

El rol de los biocombustibles en la descarbonización del transporte marítimo

Junio de 2025

AUTORA



Lola Berna Gascón. Project Manager en ECODES, especializada en temas de transporte marítimo y biocombustibles

EDITA: ECODES

DISEÑO GRÁFICO: ECODES

FECHA: 12 de junio de 2025

Índice

Glosario	4
Introducción - transporte marítimo y clima	5
El sector en el mundo.....	5
Por qué hay que descarbonizar: impacto ambiental del sector	6
Qué son los biocombustibles	9
Impacto ambiental de los biocombustibles	9
Regulación en torno al transporte marítimo y los biocombustibles	12
Global.....	12
Organización Marítima Internacional.....	12
Europa	12
FuelEU Maritime	12
Directiva de Energía Renovable	14
Acto Delegado 2019/807	16
España.....	17
Plan Nacional Integrado de Energía y Clima.....	17
Orden TED/728/2024 de fomento de los biocombustibles y combustibles renovables para el transporte.....	18
Orden TED/1342/2022 por la que se establece un límite a los biocombustibles para la alimentación humana y animal.....	18
Los biocombustibles en el transporte marítimo	19
Comparación con combustibles fósiles tradicionales.....	19
Limitaciones técnicas y logísticas.....	20
Costes y viabilidad económica	21
Casos recientes	21
Conclusiones y recomendaciones políticas.....	22
Recomendaciones políticas.....	22
Referencias	24

Glosario

1G: Primera generación

AMOC: Circulación de vuelco meridional del Atlántico

DER: Directiva de Energía Renovable

ECA: Área de emisiones controladas

EMSA: Agencia Europea para la Seguridad Marítima

GEI: Gases de efecto invernadero

HFO: Fueloil pesado

ICCT: Consejo Internacional para el Transporte Limpio

ILUC: Cambio Indirecto del Uso de la Tierra

OMI: Organización Marítima Internacional

ONU: Organización de las Naciones Unidas

PAH: Hidrocarburos aromáticos policíclicos

PNIEC: Plan Nacional Integrado de Energía y Clima

UCO: Aceite de cocina usado

UE: Unión Europea

ULSFO: Fueloil ultra bajo en azufre

Introducción - transporte marítimo y clima

El transporte marítimo desempeña un papel fundamental en la economía global, pues traslada el 80 % de las mercancías a nivel mundial. En el caso de Europa, representa tres cuartas partes del comercio exterior y cerca de dos tercios del transporte interno de bienes¹. Sin embargo, este sector también genera un impacto ambiental considerable debido a las emisiones de los combustibles utilizados por los buques y a los residuos vertidos al mar. En un escenario de crecimiento del comercio global y de la urgencia frente a la crisis climática, resulta crucial analizar cómo las innovaciones tecnológicas pueden contribuir a mitigar los efectos ambientales del transporte marítimo.

Los biocombustibles son una tecnología, no especialmente nueva, pero a la que recientemente se le ha dado mucha importancia por el potencial papel que puede tener en la descarbonización de aquellas industrias que necesitan buscar una alternativa a los combustibles fósiles y donde la electrificación no es sencilla, entre ellas el transporte marítimo. Los biocombustibles son combustibles producidos a partir de materiales de biomasa, como cultivos o residuos de diferentes procesos². La Unión Europea (UE) desde la Directiva de Energía Renovable (DER) los contabiliza como energía renovable en sus objetivos. Muchas empresas, sobre todo petrolíferas, están apostando por los biocombustibles como la gran herramienta para la transición energética, no sólo para el transporte difícil de electrificar sino para cualquier uso, desde calefacción al transporte por carretera. Producir biocombustibles de manera sostenible, en cambio, se ha probado un reto, por la dificultad de encontrar materias primas bajas en emisiones para suplir toda la demanda de combustible que existe. El transporte marítimo será uno de los principales sectores en los que los biocombustibles ayuden a la descarbonización, pero no bastará con ellos. Tecnologías más bajas en carbono, la reducción de la demanda y el aumento de la eficiencia energética son temas clave que se tienen que desarrollar para conseguir un sector marítimo lo más sostenible y competitivo posible.

El sector en el mundo

El transporte marítimo es responsable del traslado del 80 % de las mercancías en el comercio global³ y genera aproximadamente el 3 % de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (GEI), según datos de la Organización Marítima Internacional (OMI)⁴. Este organismo especializado de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) se encarga de garantizar la seguridad y protección de la navegación, así como de prevenir la contaminación marina provocada por los buques, regulando así el tráfico marítimo internacional⁵. La economía azul, que incluye todas las actividades que están basadas o relacionadas con el mundo marítimo, emplea en Europa a 4.45 millones de personas y generan un volumen de ventas de 667.2 millones de euros, según el Blue Economy Report de la UE⁶.

En el contexto actual, factores como la geopolítica en el Ártico, los aranceles comerciales y los conflictos bélicos —con sus impactos sobre rutas estratégicas como el Canal de Suez— representan obstáculos significativos para avanzar en objetivos clave como la reducción de emisiones de carbono negro o la implementación del recientemente aprobado por la OMI

Estándar Global de Combustible (Global Fuel Standard)⁶, ralentizando la gobernanza y la ambición climáticas.

El transporte marítimo sólo utiliza un 0,6% de los biocombustibles líquidos globales, lo que supone un 0,3% del consumo total de energía del transporte marítimo⁷. Las recientes regulaciones implementadas adivinan un camino en el que este porcentaje aumentará, así como la producción total de biocombustibles. De hecho, en estos últimos años ha aumentado considerablemente. Por ejemplo, la venta en España, un 37,6% en un solo año, de 2022 a 2023⁸. En un escenario sin restricciones de suministro, la demanda mundial de biodiésel para el transporte marítimo podría superar los 140 millones de toneladas equivalentes de fueloil para 2028⁵⁰. La escasez de materias primas sostenibles y su uso en otros sectores limitan, sin embargo, la oferta, y hace que la demanda tenga que regularse, buscando otras alternativas donde sea posible.

Por qué hay que descarbonizar: impacto ambiental del sector

El cambio climático es uno de los mayores retos a los que nos enfrentamos como sociedad. Frenar la quema de combustibles que nos ha traído hasta el nivel de desarrollo y calidad de vida actual implica una transformación arrolladora, pero las consecuencias que puede implicar son dignas de afrontar tal transformación. Una gran mayoría de la población entiende este peligro y apoya que se tomen acciones desde la política para incentivar medidas que reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)^{9 10}.

El transporte marítimo contribuye en un 2.89% a las emisiones de GEI globales según el último estudio de la OMI¹¹. En Europa, suponen el 13.5% de las emisiones del transporte¹². El transporte marítimo, además, tiene un impacto especialmente relevante en el Ártico, por la quema de fueloil pesado o HFO por sus siglas en inglés, que produce carbono negro y tiene un efecto multiplicador invernadero, al posarse en el hielo y reducir la reflexión de la luz solar o el llamado efecto albedo¹³. Este hecho ha contribuido, junto a otros factores, a que el Ártico se esté calentando cuatro veces más rápido que el resto del mundo¹⁴. Las consecuencias de este calentamiento acelerado son inciertas e igualmente preocupantes, como es la propia reducción del efecto albedo o el colapso de la circulación de vuelco meridional del Atlántico (o AMOC, por sus siglas en inglés) que modificaría patrones regionales de tiempo atmosférico, con sus consecuentes impactos en los ecosistemas y las actividades humanas¹⁵.

