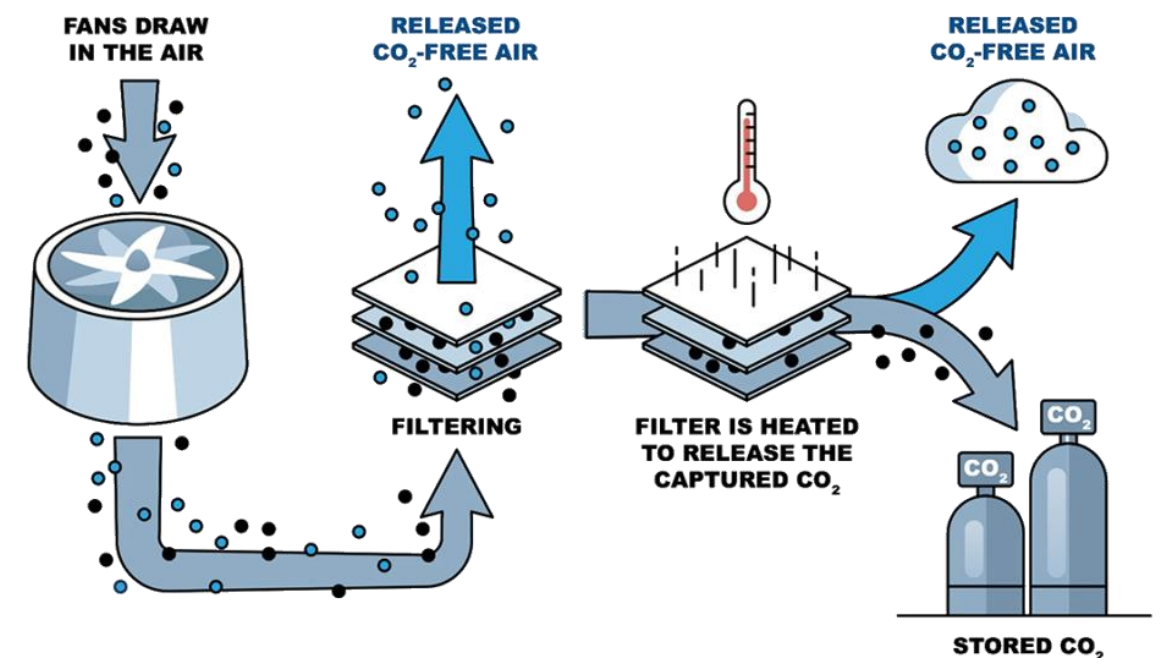
- Desventajas para uso final en transporte:
 - Difícil almacenaje
 - Problemas de seguridad
 - Nuevos sistemas de potencia:
Pilas de combustible, motores de H₂
- El e-hidrógeno es la base del resto de combustibles sintéticos

