



Plataforma para los  
Combustibles Renovables

---

## Combustibles Renovables

---

Una vía eficaz para la  
descarbonización del  
transporte

## Índice

<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	<b>2</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN A LOS COMBUSTIBLES RENOVABLES</b> .....	<b>8</b>
1.1. ¿Qué son los combustibles renovables? .....	8
1.2. ¿Cuáles son los principales combustibles renovables en España?.....	10
1.3. Emisiones de GEI en el sector del transporte y combustibles renovables.....	10
1.4. ¿En qué sectores finales se pueden utilizar los combustibles renovables? .....	11
<b>2. EL POTENCIAL DE PRODUCCIÓN Y ORIGEN DE LOS COMBUSTIBLES RENOVABLES EN ESPAÑA</b> .	<b>17</b>
2.1. Disponibilidad de materia prima .....	17
2.2. Potencial de producción de los combustibles renovables.....	18
<b>3. LA OPORTUNIDAD DE LOS COMBUSTIBLES RENOVABLES</b> .....	<b>20</b>
3.1. Oportunidad para el medio ambiente.....	20
3.2. Oportunidad para una transición justa .....	23
3.3. Oportunidad para el desarrollo rural y la economía circular .....	26
3.4. Oportunidad para la seguridad de suministro, la independencia energética y la industria	29
<b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>35</b>
4.1. Propuestas de política energética .....	35
4.2. Propuestas fiscales .....	36
4.3. Propuestas relativas a materias primas y tecnología.....	37
4.4. Propuestas en materia educativa y de concienciación .....	37
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>39</b>
<b>ANEXO I – MARCO REGULATORIO DE LOS COMBUSTIBLES RENOVABLES</b> .....	<b>41</b>
<b>ANEXO II – RUTAS DE PRODUCCIÓN Y ESTADO DEL ARTE</b> .....	<b>47</b>
<b>ANEXO III – ESCENARIOS DE CRECIMIENTO DE COMBUSTIBLES RENOVABLES</b> .....	<b>53</b>
<b>ANEXO IV – EMISIONES DE CICLO DE VIDA DE LOS VEHÍCULOS</b> .....	<b>57</b>

## Resumen Ejecutivo

Se denominan combustibles renovables a los **combustibles líquidos de baja o neutra huella de carbono** que se obtienen a partir de materias primas alternativas a las fuentes fósiles. Los combustibles renovables se diferencian por las materias primas y los procesos de producción utilizados, distinguiéndose, por un lado, los biocombustibles, que se producen a partir de biomasa obtenida tanto de cultivos como de residuos orgánicos no reutilizables, no reciclables y no aptos para la alimentación humana o animal y, por otro lado, los Combustibles Renovables de Origen No Biológico (CRONB), conocidos como e-fuels, que se producen a partir de hidrógeno renovable y dióxido de carbono capturado<sup>1</sup>.

Los combustibles renovables tienen propiedades muy similares a sus equivalentes de origen fósil, lo que permite su **sustitución total o parcial**, aprovechando tanto la infraestructura logística y de distribución como la flota actual de vehículos y medios de transporte, **reduciendo la huella de carbono una media del 82%<sup>2</sup>, que puede llegar hasta el 100% e incluso más allá**, en comparación con los carburantes fósiles. Por lo tanto, **acelerarían la reducción de emisiones del transporte por carretera** de forma complementaria con la progresiva electrificación.

De esta forma, los combustibles renovables ofrecen una **solución de rápida implementación para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI)**, especialmente en aquellos modos de transporte, como la aviación, el transporte marítimo y el transporte pesado por carretera, en los que las alternativas tecnológicas a los combustibles líquidos no son técnicamente viables, presentan claras limitaciones o requieren nuevas infraestructuras de transporte, almacenamiento y distribución, así como cambios para el usuario final.

## Oferta y potencial de producción de los combustibles renovables en España

La oferta actual de combustibles renovables en España se centra fundamentalmente en el biodiésel, el hidrobiodiésel y el bioetanol, siendo los dos primeros, que son sustitutivos del gasóleo, los más utilizados actualmente.

Aunque desde hace más de 20 años se están incorporando en España porcentajes crecientes de combustibles renovables a los carburantes, con un objetivo mínimo obligatorio de venta o consumo de los mismos para 2024 fijado en un 11% en términos energéticos, serían necesarios y factibles **objetivos más ambiciosos como una vía rápida y eficaz para acelerar la reducción de las emisiones en el transporte**.

**España está entre los países europeos con mayor disponibilidad potencial de residuos biomásicos** utilizables para usos energéticos, lo que permitiría producir hasta 10,8 Mtep de biocombustibles en 2030. Si a esta cifra se suman los biocarburantes que podrían producirse a partir de cultivos alimentarios y forrajeros teniendo en cuenta el límite establecido por la regulación europea (1,2 Mtep) y los CRONB que podrían fabricarse a tenor de la disponibilidad prevista de CO<sub>2</sub> biogénico (1,4 Mtep), **el potencial total de producción de combustibles renovables en España a partir de materias primas locales en 2030 alcanzaría 13,4 Mtep**.

Considerando que la demanda de combustibles renovables en el transporte prevista en el borrador del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) para 2030 es de 2,2 Mtep, **España tendría un potencial para multiplicar hasta por 6 dicha proyección** si aprovecharse al máximo su materia prima nacional, lo que permitiría reemplazar hasta un **58% de la demanda de combustibles fósiles**

<sup>1</sup> En algunos casos, como el amoníaco, no es necesario el uso de dióxido de carbono para su producción.

<sup>2</sup> Nota de prensa APPA, 13 marzo 2024.

prevista en el transporte y reducir sus emisiones en ciclo de vida hasta 43 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>.



Producción potencial de  
combustibles renovables en 2030

**7,6 - 13,4 Mtep**

**33 - 58%**

De la demanda prevista  
de combustibles fósiles  
en el sector transporte

**25 - 43 MtonCO<sub>2</sub>**

Reducción de emisiones

Es por ello necesario un impulso para movilizar nuevas materias primas y proporcionar certidumbre para la inversión en nueva capacidad de producción, además de incentivos fiscales que reconozcan los beneficios ambientales de los combustibles renovables. De este modo se contribuirá, no solo a acelerar los objetivos de descarbonización del transporte, sino a potenciar el desarrollo económico e industrial del país.

### Reducción de emisiones de los combustibles renovables

Los biocarburantes consumidos en España en 2022 (1,4 Mtep) evitaron la emisión a la atmósfera de 4,65 millones de toneladas de GEI, lo que equivale a las emisiones medias anuales por el tubo de escape de 3,3 millones de coches nuevos matriculados en España entre 2019 y 2022.

**Cada 1% adicional de combustibles renovables añadidos a los carburantes supondría una reducción de emisiones equivalente a introducir 425 mil coches eléctricos en las carreteras españolas**, una cifra un 15% superior a la de los vehículos con etiqueta cero<sup>3</sup> existentes en el parque móvil español en 2023 (367.000 unidades).

### Reducción de emisiones equivalente

**+ 1%** 

de la cuota de combustibles  
renovables en 2024



**425.000**  
coches eléctricos

Adicionalmente, es importante señalar que si se analizan todas las emisiones generadas por los vehículos a lo largo de su ciclo de vida, se concluiría que **las emisiones de GEI de los vehículos con motores térmicos que utilizan cuotas elevadas de combustibles renovables (B100 o E85) serían equiparables o incluso inferiores a las del vehículo eléctrico**, tal como se expone detalladamente en el Anexo IV.

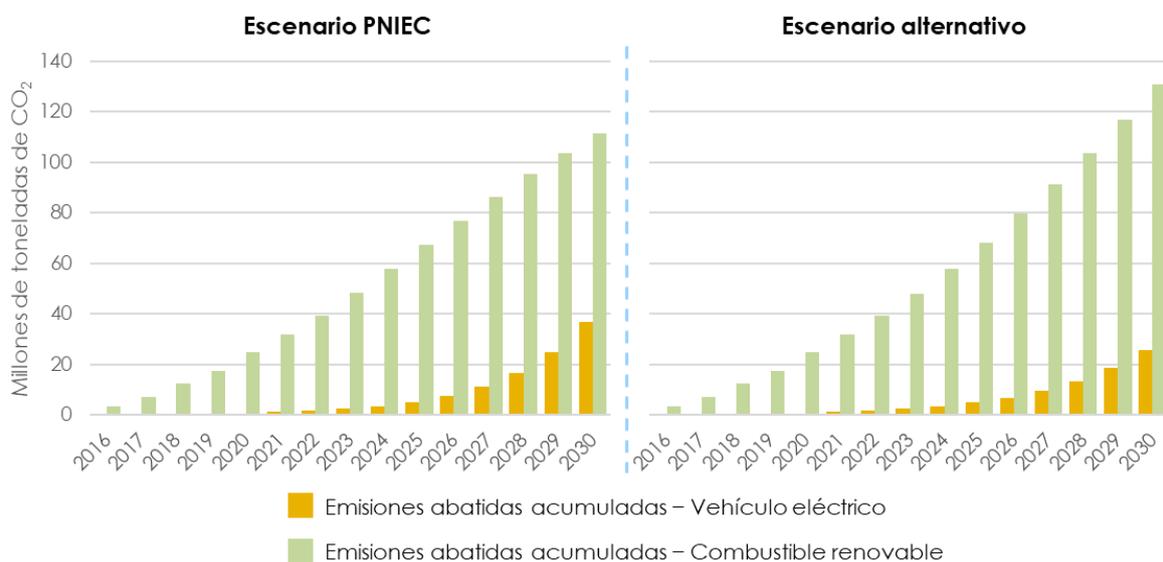
<sup>3</sup> Los vehículos con etiqueta cero incluyen: vehículo eléctrico de batería, vehículo eléctrico de autonomía extendida, vehículo híbrido enchufable con una autonomía mínima en modo exclusivo eléctrico de 40 km, vehículo eléctrico de célula de combustible y vehículo de combustión de hidrógeno.

## Un escenario alternativo para 2023 con más ahorros de GEI y menos coste público

La apuesta única por la electrificación está retrasando la consecución de objetivos de reducción de emisiones fijados en el borrador PNIEC para el año 2030, siendo clave **combinar la electrificación del transporte con los combustibles renovables**.

El borrador de la actualización del PNIEC 2023-2030 plantea en su escenario objetivo un fuerte aumento del número de vehículos eléctricos (hasta los 5,5 millones), así como un estancamiento de la aportación de los combustibles renovables (12%). Sin embargo, **un escenario alternativo, con una previsión más realista de electrificación del parque (3,6 millones) y mayor cuota de combustibles renovables (20%) permitiría ahorros de emisiones de GEI en el transporte en 2030 un 10% superiores (+2,1 Mt) a los que se conseguirían en el escenario PNIEC (20,3 Mt).**

Observando el efecto acumulado de las dos soluciones para descarbonizar el transporte por carretera, **el impacto en la reducción de emisiones acumuladas de los combustibles renovables de 2016 a 2030 sería entre 3 y 5 veces mayor** que el del vehículo eléctrico dependiendo del escenario planteado.



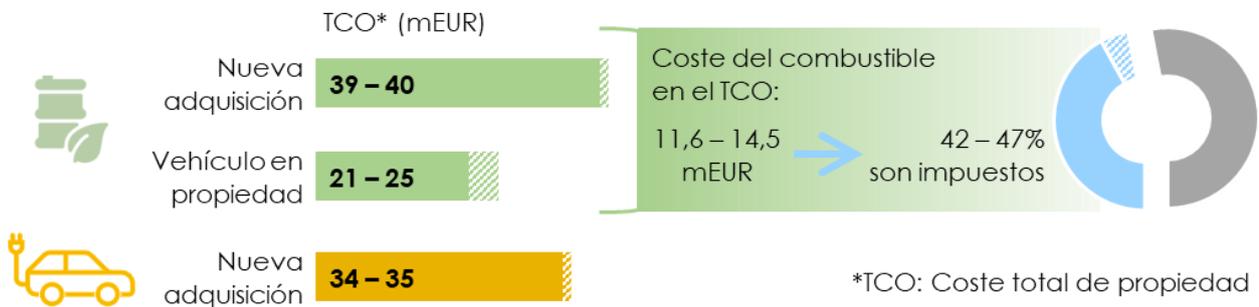
**El ahorro de emisiones de GEI en este escenario alternativo no sólo sería mayor, sino que además tendría menor coste para las arcas públicas.** El coste de la reducción de emisiones de los vehículos eléctricos, teniendo en cuenta las ayudas a su adquisición y las deducciones aplicables al IRPF, oscilaría entre 450 y 1.600 €/tCO<sub>2</sub>, mientras que el coste con combustibles renovables, incluyendo un tratamiento fiscal favorable en el IEH o ayudas para renovar vehículos, sería de entre **187 €/tCO<sub>2</sub> y 461 €/tCO<sub>2</sub>**.

Adicionalmente, se estima que, **para alcanzar el objetivo de 5,5 millones de vehículos eléctricos en 2030, se necesitaría una inversión de alrededor de 75.200 millones de euros y se emitirían un total de 59 millones de toneladas CO<sub>2eq</sub>** donde se incluye el desarrollo de capacidad renovable para cubrir el aumento de demanda eléctrica y la infraestructura de recarga eléctrica, pública y privada frente al aprovechamiento de la infraestructura existente para los combustibles renovables.

## Favoreciendo una transición justa para los usuarios

El proceso de descarbonización del transporte debe ser económicamente accesible para todos los ciudadanos. La utilización de combustibles renovables en un **vehículo diésel existente** supondría una **reducción de costes para el usuario final de hasta un 38%** en comparación a su **sustitución por**

**un vehículo eléctrico nuevo.** Este ahorro económico sería aún mayor si los combustibles renovables tuviesen **tasas impositivas reducidas en consideración a sus credenciales sostenibles, en vez de estar** gravados con los mismos tipos impositivos de IVA e IEH<sup>4</sup> que los carburantes fósiles, lo que supone **entre el 42% y el 47% de su precio de venta.**



Si se aplicara la carga impositiva cero a la fracción renovable en los carburantes, como se realizaba en España hasta 2012, y similar a lo que se realiza en Francia en la actualidad, **se podría reducir el coste total de propiedad del vehículo entre 5.000 y 6.000 €** utilizando combustibles con alta proporción de componentes renovables.

## Fomentando el desarrollo rural y la economía circular en España

Las principales fuentes de materia prima para la producción de combustibles renovables se concentran en entornos rurales, lo que los convierte en **una herramienta para dar respuesta al desafío de cohesión social y lucha contra la despoblación existente en la denominada “España vaciada”** y, por tanto, generar vías de crecimiento económico y de creación de empleo en estos territorios.

El sector agrícola está sufriendo un estancamiento, mostrando las previsiones a futuro, una tendencia general al abandono de tierras de cultivo en la UE, liderada por España. En este contexto, **un aumento de la demanda de los cultivos para la producción de bioenergía contribuiría a paliar la reducción de actividad en el sector.**

Maximizar la utilización de estos cultivos hasta el límite previsto en la normativa comunitaria y la sustitución de materia prima extranjera por cultivos locales permitiría aumentar la producción de biocombustibles, hasta alcanzar los 1,5 millones de tep y cultivar ~700.000 hectáreas agrícolas - un 3% de la SAU total en España en 2022. Esto permitiría crear más de 54.000 puestos de trabajo directos e indirectos y generar un Valor Añadido Bruto (VAB) de más de 4.000 millones de euros, contribuyendo a **frenar el abandono de SAU y fomentar la actividad agraria.**



\*SAU: Superficie Agraria Utilizada

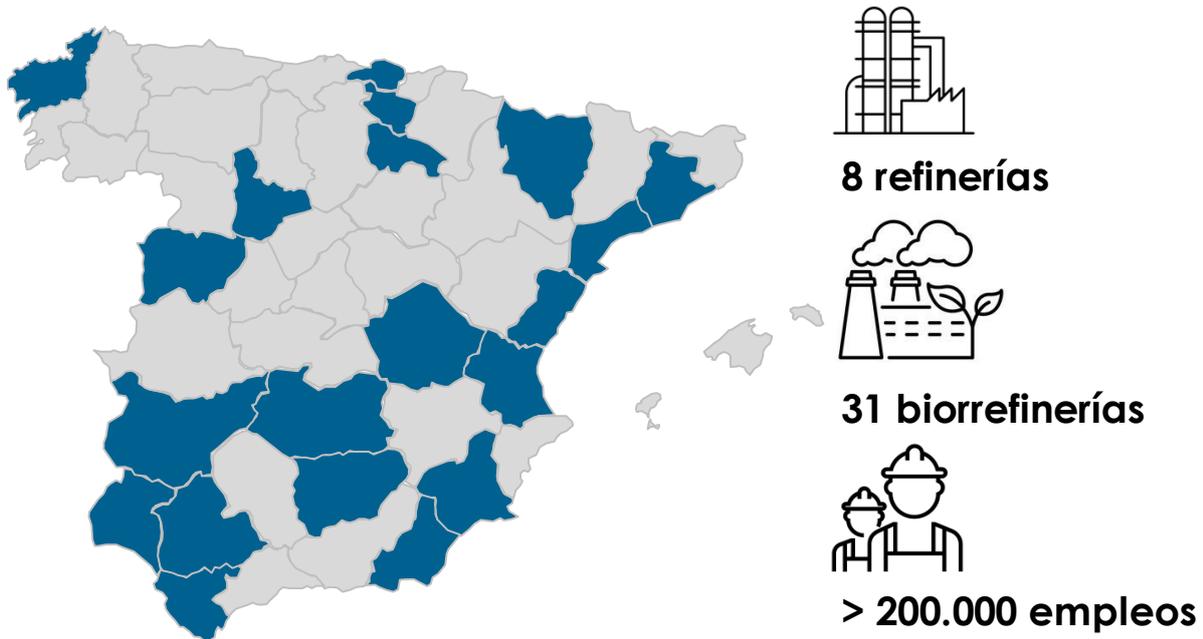
<sup>4</sup> Impuesto Especial sobre Hidrocarburos.