Actualmente, el sector está tomando muchas medidas para reducir su impacto ambiental y, especialmente, su intensidad de GEI. Algunas de ellas son cambiar de combustible o instalar elementos de asistencia con viento para reducir la demanda de combustible. Entre los cambios de combustible, es muy popular en el sector marítimo el uso de gas natural licuado (GNL). Sin embargo, este sigue siendo un combustible fósil que emite metano, un gas 80 veces más poderoso a nivel de efecto invernadero que el CO₂ en 20 años. El GNL es mejor en lo que se refiere a contaminación atmosférica, ya que puede reducir en un 90% las emisiones de NO_x y prácticamente al 100% las de azufre y partículas⁴⁴, siendo entonces apto para el uso en zonas protegidas como las ECA. Las reducciones de emisiones están entre el

7 y el 21% cuando se compara con el HFO⁴⁵, siendo mucho menores que otras alternativas y no consiguiendo las reducciones de emisiones necesarias para una verdadera transición ecológica. Además, el HFO es el combustible más contaminante y se está prohibiendo tanto en el Ártico como en zonas protegidas marítimas, por lo que compararlo con él es un poco engañoso.

El impacto del sector marítimo en el entorno no se limita al cambio climático, sino que es también destacable en la biodiversidad marina y en la salud de las personas. Por un lado, se ha visto que las emisiones de azufre y nitrógeno que se producen en la combustión pueden provocar la muerte prematura de las personas que viven en zonas costeras, y como muestra el estudio del Consejo Internacional para un Transporte Limpio (ICCT, por sus siglas en inglés) para el establecimiento del área de emisiones controladas (ECA, por sus siglas en inglés) del Atlántico Noreste, la limitación de esas emisiones puede evitar más de 4.000 muertes prematuras hasta 2030 y hasta 30 mil millones de euros asociados sólo en el área analizada¹⁶.

Una solución sencilla para reducir el contenido de azufre emitido es usar combustibles con menor cantidad de azufre, como los destilados o el ULSFO. El sector ha encontrado otra manera de reducirlo, que consiste en el uso de sistemas de lavado de gases o scrubbers que filtran las emisiones que se iban a expulsar a la atmósfera y las vierte en el océano. Esto traslada el problema del aire al mar, afectando a la biodiversidad marina por la alta concentración de azufre y otros tóxicos como hidrocarburos aromáticos policíclicos (o PAH, por sus siglas en inglés)¹⁷. Esta solución, que previene los efectos en la salud de las personas, destroza en cambio la vida de los animales marinos. Otras posibilidades como el cambio de combustible son mucho más limpias y tienen efectos colaterales positivos como la reducción de GEI. Por lo tanto, los scrubbers deberían dejar de ser usados y se deberían incentivar medidas que favorezcan los combustibles más limpios.

Los biocombustibles tienen el potencial de reducir la intensidad de GEI en gran medida, si se producen de manera sostenible. Hasta la fecha, son pocos los buques que utilizan estos combustibles y además lo hacen en mezclas, reduciendo así su impacto positivo. Por ello, se sabe poco sobre hasta qué punto los biocombustibles podrían mejorar la ambición climática del sector marítimo y sus efectos en otros temas como el punto de fluencia u otras características importantes cuando están en zonas de latitudes extremas y las temperaturas bajan. Igualmente, se prevé que la presencia de los biocombustibles no haga más que aumentar en el transporte marítimo, dando lugar a muchas más opciones para la investigación de su impacto y el desarrollo de tecnologías mejores.

Otro efecto del transporte marítimo en la biodiversidad es el ruido submarino antropogénico, que está aumentando y ha cambiado el sonido que había en el océano antes de la era industrial, reduciendo la capacidad auditiva de los animales marinos y modificando así su comportamiento y fisiología¹⁸. Las soluciones para este problema no derivan del cambio de combustibles, ni siquiera de incorporar sistemas de propulsión como hélices, sino que la principal manera de mejorar esto es reducir la velocidad de los buques y modificar los trayectos en zonas de especial vulnerabilidad.

El impacto ambiental de otros sectores también impacta al mar y, por tanto, al transporte marítimo. La contaminación marítima, de plásticos, basuras, nutrientes excesivos o químicos dañinos, el incremento de los niveles del mar y la erosión de las costas son problemas que pueden tener graves consecuencias en la vida marina y terrestre⁴⁶. El trabajo de la OMI por proteger al océano de la basura plástica es uno de los principales focos recientemente⁴⁷.

Qué son los biocombustibles

Los biocombustibles son combustibles producidos a partir de materiales de biomasa, como cultivos o residuos de distintos procesos. Su creciente interés y producción se debe a su potencial como alternativa a los combustibles fósiles. Sin embargo, su escasez e impacto ambiental hacen que estén muy lejos de ser una solución definitiva.

Se dividen en distintos tipos:

- Los biocombustibles de primera generación se producen a partir de materias primas vegetales, como la caña de azúcar, la palma, la soja, el maíz y la colza.
- Los biocombustibles de segunda generación (o biocombustibles avanzados) se obtienen a partir de biomasa lignocelulósica, materias primas de cultivos no alimentarios, residuos agrícolas y forestales y residuos industriales³⁹.
- Los biocombustibles de tercera generación se producen a partir de algas, lodos de depuradora y residuos sólidos urbanos⁴⁰.
- Los biocombustibles de cuarta generación pretenden utilizar materias primas genéticamente optimizadas y diseñadas para mejorar la captura de dióxido de carbono⁴¹.

Los biocombustibles de primera y segunda generación son los más populares⁴². Los biocombustibles pueden utilizarse en lugar de los combustibles fósiles en la mayoría de los medios de transporte actuales, como coches, barcos, camiones y aviación, además de para la calefacción y otros usos de los combustibles. Según el proceso por el que se producen, pueden ser biodiésel, HVO, HEFA y bioetanol, principalmente. El biodiésel y el HVO sustituyen al diésel, el bioetanol, la gasolina y el HEFA es el único apto para la aviación.

Impacto ambiental de los biocombustibles

Los biocombustibles están incentivados en la DER como una alternativa a los combustibles fósiles que ayuda a reducir las emisiones de carbono y, por tanto, los considera una herramienta para la descarbonización. Sin embargo, el impacto ambiental de los biocombustibles no es tan claro y aunque hay opciones con las que hay reducciones sustanciales de emisiones, hay muchas otras en las que la reducción es cuestionable y que puede ser peligroso incentivar.

En 2024 publicamos desde ECODES un [informe](#) extensivo sobre el escenario de los biocombustibles en España y el rol que tenían que tener en la descarbonización de la economía⁸. Este informe analiza la información pública que había hasta la fecha sobre los biocombustibles. Los biocombustibles se hacen de biomasa, principalmente de cultivos, los llamados de primera generación, y de residuos, o de segunda generación. Se estima que pueden reducir hasta un 90% las emisiones en comparación con los combustibles fósiles, aunque algunos biocombustibles pueden emitir incluso más que los fósiles. La Agencia Europea para la Seguridad Marítima (EMSA, por sus siglas en inglés) usa un estudio de 2016

de T&E¹⁹ para clasificar los biocombustibles según su sostenibilidad que se encuentra en la imagen 1²⁰.