Fuentes de CO₂

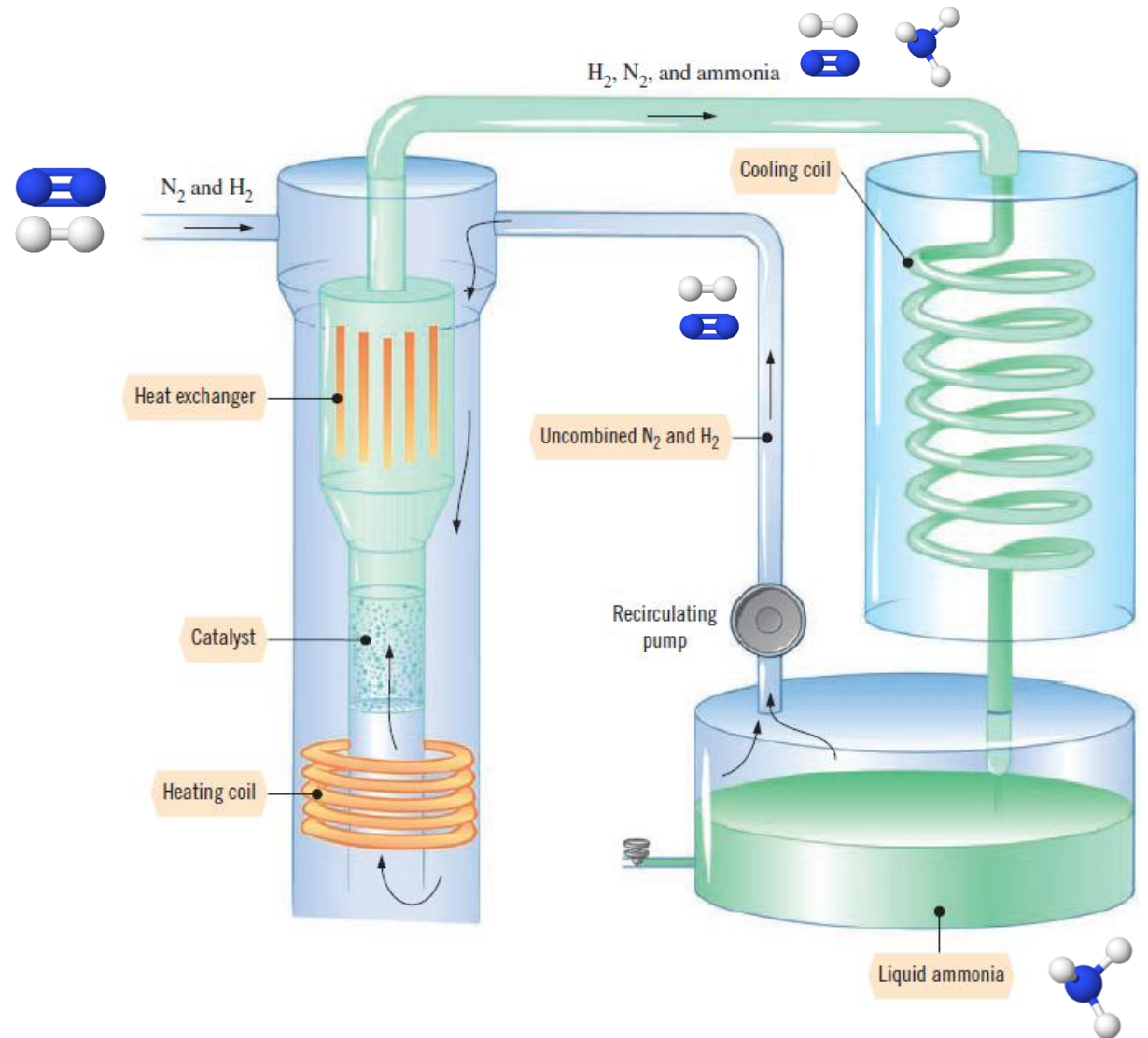
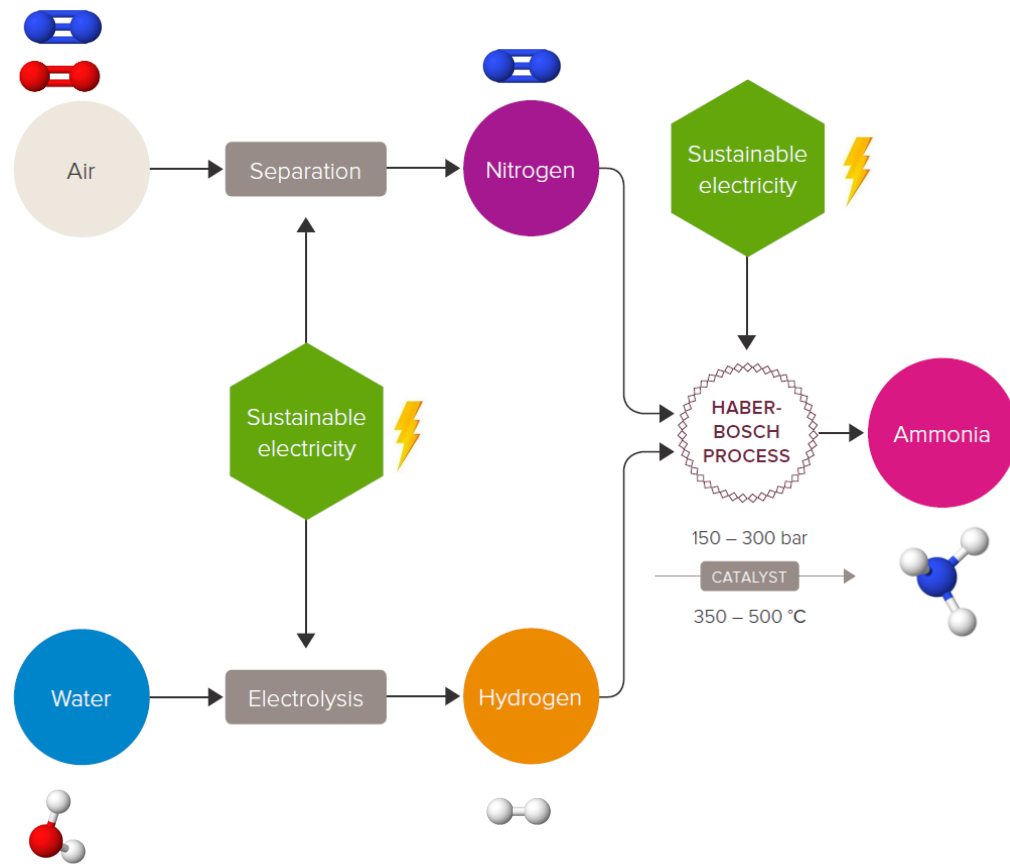
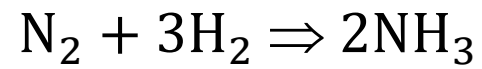
Captura de la industria:

