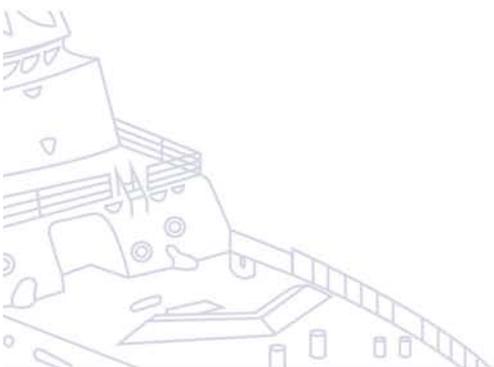
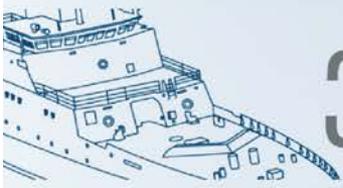


FUENTES DE ENERGÍA PARA LA GENERACIÓN DE POTENCIA EN BUQUES MILITARES

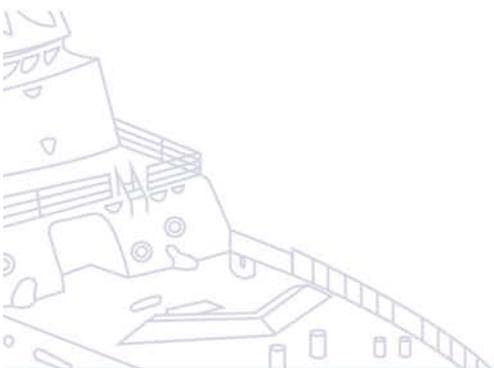
CAPITÁN DE CORBETA JOSÉ DAVID PEROZA DAZA

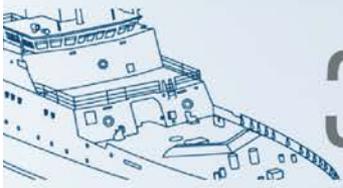




INTRODUCCIÓN

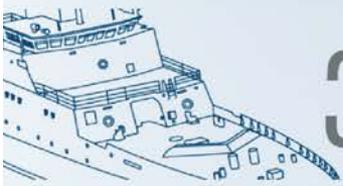
1. Nuevas disposiciones ambientales, económicas, tecnológicas y sociales.
2. El sector marítimo no es ajeno a esta preocupación.
3. Implementación de nueva tecnología en los sistemas de generación de potencia en los buques.
4. Cambios en el concepto de diseño, capacidades, necesidades en los buques y la industrial asociada.





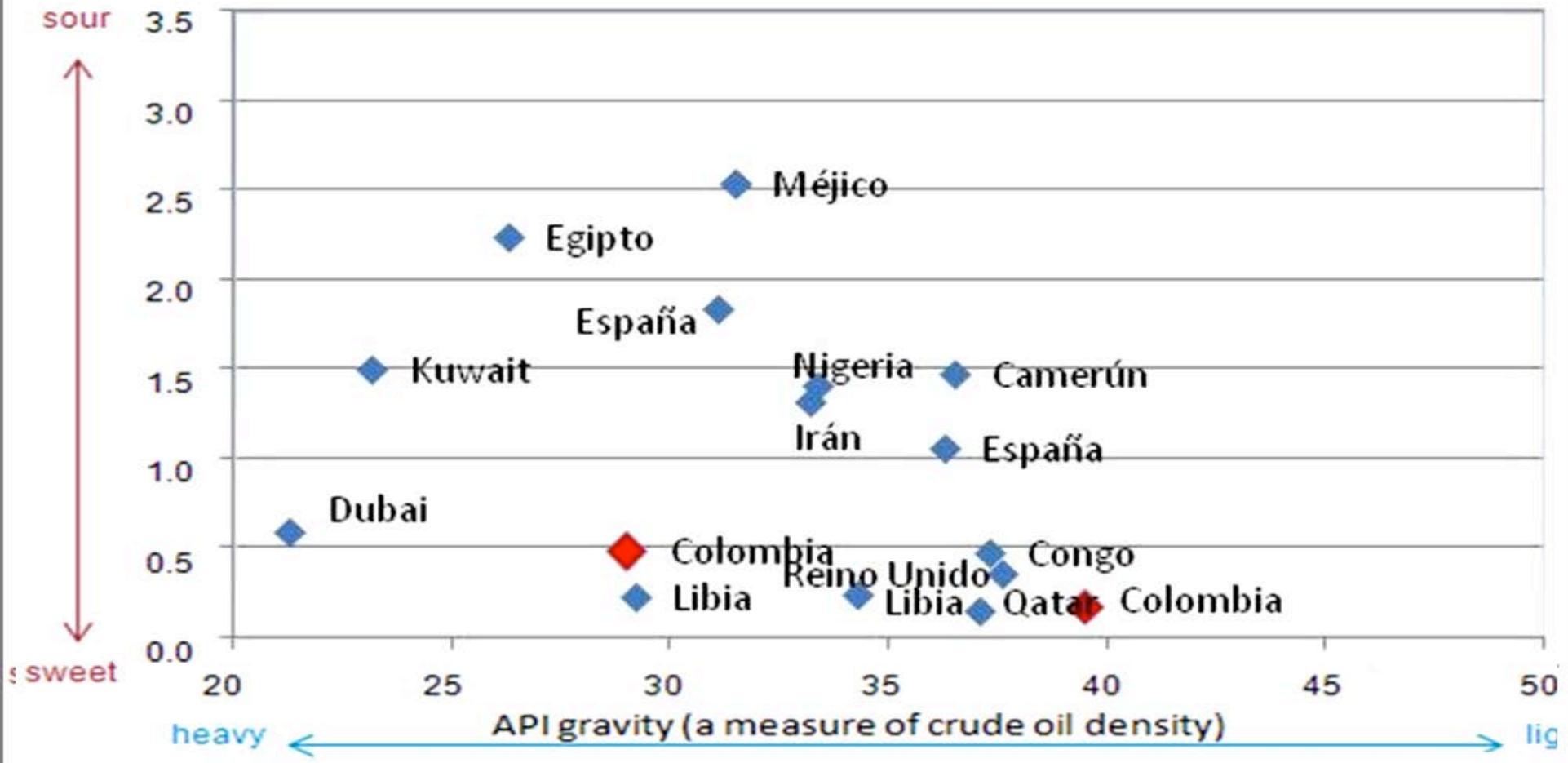
PETRÓLEO

1. Los derivados del petróleo son las sustancias más utilizadas como fuente de energía para los motores de combustión interna.
2. La OMI restringe a partir del 2020 a un máximo de 0,5% de azufre en los combustibles marinos.
3. El sector marítimo enfrenta la obligación de buscar combustibles derivados del petróleo o alternativas a este que ayuden a preservar el medio ambiente :
 - a. Crudo de no más del 0,5% de azufre para que el combustible producido cumpla con los parámetros.
 - b. Mezclar el combustible con alto contenido de azufre con biocombustibles de origen orgánico.



Density and sulfur content of selected crude oils

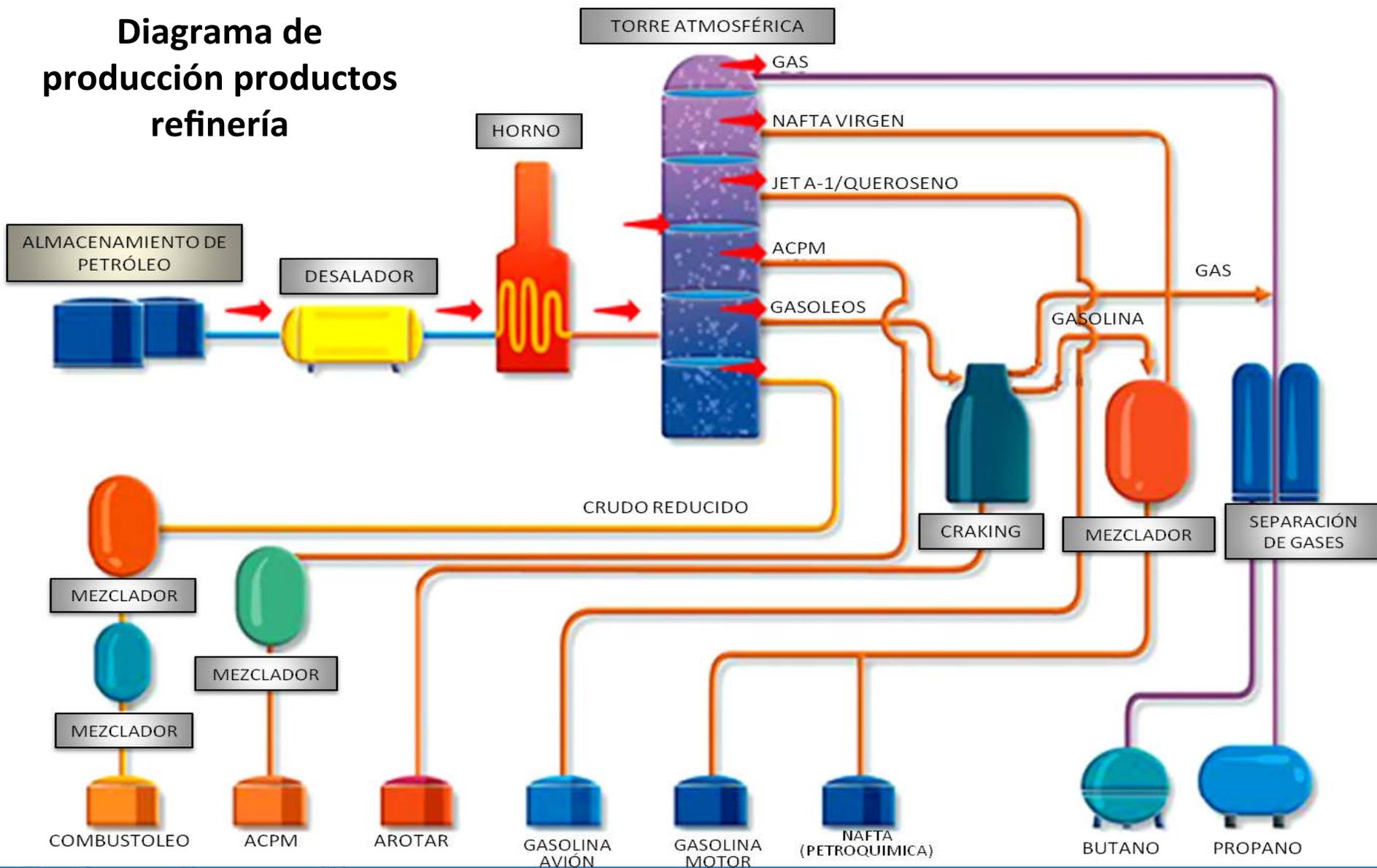
sulfur content (percentage)

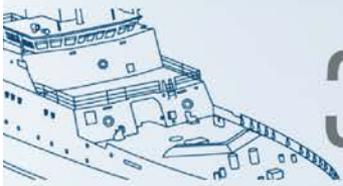


Fuente: U.S Energy Information Administration. Modificada por el autor

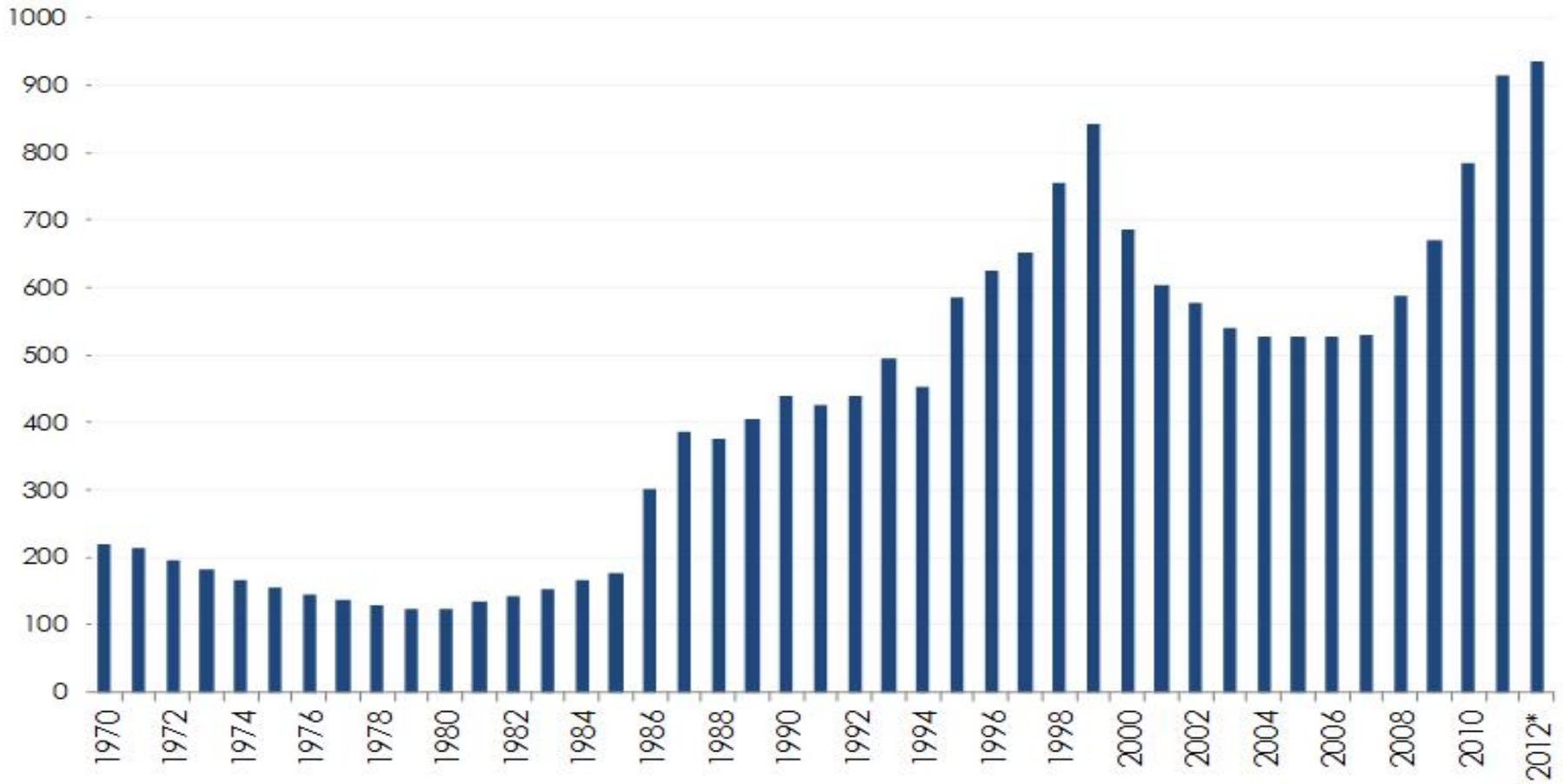


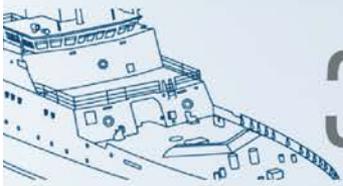
Diagrama de producción productos refinería



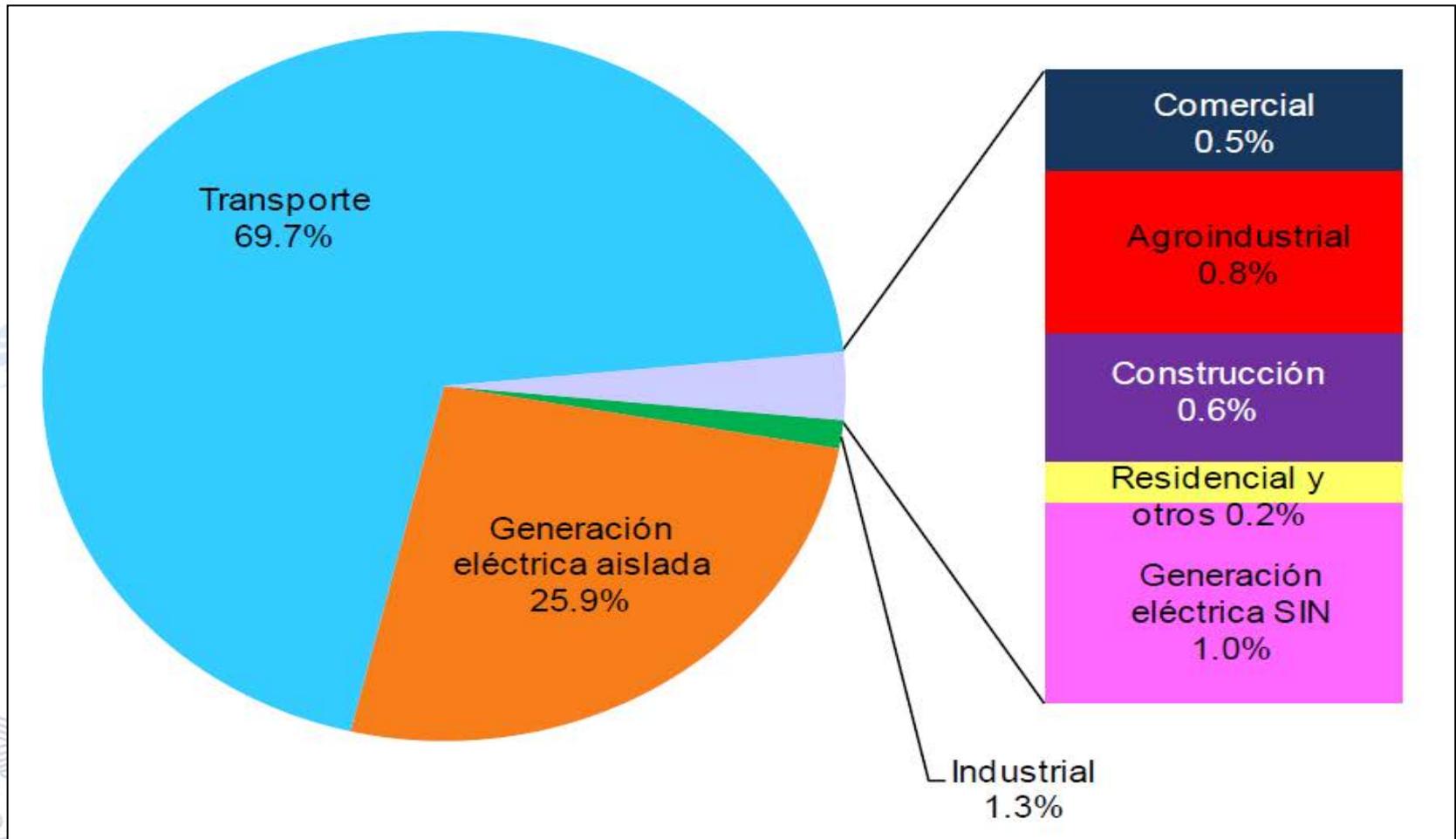


Producción histórica anual promedio en Colombia miles de barriles día calendario (día natural)