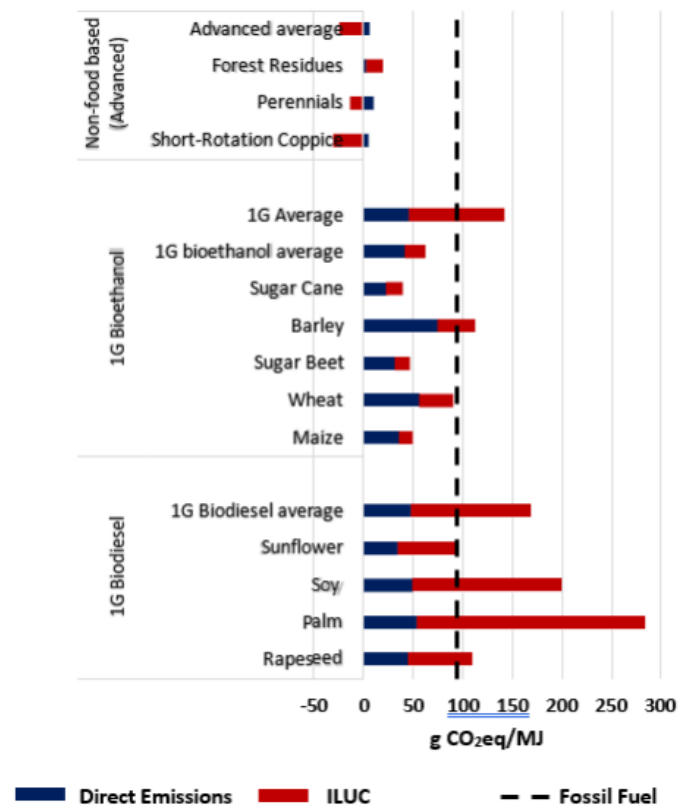


Imagen 1: Emisiones de los biocombustibles según diferentes materias primas. Fuente: Transport & Environment¹⁹ y EMSA²⁰

Se puede observar que los de primera generación (1G) y en especial los de palma y soja, cuando tienen en cuenta el cambio indirecto del uso de la tierra (ILUC, por sus siglas en inglés), pueden ser casi tres veces más contaminantes que el combustible fósil. El ILUC consiste en el cambio de por ejemplo tierras de bosque en tierra agrícola que puede suceder al incrementar la demanda de cultivos y que puede implicar una cantidad sustancial de emisiones de CO₂, por la liberación de carbono secuestrado en el suelo²¹. Por esta razón, hay un Acto Delegado de la UE (2019/807) que excluye las materias primas con más alto ILUC de los objetivos de la DER²². Hasta ahora, sólo la palma ha sido incluida, pero se espera que la soja, por los datos más recientes, sea añadida pronto. Otras materias primas, como la caña de azúcar (Sugar Cane) o los residuos forestales (Forest Residues) tienen más potencial de reducción, como se ve en la imagen 1.

Se aprecia una gran diferencia entre las emisiones de los biocombustibles de primera generación y de segunda generación. Para una verdadera descarbonización, los de segunda generación son los que realmente pueden actuar. Sin embargo, su naturaleza los hace limitados (no se puede “fabricar residuos”) y por tanto los biocombustibles verdaderamente sostenibles no son escalables.

Actualmente, las empresas que apuestan por los biocombustibles como alternativa a los combustibles fósiles se están enfocando en los de segunda generación, por su potencial de reducción y las posibles limitaciones regulatorias hacia los biocombustibles de cultivos. Sin embargo, por la escasez de disponibilidad de estas materias de manera local es muy difícil abastecer la creciente demanda para producir biocombustible en España. Por eso, las importaciones de materias primas han aumentado, siendo de más del 90% para el biodiésel y el HVO (los biocombustibles más producidos en 2023)²⁴. Así, uno de los grandes argumentos de los partidarios de los biocombustibles, que es la independencia energética, cae por su propio peso.

La escasez de biocombustibles realmente sostenibles hace necesaria una priorización de usos en aquellos sectores donde más se necesitan, que son los que no tienen alternativa a una electrificación eficiente, como es el transporte marítimo. La descarbonización del sector enfrenta diversas posibilidades, como la reducción de la demanda de combustible tanto por reducción de viajes como por el uso de tecnologías de asistencia de viento que reducen el consumo de combustible hasta un 40%²⁵.

Hay otras alternativas de combustible además de los biocombustibles líquidos, como puede ser el biometanol o el amoniaco, dos propuestas muy populares en el mundo marítimo. Según la Agencia Internacional de la Energía (AIE) en su Hoja de Ruta Net Zero estiman una gran aportación del hidrógeno para el transporte marítimo, relativamente mucho más que la aviación, dejando a los biocombustibles con una contribución mucho más pequeña, como se ve en la Imagen 2²⁶. El hidrógeno forma parte de los combustibles renovables de origen no biológico (RFNBO, por sus siglas en inglés). Los RFNBO son los combustibles sintéticos y el hidrógeno verde, que tienen el potencial de ser cero emisiones y escalables por producirse esencialmente a partir de una fuente de carbono, que puede ser CO₂; agua o el propio hidrógeno; y energía, y no tienen ninguna base biológica³⁰.

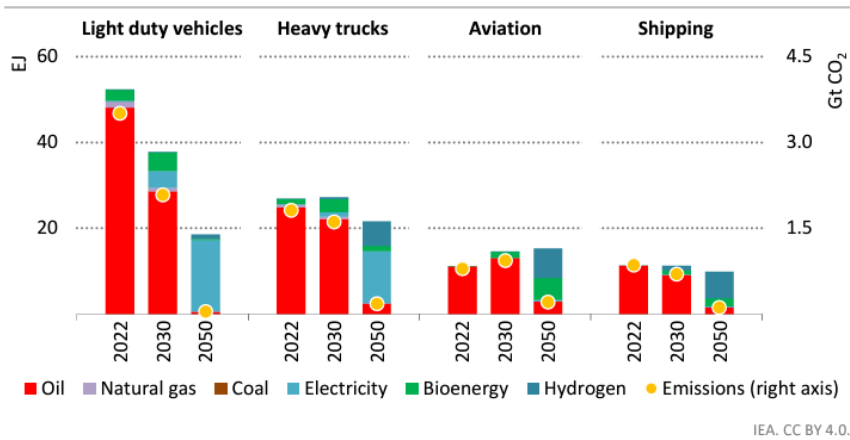


Imagen 2: Consumo de energía final en el transporte por combustible para modos seleccionados, 2022-2050. Shipping=transporte marítimo. Fuente: AIE²⁶.

Regulación en torno al transporte marítimo y los biocombustibles

Global

ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL

La OMI ha regulado recientemente el Estándar de Combustible Global basado en la intensidad de emisiones de GEI de los combustibles⁴⁹. Este Estándar establece unos límites de intensidad de gases de efecto invernadero que se reducen gradualmente hasta alcanzar el 100% en 2050⁵¹. En 2030 el objetivo mínimo es de 18% y aumenta exponencialmente, llegando al 46% en 2035, como se muestra en la tabla 1.

Scenario	Metric	2027	2030	2035	2040	2045	2050
Minimum IMO target	GHG intensity	82	76	50	26	12	0
	Reduction from 2019 baseline	11%	18%	46%	72%	87%	100%

Tabla 1: Intensidades de GEI del ciclo completo (gCO₂e/MJ) y reducciones de las intensidades de GEI del ciclo completo de los combustibles marinos con respecto a la referencia de 2019 para los combustibles fósiles, necesarias para alinear la GFS con diferentes trayectorias de emisiones. Fuente: ICCT⁵¹.