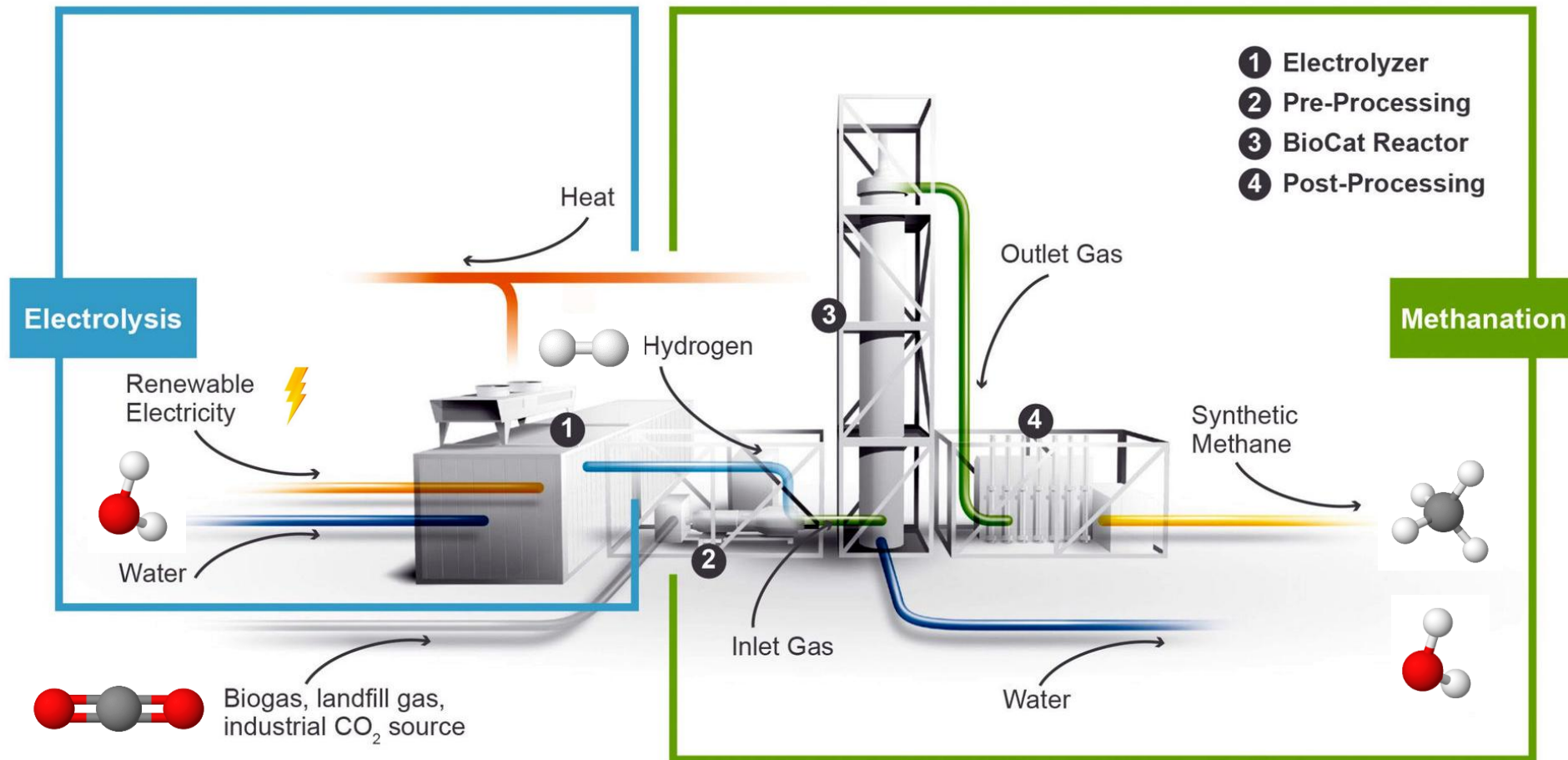
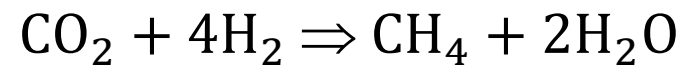