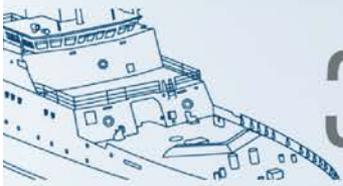




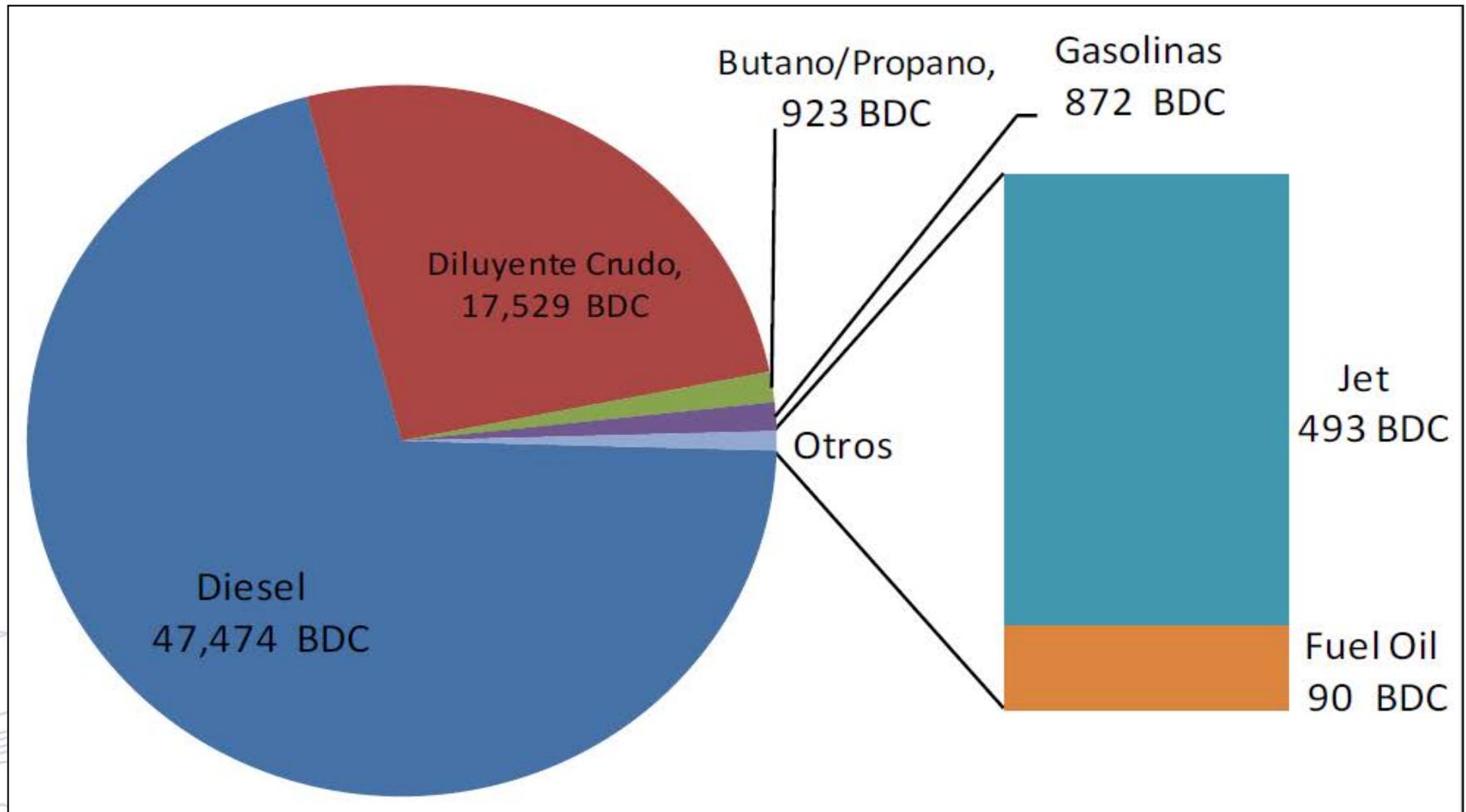
Consumo porcentual de ACPM por sectores industriales



Fuente: Ecopetrol, MHCP y UPME 2011



Importaciones de derivados del petróleo





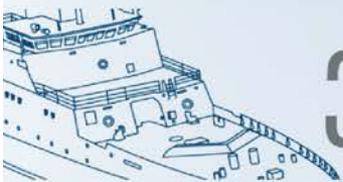
Combustibles marinos

Destilados: Es el denominado MGO (*Marine Gas Oil*) o Diesel Marino. Utilizado en la Armada en motores diesel diseñados para ofrecer altos desempeños de rendimiento y potencia.

Residuales: Conocidos como IFO (*Intermediate Fuel Oil*). Utilizados por armadores que buscan mayor economía de operación de la maquinaria principal.

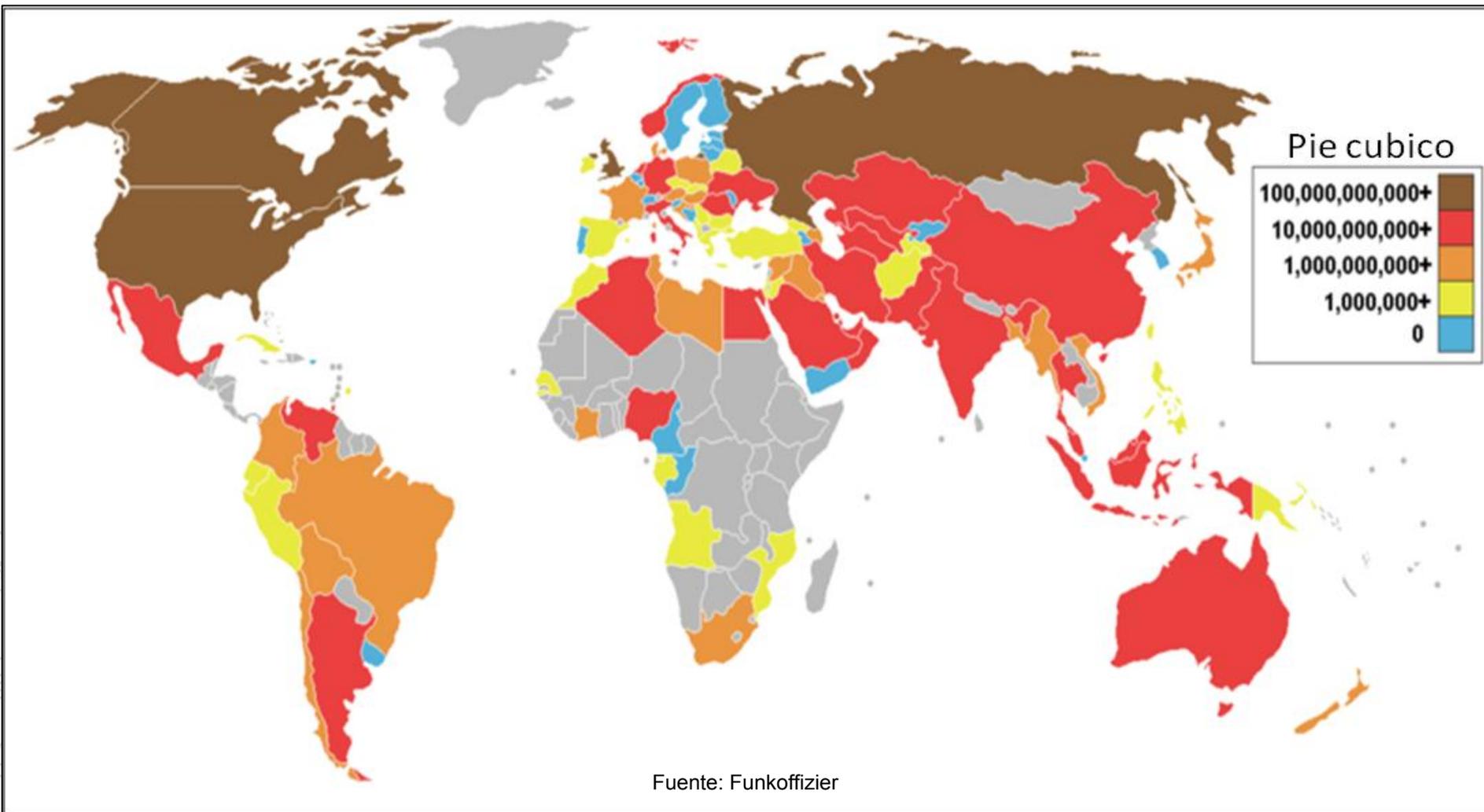
Características Diesel Marino en Colombia

Producto : Diesel marino				
Grado	Aceite combustible para motores			
Referencia	Resolución 80195 de 1999/ ISO8217			
Actualización	12 de Abril de 2011			
Características	Unidades	Métodos	Mínimo	Máximo
Azufre	g/100 g	ASTM D 2622		1,50
Cenizas	g/100 g	ASTM D 482		0,01
Densidad a 15 °C	kg/m ³	ASTM D 287		890
Índice de Cetano		ASTM D 976	40	
Número de Cetano		ASTM D 613	40	
Punto de Inflamación	°C	ASTM D-93	60	
Residuos de carbón, Micro (10 % fondo)	g/100 g	ASTM D4530		0,2
Viscosidad a 40 °C	mm ² /s	ASTM D445	1,5	6,0

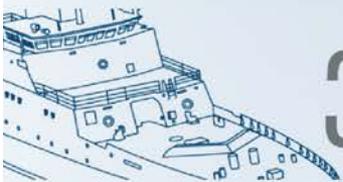


GAS NATURAL

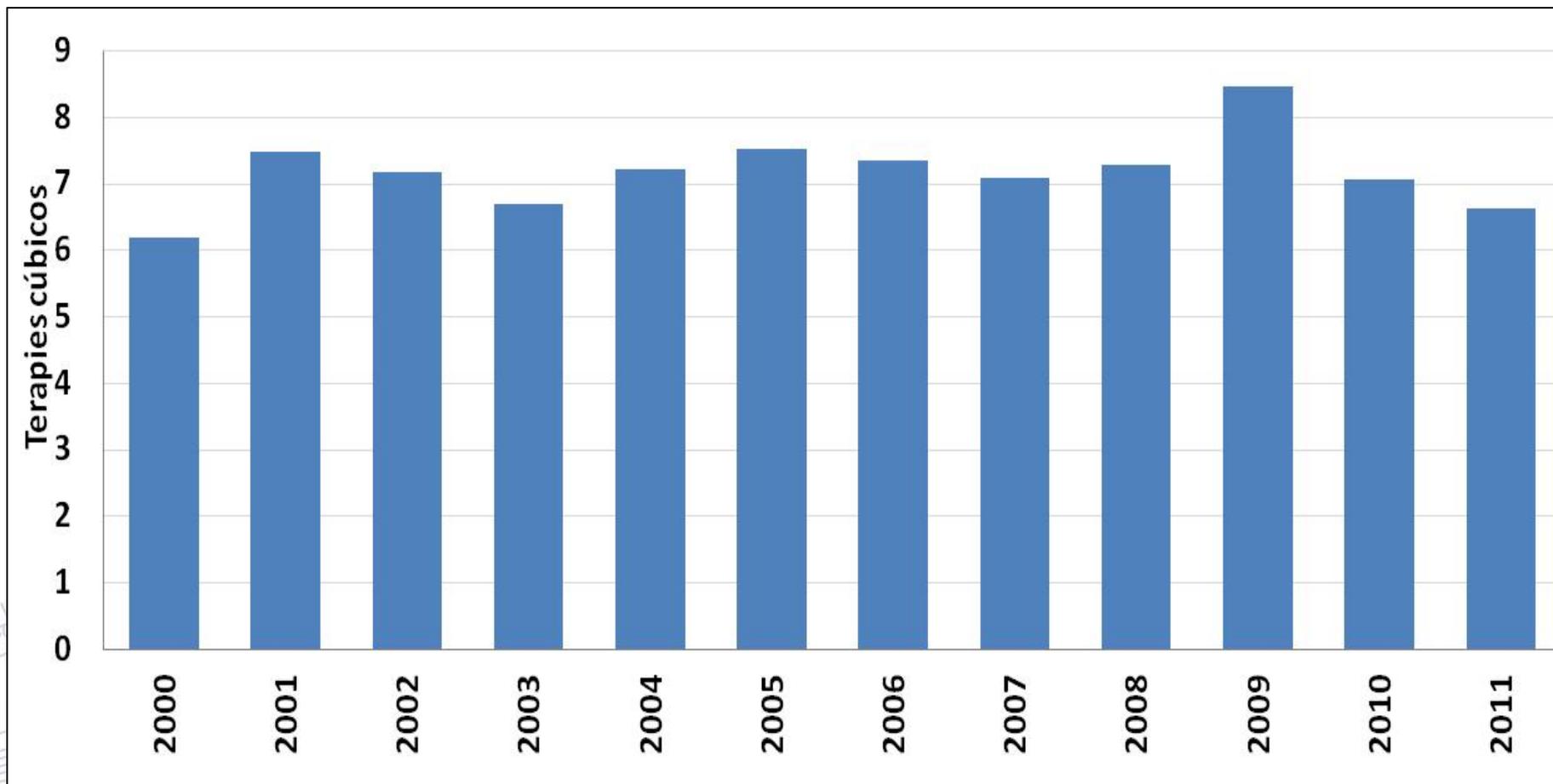
Reservas mundiales de gas natural



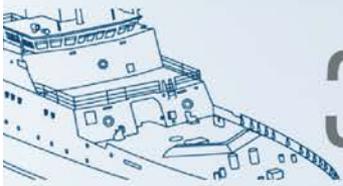
Fuente: Funkoffizier



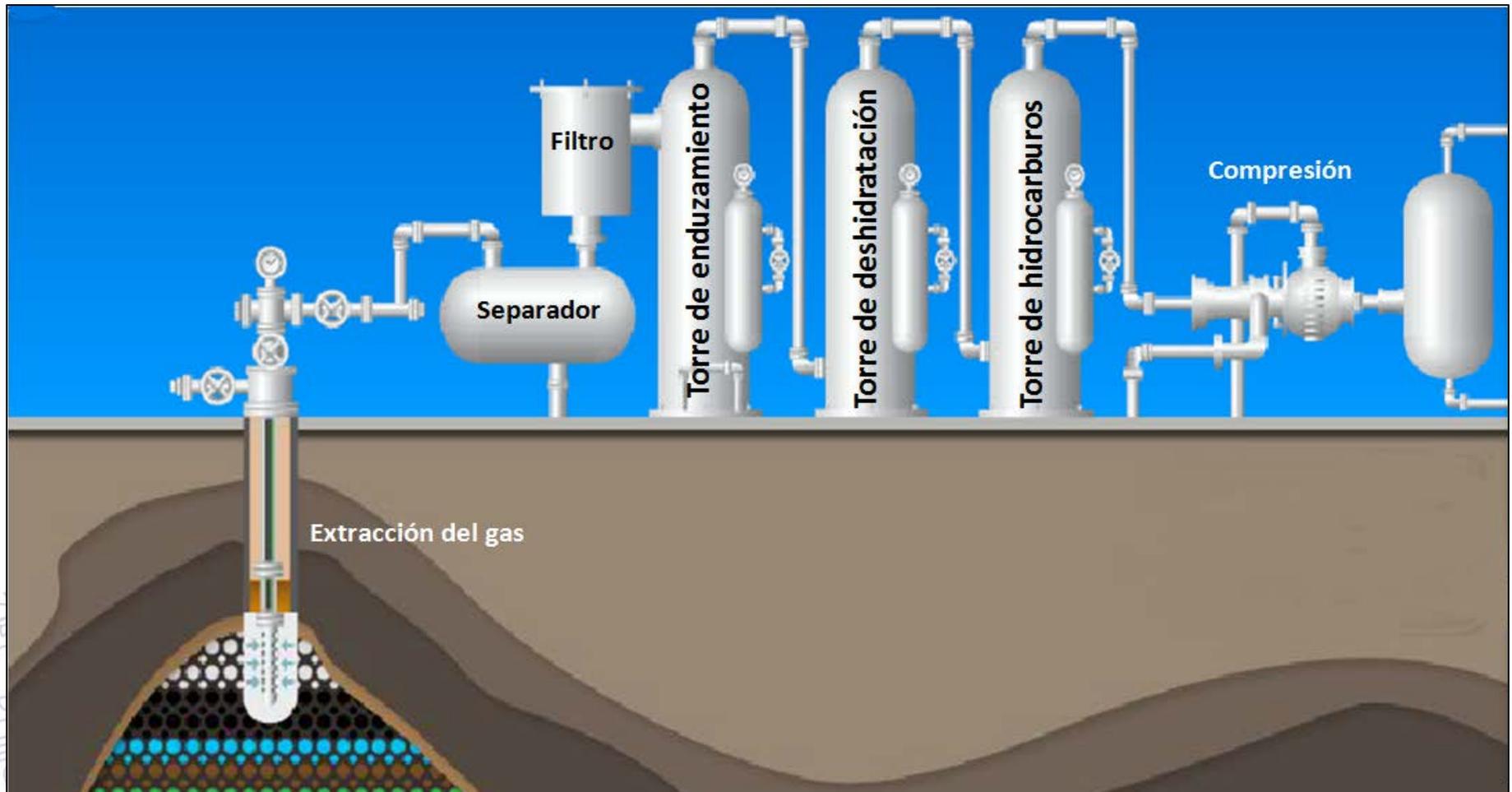
Reservas probadas de gas natural en Colombia