Aunque los biocombustibles son una de las vías más prácticas para cumplir con las normas de emisiones establecidas por la OMI⁵⁰, por la reducción de emisiones que suponen, la disponibilidad limitada de los avanzados, hacen necesario el desarrollo de los combustibles sintéticos para poder escalar⁵¹. Además, hay objetivos específicos para el uso de combustibles de cero emisiones (donde estarían los combustibles sintéticos o el hidrógeno verde), de un 5% para 2030.

Europa

FUELEU MARITIME

El Reglamento 2023/1805 Fuel EU Maritime es un reglamento europeo que forma parte del paquete "Fit for 55". Su objetivo es aumentar el uso de combustibles renovables y bajos en

carbono para reducir las emisiones de GEI del transporte marítimo²⁷, aumentando el uso de combustibles renovables y combustibles hipocarbónicos y de fuentes de energía sustitutorias en el transporte marítimo mientras se garantiza el buen funcionamiento de los buques y el sector en general²⁹. Esto es muy relevante, ya que el transporte marítimo representa el 13,5% de las emisiones de GEI del transporte de la UE como se ve en la Imagen 3.

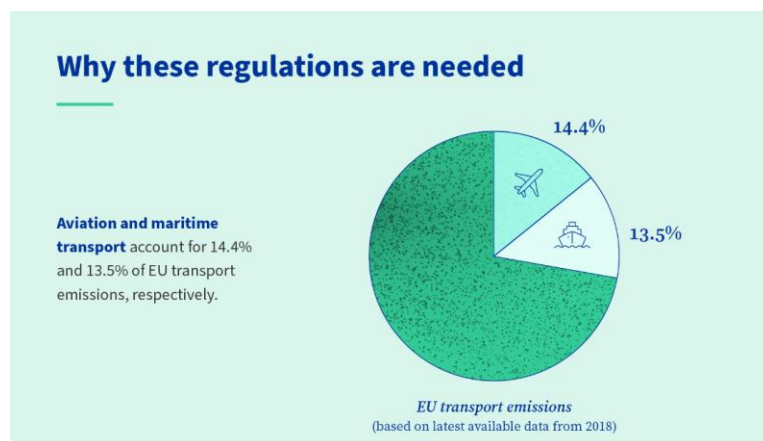


Imagen 3: Emisiones de la aviación y la navegación por transporte en la UE. Fuente: Consejo Europeo¹²

FuelEU Maritime se centra en el uso de RFNBO, la obligación del uso de suministro eléctrico en tierra y la exclusión de los combustibles fósiles del proceso de certificación²⁷. Los RFNBO son incentivados por este reglamento, contando con un multiplicador doble para recompensar a quienes lo utilicen. Además, esta regulación trata a los biocombustibles producidos a partir de cultivos alimentarios y forrajeros con el mismo factor de emisión que los combustibles fósiles, incentivando la producción de los de segunda generación. Además, los ingresos generados por la aplicación del reglamento ("penalizaciones FuelEU") se destinarán a proyectos de apoyo a la descarbonización del sector marítimo con un mecanismo de transparencia mejorado.

Los objetivos de reducción de la intensidad de carbono se establecen y representan en la imagen 4, con grandes perspectivas para las décadas de 2030 y 2040. Establece un límite a la intensidad de las emisiones de la energía utilizada a bordo y la obligación de usar y suministrar electricidad desde tierra o tecnologías de emisión cero. La intensidad de emisiones se reducirá gradualmente, de un 2% en 2025, a un 6% en 2030 y un 80% en 2050.

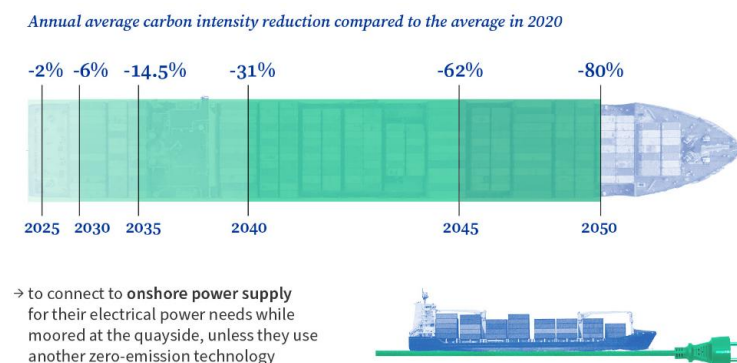


Imagen 4: Reducción media anual de la intensidad de carbono en comparación con la media en 2020. Fuente: Consejo Europeo¹²

La normativa entrará en vigor en 2025 e impone un requisito de intensidad de GEI de lo que se llama “well-to-wake”, abarcando toda la cadena de suministro, desde que se extrae el combustible hasta las embarcaciones²⁸. Una de las características del FuelEU Maritime, y un tema en discusión en la OMI, es la posibilidad de agrupar el cumplimiento entre varios barcos de la misma o diferentes empresas, o el llamado “mecanismo de intercambio”. De este modo, cada barco individual no tendría que cumplir con la intensidad de GEI del combustible requerida, sino que podría contar con la contribución de otros barcos para lograr un nivel combinado de intensidad de GEI por debajo del umbral establecido. La organización experta en el sector marítimo DNV estima que, en términos de coste total por tonelada de reducción de emisiones de GEI, la implementación de un mecanismo de intercambio podría disminuir el coste de la descarbonización en un 6%²⁸.

FuelEU también incentiva la adopción de tecnologías de propulsión alternativas con energías renovables, la infraestructura portuaria verde, los créditos de carbono, la eficiencia energética y promueve la investigación para el desarrollo de combustibles alternativos y de soluciones innovadoras para reducir emisiones. Entre las energías renovables que incentiva se encuentran los biocombustibles, que se consideran una alternativa escalable y lista para el mercado actual, pero que es muy peligrosa ambientalmente si se permite cualquier tipo de biocombustible, también el que tiene un alto riesgo de cambio indirecto del uso de la tierra. Las nuevas regulaciones y tecnologías deben tener en cuenta este tipo de impactos y apostar por las maneras más sostenibles de innovar en el transporte marítimo.

DIRECTIVA DE ENERGÍA RENOVABLE

La Directiva de Energía Renovable (2018/2001/UE) es el marco jurídico para el desarrollo de energías limpias en todos los sectores de la economía de la UE³¹. Su objetivo es aumentar la cuota de energía renovable que se promovió por primera vez en el Pacto Verde Europeo y, a su vez, reducir el consumo de combustibles fósiles. En su última revisión, que tuvo lugar en 2023, el objetivo de energía renovable se incrementó hasta el 42,5%. Esta nueva normativa tiene objetivos sectoriales entre los que se encuentra el transporte, que obliga a tener una cuota del 29% de renovables o un 14,5% de reducción de la intensidad de carbono para 2030. Este ambicioso objetivo es positivo pensando en la transición energética que debe llevar a

cabo Europa, pero también incentiva los biocombustibles, considerados energía renovable en la DER. Los biocombustibles, como se analiza en el apartado de impacto ambiental, no siempre son la mejor solución para el medio ambiente y la directiva debería ser cuidadosa a la hora de aumentar los objetivos, imponiendo también prohibiciones o restricciones a aquellos biocombustibles más perjudiciales para el medio ambiente.

La DER divide los biocombustibles que se incentivan en dos categorías diferentes en el Anexo IX: Parte A y Parte B, y establece objetivos específicos para su uso en el transporte. Los biocombustibles de cultivos tienen un límite por separado de un 7%, como se ve en la imagen 5.