## Garantizando la seguridad energética e impulsando la capacidad industrial

Un mayor consumo de combustibles renovables fabricados en España con materias primas locales permitiría **reducir las importaciones de productos petrolíferos hasta un 22%**, lo que supondría un **ahorro de unos 8 mil millones de euros anuales**, una menor dependencia de terceros países, una mejora de la resiliencia de la economía y, en última instancia, una mayor independencia energética de España.

España cuenta con infraestructura, capacidad técnica y humana para aprovechar la oportunidad de los combustibles renovables. Por una parte, **dispone de 8 de las 80 refinерías de la Unión Europea, suponiendo más del 10% de la capacidad comunitaria**, además de una amplia red de oleoductos e infraestructura de almacenamiento que la hace altamente competitiva y flexible.

**También cuenta con un gran número de plantas de biorrefino distribuidas por todo el país** – 19 de biodiésel, 7 de hidrobiodiésel y 4 de bioetanol –, cuyo bajo ratio de utilización de su capacidad (43% en 2022) evidencia el **potencial que tiene este sector para aumentar su producción** de combustibles renovables.



La transición a combustibles renovables contribuiría adicionalmente al **mantenimiento de los más de 200.000 empleos de la industria del refino y su logística y distribución**, mediante la transformación de las refinерías en hubs multienergéticos; además de los **4.000 empleos, tanto directos como indirectos, que ya genera actualmente el sector de los biocombustibles en España**.

## Conclusión: los combustibles renovables ofrecen una oportunidad para España

España dispone de los medios para convertirse en líder a nivel europeo en el sector de los **combustibles renovables** gracias a las capacidades técnicas de la industria española del refino de petróleo, del biorrefino y de la distribución de combustibles, así como por su potencial de aprovechamiento de recursos en el sector primario, pero ello requeriría desarrollar un **marco regulatorio, fiscal y de promoción** que incentive la transición hacia una movilidad de bajas emisiones accesible y asequible para todos los ciudadanos.

Aprovechar la oportunidad que representan los combustibles renovables requeriría implementar toda una serie de medidas para lograr una transición justa y tecnológicamente neutra hacia un modelo de bajas emisiones que permita el cumplimiento de los objetivos fijados para 2030.

Las políticas energéticas y de descarbonización comunitarias y nacionales deberían **aprovechar mejor la capacidad** de los combustibles renovables para reducir de manera inmediata las emisiones de GEI, no sólo en los medios de transporte para los que no existe opción electrificada, sino también en aquellos otros en los que de manera complementaria junto a las opciones eléctricas pueden acelerar la consecución de los objetivos de descarbonización.

Es necesario un apoyo regulatorio que **impulse la producción de combustibles renovables y su consumo en España**, como ya se hace con otras alternativas como la movilidad eléctrica o el hidrógeno. Establecer **incentivos que reconozcan sus credenciales sostenibles** proporcionaría una solución competitiva de bajas emisiones, garantizando así una transición justa y efectiva.

Se debe abordar un apoyo integral a lo largo de toda la cadena de valor de los combustibles renovables, estableciendo **mecanismos que permitan aumentar la disponibilidad de materia prima local**, así como **fomentar el desarrollo tecnológico** y **apoyar la innovación**, donde será muy importante promover la divulgación de conocimiento para generar conciencia sobre la **diversidad de soluciones existentes de reducción de emisiones y la necesidad de todas ellas** para alcanzar los objetivos de descarbonización.

Entre las propuestas de política energética se destacaría **el establecimiento de una obligación general de venta o consumo de biocombustibles superior a la actual** y la rápida implantación de la gasolina E10 y del gasóleo B10, explorando cuotas superiores de bioetanol, biodiésel y otros biocarburantes según se valide su viabilidad técnica. Igualmente, se propone la **aprobación de una Hoja de Ruta de los Combustibles Renovables** que incluya objetivos de incorporación de combustibles renovables separados para el sector del transporte por carretera, la aviación y la navegación marítima.

En materia fiscal, resulta fundamental la **aprobación de tipos impositivos reducidos o exenciones en el Impuesto especial de hidrocarburos (IEH) para los combustibles renovables**, que reconozcan los beneficios medioambientales, así como la introducción de bonificaciones e incentivos en otros impuestos.

En relación con las materias primas utilizadas para la producción de combustibles renovables, sería necesario **racionalizar la taxonomía de las mismas e incrementar los límites legales que actualmente afectan a la utilización de algunas de ellas**.

## 1. Introducción a los combustibles renovables

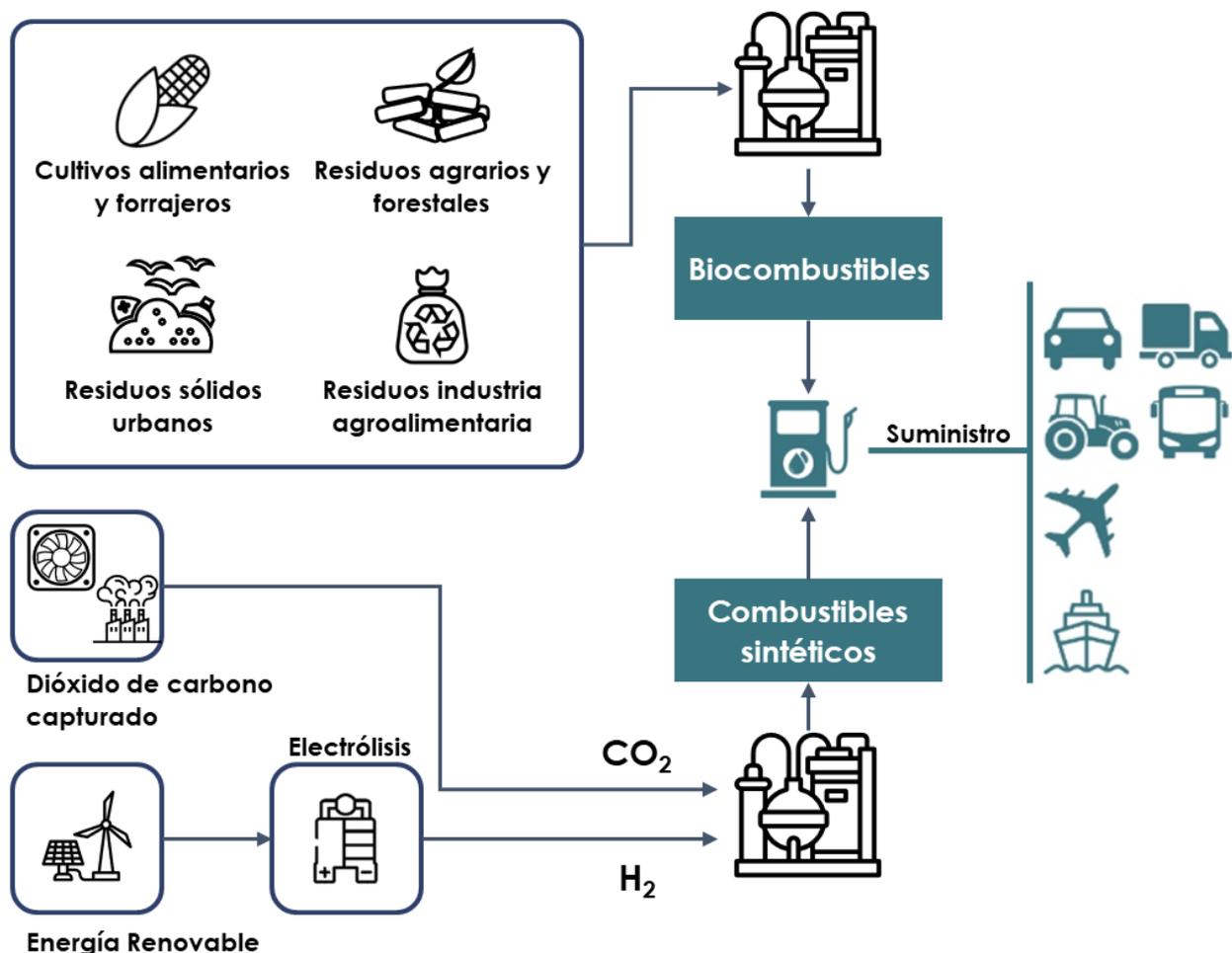
Los combustibles fósiles han sido un elemento clave en el desarrollo económico y la mejora de las condiciones de vida en la sociedad moderna. Sin embargo, las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) derivadas de su uso son parte de la causa del cambio climático, lo que hace necesaria su sustitución por otras formas de energía más sostenibles.

El Gobierno Español, en el borrador de la actualización del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2023-2030, ha propuesto incrementar el objetivo de reducción de emisiones de GEI para el año 2030 desde el 23 al 32% – respecto al año 1990 – con el fin de alcanzar la neutralidad de emisiones de carbono en 2050. Para lograr las metas como las definidas en el PNIEC, es necesario acelerar el ritmo de sustitución de combustibles fósiles por fuentes renovables minimizando los costes de transición para la sociedad. Esto sólo es posible desde un punto de vista de neutralidad tecnológica en la que se acelera el despliegue de aquellas alternativas de bajas emisiones ya disponibles que generan un impacto tangible e inmediato, mientras que se permite la maduración tecnológica y comercial de otras alternativas.

### 1.1. ¿Qué son los combustibles renovables?

Los combustibles renovables son combustibles líquidos de baja o neutra huella de carbono que se obtienen de materias primas alternativas a las fuentes fósiles. Los combustibles renovables presentan generalmente características muy similares a su contraparte fósil en cuanto a composición química y contenido energético, lo que permite reemplazar total o parcialmente los combustibles fósiles utilizados habitualmente.

Figura 1. Tipos de combustibles renovables.



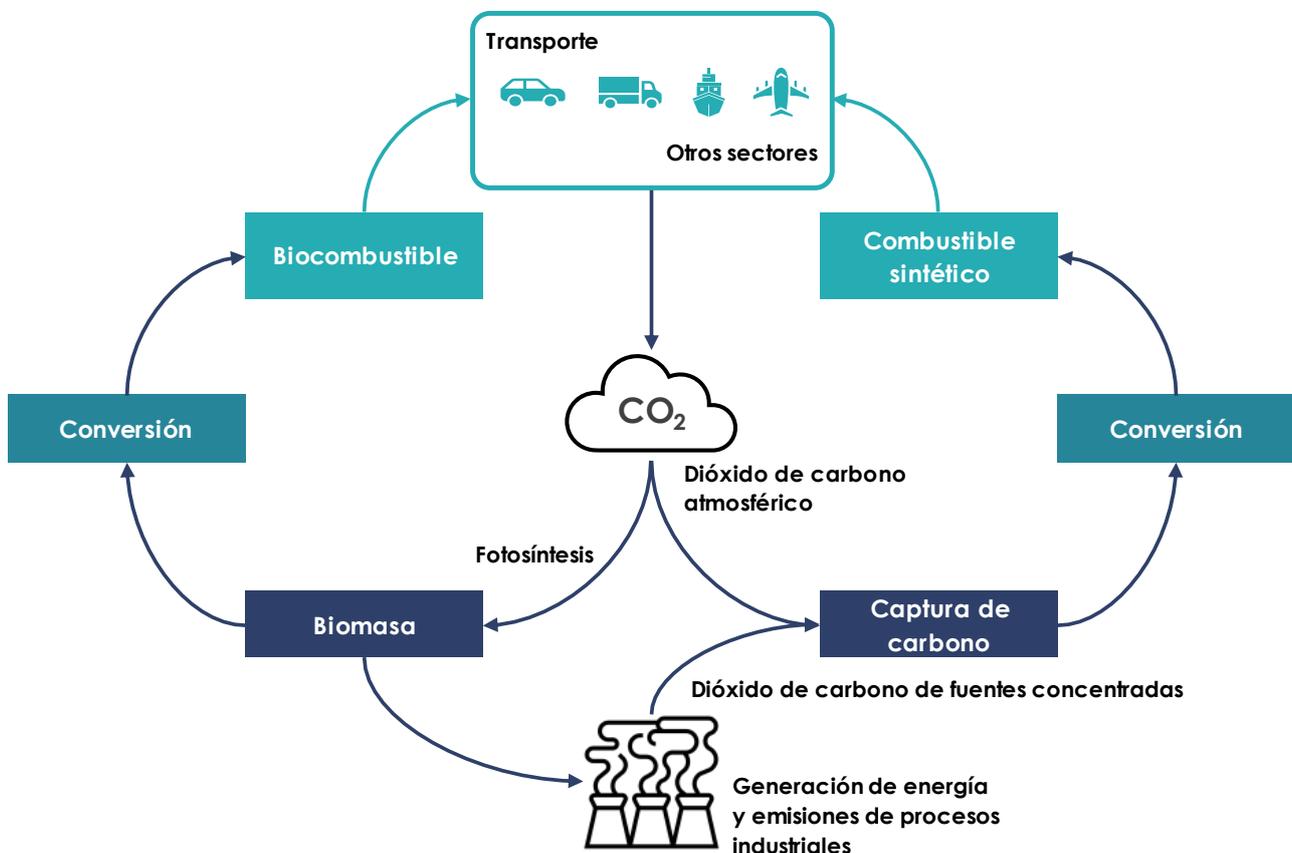
Los combustibles renovables se diferencian por las materias primas y los procesos de producción utilizados, distinguiéndose dos grupos principales: los biocombustibles o biocombustibles y los combustibles renovables de origen no biológico (CRONB), conocidos como *e-fuels*.

Los biocombustibles son combustibles líquidos producidos a partir de biomasa, que puede provenir tanto de cultivos como de residuos agrícolas, forestales, industriales o municipales no aptos para la alimentación humana o animal que cumplan los criterios de sostenibilidad y de reducción de emisiones de GEI fijados por la Unión Europea.

Los CRONB se producen a partir de fuentes de energía renovable distintas a la biomasa como son los producidos a partir de hidrógeno renovable y dióxido de carbono capturado en los casos que este sea necesario.

En el Anexo II se presentan las distintas rutas de producción de los combustibles renovables, especificando las tecnologías involucradas y el estado del arte de cada una de ellas.

**Figura 2.** Los combustibles renovables en el ciclo del carbono.



Fuente: Sustainable synthetic carbon-based fuels for transport, The Royal Society (2019).

[1] La biomasa incluye cultivos alimentarios y forrajeros, así como residuos.

En la producción de biocombustibles, el dióxido de carbono presente en la atmósfera es absorbido por las plantas y otros organismos mediante el proceso de fotosíntesis, convirtiéndose en biomasa que se utilizará como materia prima para la producción de biocombustibles que, tras su combustión, cerrará el ciclo del carbono. La biomasa utilizada puede ser primaria – si no ha tenido un uso previo, como sería la de los cultivos – o secundaria – si ha tenido un uso previo, como sería la de los citados residuos.

En el caso de los combustibles renovables de origen no biológico, el CO<sub>2</sub> se captura directamente de la atmósfera o de fuentes de emisión concentradas. Este CO<sub>2</sub> se procesa con hidrógeno

renovable obtenido mediante la electrólisis del agua con electricidad renovable, dando lugar a combustibles que, una vez realizada la combustión, liberan el CO<sub>2</sub> capturado previamente.

Los combustibles renovables permiten así la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> mediante el establecimiento de un ciclo sostenible del carbono con emisiones neutras en su uso, bien porque la materia prima utilizada es de origen biológico o bien porque el CO<sub>2</sub> ha sido captado de la atmósfera o de fuentes concentradas.

## 1.2. ¿Cuáles son los principales combustibles renovables en España?

La oferta actual de combustibles renovables en España se centra fundamentalmente en el biodiésel, el hidrobiodiésel y el bioetanol, con escasa presencia de otros carburantes sostenibles. Los escenarios de desarrollo futuro serán muy dependientes de la regulación que se establezca desde la Unión Europea y cómo esta se desarrolle en España. Los biocombustibles sustitutos del gasóleo, como son el biodiésel y el hidrobiodiésel, se mantienen como los combustibles renovables más utilizados actualmente en España, suponiendo casi el 6%, en términos energéticos, del consumo de combustible diésel de automoción en 2022, teniendo el bioetanol una cuota cercana al 2% de la gasolina de automoción consumida ese mismo año en España<sup>5</sup>.

Aunque los combustibles renovables se están utilizando actualmente en España de acuerdo con los objetivos mínimos establecidos en la regulación aplicable, **serían factibles y necesarios objetivos más ambiciosos como una vía rápida y eficaz para acelerar la reducción de emisiones del transporte** en paralelo a otras medidas como la mejora de eficiencia de los vehículos.

## 1.3. Emisiones de GEI en el sector del transporte y combustibles renovables

De acuerdo con los datos del Inventario Nacional de Emisiones, en España se emitieron 230 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> durante el año 2021, de las que 212 Mt (92%) provinieron del sector energético, aportando el transporte el 40% de estas últimas (más de 84 Mt).