Fuente: Ecopetrol - Agencia Nacional de Hidrocarburos



Proceso de "upstream" Gas Natural



Fuente: Ecopetrol

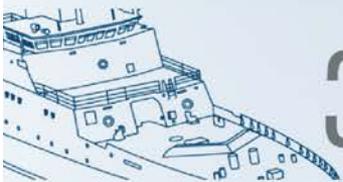
Gaseoductos en Colombia



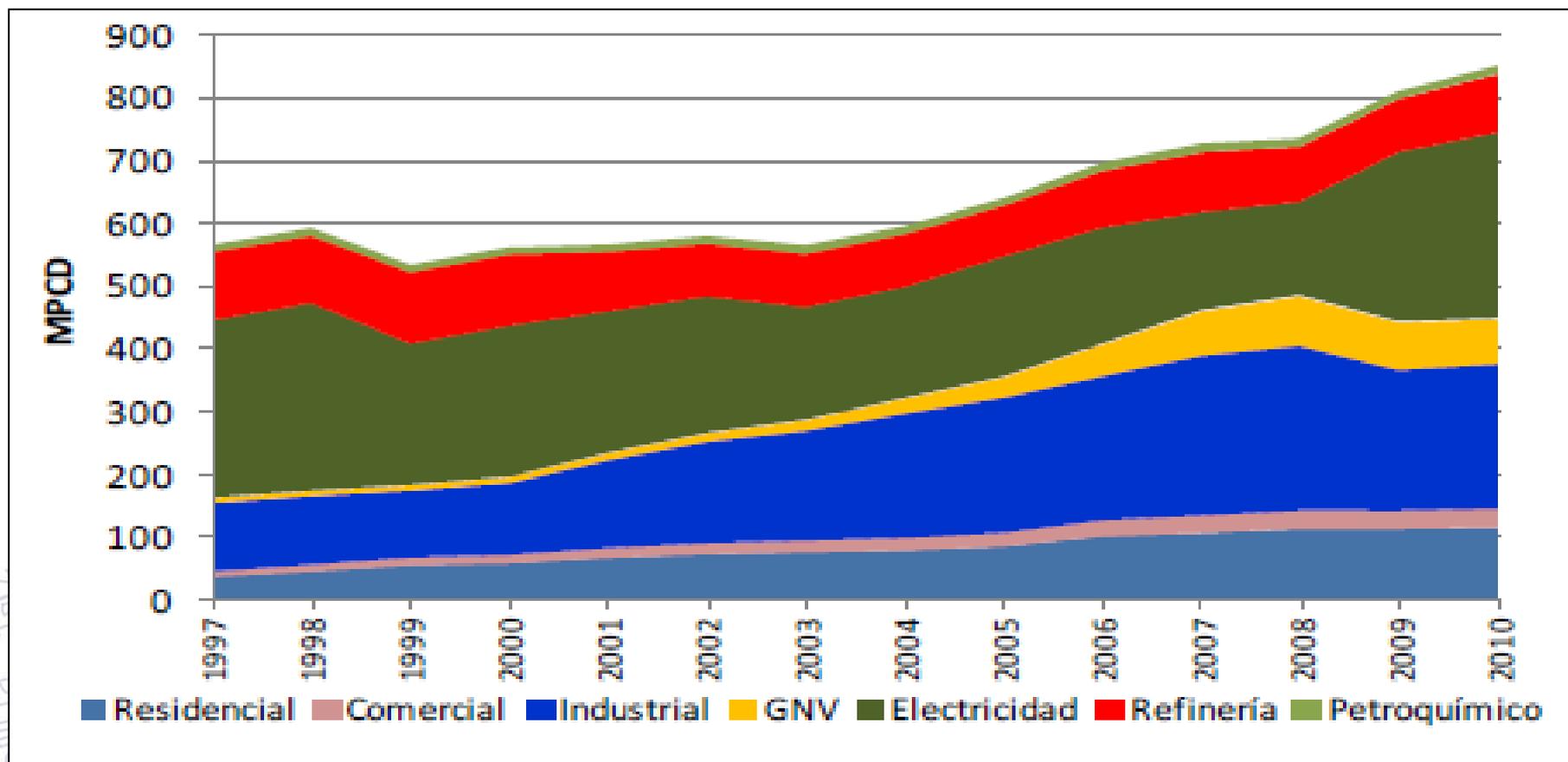
-  Control de presión
-  Bombeo
-  Almacenamiento
-  Descargadero
-  Campo
-  Puerto
-  Refinería
-  Monoboia

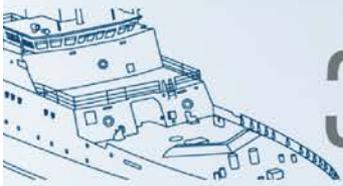
-  Oleoducto OcenSA
-  Oleoducto de Colombia (ODC)
-  Oleoducto de los Llanos (ODL)
-  Oleoducto Santiago - El Porvenir
-  Oleoducto Aplay - El Porvenir
-  Oleoducto Alto Magdalena (OAM)
- Oleoducto Arguaney - El Porvenir

-  Oleoducto Caño Limón Coveñas
-  Combustoleoducto Barranca - Ayacucho - Coveñas
-  Oleoducto Vasconia - Barranca
-  Oleoducto Vasconia - V26 - Barranca
-  Oleoducto Ayacucho - Barrancabermeja
- Oleoducto Coveñas - Cartagena

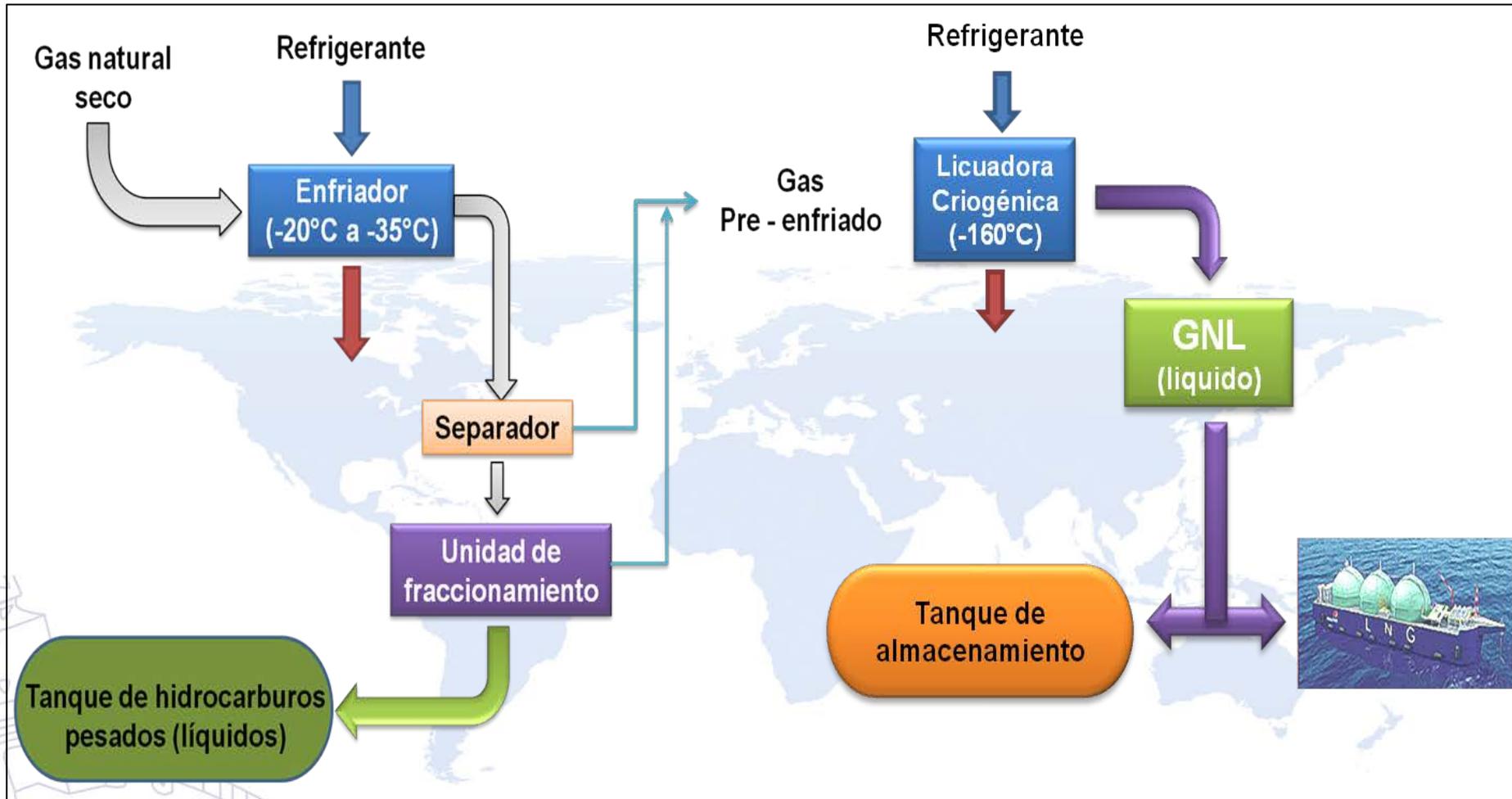


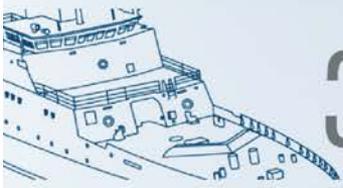
Evolución del consumo de gas natural en Colombia





Proceso licuado gas natural





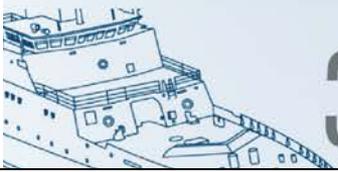
BIOCOMBUSTIBLES

- 1. Biocombustibles de primera generación:** las materias primas son ricas en azúcares, almidones o aceites vegetales, que provienen de semillas, granos, tallos de plantas tales como maíz, caña de azúcar, remolacha, trigo, semillas de soja, girasol, aceite de palma, etc.
- 2. Biocombustibles de segunda generación:** estos se obtienen a partir de materias primas no alimenticias que incluyen biomasa de desecho, rastrojo de maíz, tallos de trigo, madera, plantas celulósicas y residuos orgánicos.
- 3. Biocombustibles de tercera generación:** se produce a través de cultivos de algas, las cuales se dividen en dos grupos: macroalgas y microalgas.

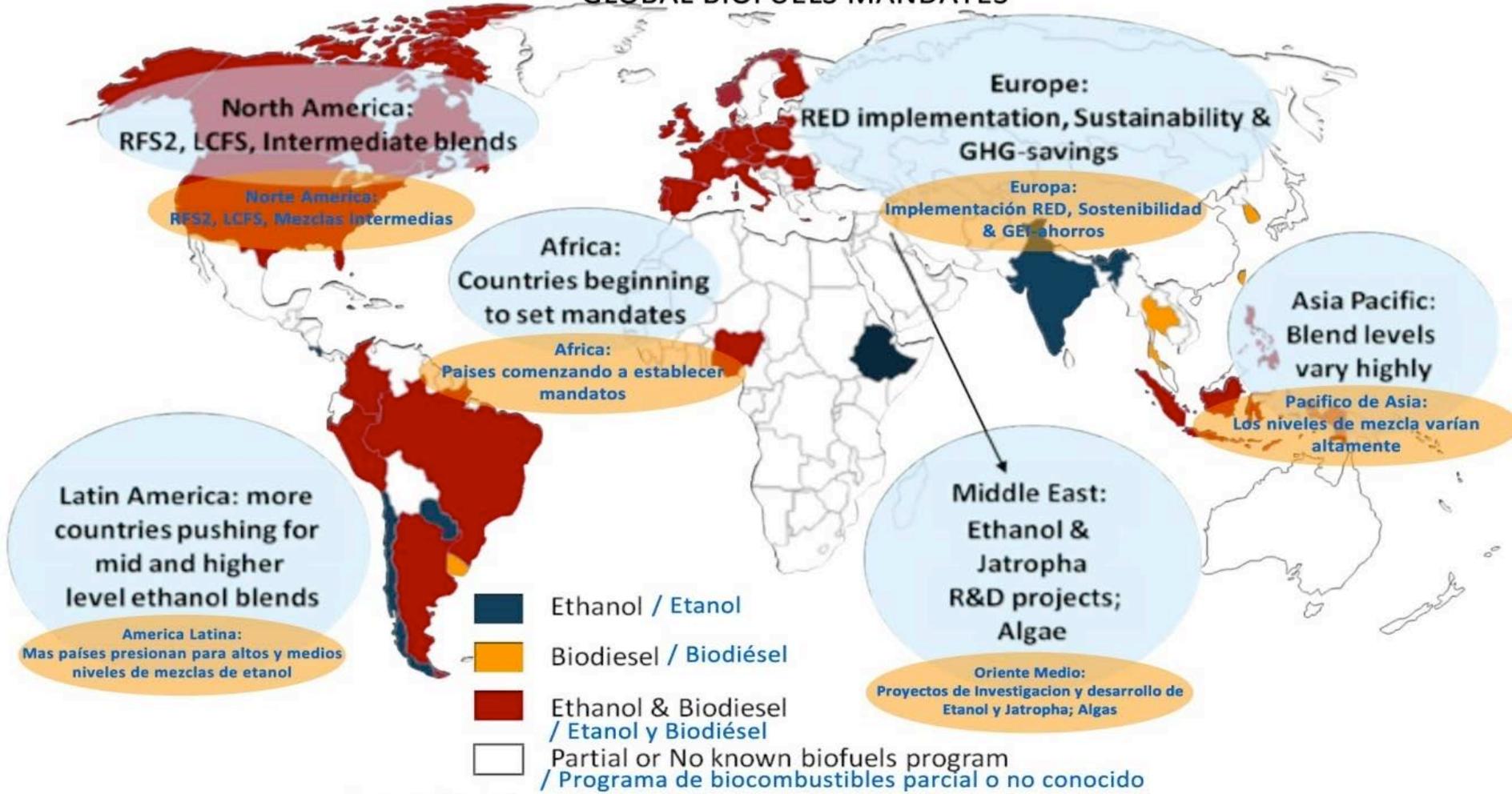


<i>Biocombustible</i>	<i>Tecnología básica</i>	<i>Materia prima principal</i>	<i>Coproductos</i>
1. Biocombustibles de primera generación			
Bioetanol	<ul style="list-style-type: none"> • Fermentación (azúcar) • Hidrolisis y fermentación (almidón) 	EE.UU.: maíz Suramérica: caña de azúcar Europa: cereales, remolacha azucarera Canadá: maíz, cereales	Alimentos para animales. Bagazo de caña para la producción de energía asociada al proceso productor
Biodiesel	Transesterificación de aceites vegetales.	EE.UU.: soja, girasol Suramérica: soja, yuca, aceite de palma Europa: colza, girasol Canadá: soja, colza	Glicerina
2. Biocombustibles de segunda generación.			
Bioetanol	Separación de biomasa celulósica en varias etapas, hidrolisis y fermentación final	<ul style="list-style-type: none"> • Biomasa ligno celulósica (tallos de trigo, rastrojo de maíz, otros) • Cultivos o biomasa especiales • Bagazo de caña de azúcar 	
Biodiesel y biocombustible de diseño como biohidrógeno, biometanos, otros	Gasificación de biomasa de baja humedad de la que se derivan combustibles líquidos y químicos básicos	• Biomasa ligno celulósica tales como madera, paja y materias primas secundarias como desechos de plástico	Realizando otros procesos se puede obtener keroseno y gasolina Productos para la industria química
3. Biocombustibles de tercera generación			
Biodiesel, combustible para aviación, bioetanol, biobutanol	Biorreactores para etanol, transesterificación para biodiesel, otras técnicas en desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> • Micro algas marinas • Macro algas de estanque • Biorreactores 	Alimentos para animales de alta proteína, biopolímeros, fertilizantes agrícolas

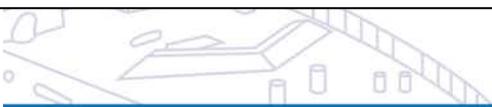
Fuente: United Nations Environment Programme (UNEP)