- Los biocombustibles de la **Parte A** tienen materias primas que constituyen lo que se consideran biocombustibles avanzados y tienen un subobjetivo específico del 4,5% para 2030, que es aproximadamente el mismo que el objetivo de la DER II³². Se basan principalmente en desechos y residuos³³.
- Los biocombustibles de la **Parte B** tienen un subobjetivo del 1,7%, igual que en la DER II, y son exclusivamente aceite de cocina usado (conocido como UCO, por sus siglas en inglés) y grasas animales de las categorías 1 y 2 (una clasificación que hace la propia DER para eliminar aquellas grasas animales que se usan en alimentación animal, las llamadas de categoría 3⁶²).

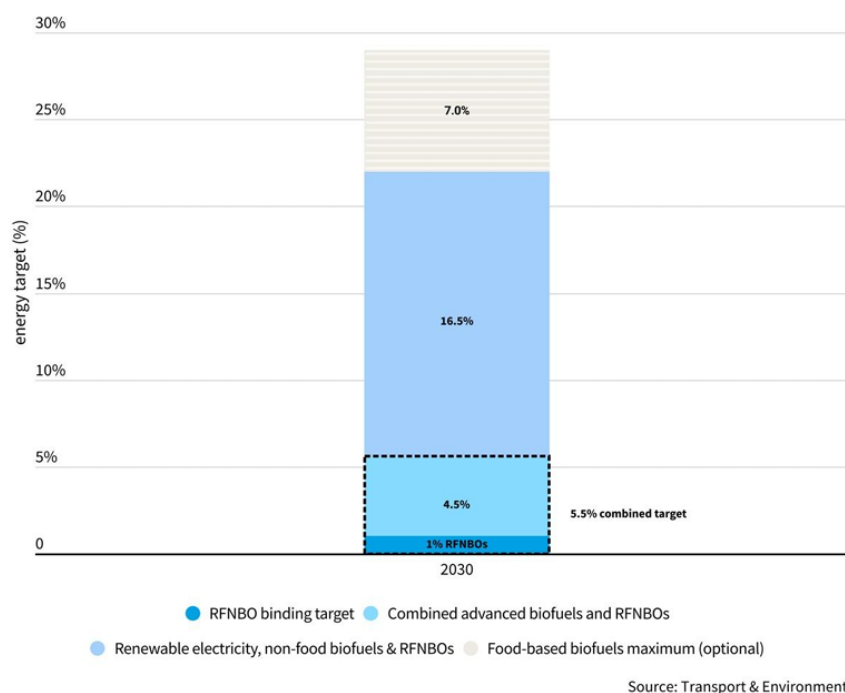


Imagen 5: objetivos de combustibles de transporte en la RED actualizada. Fuente: Transport & Environment³²

Para solventar la limitación de materias primas de los biocombustibles, recientemente se ha incluido la posibilidad de usar cultivos intermedios o cultivados en zonas degradadas o abandonadas. En un anexo que modifica el Anexo IX de la DER, se añaden nuevas materias

primas³⁴. En este proyecto, las partes A y B incluían dos nuevas materias primas controvertidas:

- **Los cultivos intermedios**, como los cultivos cortos y los cultivos de cobertura, que se cultivan en zonas en las que, debido a un corto periodo de vegetación, la producción de cultivos alimentarios y forrajeros se limita a una sola cosecha, siempre que su uso no dispare la demanda de tierras adicionales, y que se mantenga el contenido de materia orgánica del suelo, cuando se utilicen para la producción de biocombustible para el sector de la aviación en la parte A, y para la no aviación en la parte B.
- **Los cultivos de tierras gravemente degradadas**, excepto los cultivos alimentarios y forrajeros, destinados a la producción de biocombustible para el sector de la aviación en la parte A, y para la no aviación en la parte B.

Mientras que exclusivamente en la parte B se añade:

- **Cultivos dañados** que no son aptos para su uso en la cadena alimentaria humana o animal, excluidas las sustancias que han sido modificadas o contaminadas intencionadamente para cumplir esta definición.

Estas inclusiones implican algunas cuestiones a regular y es muy importante que se demuestre que esos cultivos no podrían haber sido alimentos o piensos, además de que no tienen un impacto negativo sobre los suelos o la captura de carbono. Por eso, se debe hacer un extensivo análisis de ciclo de vida a esta producción para asegurar que, una vez más, el remedio no es peor que la enfermedad.

El objetivo de transporte combinado cuenta con un 5,5% final de RFNBO (1%) y biocombustibles avanzados (parte A, 4,5%). Además, como se ve en la imagen 5, hay un objetivo adicional del 16,5% para la electricidad renovable, los biocombustibles no alimentarios y los RFNBO y se mantiene un 7% opcional para los biocombustibles procedentes de cultivos, que no forman parte del anexo IX³².

El objetivo combinado también incluye un subobjetivo indicativo del 1,2% para el suministro de RFNBO al transporte marítimo para los estados miembros con puertos marítimos. Este 1,2% se refiere a los combustibles suministrados únicamente al sector marítimo, no a todos los combustibles de transporte³⁵.

ACTO DELEGADO 2019/807

El Acto Delegado 2019/807 sobre materias primas de alto riesgo para el uso de la tierra y el cambio climático regula aquellas materias que, por su impacto en el uso de la tierra, están excluidas de los objetivos de biocombustibles de la DER y deben ser eliminadas para 2030, las que tienen alto riesgo de ILUC³³. Hasta ahora, sólo se incluye el aceite de palma y sus derivados, pero hay una revisión pendiente que podría incluir la soja en un futuro próximo. Es necesario que el Acto Delegado incluya la soja y sea más estricto, adelantando el plazo de eliminación a “de manera inmediata”. La revisión lleva retrasándose más de un año. Es

importante que, a su vez, los demás biocombustibles derivados de cultivos deben reducirse progresivamente a lo largo de esta década y eliminarse en 2030.

España

PLAN NACIONAL INTEGRADO DE ENERGÍA Y CLIMA

Los Planes Nacionales Integrados de Energía y Clima (PNIEC) son planes nacionales regulados por el Reglamento sobre la gobernanza de la unión de la energía y la acción por el clima (UE) 2018/1999 que establecen estrategias y medidas que garantizan que a nivel nacional los objetivos energéticos y climáticos, y los compromisos de GEI a largo plazo, sean coherentes con el Acuerdo de París³⁶. Se presentan a la Comisión Europea, que los evalúa y opina sobre la precisión o ambición de las medidas. Mientras que el PNIEC español presentado en 2021 pretendía una reducción del 23% de las emisiones de GEI para 2030³⁷, la nueva versión publicada en 2024 aumentó el objetivo hasta el 32%³⁸. Esta actualización también creó un nuevo objetivo de reducción de la intensidad de las emisiones para el transporte del 16,3%, aumentó al 28% la energía renovable en el transporte y al 17,26% los RFNBO y los biocombustibles avanzados del Anexo IX parte A, todos ellos para 2030. El PNIEC no tiene carácter vinculante, sino que funciona como guía y estrategia de trabajo para las políticas nacionales.

La primera versión tenía una medida específica (1.7) para los biocombustibles avanzados en el transporte, mientras que el nuevo borrador menciona el mismo tema en la medida 1.12 y relaciona los biocombustibles con el transporte marítimo en la medida 1.13.