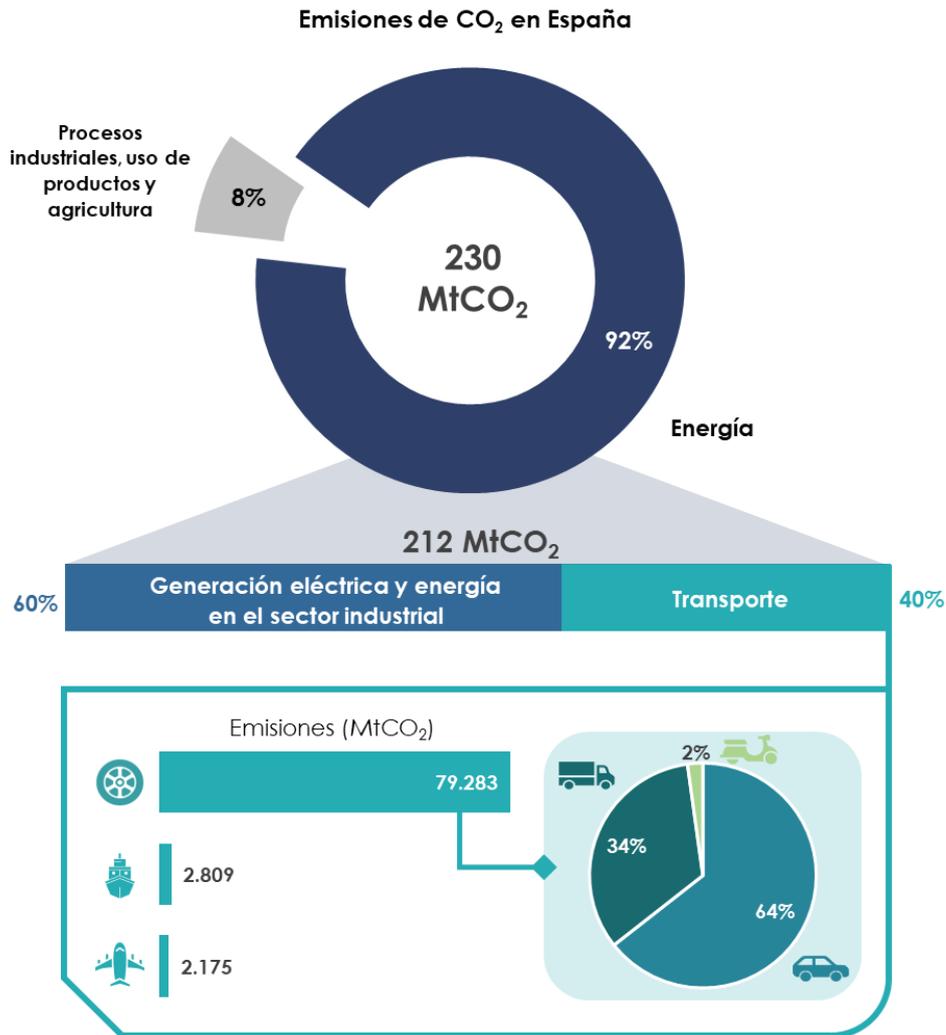
El transporte por carretera fue el principal contribuyente de las emisiones del sector transporte con un 94% del total, lo que lo posiciona como un sector prioritario para alcanzar los objetivos de reducción de emisiones.

Los biocarburantes consumidos en España en 2022 (1,4 Mtep) evitaron la emisión a la atmósfera de 4,65 millones de toneladas de GEI, **lo que equivale a las emisiones medias anuales por el tubo de escape de 3,3 millones de coches nuevos matriculados en España entre 2019 y 2022, incluidos los vehículos eléctricos**<sup>6</sup>. Así se puede estimar a partir de los últimos datos oficiales publicados por el MITECO, que cuantifican en un 81,7% el ahorro medio de emisiones de GEI conseguido por los biocarburantes en 2022.

<sup>5</sup> Estudio del Impacto Macroeconómico de las Energías Renovables en España, APPA (2023).

<sup>6</sup> Nota de prensa APPA, 13 marzo 2024.

Figura 3. Emisiones de CO<sub>2</sub> en España (2021).



Fuente: Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero, MITECO (2023).

[1] Los datos de emisiones de la aviación y marítimo incluyen únicamente la aviación y el transporte marítimo nacional.

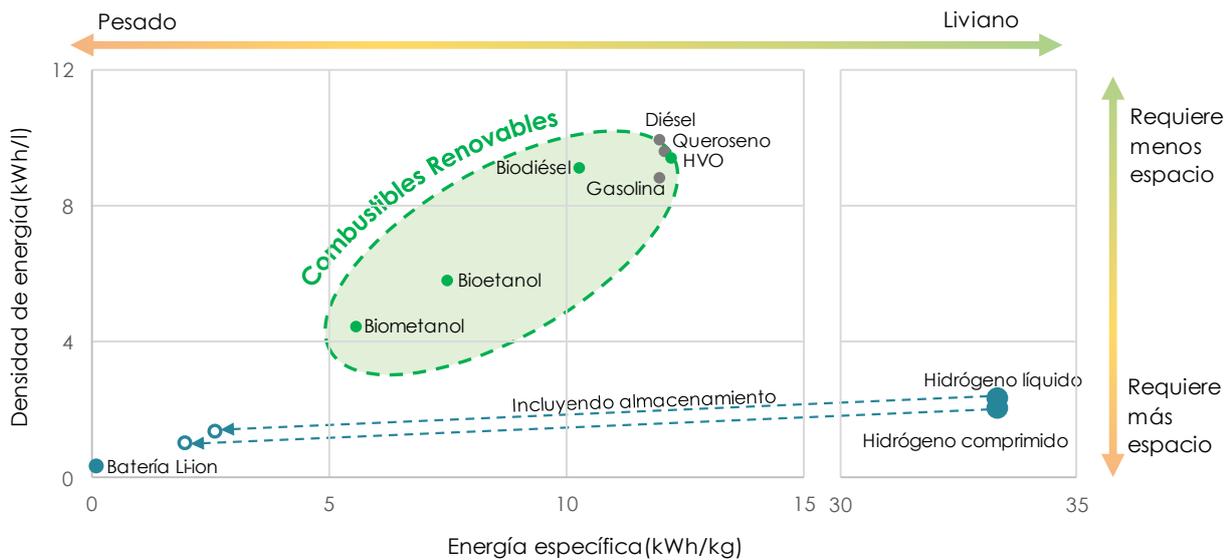
### 1.4. ¿En qué sectores finales se pueden utilizar los combustibles renovables?

Los combustibles renovables pueden ser utilizados en cualquier sector que use actualmente combustibles fósiles, sustituyéndolos total o parcialmente. Resulta, por tanto, una solución inmediata para reducir las emisiones en el sector transporte sin necesidad de modificaciones en la infraestructura de logística y distribución de combustibles ni en la flota de vehículos existentes.

Más allá de los turismos y los vehículos ligeros, se prevé que la adopción de combustibles renovables tendrá una alta penetración, especialmente en aquellos modos de transporte en los cuales las alternativas tecnológicas a los combustibles líquidos no son viables técnicamente o presentan claras limitaciones.

La Figura 4 muestra la relación de la energía específica (energía contenida por unidad de masa) y la densidad energética (energía contenida por unidad de volumen) de los diferentes combustibles y energías, observándose cómo las baterías y el hidrógeno, cuando se consideran los tanques necesarios para almacenarlo, permiten almacenar menos energía por unidad de volumen y masa que los combustibles líquidos.

**Figura 4.** Densidad energética del rango de combustibles renovables (en verde) en comparación con los combustibles fósiles actuales (en gris), las alternativas eléctricas y el hidrógeno (en azul).



Fuente: Sustainable synthetic carbon-based fuels for transport, The Royal Society (2019); Comparison of alternative marine fuels, DNV (2019).  
 [1] El rango de combustibles renovables incluye muchas tipologías, entre los que se muestran con punto verde los combustibles renovables más utilizados a día de hoy como referencia.

A pesar de su mayor eficiencia, los sistemas de propulsión eléctricos presentan una serie de desafíos que dificultan su implementación:

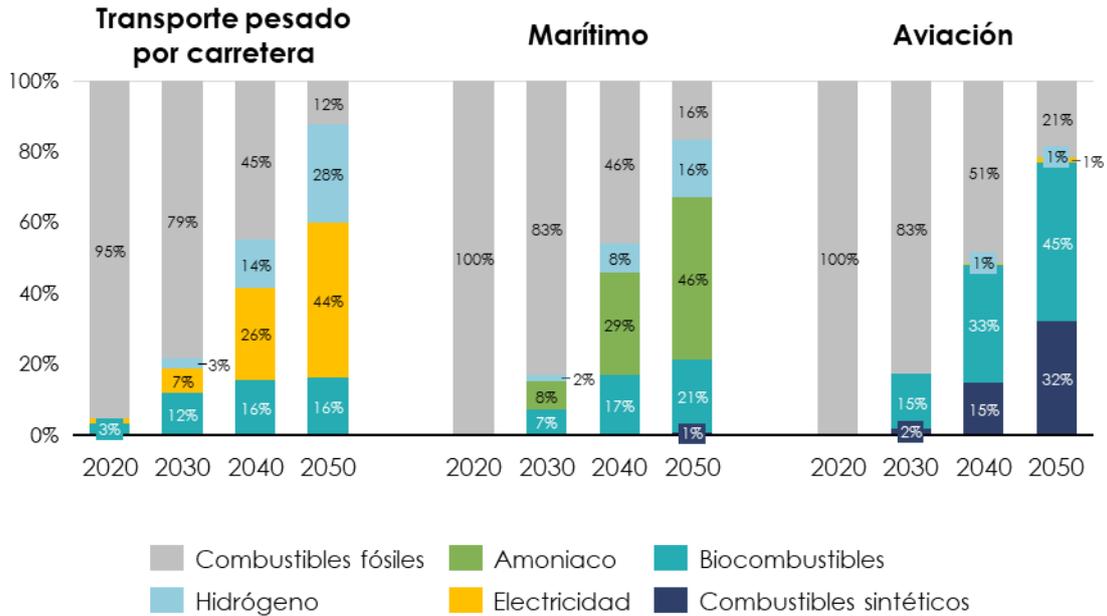
- Un mayor volumen de almacenamiento y peso que reduce la capacidad de carga útil en el caso, por ejemplo, de los vehículos eléctricos para el transporte pesado.
- Condiciones de almacenamiento extremas de ciertos combustibles alternativos como el hidrógeno que requieren de presiones o temperaturas que implican altos consumos energéticos, el uso de materiales especiales en su almacenamiento y condiciones estrictas de seguridad.
- Autonomía reducida y procesos de recarga lentos.

Esto se evidencia especialmente **en el ámbito del transporte pesado por carretera, aéreo y marítimo**, donde la necesidad de grandes autonomías junto con el elevado peso y volumen de las baterías o la complejidad de utilizar hidrógeno en forma líquida limitan su aplicación. Además, la electrificación o el hidrógeno necesitan nuevos modelos de consumo y grandes inversiones en infraestructura y flota de vehículos, mientras que **los combustibles renovables no requieren cambios para el usuario final ni nueva infraestructura para su transporte, almacenamiento y distribución.**

La Agencia Internacional de la Energía estima **un crecimiento en la penetración de los combustibles renovables** en estos sectores de cara a 2050 **para poder cumplir con los objetivos de emisiones netas cero.**

Como se observa en la Figura 5, la electrificación y el despliegue del hidrógeno en el transporte pesado será lenta. El 79% del consumo energético en el transporte pesado en 2030 y el 45% en 2040 seguirá dependiendo del uso de combustibles líquidos en motores de combustión interna por lo que promover una mayor penetración de combustibles renovables es clave para acelerar el proceso de descarbonización.

Figura 5. Cuotas de energía global por modo de transporte. Escenario NZE (Cero emisiones netas en 2050).



Fuente: Net Zero by 2050, IEA (2021).

[1] Previsiones publicadas a nivel global, se espera que, específicamente en Europa los cambios sean más ambiciosos.

En España, el transporte de mercancías por carretera representó el 96% de la carga transportada con destino nacional, según los datos del MITMA para 2022<sup>7</sup>. España lidera el transporte por carretera en la UE, representando un 21% de las toneladas exportadas, por delante de países como Alemania, Italia, Francia o Reino Unido, siendo solo superado por Polonia. En la exportación de mercancías, predomina el transporte marítimo alcanzando el 73% de las toneladas transportadas desde España en 2021. Esto hace que el transporte en España sea un sector fundamental para la economía, con una clara aspiración de alcanzar los objetivos de reducción de emisiones.

El transporte marítimo y la aviación presentan barreras para la electrificación directa por la baja densidad energética de las baterías. A modo de ejemplo, un vuelo transatlántico de propulsión eléctrica, con la tecnología de baterías actual, necesitaría una batería cercana a las 2.000 toneladas, lo que inhabilitaría la aviación eléctrica de larga distancia, como indica el Consejo Internacional de Transporte Limpio (ICCT, por sus siglas en inglés)<sup>8</sup>.

Los CRONB y los biocombustibles líquidos serán las principales palancas para la descarbonización de estos sectores, llegando a superar el 75% de la energía consumida en el transporte aéreo en 2050 según la IEA.

*El sector de transporte y almacenamiento produjo en 2021 ~117.000 millones de euros al año, mediante 210.512 empresas que generan casi un millón de puestos de trabajo<sup>9</sup>.*

## Transporte Marítimo

El transporte marítimo es actualmente un sector altamente dependiente de los combustibles fósiles, los cuales cubren casi la totalidad de su demanda energética. La Organización Marítima Internacional (OMI) ha establecido una estrategia para la descarbonización del sector fijando un

<sup>7</sup> Transporte de mercancías por modo y ámbito, Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2023).

<sup>8</sup> Performance Analysis of Regional Electric Aircraft, ICCT (2022).

<sup>9</sup> Portal del Observatorio del Transporte y la Logística en España, MITMA (2021).

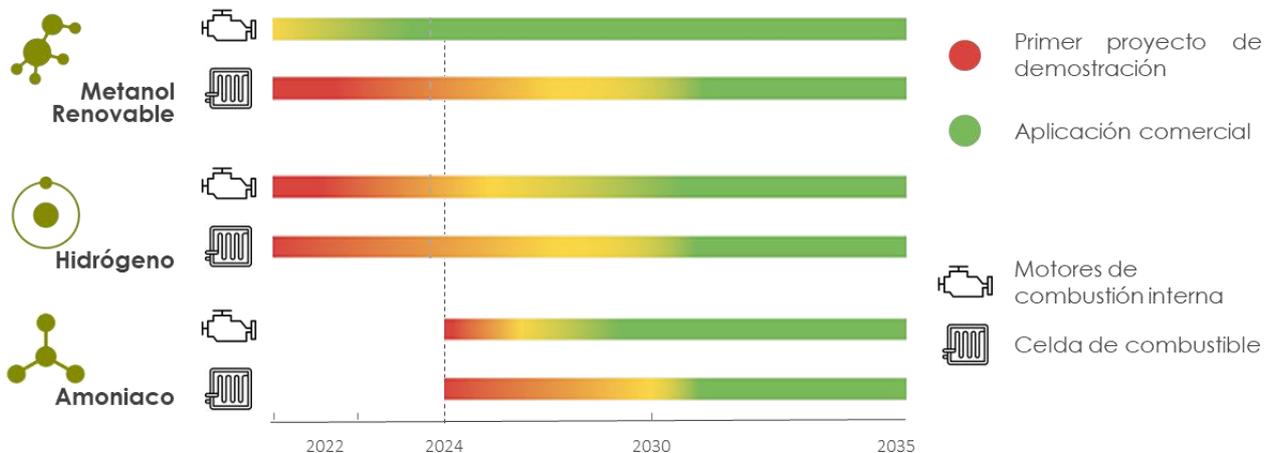
objetivo de reducción de intensidad de emisiones de Gases de Efecto Invernadero del 40% en 2030, en comparación con los niveles de 2008, y cero emisiones netas cerca del 2050<sup>10</sup>.

La descarbonización del transporte marítimo presenta retos importantes debido a la energía necesaria que debe ser embarcada, derivada de las largas distancias a recorrer y los elevados volúmenes de carga transportados. La baja autonomía proporcionada por las baterías limita su aplicación, lo que hace necesario el uso de combustibles alternativos de baja huella de carbono que cuenten con densidades energéticas adecuadas que les dote de autonomías similares a los actuales.

Considerando que los barcos tienen una vida útil de entre 20 y 35 años, se espera que una parte importante de la flota de más reciente construcción siga navegando hasta al menos 2050. Alcanzar los objetivos de reducción de emisiones hace necesario buscar una alternativa que tenga un impacto mínimo en términos de acondicionamiento de los buques actuales, algo que no es posible con baterías ni con hidrógeno. **Los biocombustibles líquidos, como el biodiésel y el hidrobiodiésel, como sustitutos del fuelóleo, cobran especial importancia en este contexto, ya que requieren de mínima inversión para su uso en los motores convencionales.**

Adicionalmente, considerando nuevos diseños de motores compatibles con otros combustibles alternativos, tres opciones potenciales se presentan para el transporte marítimo: el hidrógeno verde, el amoníaco renovable y el metanol renovable. En la Figura 6 se muestra el avance de los sistemas de propulsión a partir de estas alternativas, donde se están desarrollando simultáneamente sistemas de combustión interna y celdas de combustible.

Figura 6. Desarrollo tecnológico de motores alternativos para barcos.



Fuente: Maritime forecast to 2050, DNV (2022).

El hidrógeno renovable y de bajas emisiones aún no está disponible en cantidades apreciables y presenta grandes retos, ya que deberá utilizarse en forma líquida, lo que conllevaría importantísimas inversiones en plantas de licuefacción e infraestructura para almacenamiento y distribución. De igual forma, los barcos deberían adaptarse para el almacenamiento de hidrógeno líquido en tanques criogénicos a  $-254^{\circ}\text{C}$ , lo que implicaría cambios significativos en el diseño de los buques además de en los sistemas de propulsión. El gran número de retos técnicos y económicos de la transición hacia el hidrógeno líquido no hace pensar que pueda tener un impacto significativo en el medio-largo plazo.

El metanol renovable (biometanol o e-metanol) y el amoníaco verde son las alternativas de bajas emisiones con mayor potencial en el transporte marítimo por su mayor densidad energética,

<sup>10</sup> Estrategia de 2023 de la OMI sobre la reducción de las emisiones de GEI procedentes de los buques, Organización Marítima Internacional (2023).

además de requerir menores cambios en el diseño de los buques respecto al hidrógeno. El metanol se encuentra en estado líquido a temperatura y presión ambiente y en el caso del amoníaco a  $-33^{\circ}\text{C}$ , que es una temperatura técnicamente viable sin grandes inversiones. El contenido nulo de carbono del amoníaco lo convierte en una opción de emisiones cero durante su uso; sin embargo, requiere un mayor desarrollo tecnológico para su despliegue efectivo debido al riesgo de emisiones de óxidos de nitrógeno y a los procedimientos de seguridad a bordo dada la toxicidad del amoníaco en caso de fugas.