Captura directa del aire (DAC):

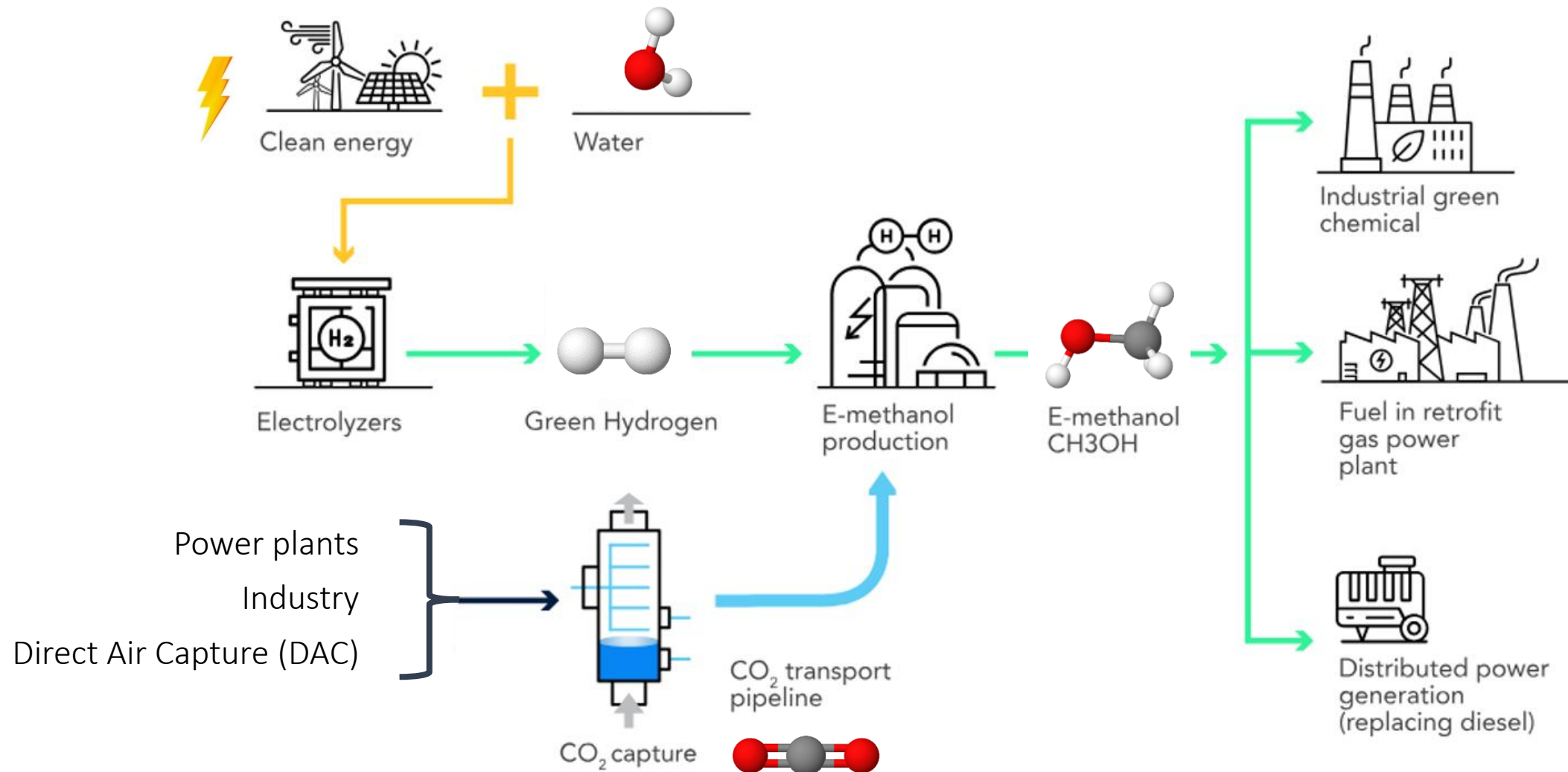


E-Amoniaco (NH₃): Haber-Bosch

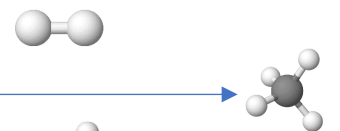
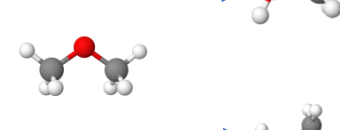
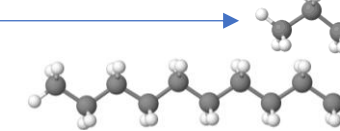


E-Metano (CH_4)