La medida 1.12 se centra en el desarrollo de biocombustibles avanzados para el transporte, enmarcándola en la importancia de descarbonizar el sector que más GEI emite en España (30,8% en 2022)³⁸. El objetivo es incrementar el uso de biocombustibles avanzados y RFNBO en el sector transporte, planteando la posibilidad de establecer mecanismos para forzar la venta o el consumo de biocombustibles y RFNBO, promoviendo etiquetas para las gasolineras que fomenten el uso de biocombustibles, al tiempo que se limita el uso de biocombustibles de cultivos.

La medida 1.13 se refiere a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero del sector marítimo y se basa en el Reglamento marítimo FuelEU y en la estrategia "Fit for 55". Promueve los biocombustibles y hace hincapié en la rápida implantación de biocombustibles avanzados. También menciona la importancia de las asociaciones público-privadas y la transferencia de conocimiento³⁸. Esta medida 1.13 funciona como transposición del reglamento FuelEU Maritime, y sus objetivos no son ni más ni menos ambiciosos.

ORDEN TED/728/2024 DE FOMENTO DE LOS BIOCOMBUSTIBLES Y COMBUSTIBLES RENOVABLES PARA EL TRANSPORTE

La Orden TED/728/2024, del 15 de julio para el Desarrollo de un mecanismo de fomento de biocombustibles y otros combustibles renovables con fines de transporte limita la producción de biocombustibles de cultivos, disminuyendo el objetivo año a año, y establece una fecha de eliminación progresiva de la palma para 2025 debido a su certificación ILUC¹⁵.

Esta Orden, a diferencia del PNIEC, es vinculante. Existe un ligero incentivo para determinados usos en el artículo 12, donde el transporte marítimo tiene un multiplicador de 1,2, excluyendo los biocombustibles para alimentos y piensos. Esto significa que hay un incentivo para los usos, aunque muy pequeño. Además, la orden incluye un informe anual de la agencia de certificación donde se indicará dónde se utilizaron esos biocombustibles y combustibles renovables. Esta normativa también incentiva los RFNBO, ya que los incluye como parte del objetivo con un multiplicador de 2, como en el reglamento FuelEU Maritime.

ORDEN TED/1342/2022 POR LA QUE SE ESTABLECE UN LÍMITE A LOS BIOCOMBUSTIBLES PARA LA ALIMENTACIÓN HUMANA Y ANIMAL

En 2022, se aplicó la orden TED/1342/2022 que establecía una vía de reducción para los biocombustibles destinados a la alimentación humana y animal. Los objetivos fijados eran 3,5% para 2023, 3,0% para 2024 y 2,6% para 2025. A partir de 2025, los objetivos se prorrogan en caso de que no se actualice la normativa, y de momento no hay ninguna actualización, por lo que una actualización que redujera los objetivos a 0 a partir de 2025 sería necesaria para garantizar más sostenibilidad.

Los biocombustibles en el transporte marítimo

Comparación con combustibles fósiles tradicionales

Los biocombustibles están incluidos en la DER porque su análisis de ciclo de vida así dice hacerlo, al ser combustibles que reducen las emisiones, al menos un 50% hasta 2015 y un 65% después de 2021, para su uso en transporte⁶³. Según el Ministerio para la Transición Ecológica, en el año 2023 los biocombustibles redujeron un 83% las emisiones de GEI respecto a los combustibles fósiles⁴³. Esta reducción se produce en los cultivos porque absorben el CO₂ de la atmósfera que luego se expulsa en la combustión, y en los residuos por no ser emisiones previstas en el uso de esa materia prima en primer lugar.

Como se ha visto en el apartado de impacto ambiental, el ILUC es un factor relevante que modifica estas reducciones, y las hace inexistentes en algunos casos cuando se analiza bien su ciclo de vida y las emisiones indirectas. Además, los biocombustibles siguen emitiendo NO_x e incluso sus emisiones pueden aumentar respecto a los combustibles fósiles⁴⁸, lo que tiene efectos negativos en la salud de las personas⁵². Además, los biocombustibles sus emisiones de azufre son muy bajas, lo cual también es muy importante para la salud de las personas y la biodiversidad marina, cuando se usan scrubbers⁶⁶. Respecto al carbono negro, los biocombustibles sí reducen la cantidad de materia de partículas, siendo una buena opción para la transición energética en el Ártico y así reducir el efecto multiplicador de estas emisiones en la región⁶⁷.

En el informe “El escenario de los biocombustibles en España” se compara el consumo actual de combustibles fósiles y la producción estimada de biocombustibles para 2030⁸. En la tabla 2 se observa que con el análisis hecho en 2024 la brecha entre la demanda de combustible y la posible oferta es de más de 53 millones de toneladas. Esto significa que si se quisiera seguir dependiendo de quemar combustible, la única manera sería seguir usando biocombustibles en mezclas y, por lo tanto, mantener nuestra economía ligada a los combustibles fósiles. Esta tabla también muestra la imperante necesidad de reducir la demanda de combustibles, tanto electrificando como reduciendo los viajes y aumentando la eficiencia energética. Si no, el riesgo se encuentra en aumentar la producción de biocombustibles con materias primas más escalables, pero menos sostenibles, como los cultivos y las importaciones.

Combustibles líquidos fósiles		Biocombustibles	
Gasolina	6.068.259,51	Cartagena (Repsol)	250.000
Diesel	30.525.197,56	Puertollano (Repsol)	240.000
Fuelóleo	7.038.761,41	Palos de la Frontera (Cepsa)	500.000
GLP	2.097.008,04	Otros proyectos de Cepsa	2.000.000
Otros combustibles	4.673.526,62	Soria (Solarig)	60.000
Queroseno	6.642.869,15	Castellón (BP)	650.000
		Berantevilla (Gunvor)	40.000
		Huelva (Gunvor)	110.000
	57.045.622,29		3.850.000

Tabla 2: Consumo de combustibles fósiles en España en 2023 en toneladas (datos de CORES) comparado con las predicciones de producción anual de biocombustibles para 2030 en toneladas. Fuente: ECODES⁸

Limitaciones técnicas y logísticas

A pesar de que los biocombustibles se aceptan como una alternativa desarrollada tecnológicamente y lista para usar en todo tipo de transporte, su procedencia biológica hace que tenga ciertos riesgos técnicos, como expresa Anave con datos de DNV⁵³:

- Crecimiento microbiano: Pueden formarse bacterias y moho y provocar la obstrucción de filtros y tuberías.
- Degradación por oxígeno: El biodiésel puede formar depósitos en las tuberías y el motor, comprometiendo el rendimiento operativo.
- Mayor punto de turbiedad: El punto de turbidez es generalmente mayor que el de los combustibles líquidos convencionales, lo que puede provocar la obstrucción de los filtros a bajas temperaturas.
- Corrosión: Algunos tipos de mangueras y juntas pueden degradarse, provocando la pérdida de integridad y su posible reacción con algún material metálico formando depósitos.
- Posible deterioro de sellados de goma, juntas y mangueras: Importante verificar que estos componentes pueden utilizarse con el biocombustible.

Costes y viabilidad económica

La viabilidad económica es cada vez menos una barrera para el despliegue de biocombustibles en el sector marítimo, con el biodiésel a precios muy similares al diésel convencional, aunque el bioetanol sí que sigue siendo un 40% más caros⁵⁹. Sin embargo, con la implementación del estándar global de combustible de la OMI y los costes asociados a los combustibles más contaminantes, el biocombustible surge como una oportunidad relativamente asequible, sobre todo en comparación con otras alternativas más escalables como los RFNBO.