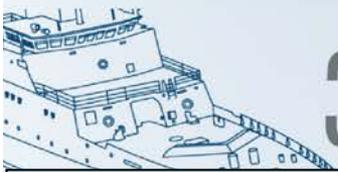


GLOBAL BIOFUELS MANDATES



Source: Hart Energy's *Global Biofuels Outlook to 2025*, September 2012

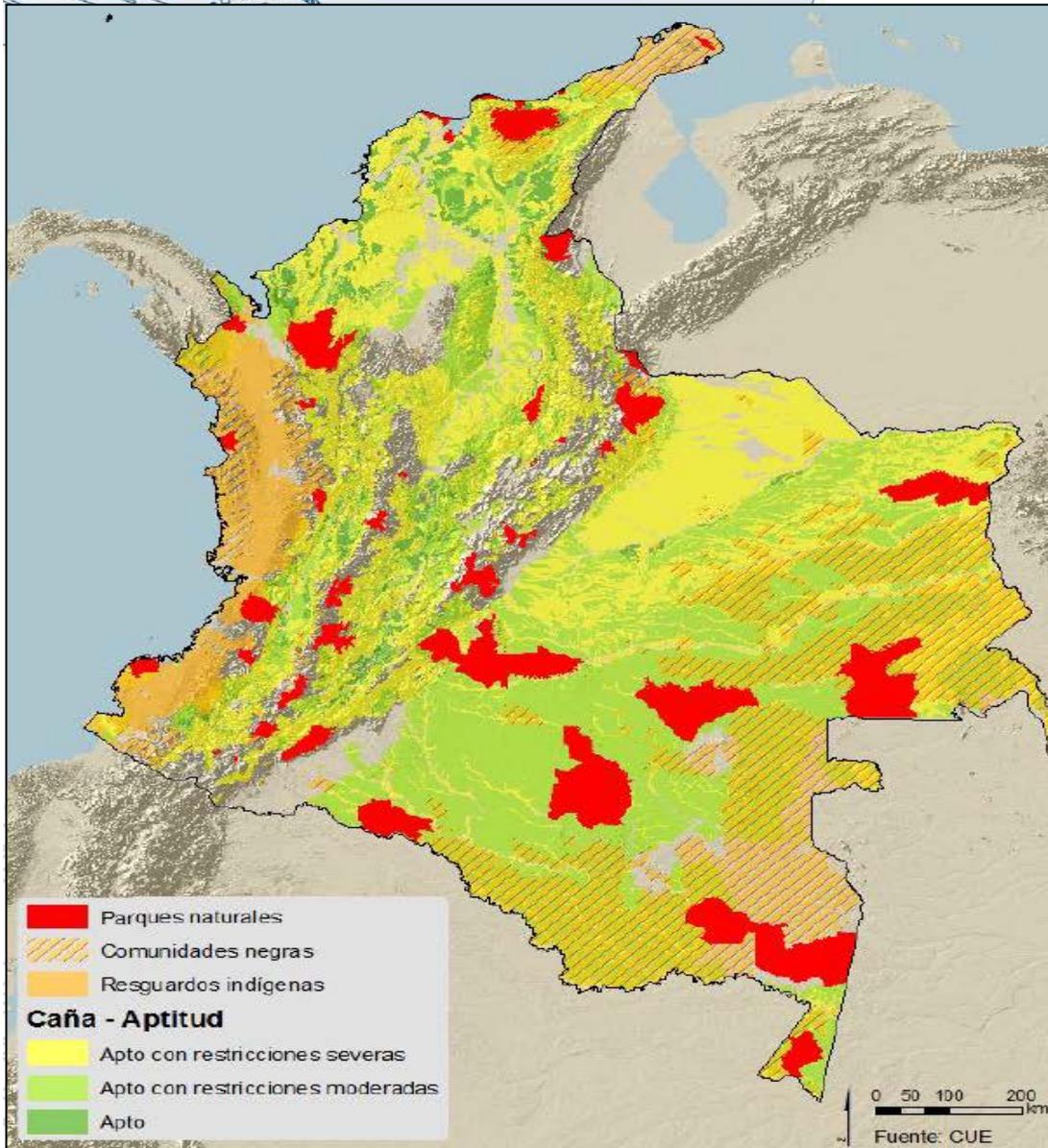


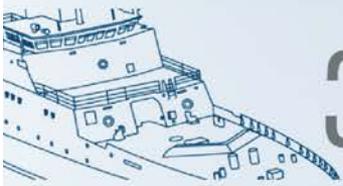


Biocombustibles de primera generación en Colombia

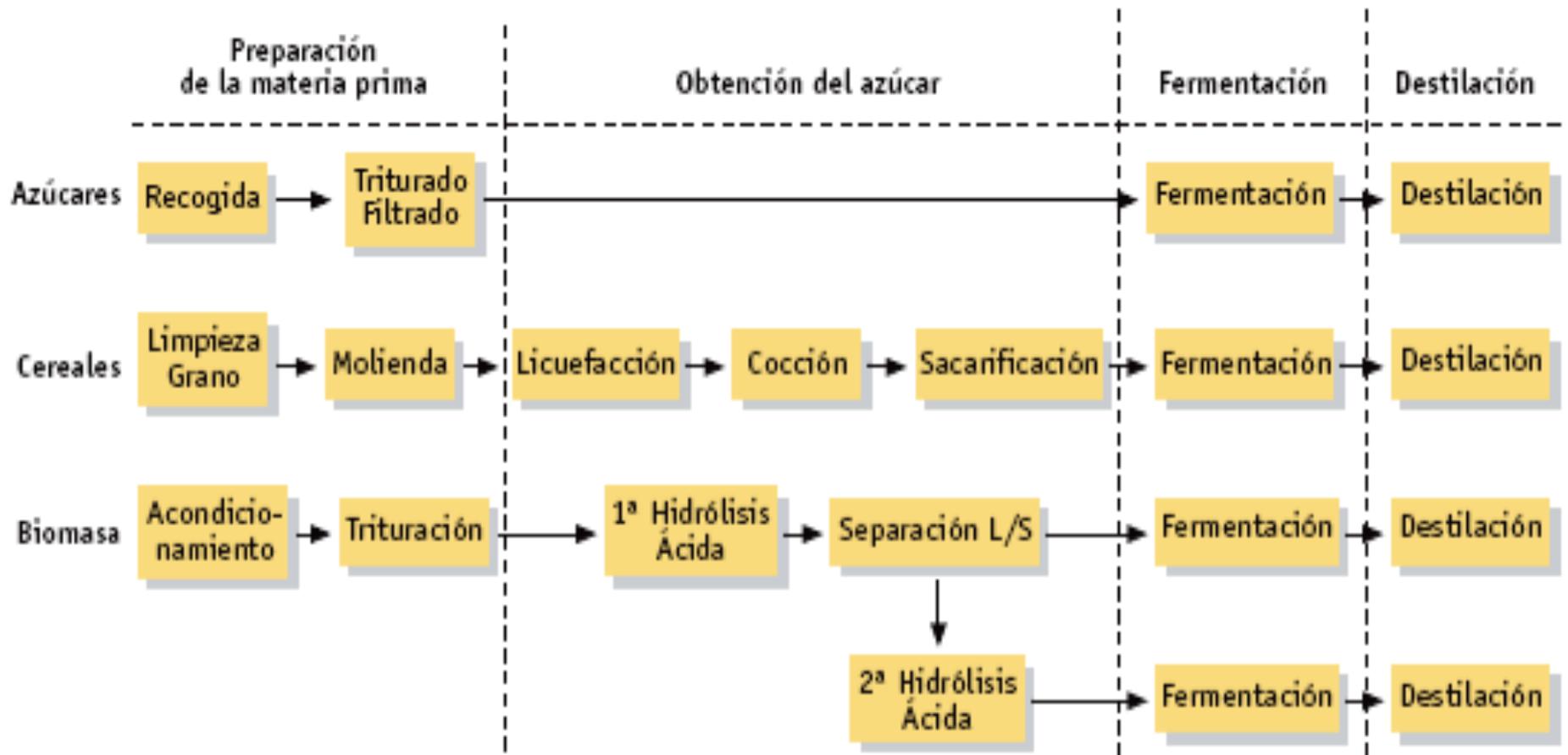
BIOETANOL

Zonas óptimas para el
cultivo caña de azúcar en
Colombia.





Proceso productivo de bioetanol



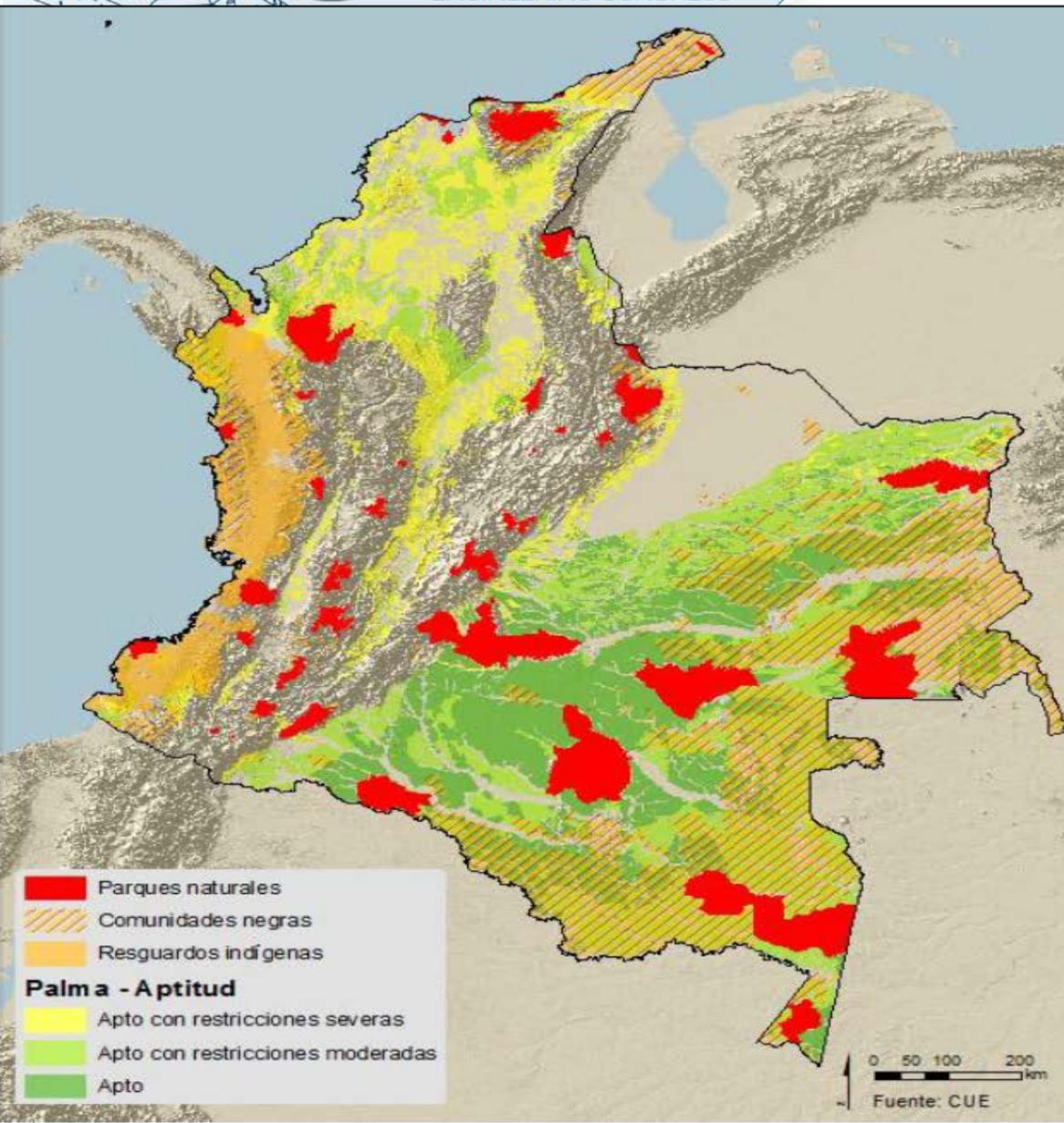
Fuente: Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia

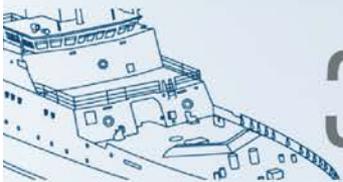


Biocombustibles de primera generación en Colombia

BIODIESEL

Zonas óptimas para el
cultivo de palma de aceite
en Colombia.



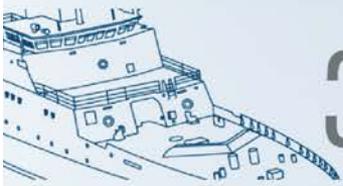


BIODIESEL

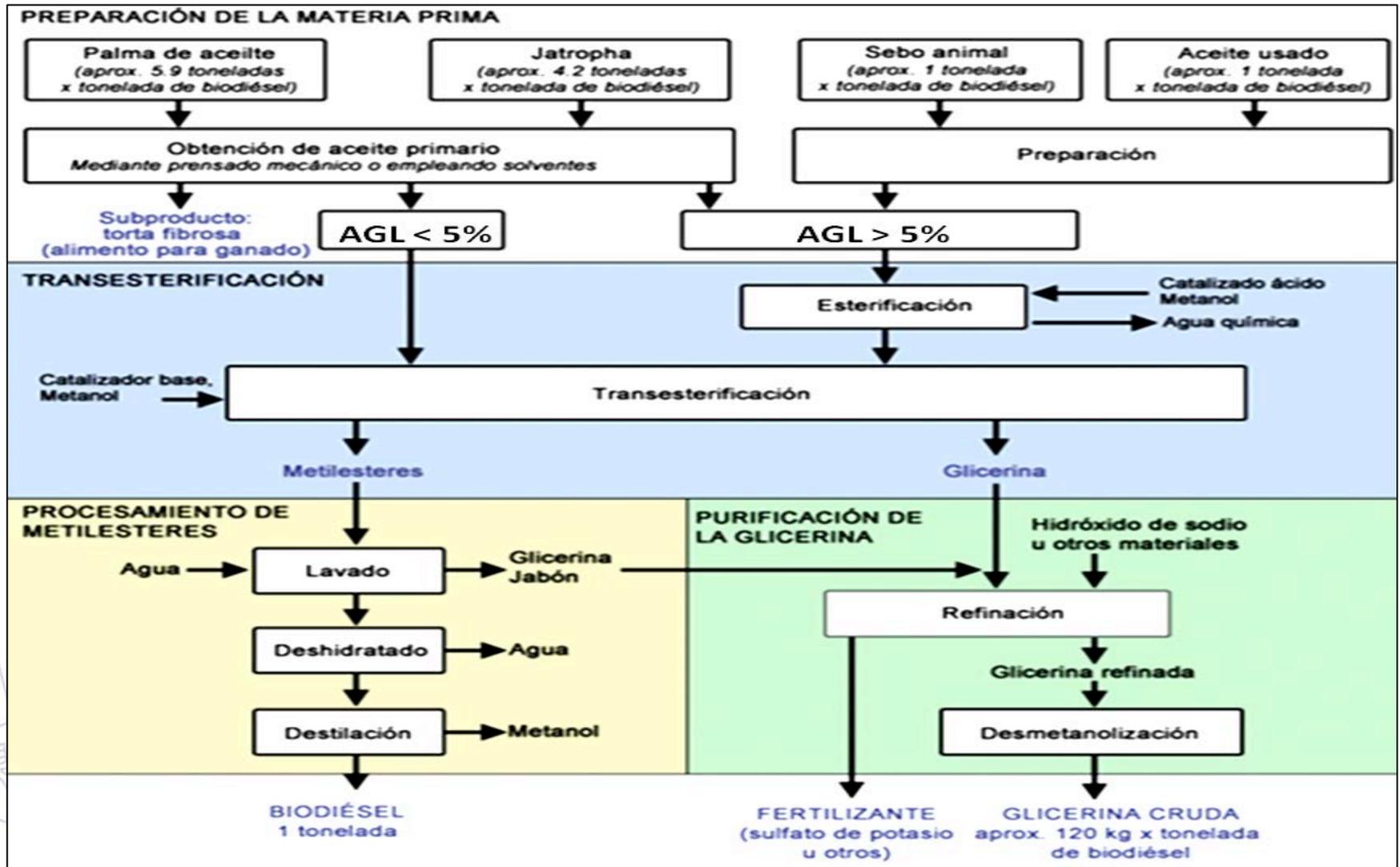
Producción mundial de aceite de palma en millones de toneladas

No.	PAIS	2004	2011p
1	Indonesia	12.380	23.900
2	Malasia	13.974	18.000
3	Tailandia	735	1.450
4	Nigeria	790	900
5	Colombia	630	850
6	Nueva Guinea	345	525
7	Ecuador	279	470
8	Camerun	270	350
	Otros	1.582	2.481
	TOTAL	30.985	48.896