Existen actualmente en operación barcos propulsados por motores duales de fuelóleo y metanol, y la infraestructura para utilizarlo está disponible en más de 110 puertos en el mundo, entre ellos 3 de las 20 terminales de contenedores de España (Algeciras, Bilbao, Tarragona)<sup>11</sup>. Esto hace al metanol renovable una alternativa de rápida implantación para el sector, que necesitaría de una mayor inversión para acelerar la transformación de la cadena de suministro. Navieras como A.P. Moller-Maersk, CMA CGM, COSCO Shipping Holdings, HMM o STENA tienen ya una cartera de pedidos de nuevos barcos capaces de utilizar metanol como combustible.

## Transporte Aéreo

De forma similar al transporte marítimo, la dependencia de los derivados del petróleo en la aviación es muy elevada. Las restricciones de espacio y peso hacen que alternativas con menor densidad energética que los combustibles actuales, como el hidrógeno o las baterías, no sean viables en trayectos de larga distancia y en aviones de gran tamaño, que son responsables de la mayoría de las emisiones del sector aéreo. El ICCT estima que la densidad energética de las baterías tendría que aumentar en un 2.000% para ser una alternativa viable en vuelos de larga distancia<sup>12</sup>.

Los combustibles de aviación sostenibles (SAF, por sus siglas en inglés) se pueden producir a partir de biomasa o de forma sintética y son compatibles con el diseño de motores actuales, ya que sus propiedades y estructura son muy similares a las del queroseno fósil. Esto los convierte en la solución más viable para descarbonizar el sector aéreo.

Los SAF han tenido un crecimiento constante en los últimos años y permitirían una reducción de emisiones de hasta el 94% respecto a los combustibles convencionales<sup>13</sup>. La Unión Europea, mediante su Reglamento ReFuelEU Aviation, espera cubrir un 6% del total de la demanda de combustibles del sector en el año 2030 y el 70% en 2050, de los cuales al menos un 35% deberán ser combustibles sintéticos. Teniendo en cuenta la reducción de emisiones de ciclo de vida obtenida por los diferentes SAF aprobados por el Plan de Compensación y Reducción de Carbono para la Aviación Internacional (CORSIA, por sus siglas en inglés), las reducciones reales esperadas por los objetivos de SAF del ReFuelEU Aviation en 2050 serían de entre un 18% y un 59% de las emisiones actuales en el sector.

En España, las emisiones de la aviación nacional en 2021 ascendieron 2,2 millones de toneladas de  $\text{CO}_2$ <sup>14</sup>, por lo que de mantenerse en cifras similares la reducción de emisiones, en 2030 se evitaría la emisión de hasta 82 mil toneladas de  $\text{CO}_2$ , equivalente a un 4% de las emisiones totales. Asimismo, para el año 2050, el ahorro equivalente a las cuotas de SAF podría evitar hasta 1,3 millones de toneladas de  $\text{CO}_2$  o el 59% de las emisiones totales.

---

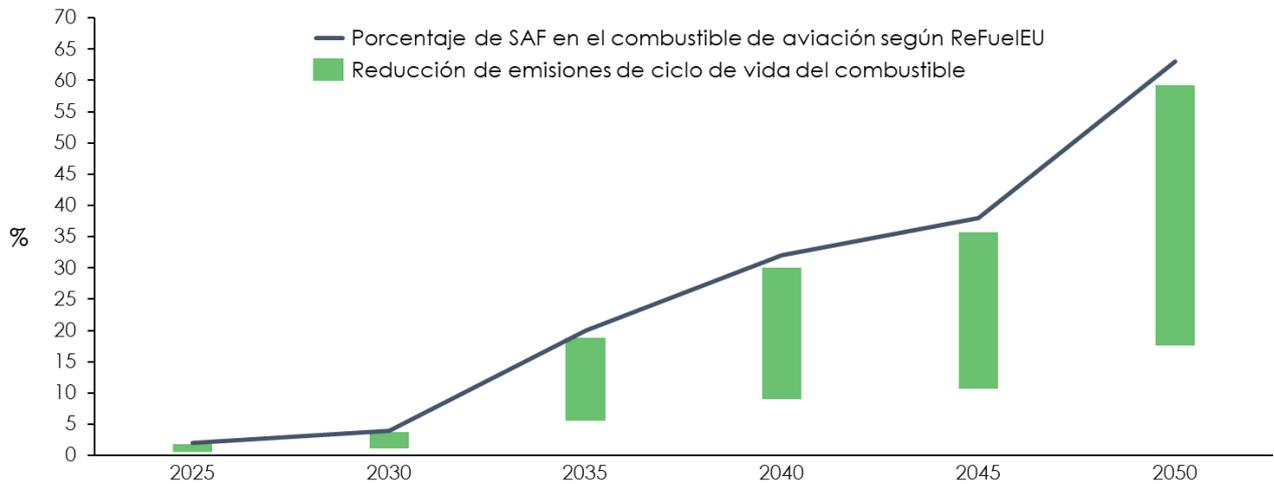
<sup>11</sup> *Marine methanol, Methanol Institute (2023).*

<sup>12</sup> *Performance Analysis of Regional Electric Aircraft, ICCT (2022).*

<sup>13</sup> *European Aviation Environmental Report 2022, EASA (2022).*

<sup>14</sup> *Informe Inventarios GEI 1990-2021 (Edición 2023), MITECO (2023).*

**Figura 7.** Reducción de emisiones en función de las cuotas de inclusión de SAF establecidas en la ReFuelEU Aviation, en %.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de: *European Aviation Environmental Report 2022*, EASA (2022).

[1] Reducción de emisiones reales calculadas en base a los porcentajes de reducción de los SAF permitidos por CORSIA comparados con la referencia fósil de 89 gCO<sub>2</sub>eq /MJ.

En cuanto a su disponibilidad, a pesar de que Europa solo suministró el 0,05% de la demanda total de SAF en 2020, la capacidad de producción está desarrollándose para cumplir con los mandatos del ReFuel Aviation para el año 2030 – 6% de SAF en términos volumétricos – y se espera una capacidad de producción de SAF de 2,3 millones de toneladas en ese año. En España, existen proyectos en funcionamiento y en desarrollo para la producción de SAF a partir de residuos – en Bilbao, Puertollano, Tarragona, Castellón y Huelva – liderados por Repsol, BP y Cepsa<sup>15,16</sup>.

<sup>15</sup> Combustibles renovables a partir de residuos, Repsol (2024).

<sup>16</sup> Cepsa inicia la comercialización de combustible sostenible para la aviación en los principales aeropuertos españoles, Cepsa (2023).

## 2. El potencial de producción y origen de los combustibles renovables en España

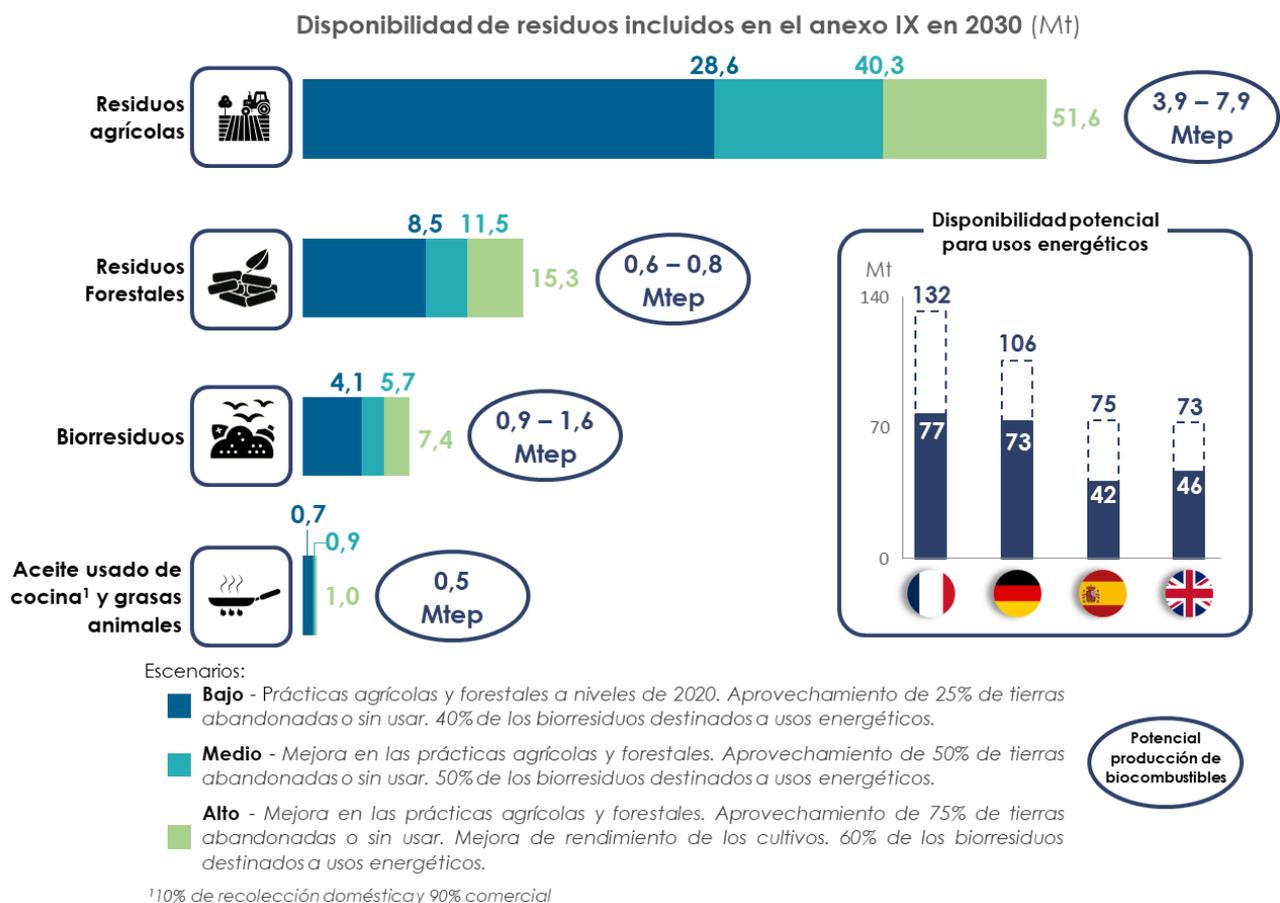
La producción de combustibles renovables implica distintas tecnologías dependiendo de la materia prima y el producto generado, estableciéndose múltiples rutas de producción tanto para los biocombustibles como para los CRONB (e-fuels), teniendo cada ruta sus implicaciones de coste, sostenibilidad y madurez tecnológica.

En el Anexo II se presentan las distintas rutas de producción de combustibles renovables, especificando las tecnologías involucradas y el estado del arte.

### 2.1. Disponibilidad de materia prima

Uno de los aspectos clave a la hora de valorar el potencial de los combustibles renovables es la disponibilidad de materia prima y su origen. La Figura 8 presenta la disponibilidad potencial en España de residuos incluidos en el anexo IX de la DER III que pueden ser aprovechados para usos energéticos (producción de calor, generación eléctrica, producción de biogás o combustibles líquidos), considerando tres escenarios en función de las mejoras previstas en la gestión forestal y de cultivos, el aprovechamiento de tierras abandonadas o sin usar y la proporción de biorresiduos destinados a usos energéticos.

Figura 8. Disponibilidad esperada de biomasa en España a 2030, en millones de toneladas (Mt).



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de: Sustainable biomass availability in the EU, Concawe (2021).

**España se encuentra entre los 4 países europeos con mayor disponibilidad potencial de biomasa junto con Francia, Alemania y Reino Unido, representando el 9% de la materia prima sostenible en todo el territorio europeo.**

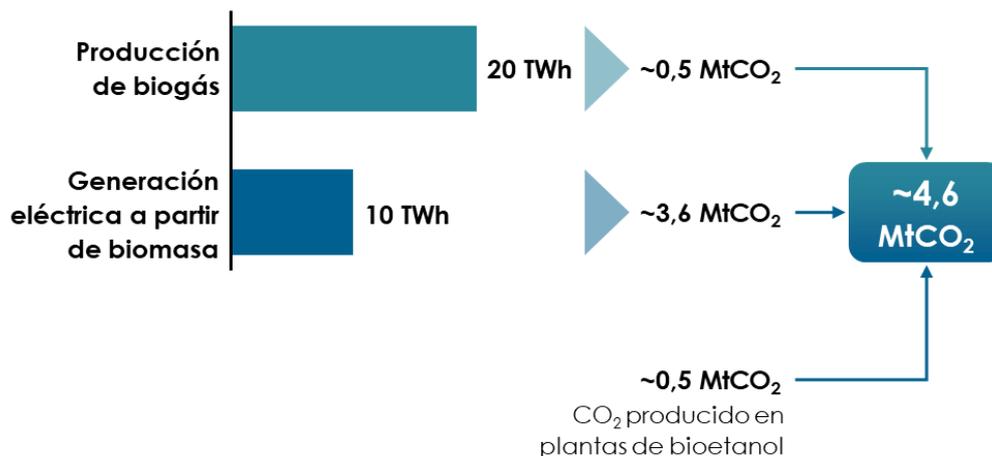
Los residuos agrícolas presentan una mayor disponibilidad para ser utilizados en usos energéticos, lo que daría lugar a un mayor aprovechamiento de los recursos locales apostando por la circularidad del sector.

Por su parte, los CRONB dependen de la generación competitiva de hidrógeno renovable y de la disponibilidad de dióxido de carbono. Teniendo en cuenta el desarrollo del Reglamento Delegado (UE) 2023/1185, donde las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de fuentes industriales no serán consideradas como evitadas a partir de 2041, las opciones existentes de CO<sub>2</sub> biogénico en España incluyen:

- CO<sub>2</sub> generado en las plantas de bioetanol. España cuenta con una capacidad de producción de 450 kilotoneladas de CO<sub>2</sub> de origen biogénico<sup>17</sup>.
- CO<sub>2</sub> proveniente del *upgrading* del biogás a biometano. La hoja de ruta del biogás en España planteó un objetivo inicial de producción de biogás de 10,4 TWh en 2030, valor que se incrementa en el borrador del PNIEC 2023-2030 a 20 TWh. Se estima que el 55% del biogás será transformado en biometano<sup>18</sup> generando ~470 kilotoneladas de CO<sub>2</sub>.
- Producción de electricidad a partir de biomasa. El PNIEC prevé una generación de 10 TWh en 2030, lo que permitiría capturar ~3.630 kilotoneladas de CO<sub>2</sub>.

El aprovechamiento íntegro de estas fuentes permitiría disponer de 4,6 MtCO<sub>2</sub> de origen biogénico en 2030.

**Figura 9.** Disponibilidad esperada de CO<sub>2</sub> de origen biogénico en España a 2030.



Fuentes: Elaboración propia a partir de datos de: Capturing CO<sub>2</sub> from biogas plants, Hailong Li et al. (2017), Emission Factors for Greenhouse Gas Inventories, EPA (2021), E-Fuels: A techno-economic assessment of European domestic production and imports towards 2050, Concawe (2022), The potential of electricity-based fuels for low-emission transport in the EU, German Energy Agency (2017).

El CO<sub>2</sub> capturado directamente del aire (DAC, por sus siglas en inglés) es otra fuente de dióxido de carbono potencialmente ilimitada, sin embargo, la tecnología para su captura se encuentra en un grado de madurez bajo y sus costes son muy elevados aún.

## 2.2. Potencial de producción de los combustibles renovables

A la hora de valorizar la biomasa, se debe tener en cuenta que su composición puede variar considerablemente, lo que dará lugar a diferentes contenidos energéticos, y que las diversas rutas de producción de biocarburantes existentes hacen que se obtenga una mayor o menor conversión

<sup>17</sup> Datos de la Asociación Española del Bioetanol.

<sup>18</sup> Hoja de ruta para cuadruplicar la producción de Biogás en 2030, SEDIGAS (2021).

para cada materia prima. Teniendo en cuenta la evolución esperada de las distintas tecnologías de conversión, se estima el potencial de producción máximo de biocombustibles.

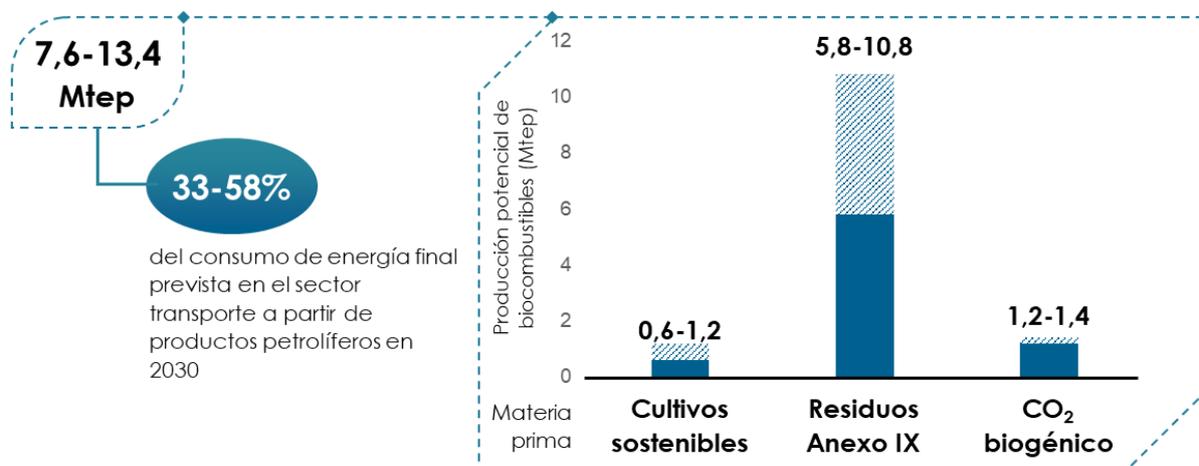
Adicionalmente, para los biocombustibles producidos a partir de cultivos alimentarios y forrajeros en 2030, se debe considerar, por un lado, el límite fijado en la normativa española<sup>19</sup>, que restringe su consumo a un 2,6% de la energía final del transporte a partir de 2025 y, por otro lado, el techo máximo previsto en la regulación comunitaria<sup>20</sup>, cuya adopción en España permitiría elevar dicho límite hasta el 5,1%. Teniendo en cuenta estas limitaciones, se podrían producir potencialmente entre 0,6 y 1,2 Mtep de biocombustibles, de los que hasta 10,8 Mtep provendrían de residuos y el resto de los cultivos sostenibles.