Casos recientes

Los biocombustibles ya están presentes en la industria naviera española, principalmente de manos de Moeve y de Repsol, dos de los principales productores de combustible que están invirtiendo mucho para transformar sus fábricas y poder abastecer al sector marítimo, y otros, de biocombustible. Desde estas empresas a menudo se comunica la necesidad de evitar los biocombustibles de primera generación⁶⁴ y los beneficios de la economía circular y la independencia energética⁶⁵, aunque con las grandes inversiones y perspectivas de producción es muy posible que deban recurrir al uso de cultivos (aunque sean intermedios o en tierras degradadas) y a la importación, lo cual no favorece ninguno de esos beneficios.

Repsol, por ejemplo, colabora con **Navantia**⁵⁴, con quienes están desarrollando tanto biocombustibles como combustibles sintéticos para evaluar su comportamiento en los buques⁶¹.

Moeve se ha aliado con la terminal ACE del **puerto de Rotterdam** para suministrar hidrógeno verde a otros sectores del norte de Europa o al transporte marítimo en el mismo puerto⁵⁵. Además, la empresa está apostando por el sector naviero también en España, habiendo realizado 84 viajes en el estrecho de Gibraltar con biocombustibles junto con **Naviera Armas Trasmediterránea**, siendo la primera vez que los utilizan con transporte de personas⁵⁶ y a quienes abastecerán con 40.000 toneladas de biocombustible este 2025⁵⁷.

Conclusiones y recomendaciones políticas

Los biocombustibles van a ser una herramienta en la transición ecológica del sector marítimo, al ser un sector con difíciles alternativas para la descarbonización. Sin embargo, la escasez de biocombustibles sostenibles hará que su impacto sea relativo y que sea necesario invertir en otro tipo de alternativas como la eficiencia energética, la reducción de la demanda de energía y el despliegue de combustibles más sostenibles, como los RFNBO.

Con regulación cada vez más estricta en cuanto a la reducción de emisiones y el medio ambiente, las inversiones que aumentan en nuevos combustibles parece que van a seguir ese camino, incrementando en cantidad y alcance de sectores. Es importante que la gran movilización de recursos que se está llevando a cabo para la descarbonización, la industrialización, la digitalización y la reducción de la dependencia energética se produzca hacia las soluciones que más oportunidades tienen, las más escalables, mientras se reconocen las limitaciones que van a tener y los sectores donde hay que concentrar los esfuerzos.

Recomendaciones políticas

Las administraciones públicas deben afrontar estos retos con todos los mecanismos al alcance, con ayuda de las empresas y de la sociedad civil, y con un enfoque de misiones que ayude a solucionar de manera holística el cambio climático y las graves consecuencias que comporta. El gobierno debe asegurarse de que el despliegue de esta no tan nueva tecnología pero de reciente mayor interés no se produce a costa de un desastre ambiental, sino que realmente contribuye a la descarbonización de nuestra economía y especialmente del sector del transporte. Hay ciertas medidas que surgen a partir del informe que podrían ayudar a asegurar esto:

1. Los biocombustibles se ha visto que son escasos y difíciles de escalar. Es importante que estos combustibles **se usen en los sectores más necesarios** donde las alternativas no están tan desarrolladas, como el transporte marítimo y la aviación. En cambio, no deben ser una opción para descarbonizar el transporte por carretera. Las organizaciones gubernamentales, desde la UE al Gobierno de España, deben incentivar su uso donde más se necesita y limitarlo donde no.
2. Teniendo en cuenta los impactos ambientales de los **biocombustibles de primera generación**, es importante que estos **no se incentiven** en ningún objetivo y que **se incorpore a la soja como** materia prima de alto ILUC en el **Acto Delegado 2019/807**.
3. Los nuevos combustibles más escalables como los **RFNBO deben incentivarse** con más investigación, más financiación y normativa más estricta, como aumentar los multiplicadores y los objetivos específicos para esta tecnología.
4. Para una verdadera independencia energética, los biocombustibles no deben ser sólo producidos en España sino que sus materias primas también deberían ser locales. Para ello, es conveniente **analizar la disponibilidad de materias primas a nivel español** y hacer un plan para recoger

5. Con el mayor despliegue de biocombustibles, **la investigación y el desarrollo** deben seguir el mismo camino, aumentando y analizando los impactos ambientales y buscando formas de mejorarlo.
6. Se debe **priorizar la eficiencia energética**. Ejemplos como el de las velas rígidas de Bound4Blue²⁵ son claras señales de que hay maneras diferentes de hacer las cosas, reduciendo los costes para las navieras y promoviendo la descarbonización. Innovar es también mirar a la naturaleza y a los recursos que siempre se han usado, como el viento, para mejorar el desempeño de la transición.
7. Incentivar el **uso de energía renovable en puerto** y su uso por los barcos sería una opción para ahorrar muchas emisiones, ya que hasta un 7% de la energía del barco se puede cubrir con energía del puerto²⁸.
8. **Electrificar los barcos de corto trayecto** que se puedan, como se ha visto en ejemplos de Balearia entre Ibiza y Formentera⁶⁰.
9. Es importante que **las empresas, el sector público, la sociedad civil y la academia se unan** para trabajar este tema y trabajar en una **Hoja de Ruta de los Biocombustibles** que analice las posibilidades de los biocombustibles en España, además de la disponibilidad de materias y los posibles usos de los mismos.

Referencias

1. European Environment Agency and European Maritime Safety Agency, 2025. European Maritime Transport Environmental Report 2025. EEA-EMSA Joint Report 15/2024
2. <https://www.transportenvironment.org/challenges/energy/biofuels/>
3. https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2018_en.pdf
4. <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Fourth-IMO-Greenhouse-Gas-Study-2020.aspx>
5. <https://www.imo.org/es/About/Paginas/Default.aspx>
6. <https://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/pages/IMO-approves-netzero-regulations.aspx>
7. DNV (2025). BIOFUELS IN SHIPPING. Current market and guidance on use and reporting
8. https://ecodes.org/images/que-hacemos/01.Cambio_Climatico/Incidencia_politicas/Biocombustibles/Informe_Biocombustibles_Espana_ECODES.pdf
9. Vlasceanu, M., Doell, K. C., Bak-Coleman, J. B., Todorova, B., Berkebile-Weinberg, M. M., Grayson, S. J., ... & Lutz, A. E. (2024). Addressing climate change with behavioral science: A global intervention tournament in 63 countries. *Science advances*, 10(6), eadj5778.
10. <https://ourworldindata.org/climate-change-support>
11. <https://www.imo.org/en/ourwork/Environment/Pages/Fourth-IMO-Greenhouse-Gas-Study-2020.aspx>
12. <https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/fit-for-55-refueled-and-fueled/>
13. Marks, A. A., & King, M. D. (2013). The effects of additional black carbon on the albedo of Arctic sea ice: variation with sea ice type and snow cover. *The Cryosphere*, 7(4), 1193-1204.
14. <https://www.science.org/content/article/arctic-warming-four-times-faster-rest-world>
15. <https://www.icos-cp.eu/news-and-events/news/scientists-warn-collapse-atlantic-meridional-overturning-circulation-amoc>
16. <https://theicct.org/pr-environmental-and-health-benefits-of-a-designated-north-atlantic-emission-control-area-nov24/>
17. Picone, M., Russo, M., Distefano, G. G., Baccichet, M., Marchetto, D., Ghirardini, A. V., ... & Marcomini, A. (2023). Impacts of exhaust gas cleaning systems (EGCS) discharge waters on planktonic biological indicators. *Marine Pollution Bulletin*, 190, 114846.
18. Carlos M. Duarte *et al.*, The soundscape of the Anthropocene ocean. *Science* **371**, eaba 4658 (2021). DOI:10.1126/science.aba4658
19. Transport & Environment, 2016. Globiom: the basis for biofuel policy post-2020, s.l.: European Federation for Transport and Environment.
20. EMSA. (2023). Update on Potential of Biofuels for Shipping
21. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/memo_12_787
22. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0807>
23. MEPC.1/Circ.905 on Interim guidance on the use of biofuels under regulations 26, 27 and 28 of MARPOL Annex VI (DCS and CII).
24. https://ecodes.org/images/que-hacemos/01.Cambio_Climatico/Incidencia_politicas/Biocombustibles/Informe_Biocombustibles_Espana_ECODES.pdf
25. <https://bound4blue.com/>
26. Hoja de ruta Net Zero. AIE 2023. https://iea.blob.core.windows.net/assets/9a698da4-4002-4e53-8ef3-631d8971bf84/NetZeroRoadmap_AGlobalPathwaytoKeepthe1.5CGoalinReach-2023Update.pdf