Fuente: Oil World 2011



Proceso productivo biodiesel





Producción de biocombustibles

Plantas productoras de etanol

Litros por día

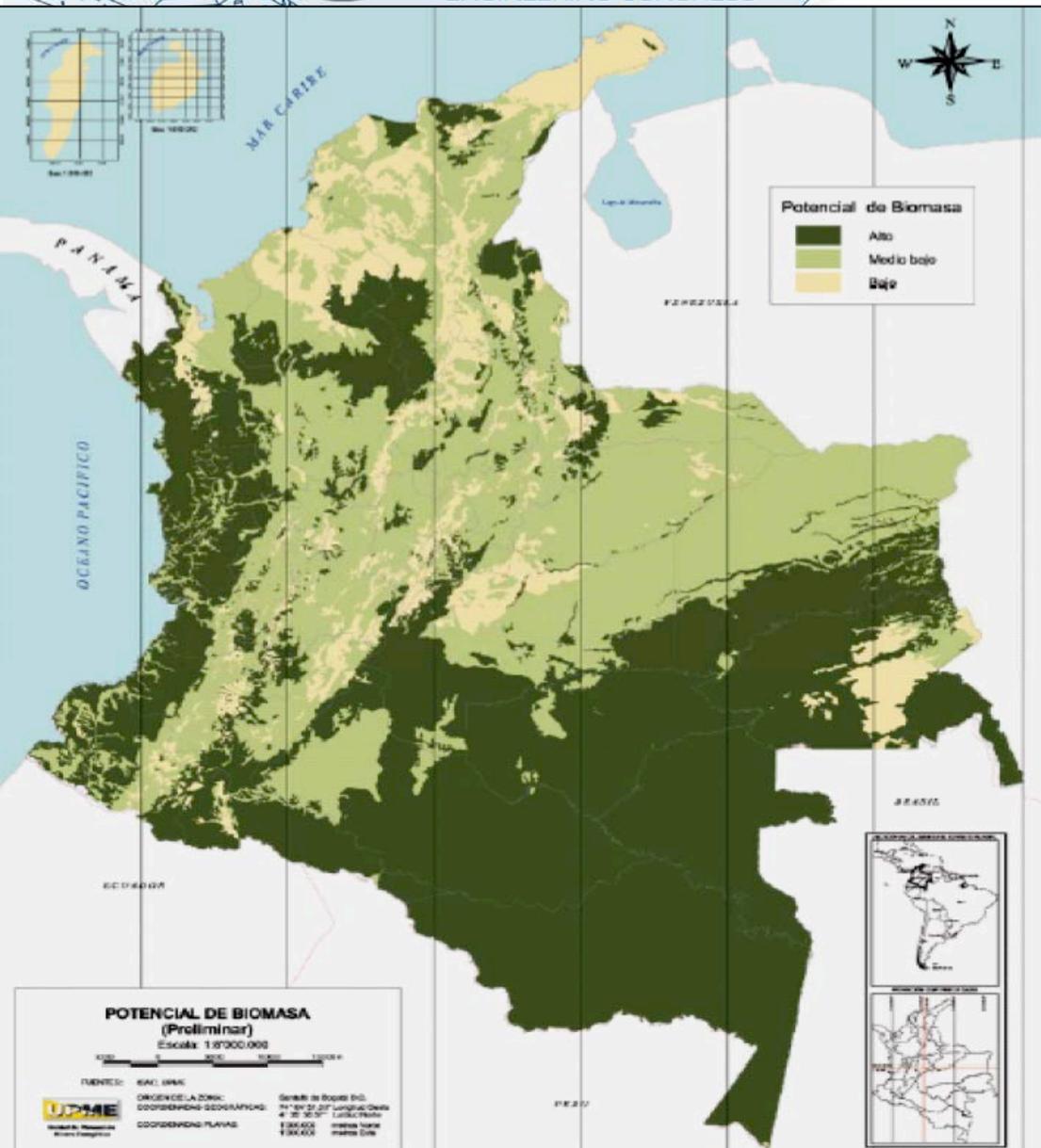


Plantas productoras de biodiesel

Toneladas por año



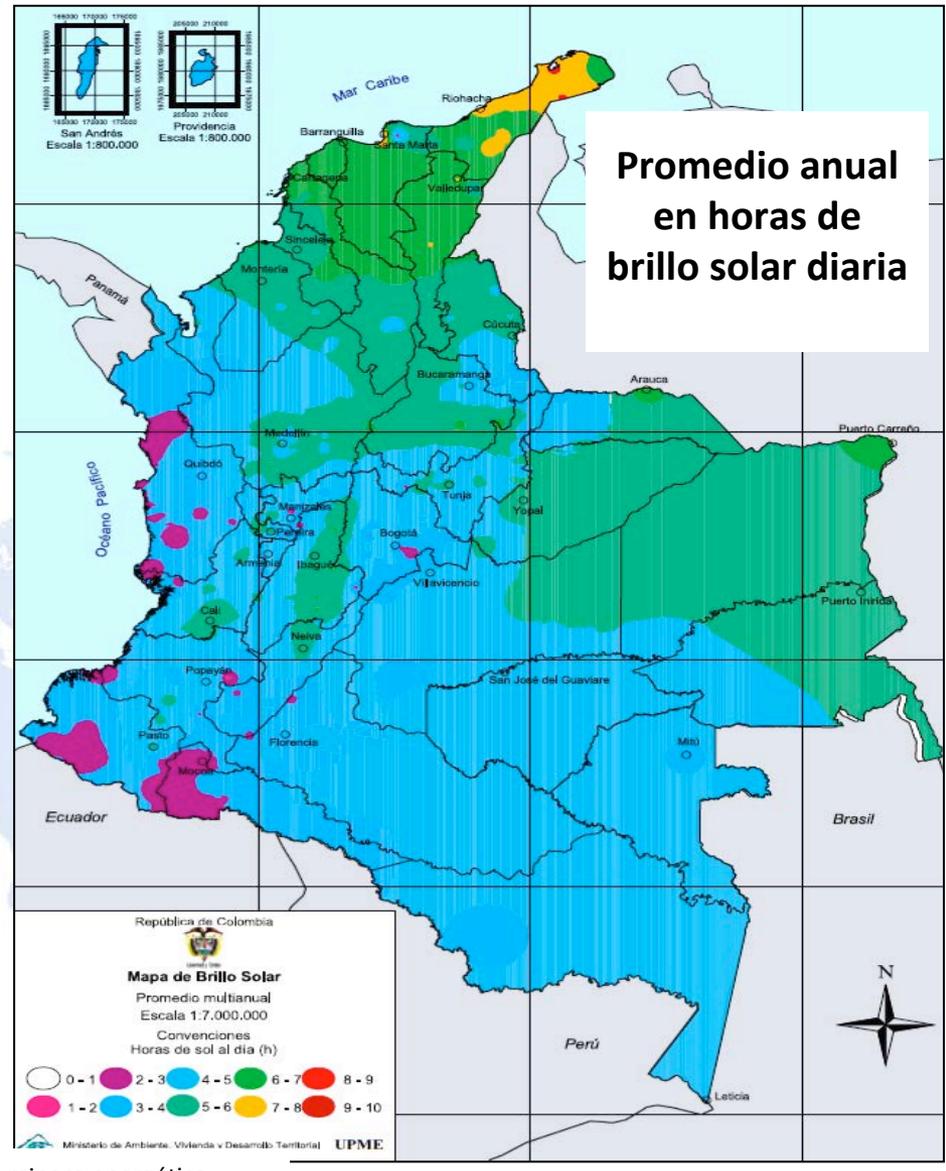
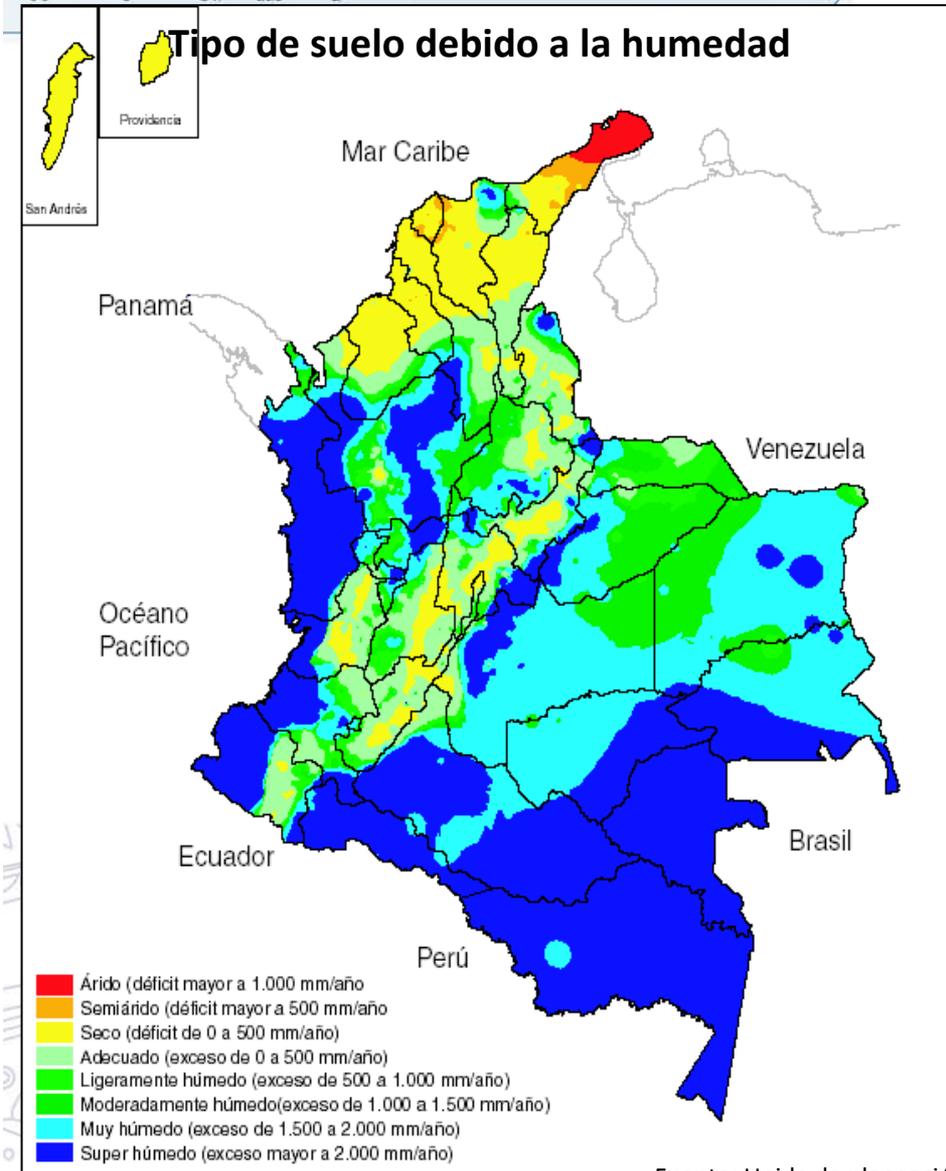
Fuente: Fedecombustibles

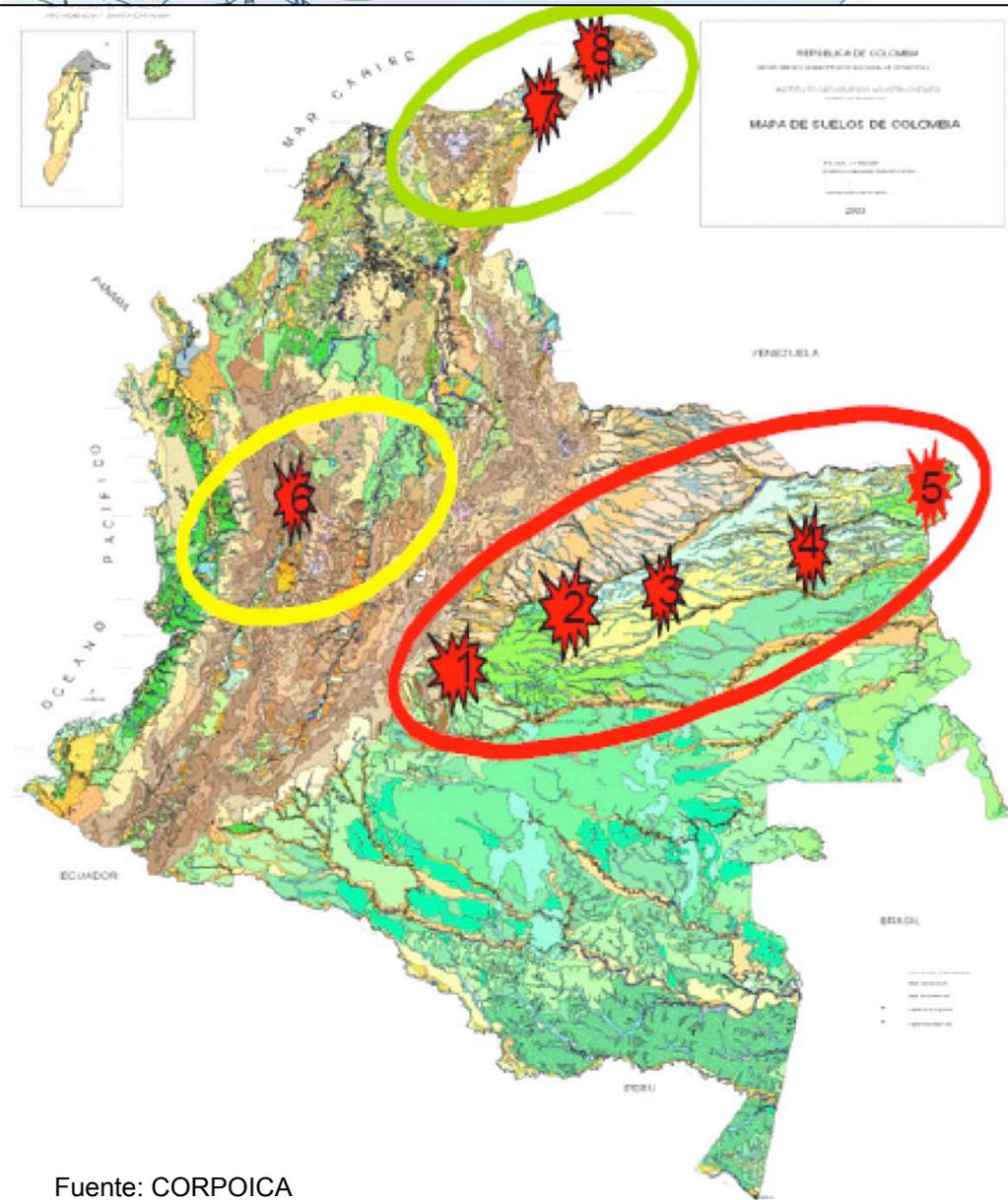


Biocombustibles de segunda generación en Colombia

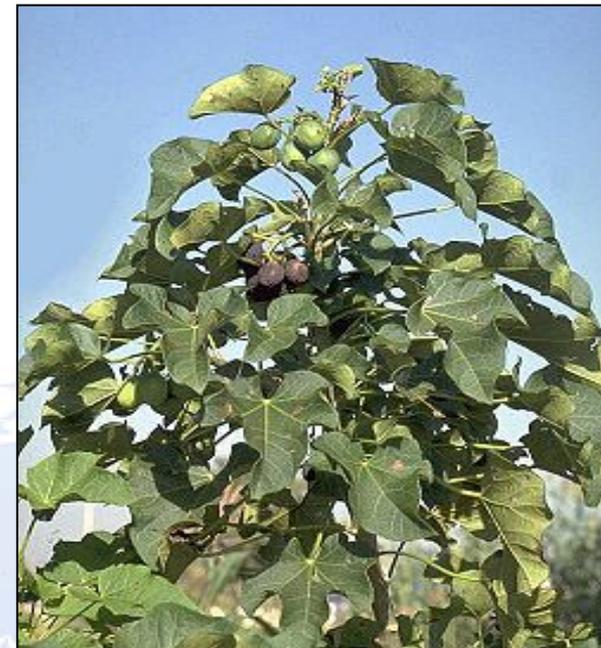
Disponibilidad de biomasa en Colombia



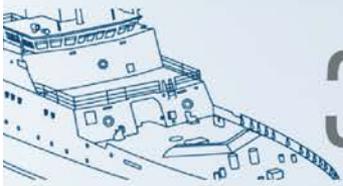




Jatropha Curcas



Áreas de investigación
Jatropha Curcas Colombia



Biocombustibles de tercera generación.

Estanque tipo circuito "raceway ponds"

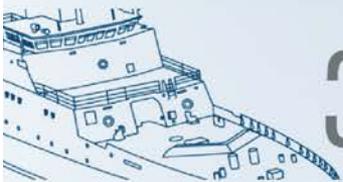


Disposición tubos fotobiarreactor



<http://www.biodisol.com/biocombustibles/refutacion-tesis-sobre-baja-rentabilidad-del-cultivo-de-microalgas-para-biocombustibles>

Fuente: The National Institute of Oceanography

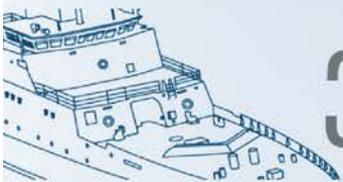


Comparación rendimiento producción biodiesel

<i>Materia prima</i>	<i>Productividad de Biodiésel (litro/ha/año)</i>	<i>Superficie requeridas (Gha)</i>
Aceite de palma	5.950	3.972
Jatropha Curcas	1,892	12.490
Colza	1,190	19.859
Girasol	952	24.823
Soya	446	52.986
Microalgas ^a	20.000	1.181

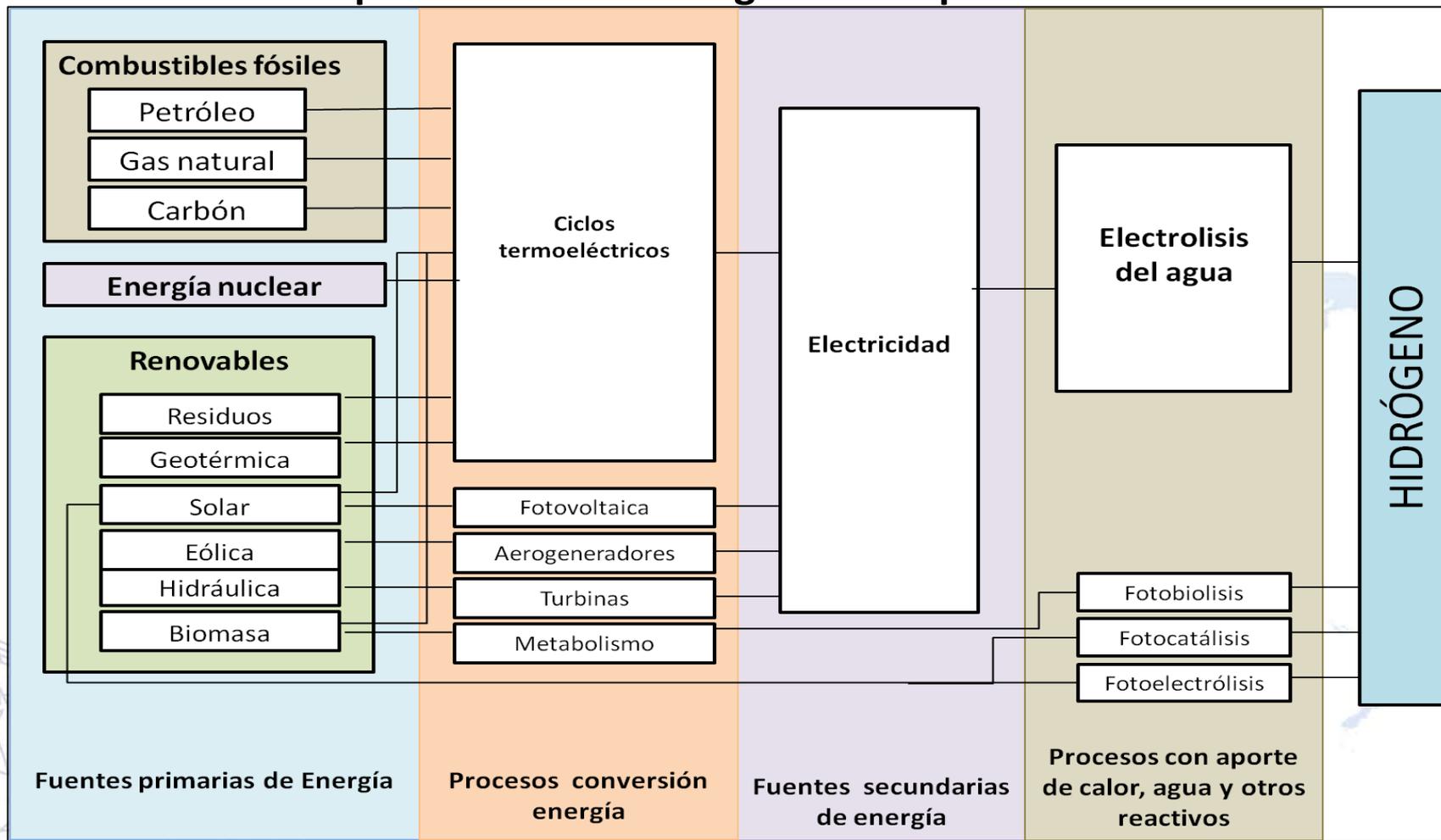
^aProductividad de biodiesel microalgal asequible a través de la tecnología actualmente disponible

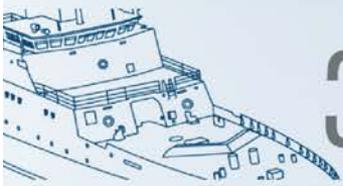
Fuente: Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería



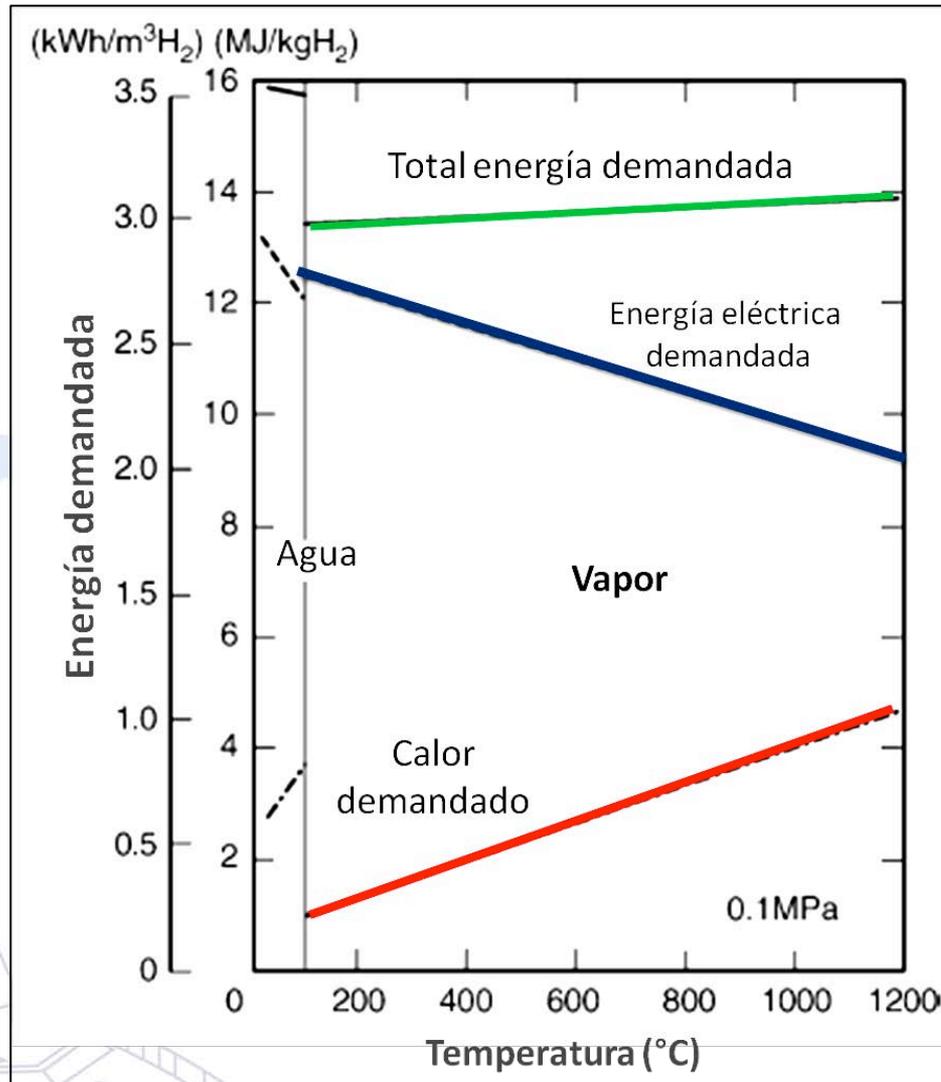
HIDRÓGENO

Procesos de producción de hidrógeno con aporte de electricidad



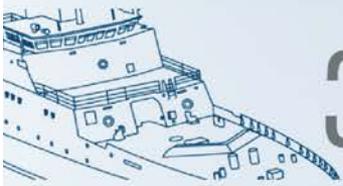


Demanda de energía para la electrolisis del agua y del vapor

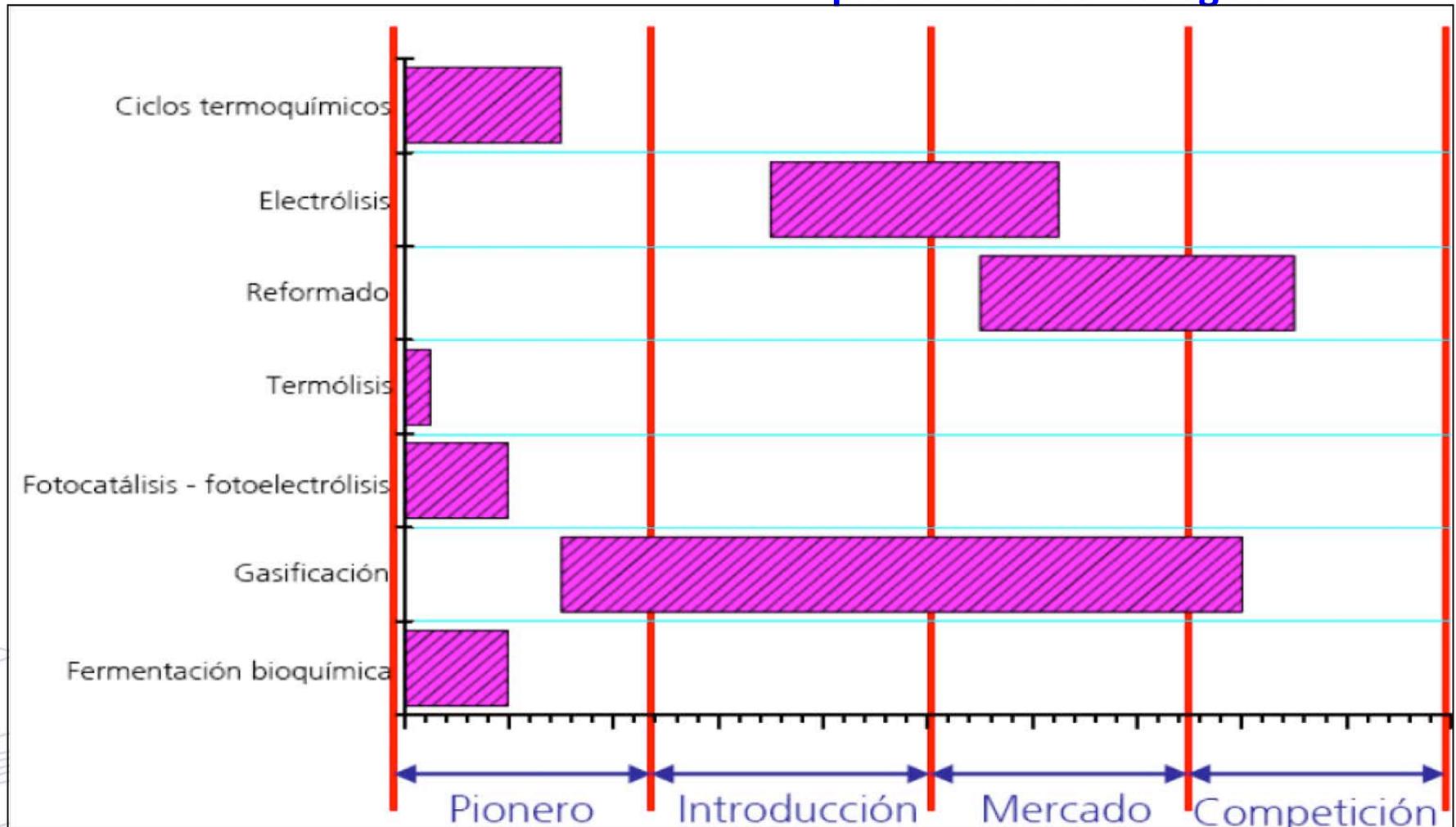


Fuente: Nuclear Engineering and design

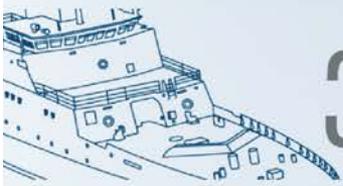




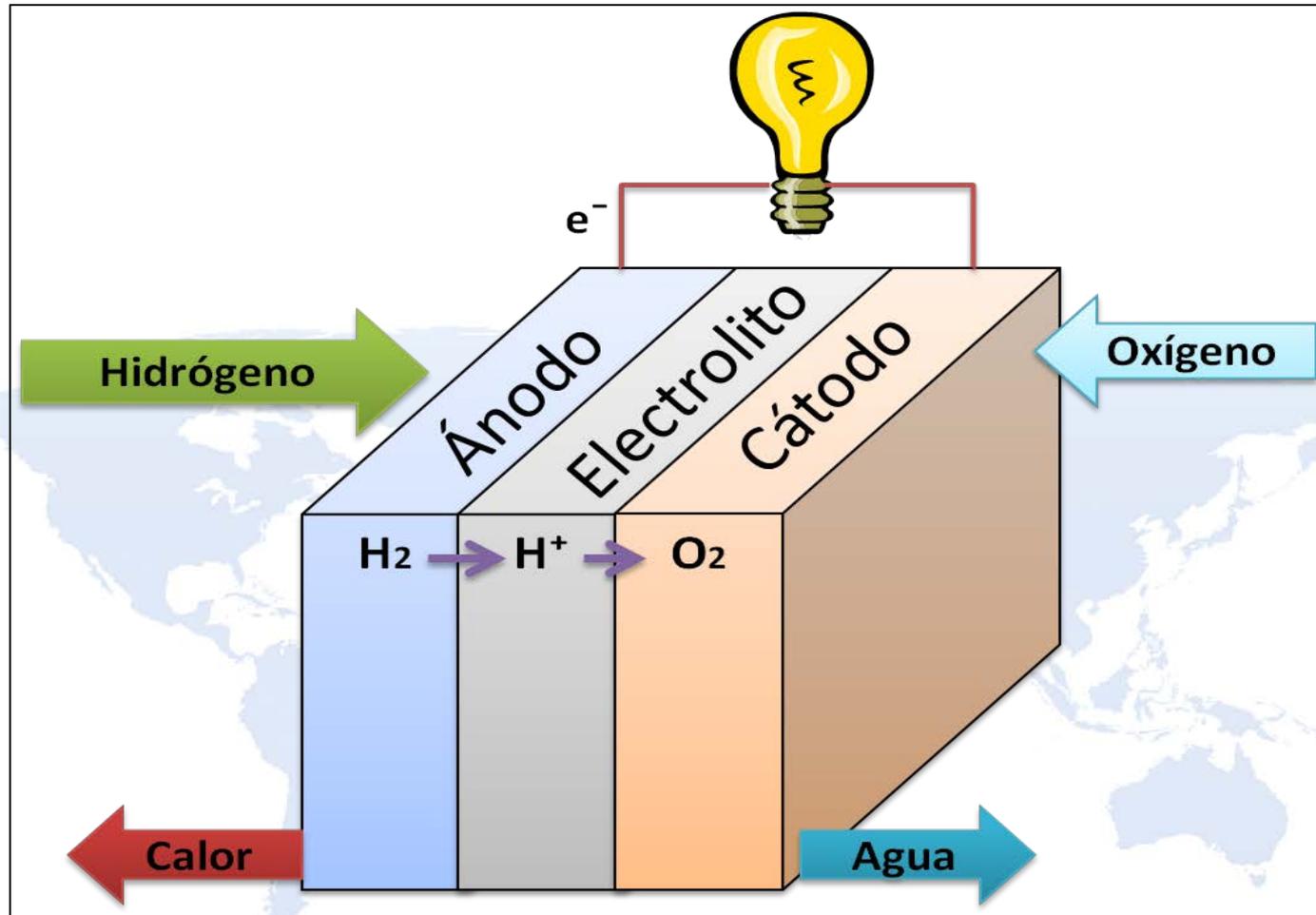
Estado del desarrollo tecnológico para producción de hidrógeno

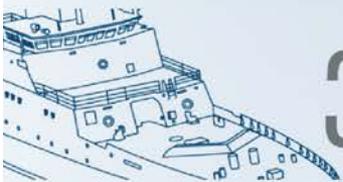


Fuente: SET-TE Producción de hidrógeno



Funcionamiento de las celdas de combustible

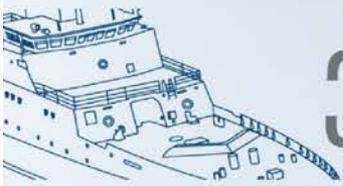




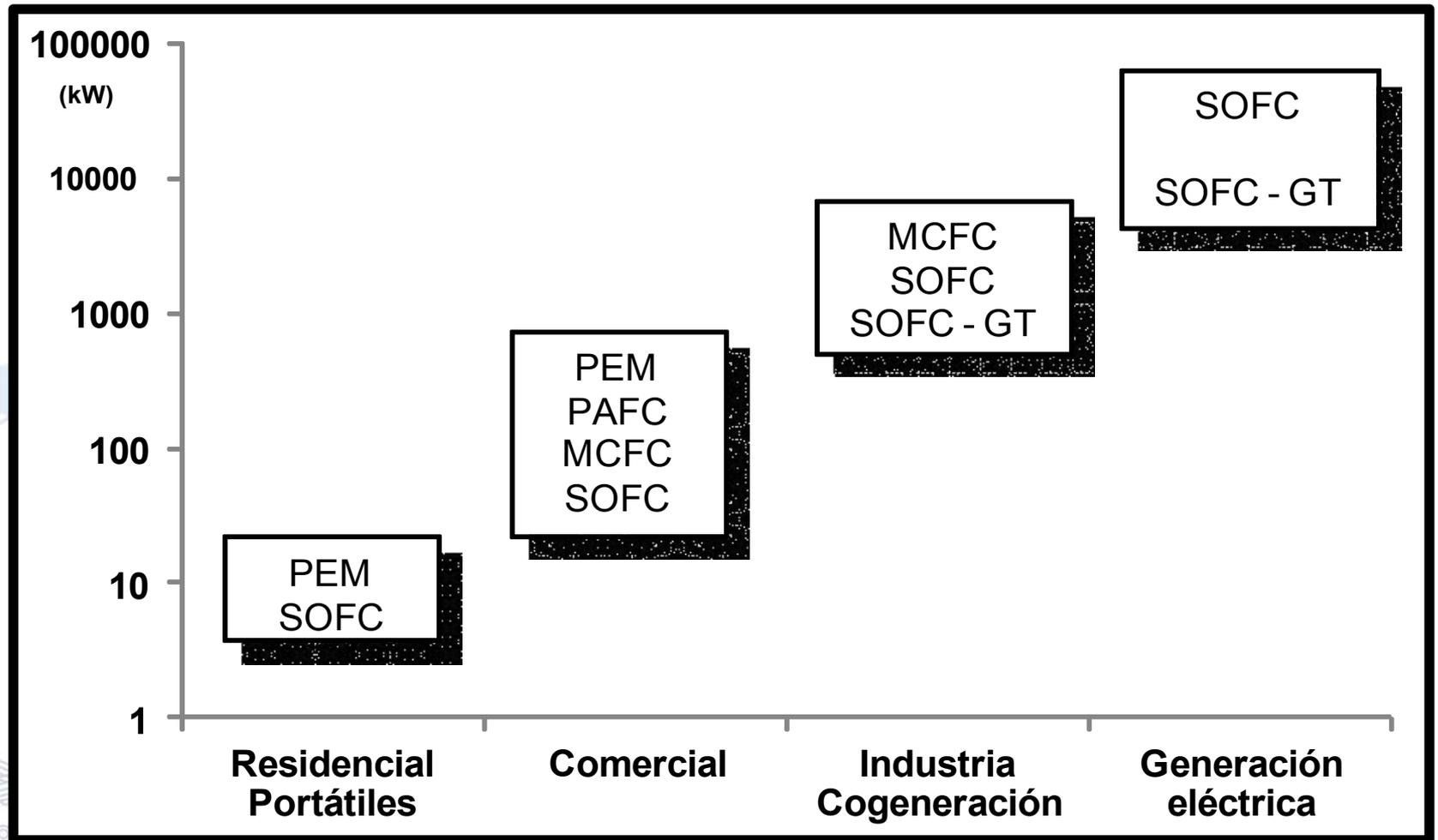
Características principales celdas de combustible

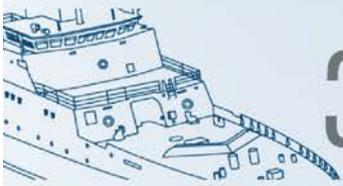
Celda Combustible	Electrolito	Temperatura de operación (°C)	Eficiencia PCI^a	Intervalo de trabajo (MW)	Aplicaciones
Membrana de intercambio protónico (PEM)	Polímero sólido orgánico	80	35 - 40	0,5 - 1,5	Vehículos Generadores eléctricos portátiles
Acido fosfórico (PAFC)	Acido fosfórico líquido	200	30 - 40	0,5 - 1,2	Vehículos Generadores eléctricos
Carbonato fundido (MCFC)	Solución líquida de carbonatos de litio, sodio y potasio	650	50 - 55	2,5 - 100	Generadores eléctricos Cogeneración
Óxido sólido (SOFC)	Óxido de circonio	800 - 1000	45 - 60	0,3 - 100	Generadores eléctricos Cogeneración

^a PCI: (Poder calorífico inferior). Cantidad de energía que la unidad de masa de materia puede desprender al producirse una reacción química de oxidación