En el caso de los combustibles renovables de origen no biológico, en 2030 no existirá limitación en el uso de CO<sub>2</sub> industrial, por lo que su disponibilidad dependerá de los proyectos que se implementen en el sector industrial y de generación para capturar y utilizar el carbono. Tomando en consideración solo el CO<sub>2</sub> de origen biogénico que se podría capturar en 2030, se podrían producir potencialmente entre 1,2 y 1,4 Mtep de combustibles renovables de esta tipología.

Considerando el potencial de producción a partir de recursos locales, **los combustibles renovables podrían sustituir entre el 33 y el 58% de la energía final de los combustibles fósiles utilizados en el transporte en el año 2030, lo que reduciría entre 25 y 43 millones de toneladas de CO<sub>2</sub><sup>21,22</sup>.**

*Los combustibles renovables podrían sustituir hasta un 58% del consumo de productos derivados del petróleo en el sector transporte en 2030 y reducir 43 millones de toneladas de emisiones de CO<sub>2</sub> anuales.*

**Figura 10.** Potencial de producción de biocombustibles y CRONB en 2030, en millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep).



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de: Sustainable biomass availability in the EU, Concawe (2021); E-Fuels: A techno-economic assessment of European domestic production and imports towards 2050, Concawe (2022), The potential of electricity-based fuels for low-emission transport in the EU, German Energy Agency (2017).

Teniendo en cuenta que la demanda de combustibles renovables en el transporte prevista para el año 2030 en el borrador del PNIEC 2023-2030 se cifra en 2,2 Mtep, **España tendría un potencial para multiplicar hasta por 6 dicha proyección si aprovecharse al máximo su materia prima nacional**, lo que contribuiría, no solo a acelerar los objetivos de descarbonización del transporte, sino a incrementar el desarrollo económico e industrial del país.

<sup>19</sup> Orden TED/1342/2022.

<sup>20</sup> Directiva (UE) 2023/2413.

<sup>21</sup> Asumiendo una reducción de emisiones de GEI en el ciclo de vida de los combustibles renovables del 82% según se indica en la [Nota de Prensa](#) de APPA renovables de Marzo de 2024.

<sup>22</sup> Tomando en cuenta la energía final en el sector transporte proveniente de productos petrolíferos prevista a 2030.

### 3. La oportunidad de los combustibles renovables

Los combustibles renovables representan una oportunidad para abordar diversos desafíos de la sociedad ofreciendo un impacto positivo tanto para el medio ambiente, al reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, como en la generación de riqueza. Su implementación jugará un papel importante en la generación de empleo, el desarrollo rural y permitirá una transición energética justa, además de contribuir a garantizar la seguridad energética de España y el aprovechamiento de las capacidades industriales existentes.

#### 3.1. Oportunidad para el medio ambiente

Los combustibles renovables son compatibles con los motores de combustión interna utilizados en la mayoría de los vehículos del parque actual, lo que permite la reducción de la huella de carbono sin cambios para el usuario. De hecho, los combustibles renovables son una realidad en España desde hace más de 20 años, estando establecido para 2024 un objetivo mínimo obligatorio<sup>23</sup> en términos energéticos del 11% de biocombustibles sobre el total de los carburantes de automoción consumidos. En 2022, último año con datos oficiales de consumo, los biocarburantes tuvieron una cuota del 9,85%, cercana al objetivo del 10% establecido para ese año<sup>24</sup>.

La compatibilidad de los combustibles renovables con los motores de combustión interna predominantes en el parque automovilístico permite **reducir inmediatamente las emisiones sin tener que renovar anticipadamente su vehículo**. España cuenta con más de 33 millones de vehículos asegurados, donde más del 99% son movidos por un motor de combustión interna (diésel o gasolina) que podrían reducir sus emisiones mediante un aumento de las cuotas de combustibles renovables.

**Aumentar en un 1% de los combustibles renovables en los carburantes utilizados en España ofrecería una reducción de emisiones equivalente a 425 mil vehículos eléctricos<sup>25</sup>, una cifra un 15% superior a la de los vehículos con etiqueta cero<sup>26</sup> existentes en España en 2023 (367 mil unidades totales)<sup>27</sup>.**

*Aumentar la cuota de combustibles renovables en un 1% reduciría las mismas emisiones que sustituir 425 mil vehículos por alternativas eléctricas.*

El PNIEC 2023-2030 plantea un crecimiento del número de vehículos electrificados hasta los 5,5 millones en 2030, lo que supondría un aumento interanual del 48%. Por su parte, el Real Decreto 376/2022 establece objetivos obligatorios mínimos de biocombustibles del 12% a partir del año 2026 que también están reflejados en el PNIEC. La Figura 11 muestra este escenario con un fuerte aumento de vehículos electrificados y un estancamiento de la cuota de combustibles renovables.

Se plantea un **escenario alternativo** (Figura 12) donde la adopción de vehículos electrificados sigue la tasa de crecimiento de los últimos años, alcanzando los 3,6 millones de vehículos en 2030, y mayores cuotas de combustibles renovables: 14% en 2026 y 20% en 2030.

<sup>23</sup> Real Decreto 376/2022, de 17 de mayo, por el que se regulan los criterios de sostenibilidad y de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero de los biocarburantes, biolíquidos y combustibles de biomasa, así como el sistema de garantías de origen de los gases renovables.

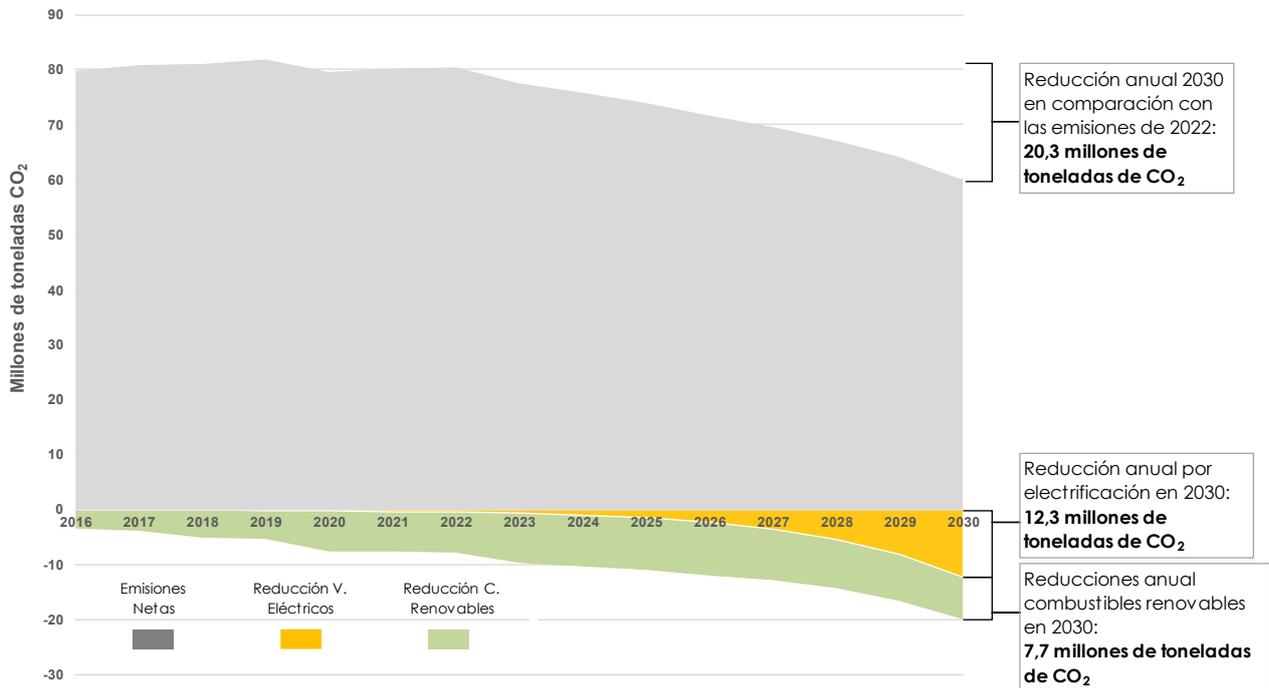
<sup>24</sup> Estadísticas de biocarburantes en función de la expedición de certificados definitivos, MITECO (2023).

<sup>25</sup> Valor calculado utilizando el parque de automóviles esperado para 2024.

<sup>26</sup> Los vehículos con etiqueta cero incluyen: vehículo eléctrico de batería, vehículo eléctrico de autonomía extendida, vehículo híbrido enchufable con una autonomía mínima en modo exclusivo eléctrico de 40 km, vehículo eléctrico de célula de combustible y vehículo de combustión de hidrógeno.

<sup>27</sup> Informe Anual de Vehículo Electrificado 2023, ANFAC (2024).

**Figura 11.** Evolución de las emisiones del transporte por carretera siguiendo los objetivos del borrador del PNIEC 2023-2030 indicando las reducciones atribuidas a los vehículos electrificados y los combustibles renovables incluidos en los carburantes actuales, en millones de toneladas de CO<sub>2</sub>.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de: Real Decreto 376/2022, de 17 de mayo, por el que se regulan los criterios de sostenibilidad y de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero de los biocombustibles, biolíquidos y combustibles de biomasa, así como el sistema de garantías de origen de los gases renovables; Borrador PNIEC 2023 – 2030; Datos del parque de vehículos español, DGT (2022); Estadísticas Biocombustibles, SICBIOS (2021); Matriculaciones vehículos electrificados, ANFAC (2022).

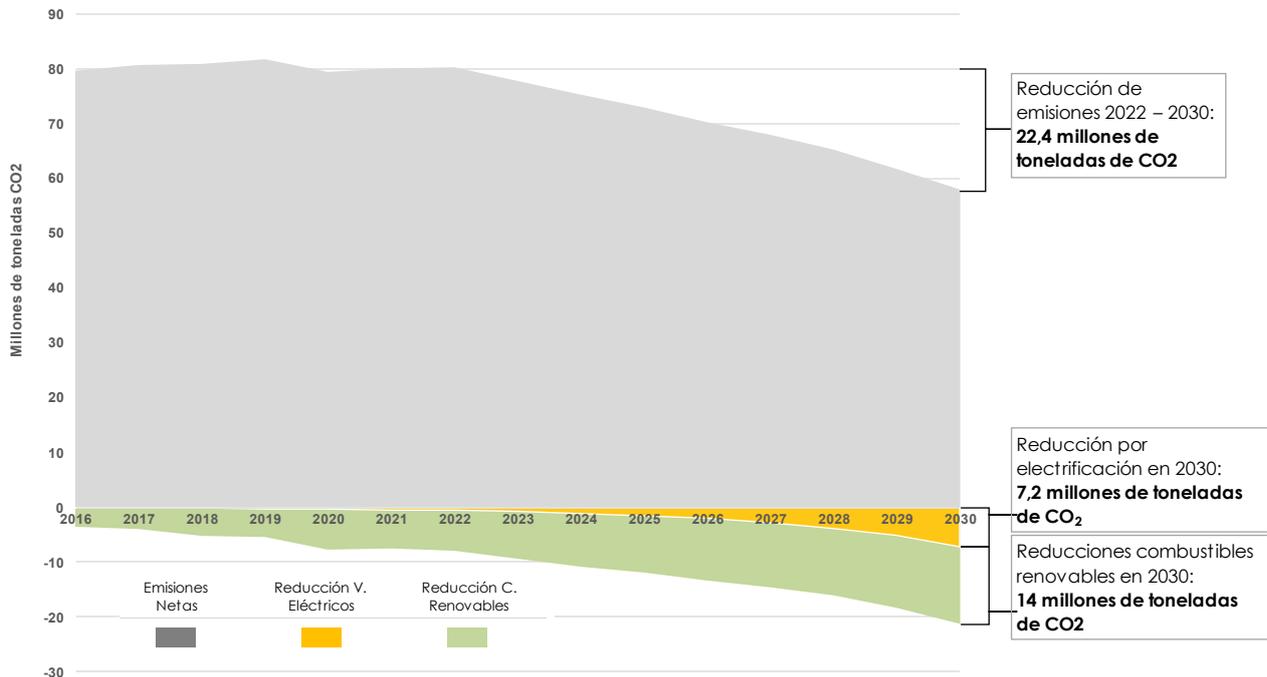
- [1] Para la estimación de las emisiones del transporte se asume un crecimiento de vehículos electrificados para alcanzar los 5,5 millones de vehículos en 2030 y las cuotas obligatorias de biocombustibles según la orden TED 376/2022 alcanzando el 12% en 2026.
- [2] Para los vehículos electrificados se aplica la distribución de eléctricos puros y PHEV actual en 2023 con un aumento progresivo de la cuota de eléctricos puros en todos los segmentos.
- [3] El modelo estima la renovación del parque de vehículos por modelos más eficientes en línea con la edad media de los vehículos en España por segmento del transporte por carretera, por lo que la reducción de las emisiones netas también incluye la renovación del parque.
- [4] Las emisiones netas, zonas en escala de gris, incluyen la reducción de emisiones atribuidas a los vehículos electrificados y los combustibles renovables, zonas en escala de amarillo y verde.

En el escenario alternativo, **las emisiones en 2030 se reducen un 10% más que en el escenario definido en el PNIEC**. Al considerar las emisiones acumuladas durante el periodo de 2024-2030, **el escenario con mayores cuotas de combustibles renovables permitiría abatir 106 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, de las cuales el 78% corresponde a la contribución de los combustibles renovables**. En contraste, con el escenario establecido en el PNIEC se abatirían 97 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>.

Analizando ambos escenarios, **el impacto en la reducción de emisiones acumuladas de los combustibles renovables de 2016 a 2030 sería entre 3 y 5 veces mayor** que el del vehículo eléctrico dependiendo del escenario planteado, beneficiándose de la ventaja de poder actuar sobre todo el parque de vehículos de combustión.

Estos resultados ejemplifican **la eficacia de los combustibles renovables como solución inmediata y complementaria para la descarbonización del transporte y cómo son una herramienta clave para alcanzar los objetivos de reducción de emisiones** con tecnologías suficientemente desarrolladas para generar un impacto en línea con la emergencia climática.

**Figura 12.** Evolución de las emisiones del transporte por carretera en un escenario moderado de adopción de vehículos electrificados y mayores cuotas de combustibles renovables, indicando las reducciones atribuidas a los vehículos electrificados y los combustibles renovables incluidos en los carburantes actuales, en millones de toneladas de CO<sub>2</sub>.



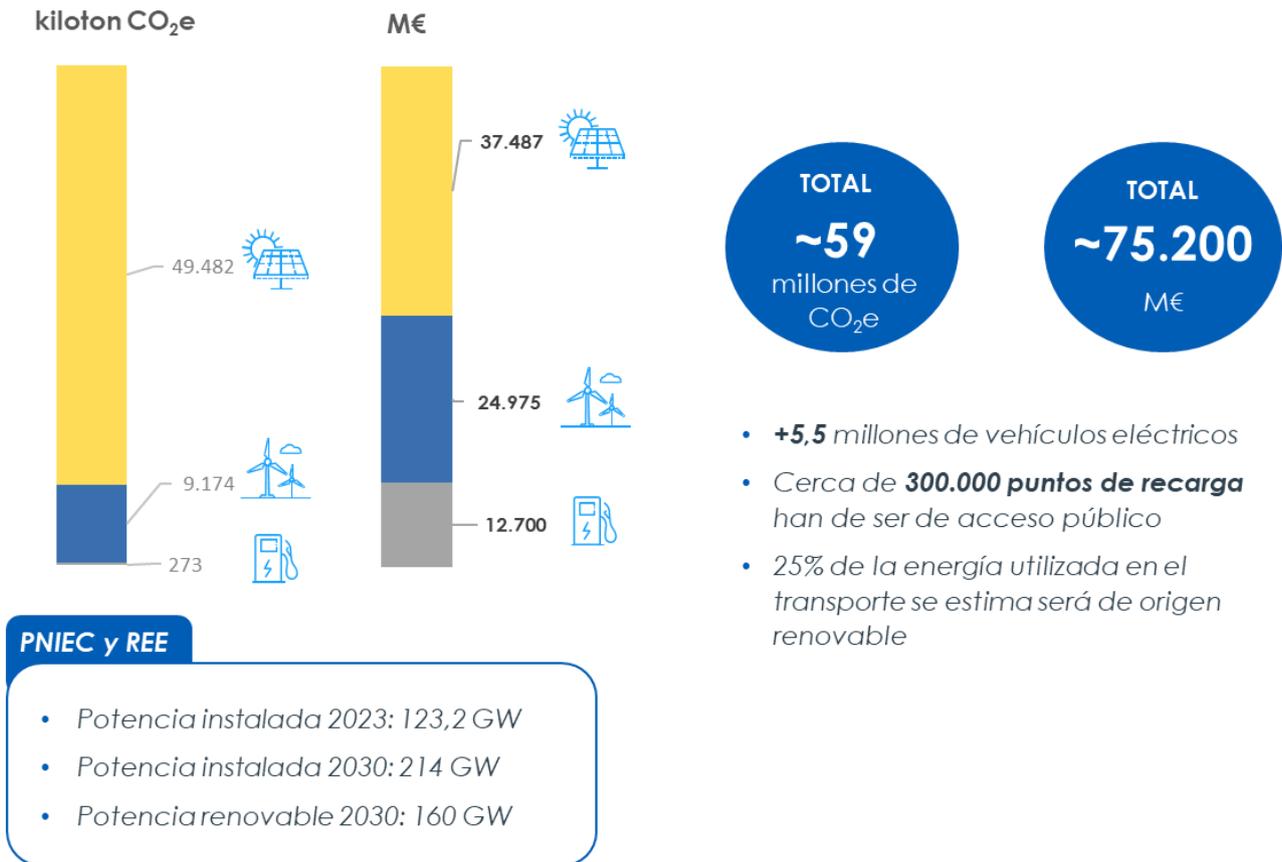
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de: Real Decreto 376/2022, de 17 de mayo, por el que se regulan los criterios de sostenibilidad y de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero de los biocombustibles, biolíquidos y combustibles de biomasa, así como el sistema de garantías de origen de los gases renovables; Borrador PNIEC 2023 - 2030; Datos del parque de vehículos español, DGT (2022); Estadísticas Biocombustibles, SICBIOS (2021); Matriculaciones vehículos electrificados, ANFAC (2022).