27. <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2023/07/25/fueleu-maritime-initiative-council-adopts-new-law-to-decarbonise-the-maritime-sector/>
28. <https://www.dnv.com/maritime/publications/maritime-forecast/?elqTrackId=0a6d30414ae9457e8afde081370d2c8b&elq=a31d064f1dc14a2d908607118e976eae&elqaid=33266&elqat=1&elqCampaignId=23640&elqcst=272&elqcsid=3856&elqak=8AF504AA550D0C24676D4912592AD0D13A6848EB678E8754940782873987B60C06EB>
29. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2023-81311>
30. https://ecodes.org/images/que-hacemos/01.Cambio_Climatico/Incidencia_politicas/Aviaci%C3%B3n/Informe/Informe_Aviaci%C3%B3n_V3.pdf
31. https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-directive_en
32. <https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2023/09/RED-III-Fact-sheet-biofuels-FINAL.pdf>
33. <https://www.iscc-system.org/wp-content/uploads/2022/09/Dr-Jan-Henke-Meo-Carbon-Solutions-New-Regulative-Framework-in-the-EU-RED-II---Opportunities-for-Latin-America-.pdf>
34. <https://webgate.ec.europa.eu/regdel/web/delegatedActs/2202/documents/22591?lang=en>
35. <https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2023/09/RED-III-Fact-sheet-on-RED-targets.pdf>
36. https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/energy-union_en#regulation-on-the-governance-of-the-energy-union-and-climate-action
37. <https://www.miteco.gob.es/es/prensa/pniec.html>
38. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/energia/files-1/pniec-2023-2030/PNIEC_2024_240924.pdf
39. Fokaides, P. A., Christoforou, E., López-García, I., & Garcia-Garcia, G. (2023). Evaluación del ciclo de vida de los biocombustibles. En *Handbook of Biofuels Production* (pp. 25-54). Woodhead Publishing.
40. Nanda, S., Rana, R., Sarangi, P. K., Dalai, A. K., & Kozinski, J. A. (2018). Una amplia introducción a los biocombustibles de primera, segunda y tercera generación. *Avances recientes en la utilización de biocombustibles y bioenergía*, 1-25.
41. Moodley, P. (2021). Biocombustibles sostenibles: oportunidades y retos. *Sustainable Biofuels*, 1-20.
42. Cortés-Sánchez, M. D., Gata-Montero, E. M., Pipió-Ternero, A., Rodríguez-Rivas, Á., & Sánchez-Santos, J. (2019). Biocombustibles: tipos y estrategias de producción. *MoleQla: Rev. Cienc. Univ. Pablo Olavide* (35), 20-25.
43. <https://www.miteco.gob.es/es/energia/hidrocarburos-nuevos-combustibles/biocarburantes/estadisticas.html>
44. <https://piernext.portdebarcelona.cat/entorno/una-nueva-era-en-los-combustibles-del-transporte-maritimo/>
45. <https://sectormaritimo.es/informe-gnl-como-combustible-en-buques>
46. <https://op.europa.eu/es/publication-detail/-/publication/156eecd-d7eb-11ec-a95f-01aa75ed71a1>
47. <https://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/20-marinelitteractionmecp73.aspx>
48. Hoekman, S. K., & Robbins, C. (2012). Review of the effects of biodiesel on NOx emissions. *Fuel Processing Technology*, 96, 237-249. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378382012000021>
49. <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/MediaCentre/HotTopics/Documents/Circular%20Letter%20No.5005%20-%20Draft%20Revised%20Marpol%20Annex%20Vi%20%28Secretariat%29.pdf>
50. <https://elperiodicodelaenergia.com/los-biocombustibles-prometen-un-transporte-maritimo-mas-limpio-pero-el-suministro-es-limitado/>

51. <https://theicct.org/aligning-the-imos-greenhouse-gas-fuel-standard-with-its-ghg-strategy-and-the-paris-agreement-jan24/>
52. <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/salud/oxidos-nitrogeno.html>
53. https://anave.es/wp-content/uploads/2023/09/tribuna_bia0923.pdf
54. <https://economia3.com/2024/05/27/607162-repsol/>
55. <https://www.lavanguardia.com/dinero/20240308/9544604/cepsa-pierde-233-millones-euros-2023-impuesto-extraordinario-energeticas.html>
56. <https://elpais.com/publi-especial/biocombustibles/el-rumbo-verde/>
57. <https://www.industriaquimica.es/noticias/20250602/moeve-abastecera-con-40000-toneladas-biocombustible-marino-armas-trasmediterranea>
58. <https://www.cepsa.com/es/prensa/cepsa-quimica-y-persan-utilizaran-biocombustibles-en-el-transporte-de-sus-suministros>
59. <https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/energia/files-1/petroleo/Informes/InformesMensuales/DatosBibliotecaConsumer/2024/Agosto%202024.pdf>
60. <https://www.balearia.com/es/cap-de-barbaria-ferry-electrico>
61. <https://www.repsol.com/es/sala-prensa/notas-prensa/2022/repsol-y-navantia-colaboran-para-descarbonizar-el-transporte-mar/index.cshtml>
62. <https://europeanpetfood.org/pet-food-facts/fact-sheets/environment-and-sustainability/category-3-animal-fat-an-important-pet-food-ingredient/>
63. https://joint-research-centre.ec.europa.eu/welcome-jec-website/reference-regulatory-framework/renewable-energy-recast-2030-red-ii_en
64. <https://lagradaonline.com/motor/repsol-coches-combustion-nuevos-combustibles/>
65. <https://elpais.com/publi-especial/biocombustibles/el-rumbo-verde/>
66. Sharma, R., & Abdurrashid, I. (2024). Biofuel: A sustainable and clean alternative to fossil fuel.
67. Kumal, R. R., Liu, J., Gharpure, A., Vander Wal, R. L., Kinsey, J. S., Giannelli, B., ... & Swanson, J. J. (2020). Impact of biofuel blends on black carbon emissions from a gas turbine engine. *Energy & Fuels*, 34(4), 4958-4966.



Con el apoyo de:



Elaborado por:

ecodes
tiempo de actuar