Celdas de combustible por sectores comerciales





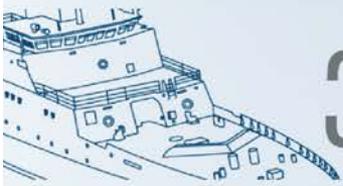
ALTERNATIVAS DIFERENTES

Velas
Usuki Pioneer



Cometas
MV Beluga





Paneles solares NYK Line



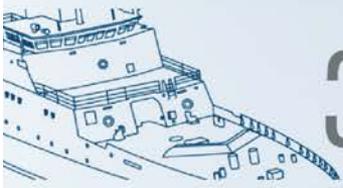
Fuente: Maritime propulsion

Aerogeneradores Hydrogen Challenger



© rannug
MarineTraffic.com

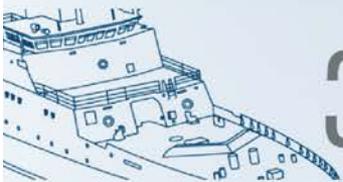
Fuente: Marintraffic



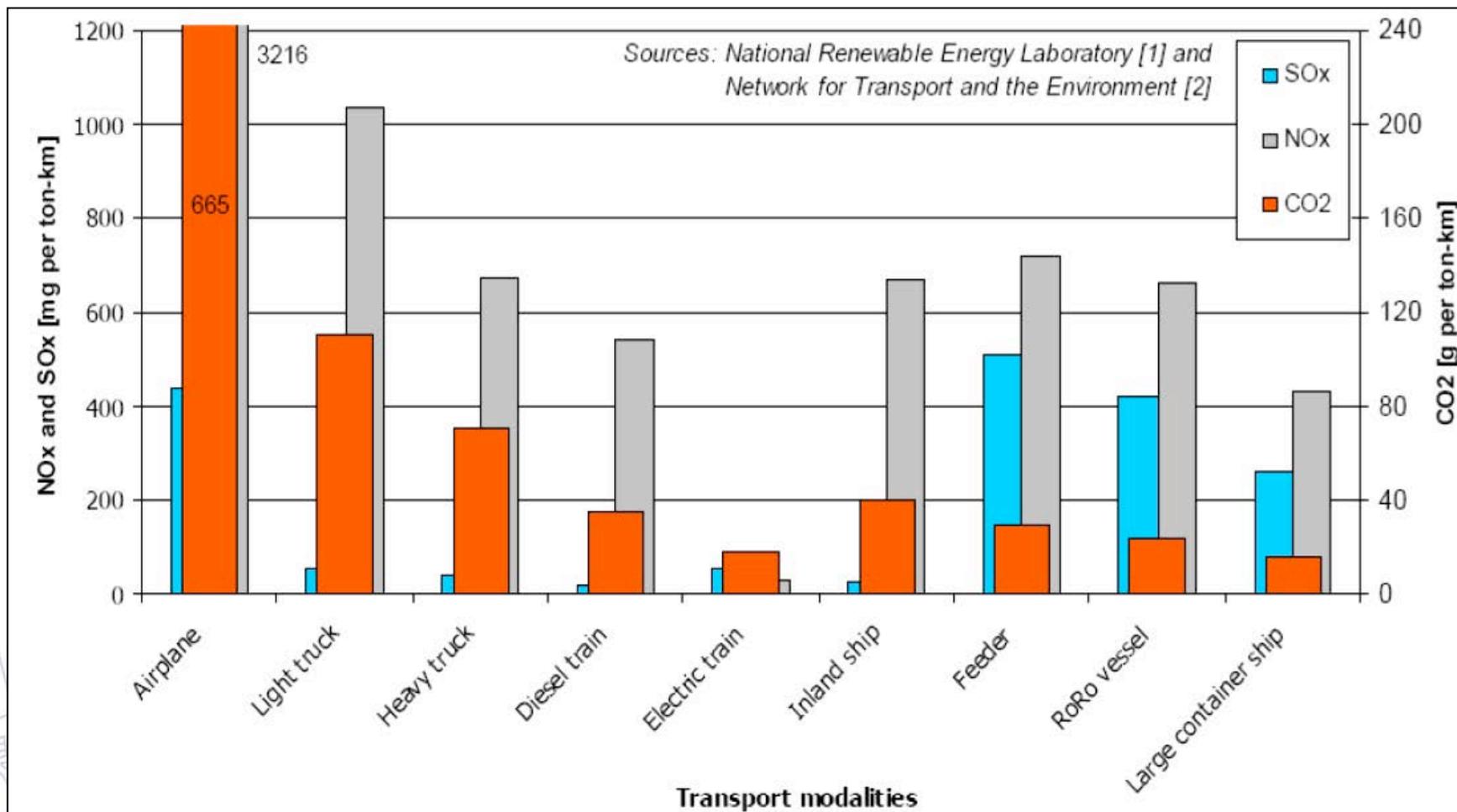
ALTERNATIVAS ACTUALES PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL USO DE COMBUSTIBLES EN BARCOS

Gases que potencian el efecto invernadero

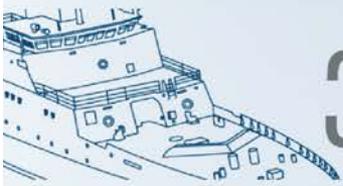
GAS	FUENTE EMISORA	CONTRIBUCIÓN AL CALENTAMIENTO (%)
Dióxido de carbono (CO ₂)	Combustibles fósiles, deforestación, destrucción de suelos	54
Clorofluorocarbonos (CFC)	Gases de refrigeración, aerosoles, espumas plásticas	21
Metano (CH ₄)	Biomasa, basuras, ganadería, minería	12
Óxido de nitrógeno (NO ₂)	Combustibles fósiles, deforestación	6
Ozono y otros	Fotoquímicas, automóviles	8



Comparación emisiones CO₂, SOx y NOx



Fuente: National renewable Energy Laboratory



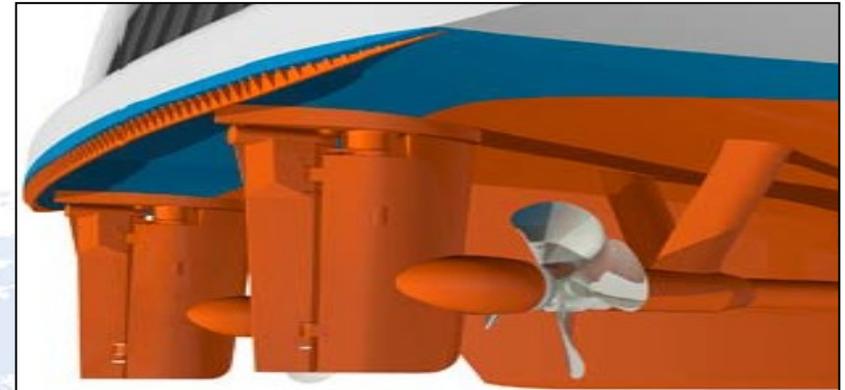
Optimización de las formas y dimensiones del buque

Optimización formas de proa (bulbo)



Fuente: CRS

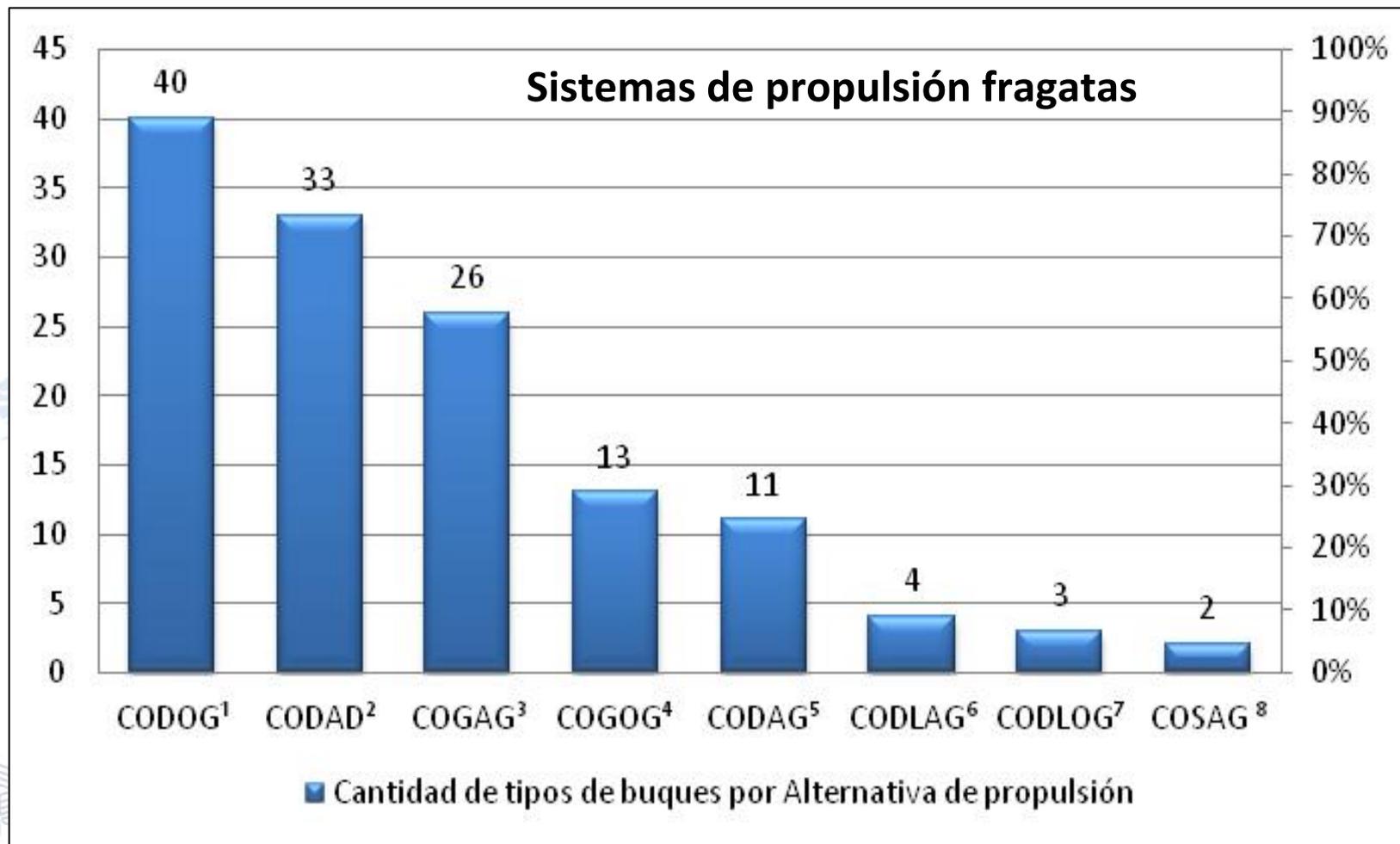
Optimización formas de popa



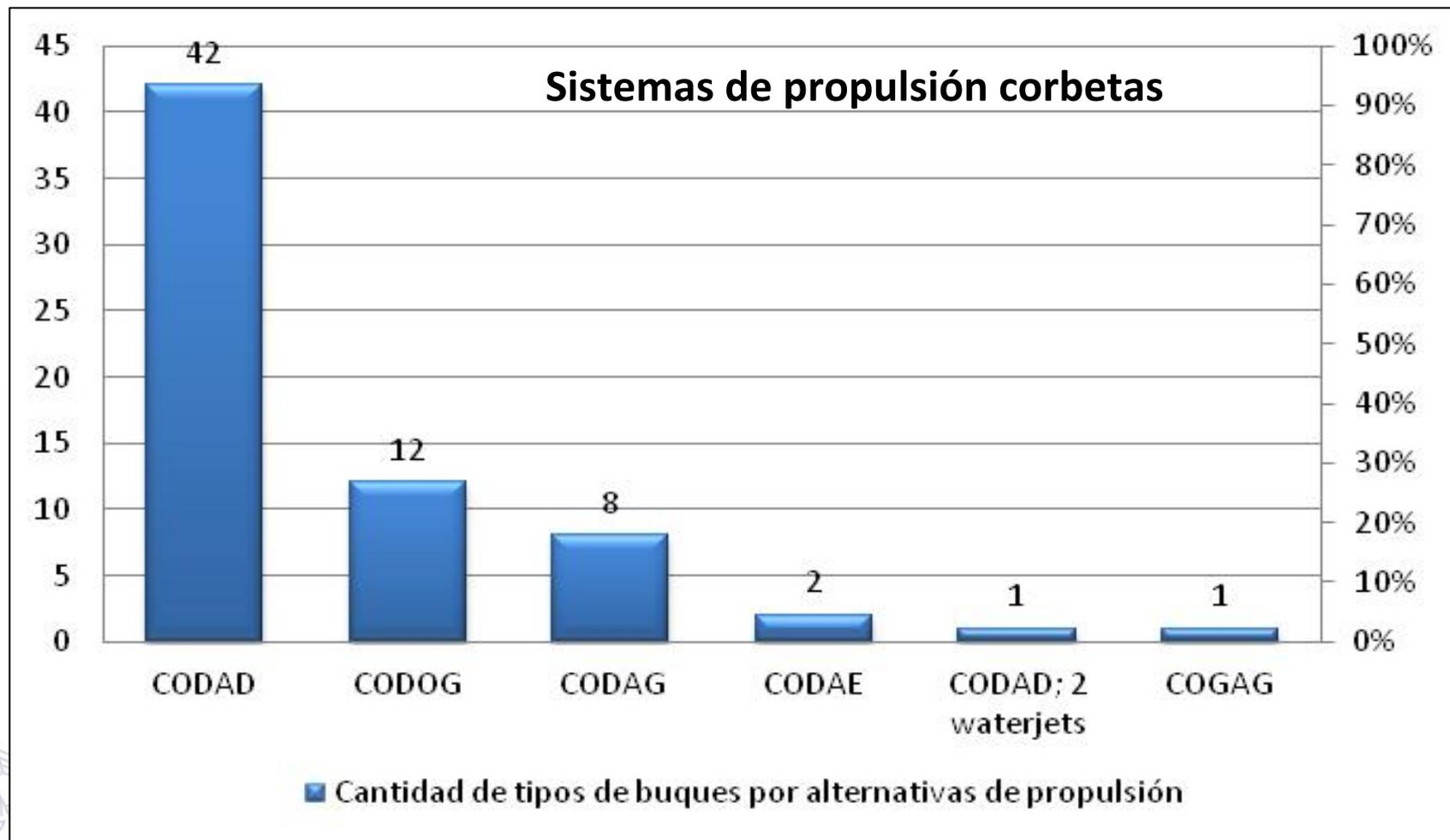
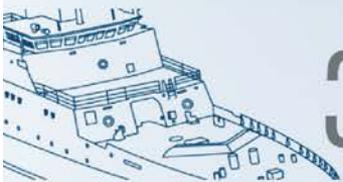
Fuente: Wärtsilä



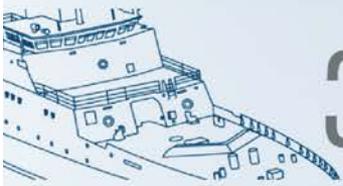
Cambios en la propulsión



Fuente: Alternativas en la propulsión en buques de guerra. Jane's Fighting Ships 2012



Fuente: Alternativas en la propulsión en buques de guerra. Jane's Fighting Ships 2012

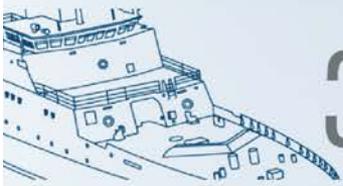


Propulsión eléctrica *CODLAG*

HMS Monmouth, Fragata Type 23



Fuente: The Royal Navy

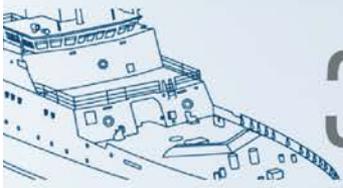


IEP: Integrated Electric Propulsion

HMS Daring, destructor Type 45



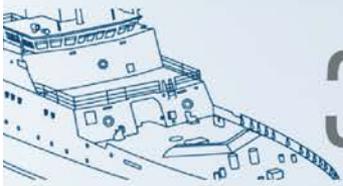
Fuente: The Royal Navy



Tipos de combustibles

Aprovechamiento del gas natural licuado (GNL) en motores de combustión interna

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>	<i>Factores limitantes empleo</i>
Reducción de emisiones contaminantes	Fuente de energía no renovable	Falta de infraestructura de distribución de GNL en puertos
Tecnológicamente desarrollado en motores de combustión interna de mediana velocidad	Dificultad de almacenamiento en buques diferentes a metaneros. No viable en buques militares	Alternativa únicamente aplicable a buques metaneros de nueva construcción

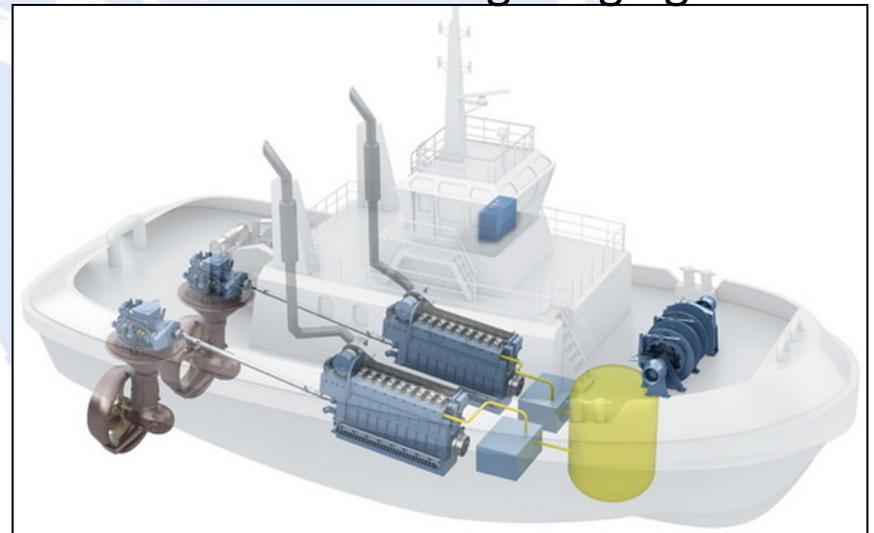


Metanero Gaselys

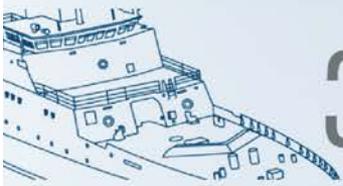


Fuente: Marinetrffic.com

Remolcador Buksér og Berging



Fuente: Buksér og Berging



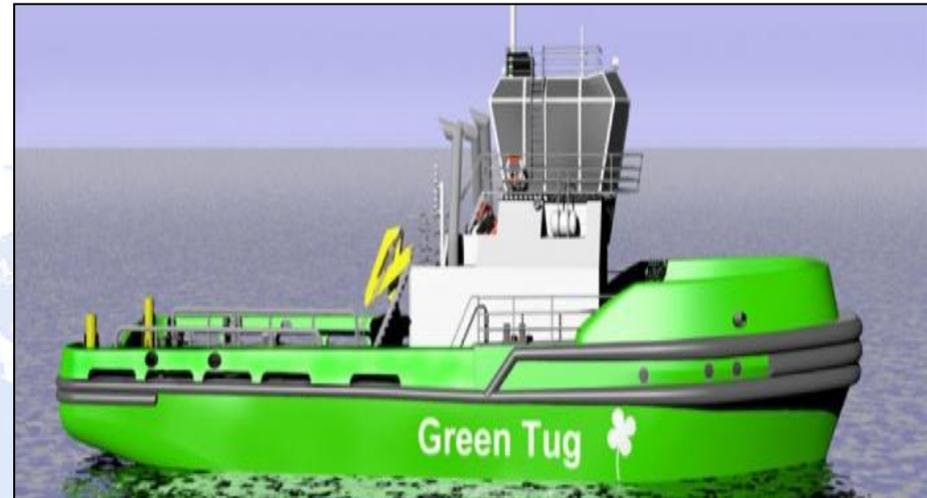
Celdas de combustible

Viking Lady

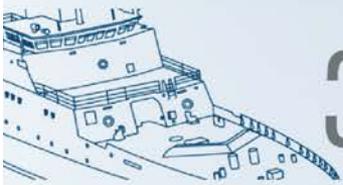


Fuente: Fuel cells for ships

Green Tug



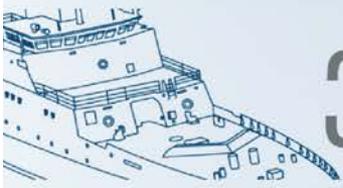
Fuente: Iskes Towage & salvage



Utilización de biocombustibles

Aprovechamiento de Biocombustibles motores de combustión interna

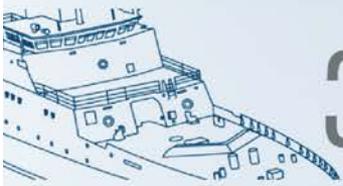
<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>	<i>Factores limitantes empleo</i>
Reducción de emisiones CO ₂ y SO _x	No reduce las emisiones de NO _x	Falta de infraestructura de distribución de biocombustible en puertos
Biodegradable	Poder calorífico menor que el combustible fósil, por lo tanto hay mayor consumo	El empleo aumenta el costo del diesel, IFO utilizado actualmente en buques. No ofrece ninguna ventaja económica.
Aplicable inmediatamente en todo tipo de buques	Utilización de zonas fértiles de cultivo para producción de alimentos	
Producible a partir de residuos orgánicos		