- [1] Para la estimación de las emisiones del transporte se continúa el crecimiento observado en los cuatro años anteriores de vehículos electrificados - alcanzando los 3,6 millones de vehículos electrificados en 2030 - y se establecen cuotas de combustibles renovables en los carburantes con un aumento progresivo hasta el 20% en 2030.
- [2] Para los vehículos electrificados se aplica la distribución de eléctricos puros y PHEV actual en 2023 con un aumento progresivo de la cuota de eléctricos puros en todos los segmentos.
- [3] El modelo estima la renovación del parque de vehículos por modelos más eficientes en línea con la edad media de los vehículos en España por segmento del transporte por carretera, por lo que la reducción de las emisiones netas también incluye la renovación del parque.
- [4] Las emisiones netas, zonas en escala de gris, incluyen la reducción de emisiones atribuidas a los vehículos electrificados y a los combustibles renovables, zonas en escala de amarillo y verde, respectivamente.

Es importante señalar que, si se analizan todas las emisiones generadas por un vehículo a lo largo de todo su ciclo de vida, se concluye que las emisiones de GEI de los vehículos que utilicen cuotas elevadas de combustibles renovables serían equiparables o incluso inferiores a las del vehículo eléctrico, tal como se expone detalladamente en el anexo IV.

Adicionalmente, la transición a una movilidad electrificada, por suponer un cambio de modelo de suministro de energía para la movilidad, tiene ciertas consideraciones relevantes en cuanto a la necesidad de inversión y emisiones generadas en el desarrollo de infraestructura necesaria. Se estima que, **para alcanzar el objetivo de 5,5 millones de vehículos eléctricos en 2030, se necesitaría una inversión de alrededor de 75.200 millones de euros y se emitirían un total de 59 millones de toneladas CO<sub>2</sub>eq**, donde se incluye el desarrollo de capacidad renovable para cubrir el aumento de demanda eléctrica y la infraestructura de recarga eléctrica, pública y privada.

Figura 13. Emisiones generadas y coste de infraestructura necesaria para movilidad eléctrica en 2030.



Fuentes: Elaboración propia a partir de datos de: PNIEC borrador 2023; REE; Transport & Environment; Despliegue de la infraestructura de recarga del vehículo eléctrico en España, Naturgy (2023); Technology-specific cost and performance parameters, IPCC (2014). Se asume que el cargador público se encuentra únicamente en exterior y el privado en interior.

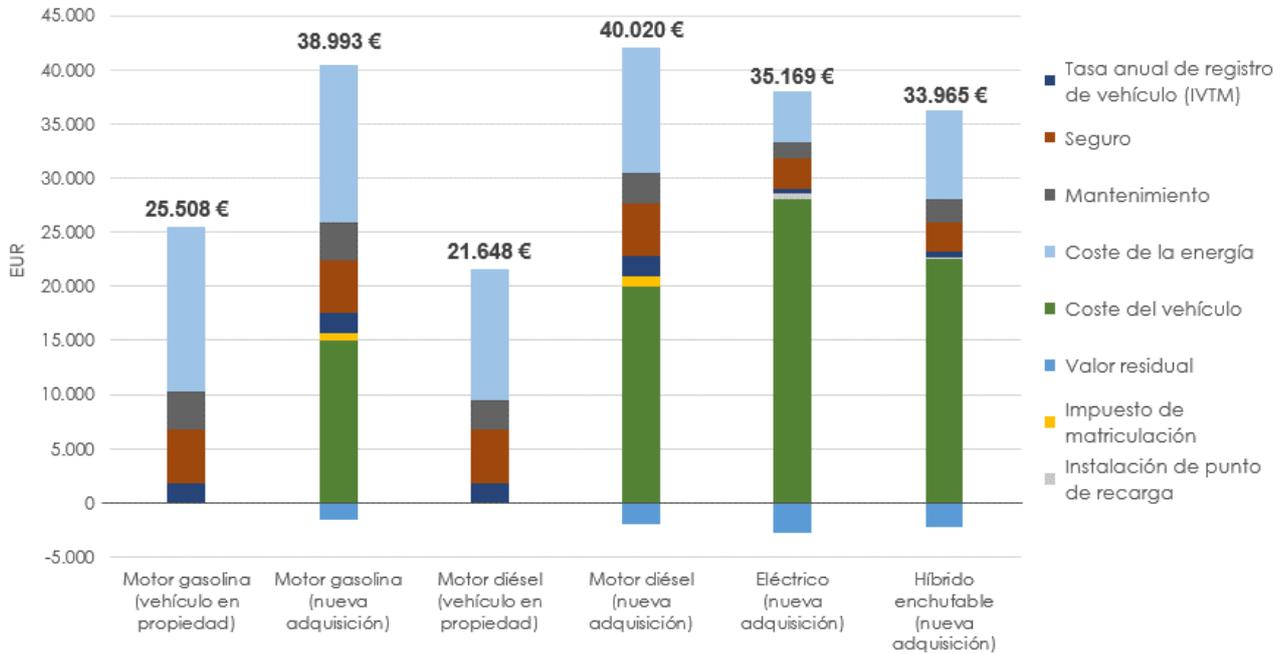
### 3.2. Oportunidad para una transición justa

Es necesario asegurar que la descarbonización del transporte tenga en cuenta las necesidades de todos los usuarios, proporcionándoles distintas alternativas de movilidad de bajas emisiones independientemente de su capacidad económica.

El coste total de propiedad (TCO, por sus siglas en inglés) de un vehículo permite valorar económicamente los cambios de tecnología de propulsión. A diferencia del coste de adquisición, que sólo contempla la inversión inicial, el TCO hace un balance de la inversión y los costes operativos a lo largo de la vida útil del vehículo. El TCO, sin embargo, no contempla otros factores que pueden influir en la decisión última de compra, como por ejemplo, la autonomía del vehículo, los tiempos de repostaje/recarga o las restricciones medioambientales a la circulación del vehículo.

Aunque el TCO de un vehículo eléctrico de nueva adquisición resultaría menor que el de un vehículo con motor de combustión interna nuevo, esto no ocurre cuando, en lugar de sustituirlo anticipadamente por un vehículo eléctrico, el usuario mantiene su vehículo de combustión interna en propiedad, que no ha llegado al final de su vida útil, una opción que **resulta entre un 25 – 38 % más económica para el consumidor**, tal como ilustra el gráfico siguiente.

Figura 14. Coste total de propiedad (TCO) de distintos tipos de vehículo para España en el 2023, en EUR.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de: Electric Vehicles: Total Cost of Ownership Tool, IEA (2022).

- [1] El análisis adapta el coste total de propiedad al mercado español, incluyendo los costes de combustible, subvenciones e impuestos.
- [2] La categoría vehículo en propiedad, elimina el coste de compra del vehículo ya que este ya se encuentra en propiedad del consumidor.
- [3] Análisis realizado para un vehículo medio según la definición de la Organización Internacional de la Energía.

*Mantener un vehículo actual con motor de combustión interna tiene un coste total de propiedad del vehículo hasta un 38% menor que el de un vehículo eléctrico nuevo.*

### Costes fiscales

La principal contribución al coste de propiedad de los vehículos de combustión interna se deriva del coste del combustible, que está muy influenciado por la tributación asociada al carburante – **entre el 42 y 47% del coste son impuestos** – que incluye el Impuesto Especial a los Hidrocarburos (IEH) además del IVA máximo del 21%, que aplican de igual forma, y sin reducción de tipo general a los combustibles renovables desde su modificación en 2013 a pesar de sus credenciales sostenibles.

En el caso de la electricidad, el impuesto especial de la electricidad se ha situado históricamente en un tipo general de 5,113% – que se bonificó hasta el 31 de diciembre 2023 al 0,5% por los incrementos de precio derivados de la guerra de Ucrania – y se aumentará de nuevo de forma progresiva alcanzando el 3,8% para el segundo trimestre de 2024. Por su parte, el IVA de la electricidad se ha situado históricamente en el 21%, pero se llegó a reducir al 5% hasta el 31 de diciembre de 2023 – por los incrementos de precio derivados de la guerra de Ucrania – habiendo vuelto progresivamente hasta el 21% desde el 1 de marzo de 2024<sup>28,29,30,31</sup>.

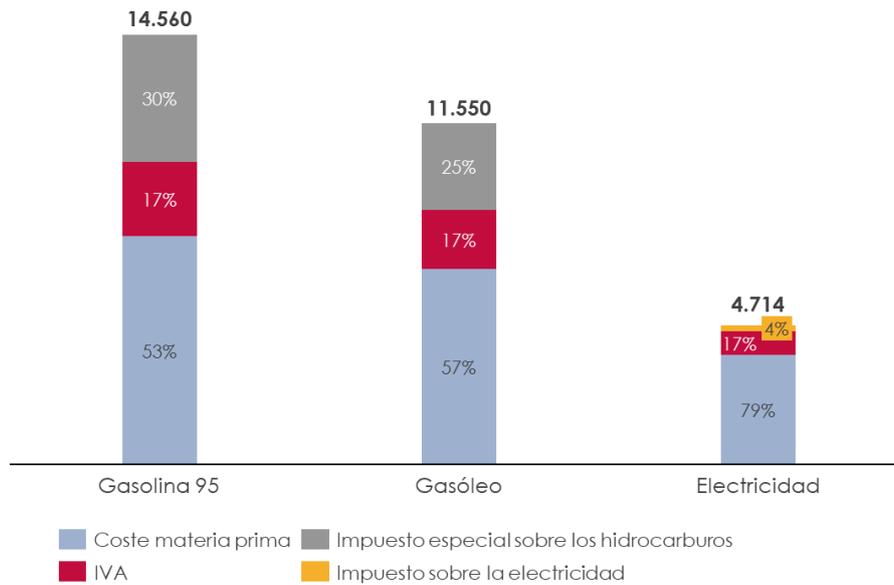
<sup>28</sup> Real Decreto-ley 17/2021, de 14 de septiembre, de medidas urgentes para mitigar el impacto de la escalada de precios del gas natural en los mercados minoristas de gas y electricidad.

<sup>29</sup> Real Decreto-ley 6/2022, de 29 de marzo, por el que se adoptan medidas urgentes en el marco del Plan Nacional de respuesta a las consecuencias económicas y sociales de la guerra en Ucrania.

<sup>30</sup> Real Decreto-ley 20/2022, de 27 de diciembre, de medidas de respuesta a las consecuencias económicas y sociales de la Guerra de Ucrania y de apoyo a la reconstrucción de la isla de La Palma y a otras situaciones de vulnerabilidad.

<sup>31</sup> Real Decreto-ley 8/2023, de 27 de diciembre, por el que se adoptan medidas para afrontar las consecuencias económicas y sociales derivadas de los conflictos en Ucrania y Oriente Próximo, así como para paliar los efectos de la sequía.

**Figura 15.** Desglose del coste de la energía en el TCO para la gasolina, el gasóleo y la electricidad, con tipos generales sin bonificaciones de los Reales Decretos-ley 17/2021, 6/2022 y 20/2022.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de: Ley 38/1992, de 28 de diciembre, de Impuestos Especiales; Real Decreto-ley 6/2022, de 29 de marzo, por el que se adoptan medidas urgentes en el marco del Plan Nacional de respuesta a las consecuencias económicas y sociales de la guerra en Ucrania; Real Decreto-ley 20/2022, de 27 de diciembre, de medidas de respuesta a las consecuencias económicas y sociales de la Guerra de Ucrania y de apoyo a la reconstrucción de la isla de La Palma y a otras situaciones de vulnerabilidad.

- [1] La gráfica no incluye las bonificaciones aplicadas en respuesta al alza de precios generado por la guerra de Ucrania, Real Decreto-ley 6/2022 & 20/2022, ya que se están revertiendo las reducciones aplicadas.
- [2] La electricidad vio una reducción de las tasas impositivas por la guerra de Ucrania, Real Decreto-ley 6/2022 & 20/2022, que serán aplicadas hasta diciembre de 2023, donde finalmente se redujo el IVA al 5% y el impuesto de la electricidad al 0,5%.
- [3] Durante este periodo, pero con finalización en diciembre de 2022, los carburantes se bonificaron con 20 céntimos por litro, pero no hubo rebaja fiscal.

*Los combustibles renovables se gravan con los mismos tipos impositivos de IVA e IEH que los carburantes fósiles, donde la carga impositiva supone entre el 42 y el 47% del precio de venta.*

Si se aplicara la carga impositiva tipo cero a la fracción bio en los carburantes, como se realizaba en España hasta 2012, similar al esquema impositivo vigente en Francia, y se utilizaran cuotas altas de biocombustibles – E85 y B100<sup>32</sup> – **se podría reducir el coste total de propiedad del vehículo de gasolina y diésel en 6.000 y 5.000 euros** respectivamente, lo cual equivale a un 24% de reducción en el TCO si se mantiene un vehículo en propiedad y entre un 13% y 15% si se adquiere un vehículo nuevo de combustión interna.

Estas medidas demuestran la importancia de las cargas impositivas en la competitividad de los productos energéticos, y que pueden ser determinantes para incentivar el consumo de combustibles sostenibles.

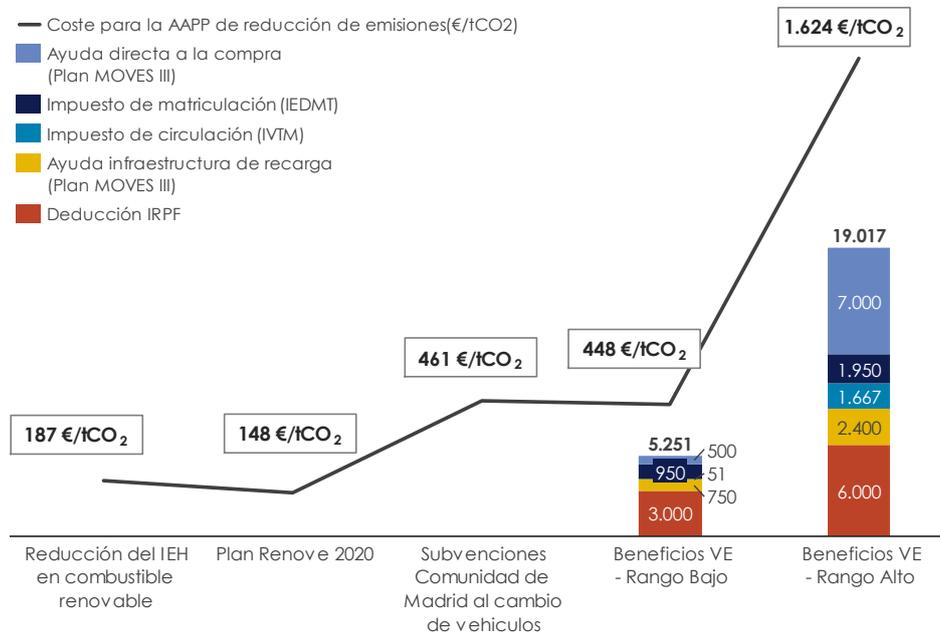
### Costes para el erario público

Teniendo en cuenta los costes de cada alternativa de bajas emisiones, así como la reducción de emisiones netas durante el ciclo de vida del vehículo, se realiza a continuación un análisis de los costes de reducción de emisiones para el erario público, teniendo en cuenta las ayudas directas y los menores ingresos por impuestos de los vehículos eléctricos en comparación con las penalizaciones y tasas de emisión que se imponen sobre las emisiones de combustibles fósiles, que se verán reducidas con el uso de combustibles renovables.

<sup>32</sup> B100 equivale a biodiésel al 100% y E85 a una mezcla de gasolina con etanol hasta el 85% en términos volumétricos.

Los costes para la administración pública de la reducción de emisiones en el vehículo eléctrico oscilan entre los 450 y los 1.600 €/tCO<sub>2</sub>. Este análisis incluye tanto ayudas directas a la adquisición como el Plan MOVES III, como deducciones de IRPF ofrecidas por la adquisición de vehículos eléctricos que se detallan en la Figura 16.

**Figura 16.** Coste para el erario de los beneficios públicos a los vehículos eléctricos y señales de precio de políticas de carbono, total en euros y coste de abatimiento en euros por tonelada de CO<sub>2</sub> (€/tCO<sub>2</sub>).



Fuentes: Elaboración propia a partir de datos de: Plan MOVES III, IEDMT, IVTM, Low-Carbon Liquid Fuels for Transport: Policy Evolution to Drive the Investments, Fuels Europe (2019).

[1] La variación – rango bajo y alto - se debe principalmente al tratamiento fiscal que varía por cada CCAA, el tipo e importe del vehículo y el tipo de usuario, donde las ayudas a la compra de vehículos eléctricos para autónomos y personas físicas son más altas que las destinadas a empresas.

[2] AAPP se refiere a Administraciones Públicas.

La figura también incluye el coste para la administración de reducir emisiones de GEI mediante combustibles renovables utilizando diversas medidas para mejorar la competitividad de esta alternativa como la reducción del IEH o la aplicación de un plan Renove (como el publicado en el 2020) para modernizar el parque automovilístico. Además, se presenta un ejemplo actual del coste de reducción de emisiones para la Administración pública aplicando el plan de subvenciones de la Comunidad de Madrid para la renovación de vehículos sin etiqueta ambiental a vehículos de etiqueta C.