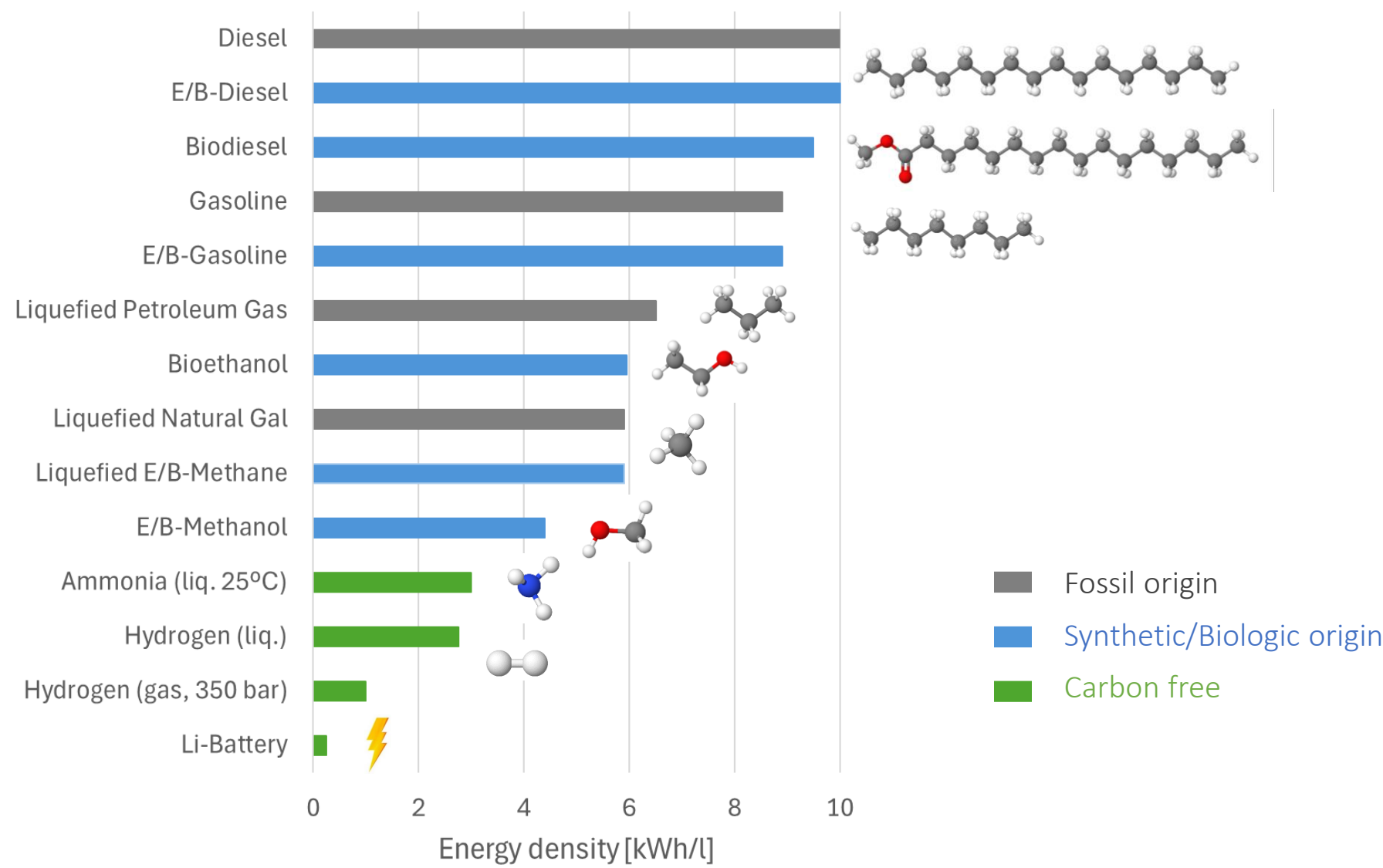
E-Metanol (CH_3OH)



Características de uso de los diferentes combustibles

		Almacenamiento	Desarrollo sist. potencia	Infraestructura adicional	Reducción emisiones		
Gases	Combustibles Fósiles		Fácil	No	No	Baja	
	Electricidad		Difícil	No	Sí	Alta	
	Comb. Sintéticos / Biocomb.	e/b-hidrógeno	Difícil	Sí	Sí	Alta	
		e/b -metano	Medio	Sí	No	Alta	
		e/b -amoniaco	Fácil	Sí	Sí	Alta	
e/b -metanol		Fácil	Sí	No	Alta		
Líquidos	e/b-DME		Fácil	Sí	Sí	Alta	
	e/b-gasolina		Fácil	No	No	Alta	
	e/b-diésel		Fácil	No	No	Alta	
	e/b -queroseno		Fácil	No	No	Alta	