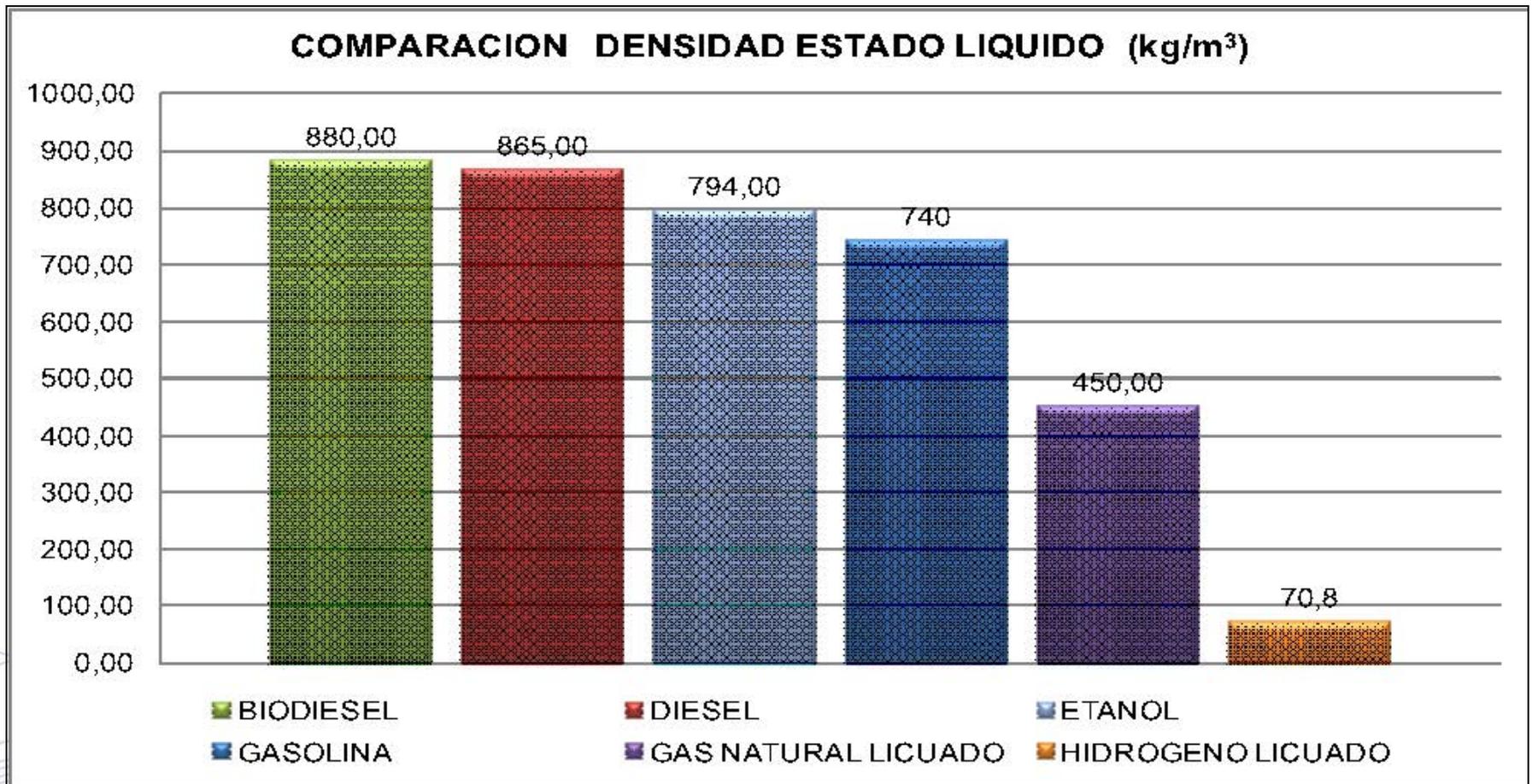
ASPECTOS ECONÓMICOS

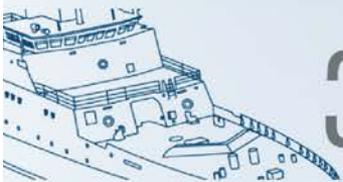
1. **Costo de almacenamiento:** permite determinar las propiedades físicas (temperatura, volumen, etc.) para almacenar el combustible y los costos asociados para conservarlos.
2. **Costo de las emisiones de CO₂:** se hará una valoración numérica por la influencia del combustible en las emisiones.
3. **Costo de operación:** dependen del precio de los combustibles a utilizar en cada alternativa de generación.
4. **Costo de inversión y mantenimiento:** estos contienen los gastos en equipos, incluyendo los costos de instalación. El mantenimiento representa entre el 1% y 5% de la inversión inicial de los equipos que funcionan con combustibles fósiles.
5. **Costo tecnológicos:** se refiere al grado de desarrollo alcanzado en la implementación de tecnología en aspectos de: investigación, pruebas de laboratorio, experimentación de prototipos, pruebas en condiciones de operación y resultados de misiones de operación

PROPIEDADES	UNIDADES	Comparación propiedades combustibles								
		GASOLINA	DIESEL	BIOGÁS	GAS NATURAL			HIDRÓGENO		
Motor de ciclo	-	Otto	Diesel	Otto	Otlo			Otto		
Masa molar	kg/mol	0,0992	0,1824	0,0264	0,016			0,002		
Estado	-	líquido	líquido	gas	licuado	comprimido a 200 bar	gas	licuado	comprimido a 200 bar	gas
Poder calorífico inferior	MJ/kg	43,53	42,69	15,33	48,71			119,88		
	kcal/kg - kcal/m ³	10398,95 - 7649307,21	10198,28 - 8500000	3662,21 - 4505,49	11636,41 - 8040,67			28638,32 - 2570,47		
Densidad	kg/m ³	740	865,00	1,23	450,00	154,00	0,69	70,80	13,46	0,09
Densidad relativa	-	0,705 - 0,770	0,84 - 0,89	0,95	0,45	119,10	0,60	0,07	10,41	0,07
Número de Metano	-	25 - 40	-	133,30	85,00			0,00		
Número de Octano	-	90 - 100	-	162,53	130,00			73,00		
Número de Celano	-	-	40 - 60	-	-			-		
Viscosidad (40°C)	cSt	-	32,00	.	-			-		
Temperatura de autoignición	°C	500	200 - 400	700,00	560 - 580			570,00		
Punto de ebullición	°C	30 - 205	180 - 370	-	-162,00			-252,70		
Dosado estequiométrico mas.	kg aire/ kg comb	14,19	14,62	5,56	16,23			34,58		
Dosado estequiométrcio vol.	m ³ aire/m ³ comb	8863,51	10674,69	5,77	6164,85	2109,75	9,45	2066,57	392,88	2,60
Densidad mezcla comb/aire	kg/m ³	1,268	1,27	1,19	1,26	1,26	1,14	1,22	1,22	0,88
Límites de inflamabilidad	%(vol)	1 - 7,6	0,7 - 5	-	4,5 - 15,1			4,0 - 75,0		
PCI mezcla comb/aire	MJ/kq	2,86	2,73	2,34	2,82			3,37		
Consumo específico habitual inferior	g/kWh	295,95	241,21	837,58	264,61			107,23		
Consumo específico habitual superior	g/kWh	360,29	312,68	1019,66	322,14			130,54		
Emisiones CO2 (teóricas)	g/kWh	271,87	270,74	189,11	174,27			0		
Adap aciones del motor	sí/no	-	-	sí	sí			SÍ		

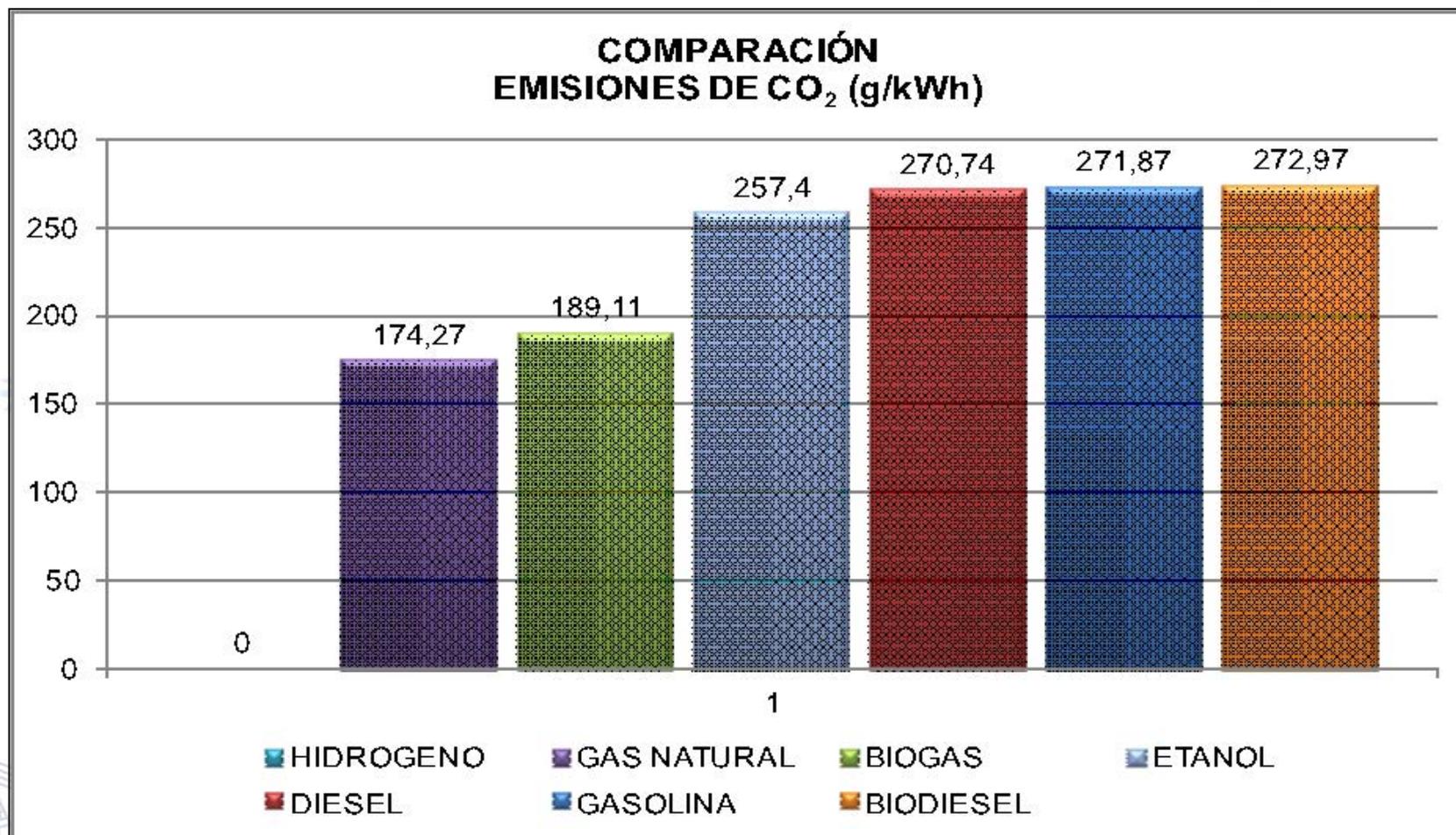


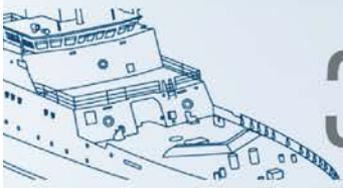
Almacenamiento





Emisiones de CO₂





Nivel de impacto de emisiones atmosféricas de combustibles

	Diesel	Gasolina	Biogas	Gas natural	Hidrógeno	Biodiesel	Etanol
CO ₂	5	4	2	3	1	3	3
CO	4	4	2	3	1	2	2
NO _x	5	4	4	4	3	4	4
HC	4	4	2	3	1	2	2
PS	5	2	1	1	1	3	2
TOTAL	4,6	3,6	2,2	2,8	1,4	2,8	2,6

Fuente: Elaboración propia

NIVEL DE IMPACTO	
1	Insignificante
2	Bajo
3	Moderado
4	Alto
5	Severo



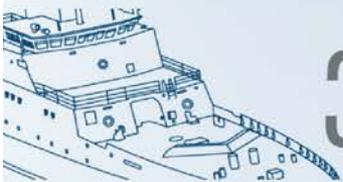
Operación

Costo de combustibles

	Precio Colombia (\$ Pesos /galón)	US Dólar \$ / litro
Diesel	8136,18	1,17
Gasolina	8751,13	1,27
Gas natural	1314,22 (m ³)	0,0007
Hidrógeno¹	12 € (kg)	661,17
Biodiesel	9606,09	1,39
Etanol	8900	1,28

¹ Valor en España obtenido de www.es.globedia.com

Fuente: UPME



Tecnológicos

Nivel de madurez tecnológica.		
1	Observación de materias primas y principios básicos de procesos de producción, formulación de conceptos y posibles aplicaciones prácticas. No cuentan con estudios ni con resultados de pruebas de laboratorio. Hipótesis conceptual.	Fase tecnológica
2	Identificación de la materia prima y proceso de producción. Estudios de laboratorio que validen las hipótesis tecnológicas.	
3	Evaluación técnica preliminar del combustible, especificaciones para estudios de rendimiento en la integración con un sistema existente. Reciprocidad de información del laboratorio a una planta de producción piloto.	Fase de homologación
4	Propiedades del combustible, aplicabilidad en sistemas existentes, evaluación y pruebas en motores bajo estándares técnicos. Demostración en un entorno realista para establecer rangos de eficiencia, economía y producción. Clasificación del combustible acorde a las normas internacionales. Implementación en buques especializados o prototipos. Utilización del combustible en investigación asociado a otros productos combustibles implementados.	
5	Aprobación del uso del combustible en diferentes situaciones de operación. Producción del combustible a gran escala, comercialización y distribución en puertos. Reglamentación de uso, almacenamiento e impactos ambientales. Innovación de otras tecnologías para el uso del combustible (motores, equipos, accesorios, tuberías etc.). Implementación en todo tipo de buque	Fase de implementación

Diesel	Gasolina	Biogas	Gas natural	Hidrógeno	Biodiesel	Etanol
5	5	4	4	3	4	4

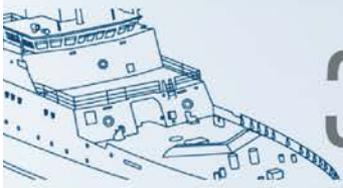


Evaluación final

Costes	Diesel	Gasolina	Biogas	Gas natural	Hidrógeno	Biodiesel	Etanol
Almacenamiento	4	3	0	1	1	3	3
Emisiones	1	1	3	3	5	1	2
Operación	4	4	0	5	1	4	4
Inversión y mantenimiento	0	0	0	0	0	0	0
Tecnológicos	5	4	4	4	3	4	4
TOTAL	2,8	2,4	1,4	2,6	2	2,4	2,6

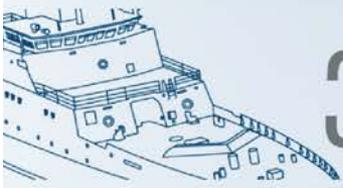
Fuente: Elaboración propia

NIVELES DE CALIFICACIÓN	
0	No definido
1	Deficiente
2	Regular
3	Bueno
4	Muy bueno
5	Excelente



CONCLUSIONES

1. Los combustibles derivados del petróleo seguirá siendo los utilizados hasta conseguir una fuente energética equivalente en costos, propiedades, eficiencia, equipos, sistemas propulsivos etc. en el ámbito militar.
2. Las emisiones de GEI emitidos por la actividad marítima es de gran importancia debido al volumen aportado. Los programas de desarrollo tecnológico deben abarcan la utilización de fuentes alternativas de combustible o la disminución de emisiones con los actuales combustibles marinos.
3. Sistemas propulsivos y de generación de potencia optimizados (consumo, prestaciones, flexibilidad de instalación e interacción con fuentes energéticas alternativas a los combustibles fósiles), son la línea tecnológica más sugerente en las nuevas construcciones militares.



GRACIAS

A large, light blue world map is centered in the background of the slide. The word "GRACIAS" is written in a large, bold, blue sans-serif font across the middle of the map.