Al comparar el coste de ambas alternativas, se observa que **medidas que impulsen el uso de combustibles renovables requerirían de menor esfuerzo económico por tonelada de CO<sub>2</sub> reducida con valores entre 187 €/tCO<sub>2</sub> y 461 €/tCO<sub>2</sub>.**

**Es importante promover la eficiencia económica en los esfuerzos realizados desde las instituciones públicas para la reducción de emisiones, de forma que las herramientas de promoción de uso que reducen la recaudación o aumentan el gasto sean aplicadas desde un criterio de neutralidad tecnológica y logrando los mayores beneficios absolutos para la sociedad.**

### 3.3. Oportunidad para el desarrollo rural y la economía circular

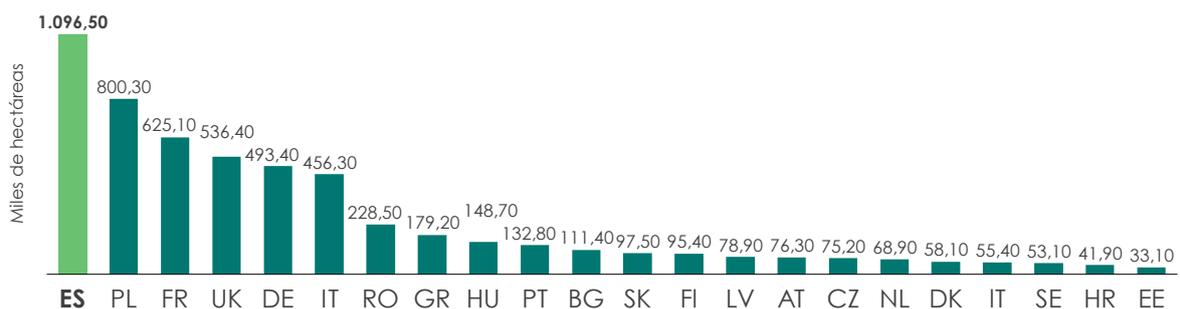
Los combustibles renovables suponen una vía de crecimiento económico y creación de empleo local que puede beneficiar especialmente a las áreas rurales afectadas por la despoblación. Las

principales fuentes de materia prima para la producción de combustibles renovables se concentran en entornos rurales como es el caso de la producción de cultivos y la generación de residuos agrícolas y alimentarios.

Por otra parte, la futura producción de combustibles sintéticos requerirá de la instalación de nueva potencia renovable en el entorno rural, que por ello juega un papel crucial en el futuro energético del país. **Los combustibles renovables pueden contribuir así a dar respuesta al desafío de cohesión social y lucha contra la despoblación existente en la denominada “España vaciada”,** ofreciendo vías de prosperidad y empleo en estos territorios.

El sector agrícola está experimentando un estancamiento, según los últimos datos disponibles del INE, ya que la Superficie Agraria Utilizada (SAU) entre 2009 y 2020 solo ha crecido en un 0,7%<sup>33</sup>. Las previsiones a futuro muestran una tendencia general de abandono de tierras de cultivo en la UE, liderada por España, con más de un millón de hectáreas en desuso en 2030. Adicionalmente, según el Programa Nacional de Desarrollo Rural 2014-2022 (PNDR 2014-2022), en España el 44,8% de la SAU se encuentra en zonas desfavorecidas, donde existe un alto riesgo de abandono de su uso productivo por despoblación<sup>34</sup>. La razón principal de este abandono es la menor competitividad frente a los cultivos importados y los incrementos de eficiencia de la producción, que aumentan la oferta sin una subida correspondiente de demanda, reduciendo la necesidad de superficie cultivada. **Un aumento de la demanda de los cultivos, como podría ser su uso como bioenergía, podría evitar las previsiones de abandono.**

**Figura 17.** Abandono de tierras de cultivo en países de la UE: previsión 2030, en miles de hectáreas.



Fuente: Territorial Facts and Trends in the EU Rural Areas within 2015-2030, EU Commission: JRC Technical Reports (2018).

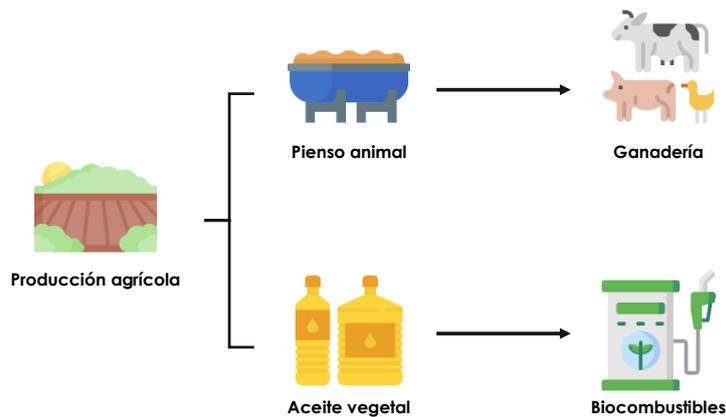
**Es importante también desmentir la creencia de que la utilización de cultivos sostenibles para la producción de biocombustibles compite con el uso alimentario de los productos agrícolas.** El 60% de la producción comunitaria de cereal se utiliza para la alimentación animal, que ha de ser rica en proteína y baja en materia grasa. La promoción de cultivos autóctonos como el maíz o el girasol, ofrecerían una vía competitiva para los agricultores que podrían comercializar el contenido energético – aceites y almidón – de los cultivos para la producción de bioenergía y la parte restante, alta en proteína, para la alimentación del ganado, permitiendo competir con cultivos altos en proteína como la soja, que se importan en su gran mayoría. De esta forma, no solo no se reduciría la disponibilidad de material alimentario, si no que se reforzaría la utilización de materia prima local para la fabricación de pienso, donde España ocupa el sexto puesto a nivel mundial por delante de países como Alemania y Rusia<sup>35</sup>. Se incrementaría de esta forma la seguridad de suministro alimentario y energético mientras se fomenta la competitividad de las áreas rurales e industriales.

<sup>33</sup> Censo Agrario, INE (2020).

<sup>34</sup> Programa Nacional De Desarrollo Rural 2014-2020, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2014).

<sup>35</sup> Perspectivas del Sector Agroalimentario de ALLTECH, ALLTECH (2022).

**Figura 18.** Proceso de extracción del contenido graso de los cultivos oleaginosos para la producción de pienso con alto valor proteico y biodiésel derivado de aceite vegetal.



Fuente: Elaboración propia.

- [1] El proceso de extracción del contenido graso de los cultivos permite aislar el contenido proteico de los cultivos, siendo el material necesario para el pienso animal y el contenido graso para la generación de biocombustibles, ofreciendo dos formas de generación de beneficios para los agricultores españoles y, por ello, aumentando la competitividad de los cultivos nacionales.
- [2] La figura muestra la casuística de producción de biodiésel. El bioetanol se produciría utilizando el almidón de los cereales como el maíz, obteniéndose como coproducto, los granos destilados deshidratados con solubles (DDGS, por sus siglas en inglés), que se utilizan como materia prima para piensos.

Un aspecto crucial en la evolución de los biocombustibles de cultivos alimentarios y forrajeros es la regulación, tanto la limitación de su uso, como la promoción del producto final. El 47% de los biocombustibles utilizados en el transporte en 2021<sup>36</sup> en España fueron producidos a partir de cultivos alimentarios y forrajeros, de los cuales solo un 14% provenía de productos alimentarios producidos en España. Teniendo en cuenta que, al menos a corto plazo, los requisitos regulatorios de inclusión de biocombustibles en el transporte dependen de los derivados de cultivos alimentarios y forrajeros, es necesario facilitar que la producción nacional pueda competir con las importaciones de otras geografías.

En este sentido, es relevante realizar un análisis comparativo de las limitaciones comunitarias establecidas por la UE, en la Directiva (UE) 2018/2011, tras su reciente modificación por la Directiva (EU) 2023/2413, y por la normativa nacional (*Orden TED/1342/2022*<sup>37</sup>) que impone límites al uso de estos cultivos más estrictos que los permitidos en la norma comunitaria. La Figura 19 muestra cómo podrían crecer los biocombustibles producidos de cultivos alimentarios según la aplicación de las medidas de cada paquete regulatorio.

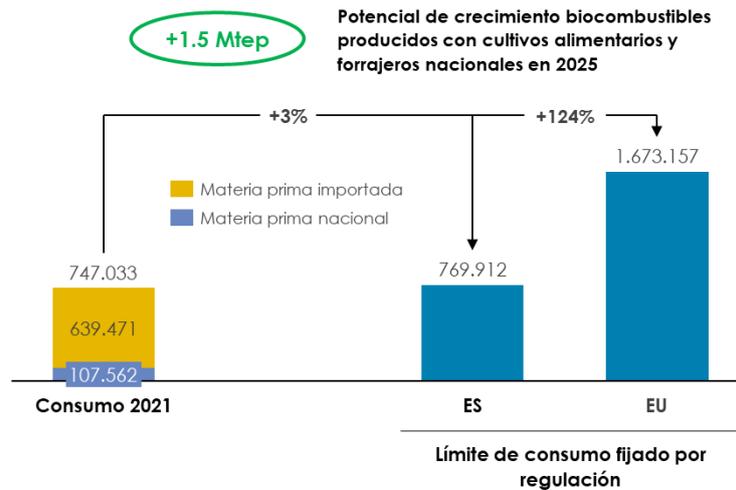
En caso de aplicarse la normativa española, apenas se observaría un crecimiento en términos absolutos del 3% derivado únicamente del aumento del denominador de la limitación, el consumo de energía final en el transporte en España. Esto es debido a que el límite de biocombustibles producidos a partir de cultivos alimentarios y forrajeros se reduce al 2,6%, a partir de 2025, en comparación con el 4,1% de 2020.

La aplicación del límite previsto en la regulación europea permitiría un aumento del 1% sobre la contribución de los biocombustibles a la energía final del transporte en el año 2020, que supondría alcanzar un 5,1% de la energía final en 2025. Esto aumentaría en términos absolutos la producción y el consumo de biocombustibles de cultivos en un 124% en el año 2025.

<sup>36</sup> Estadísticas biocombustibles, SICBIOS (2022).

<sup>37</sup> Orden TED/1342/2022, de 23 de diciembre, por la que se establece el límite de biocarburantes producidos a partir de cultivos alimentarios y forrajeros a efectos del objetivo de venta o consumo de biocarburantes y biogás con fines de transporte.

**Figura 19.** Crecimiento potencial en 2025 de la producción en España de biocombustibles obtenidos a partir de cultivos alimentarios y forrajeros, según la aplicación de la regulación nacional o la Directiva de Energías Renovables de la UE en toneladas equivalentes de petróleo de biocombustible.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de: Orden TED /1342/2022, Directiva (UE) 2018/2001 & Directiva (UE) 2023/2413, Estadísticas Biocombustibles, SICBIOS (2021), Borrador PNIEC 2023 – 2030.

[1] El límite de la regulación europea aplica sobre los valores de consumo final de energía en el sector del transporte en 2020.

[2] El potencial de crecimiento calcula el aumento máximo de biocombustibles producidos de cultivos alimentarios y forrajeros incluyendo tanto los límites de la regulación europea de crecimiento como el efecto de producir la materia prima que actualmente se importa en el territorio nacional.

Maximizar la utilización de estos cultivos hasta el límite previsto en la normativa comunitaria y la sustitución de materia prima extranjera por cultivos locales permitiría aumentar la producción de biocombustibles hasta alcanzar los 1,5 millones de tep, y cultivar ~700.000 hectáreas agrícolas<sup>38</sup> o un 3% de la SAU total en España en 2022<sup>39</sup>. **Este crecimiento tendría un efecto directo en el mundo rural, ofreciendo una medida para frenar el abandono de superficie agraria utilizable, fomentando la actividad agraria y el desarrollo de una industria forrajera nacional en el sector ganadero.**

La implantación de esta medida permitiría, en el año 2025, crear más de 4.000 puestos de trabajo y un Valor Añadido Bruto (VAB) de 638 millones de euros en la producción de los biocombustibles. El sector agrario nacional podría, también de cara a 2025, generar un VAB de 3.391 millones de euros y un aumento de ocupados de hasta 50 mil personas, tanto en empleos directos como indirectos<sup>40,41</sup>.

*Los biocombustibles de cultivos alimentarios y forrajeros podrían aportar un VAB de hasta 4.000 millones de euros y 54 mil empleos en el mundo rural.*

### 3.4. Oportunidad para la seguridad de suministro, la independencia energética y la industria

España, como otros países en Europa, depende en gran medida de las importaciones energéticas de terceros países. En el balance energético nacional se puede observar que el crudo y los productos derivados del petróleo son la principal fuente primaria de energía del país, siendo principalmente importada y representando un 12,7% de las importaciones totales en 2022 equivalentes a un 4,3% del PIB.

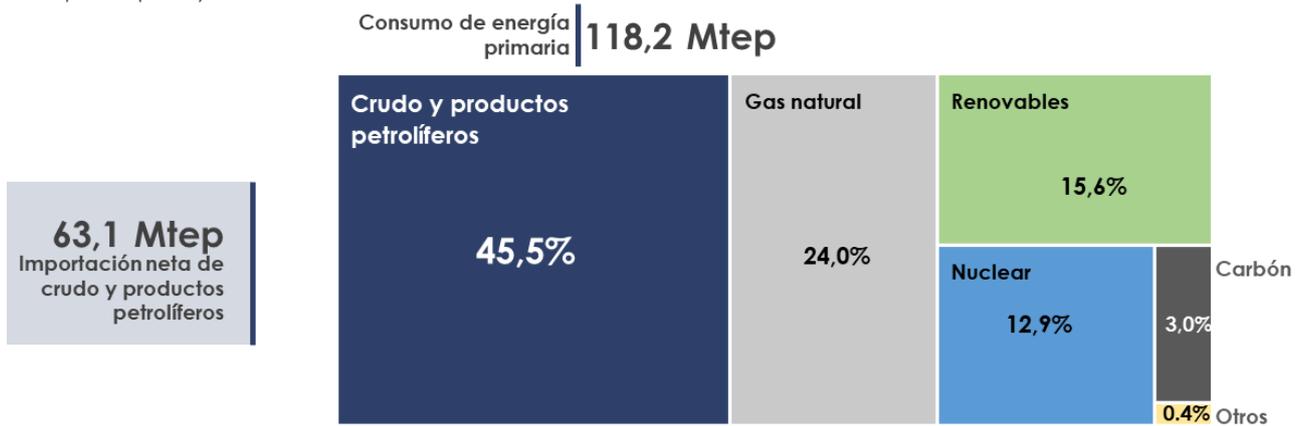
<sup>38</sup> Asumiendo la distribución de biocombustibles de cultivos alimentarios y forrajeros – biodiésel, HVO y bioetanol - producidos en 2021.

<sup>39</sup> Sector agrícola y ganadero, MITECO (2022).

<sup>40</sup> Censo Agrario, INE (2020).

<sup>41</sup> Contribución del Sistema Agroalimentario a la Economía Española, MAPA (2020).

**Figura 20.** Desglose del consumo de energía primaria y la importación neta de crudo y productos petrolíferos en España (2022).



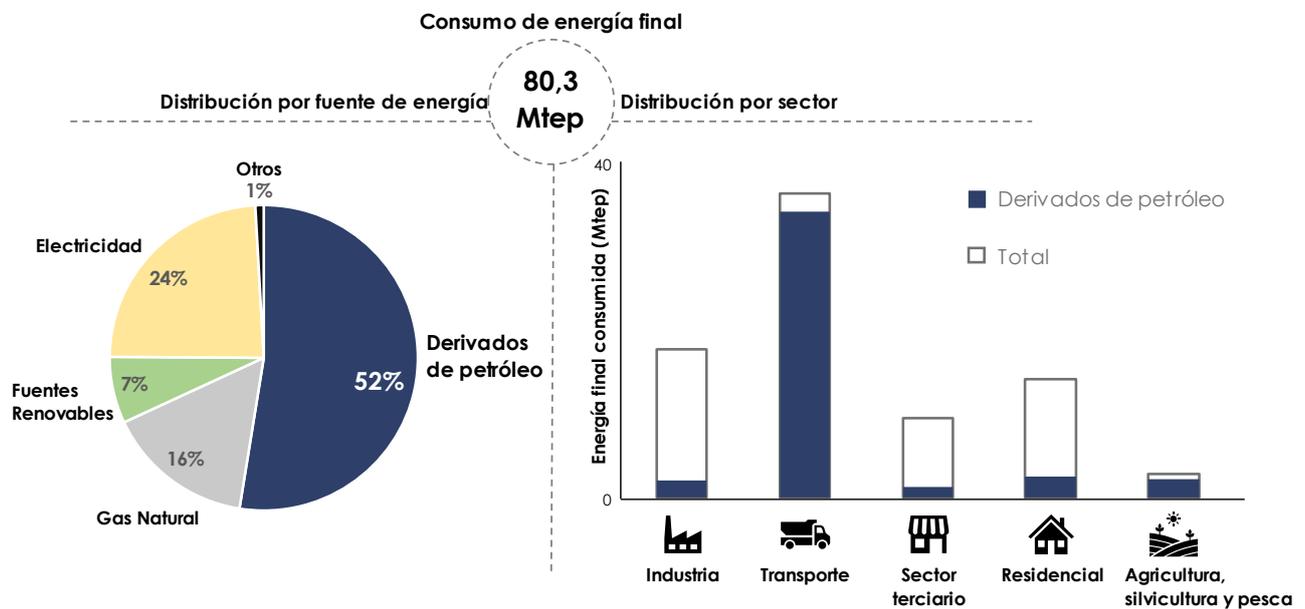
Fuente: Balance energético de 1990-2022, MITECO, (2024).

[1] La importación neta de crudo y productos petrolíferos no es equivalente a la fracción de consumo de energía primaria ya que se considera el balance energético total donde se incluyen elementos como el almacenamiento nacional de crudo.