Densidad energética de diferentes combustibles

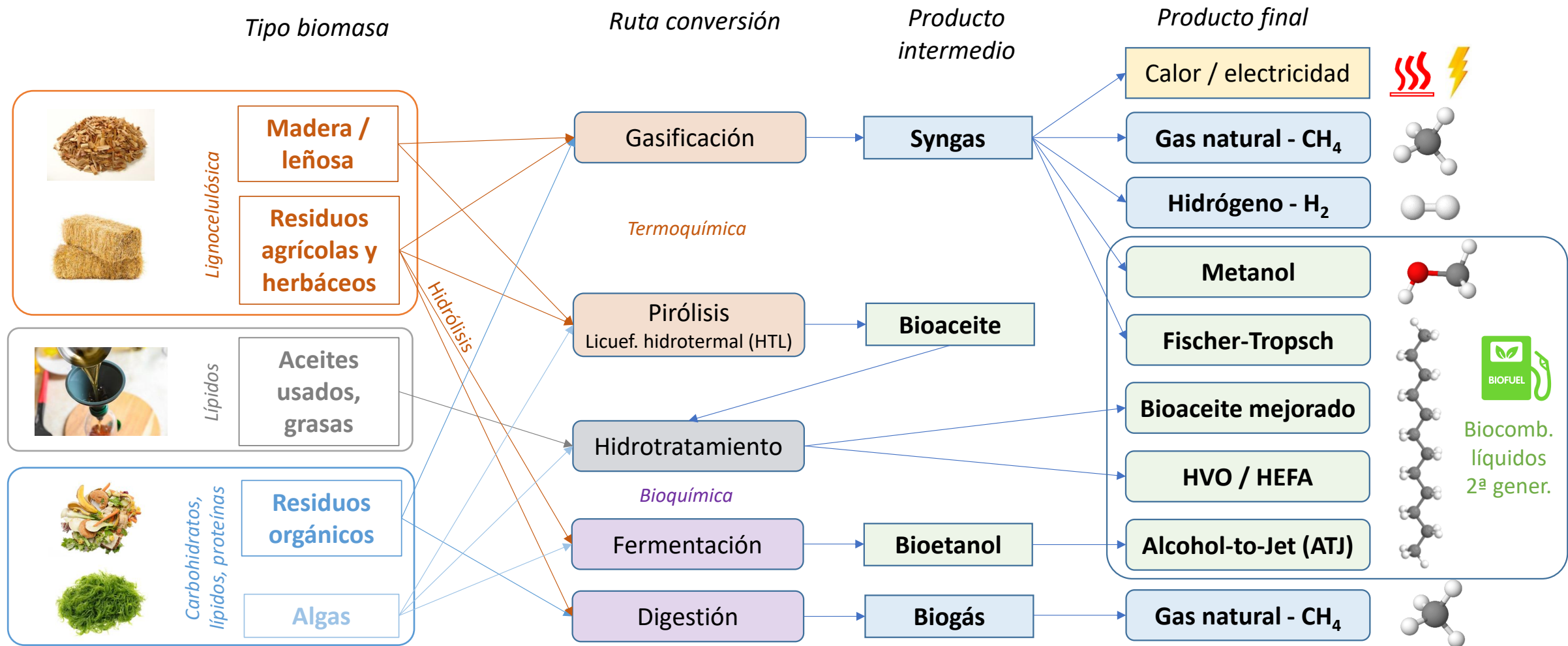


Características de uso de los diferentes combustibles

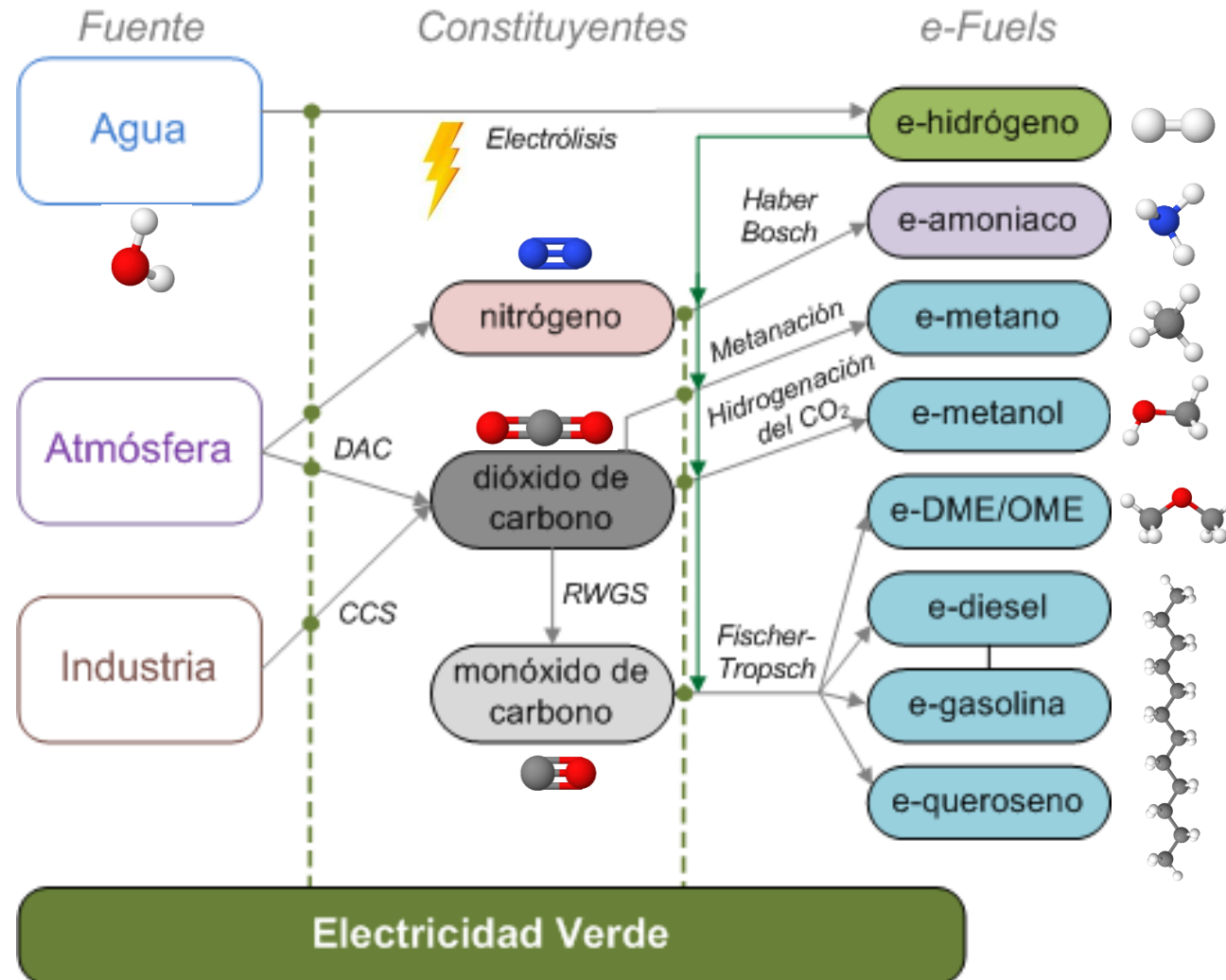
		Usos en el transporte				Almacenamiento	Desarrollo sist. potencia	Infraestructura adicional	Reducción emisiones
		Proximidad	Larga dist.	Marítimo	Aéreo				
Combustibles Fósiles		X	X	X	X	Fácil	No	No	Baja
Electricidad		XX	X			Difícil	No	Sí	Alta
Comb. Sintéticos / Biocomb.	e/b-hidrógeno	XX	XX	X	X	Difícil	Sí	Sí	Alta
	e/b -metano	X	XX	XX		Medio	Sí	No	Alta
	e/b -amoníaco	X	X	XX		Fácil	Sí	Sí	Alta
	e/b -metanol	XX	X	XX		Fácil	Sí	No	Alta
	e/b-DME	X	XX	XX		Fácil	Sí	Sí	Alta
	e/b-gasolina	XX	X			Fácil	No	No	Alta
	e/b-diésel	X	XX	XX		Fácil	No	No	Alta
	e/b -queroseno				XX	Fácil	No	No	Alta



Conclusiones: Biocombustibles



Conclusiones: Combustibles sintéticos (e-fuels)



¡MUCHAS GRACIAS!