La producción doméstica de combustibles renovables con materias primas locales minimizaría la actual dependencia energética, habilitando un mayor grado de autosuficiencia y reduciendo la exposición a la volatilidad de precios y riesgos de suministro externo como la experimentada durante el estallido del conflicto en Ucrania.

La dependencia de los combustibles fósiles se evidencia también en la distribución del consumo de energía final (Figura 21) especialmente los derivados de petróleo en el sector transporte, donde el 94% de la energía consumida proviene de los combustibles fósiles.

**Figura 21.** Consumo de energía final en España (2022).



Fuente: Balance energético de 1990-2021, MITECO (2024).

[1] Excluye usos no energéticos.

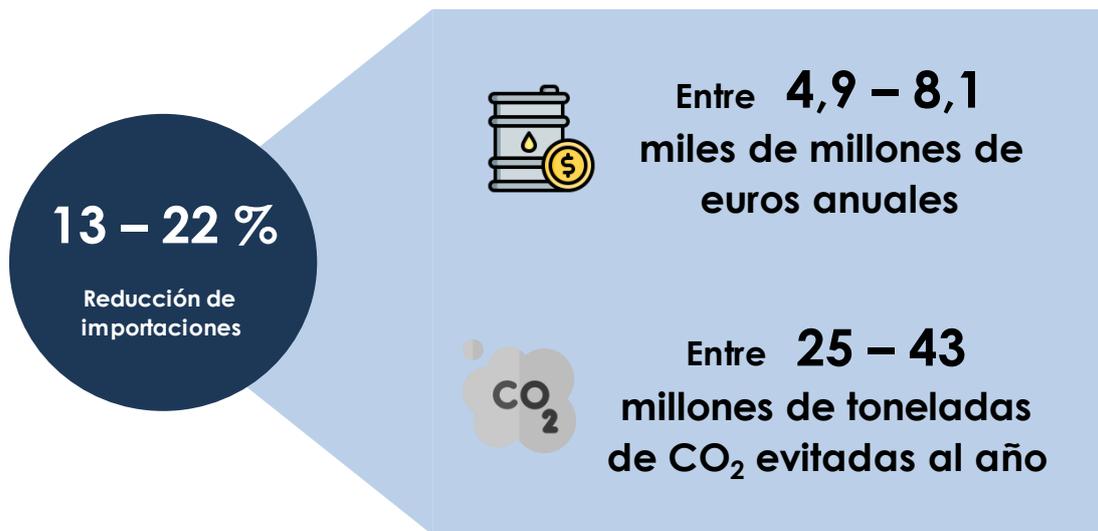
A nivel peninsular, el aporte del crudo y sus derivados en la generación eléctrica es muy reducido. En cambio, en gran parte de los sistemas insulares, el sistema eléctrico está aislado<sup>42</sup>, por lo que existe una dependencia de generación fósil para garantizar el suministro de electricidad. En las Islas

<sup>42</sup> Las islas Baleares cuentan con interconexión con la Península Ibérica, pero mantienen la consideración de sistema eléctrico de Territorio No Peninsular, como las Islas Canarias, Ceuta y Melilla, y están acogidas al régimen retributivo adicional.

Canarias, el 79% de la generación eléctrica en 2022 utilizó combustibles fósiles<sup>43</sup>, por lo que el uso de combustibles renovables sustituyendo a los combustibles fósiles representa una alternativa viable para la reducción de emisiones de la generación eléctrica de estos sistemas.

La promoción de los combustibles renovables en España, por tanto, fomentaría la independencia energética en sectores como el transporte a la vez que reduciría el nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al crudo entre 25 y 43 millones de toneladas al año. **Las importaciones de crudo y productos petrolíferos se reducirían en 8 mil millones de euros anuales**, en el caso más ambicioso de utilización de recursos para la producción de combustibles renovables nacionales. España importa anualmente ~37 mil millones de euros de crudo.

**Figura 22.** Efecto de la reducción de importaciones de crudo derivadas de la producción de productos energéticos locales.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de: CORES.

[1] Asumiendo una reducción de emisiones de GEI en el ciclo de vida de los combustibles renovables del 82% según se indica en la Nota de Prensa de APPA renovables de Marzo de 2024.

La oportunidad ofrecida por los combustibles renovables para garantizar la seguridad energética es especialmente relevante para aquellos países que cuentan con disponibilidad de materia prima además de una infraestructura y capacidad industrial en el sector del refino y biorrefino que permita su producción.

A nivel recursos, España dispone de un amplio rango de las materias primas para la producción de combustibles renovables cuya cadena de suministro se tendría que desarrollar para asegurar un abastecimiento local. Ejemplos adicionales a los mostrados en la sección 2.1 incluyen:

- Amplias oportunidades de transformación a la generación de biocombustibles de origen alimentario derivados del creciente abandono de terrenos de secano aptos para el cultivo de cereal, cultivos con potencial energético en declive como la remolacha en Castilla-La Mancha y tierras en abandono en Galicia y la cornisa cantábrica.
- Cerca del 60% de la fracción orgánica de los residuos sólidos municipales se envía a vertedero y solo el 15% se valoriza, muy por debajo de la media europea cercana al 25%<sup>44</sup>.
- Excelente potencial para la producción de hidrógeno renovable como demuestra la cartera potencial de proyectos de 11 GW recogidos en el censo de la Asociación Española del

<sup>43</sup> Datos del sistema, Red Eléctrica de España (2023).

<sup>44</sup> Gestión de residuos de la UE, Parlamento Europeo (2023).

Hidrógeno. La producción competitiva de hidrógeno renovable será fundamental para el desarrollo futuro de combustibles renovables de origen no biológico<sup>45</sup>.

En cuanto a la capacidad del sector del refino, **España cuenta con 8 de las 80 refinerías de la Unión Europea, suponiendo más del 10% de la capacidad comunitaria**. Además, como se indica en el Plan + Seguridad Energética del Gobierno de España, el posicionamiento geográfico de las refinerías, la red de oleoductos disponible y la amplia infraestructura de almacenamiento la hace altamente competitiva y flexible, pudiendo abastecerse de distintos orígenes y variabilidad de calidades de crudo<sup>46</sup>. Estos complejos industriales, por tanto, presentan una oportunidad para evolucionar a *hubs* multienergéticos adaptados para la producción de combustibles renovables, manteniendo la capacidad industrial española y contribuyendo al proceso de descarbonización de la economía.

**Figura 23.** Ranking de países por capacidad de refino de petróleo en la Unión Europea (2022) y distribución de refinerías en España.



Fuente: Concawe, AOP.

[1] BPD: barriles de petróleo diarios, un barril equivale a 159 litros.

**España también cuenta con diversas plantas de biorrefino distribuidas por todo el país, concretamente 19 de biodiésel, 7 de hidrobiodiésel (HVO) y 4 de bioetanol.** Las grandes plantas de producción de bioetanol y biodiésel en España mantienen su actividad gracias en buena medida a la exportación y a las estrategias de apoyo a la demanda de otros países de la Unión Europea, ya que el consumo real de biocarburantes en España está disminuyendo desde hace varios años.

La producción de hidrobiodiésel, derivado de aceite de palma y soja, se realiza en refinerías principalmente mediante coprocesado con producto fósil. La producción de HVO se realiza en 7 de las 8 refinerías españolas, aunque existen planes de aumentar esta capacidad en los próximos años<sup>47</sup>.

Aunque España se sitúa como cuarto productor comunitario de biocombustibles con 1,9 millones de toneladas anuales en 2022, está por debajo de la capacidad instalada de 4,4 millones de toneladas anuales. **El bajo ratio de utilización de la capacidad de biorrefino en España (43%) evidencia el potencial que tiene este sector para aumentar su producción de combustibles renovables.**

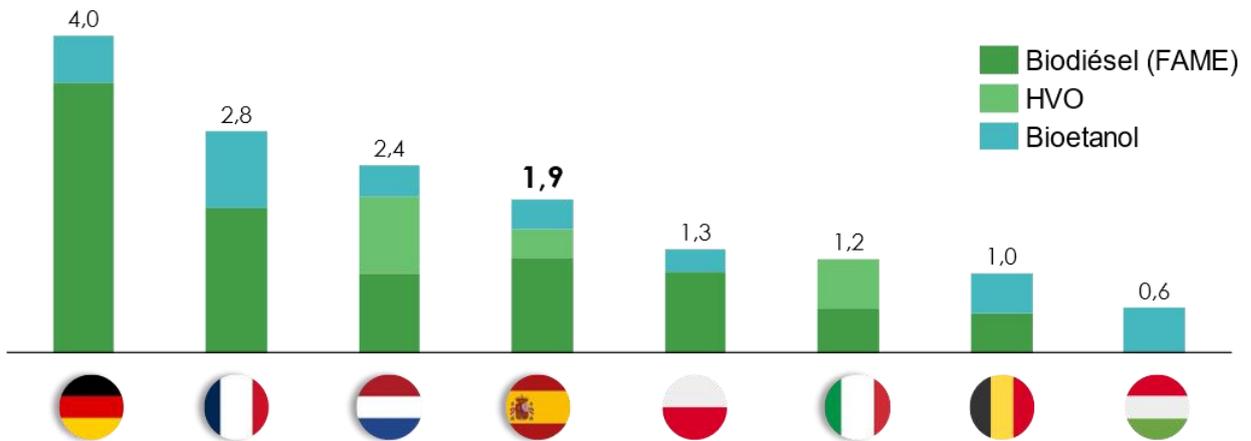
<sup>45</sup> Censo de proyectos de Hidrogeno, Asociación Española del Hidrogeno (2023).

<sup>46</sup> Plan + Seguridad Energética, Gobierno de España (2022).

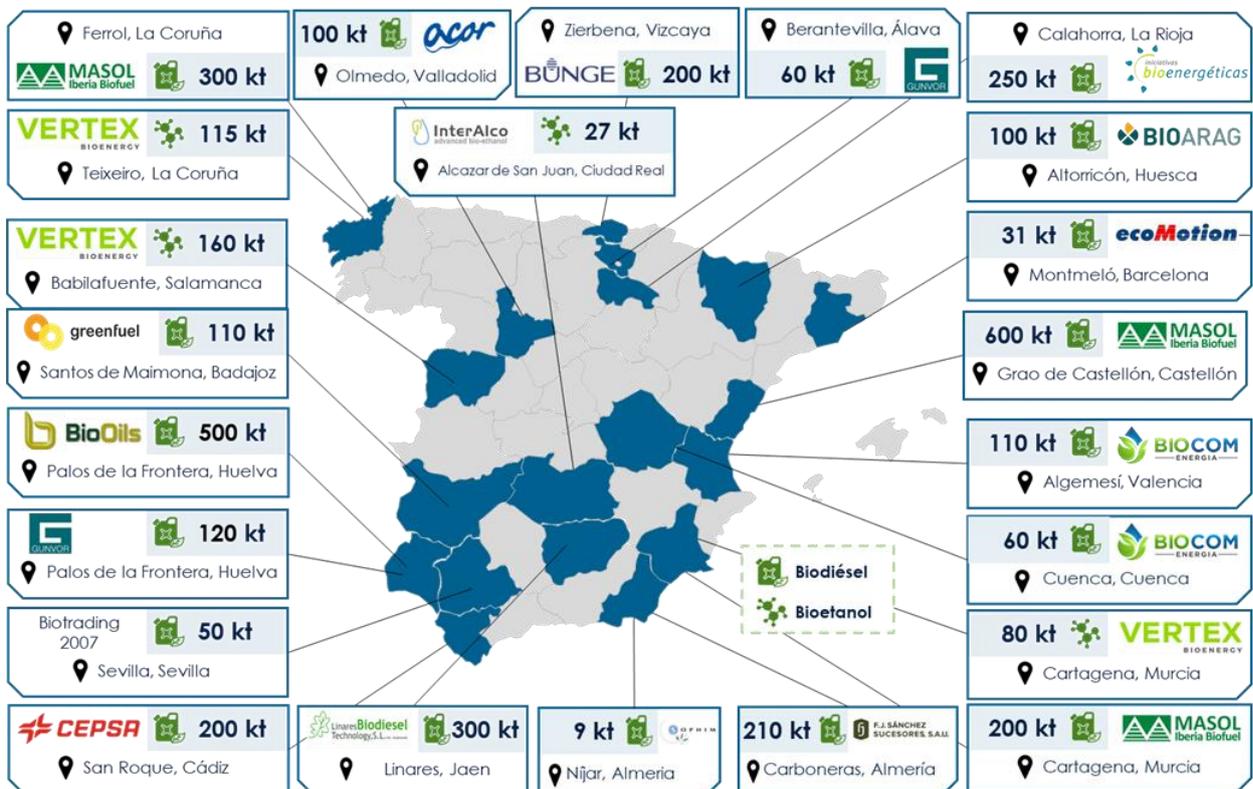
<sup>47</sup> Global Biofuels Assessment, Stratass Advisors (2021).

Figura 24. Producción de biocombustibles a nivel comunitario en 2022 y capacidad de biorrefino en España.

### Producción 2022 (millones de toneladas)



### Capacidad instalada en España de biodiesel y bioetanol



Fuente: USDA, MITECO, Transport & Environment, APPA.

- [1] Números de producción europea de 2022 estimada basados en producción de años anteriores y tendencias de los diferentes países.
- [2] La capacidad de producción de HVO en España fue de 700 kilotoneladas en 2021 y está distribuida entre 7 de las refinerías españolas mostradas en la Figura 23, variando en capacidad con un mínimo de 80 mil toneladas y una capacidad máxima de 150 mil toneladas anuales.
- [2] Los valores de capacidad son superiores a la producción ya que las plantas españolas no operan al 100% de capacidad.

Por su parte, los combustibles renovables de origen no biológico ofrecen una vía para mantener y ampliar la capacidad y conocimiento en el sector industrial español. Se han realizado anuncios de proyectos en el medio plazo, pero no existe producción aún por el incipiente estado de desarrollo de la tecnología. Los proyectos más destacados se centran en la producción de gasolina, diésel y queroseno sintético mediante el proceso Fischer-Tropsch utilizando fuentes de carbono de origen

fósil y, por tanto, generando combustibles de carbono reciclado, aceptados por la DER III hasta al menos 2036.

Como proyectos a destacar, Repsol está desarrollando una planta de demostración de combustibles sintéticos mediante la valorización de las emisiones de la planta de Petronor en el Puerto de Bilbao. El proyecto se espera que entre en producción en 2025 y contará con una capacidad de 8.000 litros diarios – unas 7 toneladas diarias – y CEPSA ha anunciado recientemente un proyecto para la construcción de una planta con una capacidad de 300.000 toneladas al año de metanol sintético para su uso como combustible marino principalmente a partir de 2028.

La transición a combustibles renovables contribuiría adicionalmente al **mantenimiento de los más de 200.000 empleos de la industria del refino y su logística y distribución**, mediante la transformación de los complejos petroquímicos en hubs multienergéticos; además de los **4.000 empleos, tanto directos como indirectos, que ya genera actualmente el sector de los biocombustibles en España**.

## 4. Conclusiones y recomendaciones

España dispone de los medios para convertirse en un líder a nivel europeo en el sector de los **combustibles renovables** gracias a las capacidades técnicas de la industria española del refino de petróleo, del biorrefino y de la distribución de combustibles, así como por su potencial de aprovechamiento de recursos en el sector primario, pero ello requeriría desarrollar un **marco regulatorio, fiscal y de promoción** que incentive la transición hacia una movilidad de bajas emisiones accesible y asequible para todos los ciudadanos.

Aprovechar la oportunidad que representan los combustibles renovables requeriría implementar toda una serie de medidas para lograr una transición justa y tecnológicamente neutra hacia un modelo de bajas emisiones que permita el cumplimiento de los objetivos fijados para 2030.

Las políticas energéticas y de descarbonización comunitarias y nacionales deberían aprovechar mejor la capacidad de los combustibles renovables para reducir de manera inmediata las emisiones de GEI no sólo en los medios de transporte para los que no existe opción electrificada, sino también en aquellos otros en los que de manera complementaria junto a las opciones eléctricas pueden acelerar la consecución de los objetivos.

Es necesario un apoyo regulatorio que **impulse la producción de combustibles renovables y su consumo en España**, como ya se hace con otras alternativas como la movilidad eléctrica o el hidrógeno. Establecer **incentivos que reconozcan sus credenciales sostenibles** proporcionaría una solución competitiva de bajas emisiones, garantizando así una transición justa y efectiva.

Se debe abordar un apoyo integral a lo largo de toda la cadena de valor de los combustibles renovables, estableciendo **mecanismos que permitan aumentar la disponibilidad de materia prima local**, así como **fomentar el desarrollo tecnológico y apoyar la innovación**, donde será muy importante promover la divulgación de conocimiento para generar conciencia sobre la **diversidad de soluciones existentes de reducción de emisiones y la necesidad de todas ellas** para alcanzar los objetivos de descarbonización.

La *Plataforma para los Combustibles Renovables* identifica, basándose en lo presentado en el informe, una serie de propuestas concretas que se consideran necesarias para hacer realidad la oportunidad que representa el pleno desarrollo de los combustibles renovables en España. Estas propuestas se dividen en cuatro bloques según el área de actuación, considerando clave la acción transversal para maximizar sus beneficios.

### 4.1. Propuestas de política energética

Es necesario un apoyo regulatorio para impulsar los combustibles renovables e incentivar su consumo como ya se hace con otras alternativas como la movilidad eléctrica o el hidrógeno. Por ello, se resaltan las siguientes medidas desde un punto de vista de neutralidad tecnológica y basadas en el impacto que tendrían a nivel medioambiental y económico:

- **Obligación general de venta o consumo de biocombustibles superior a la actual** y, en línea con la existente en otros Estados Miembros más avanzados, implementando medidas que permitan la rápida implantación de la gasolina E10 y del gasóleo B10, y explorando cuotas superiores de bioetanol, biodiésel y otros biocarburantes según se valide su viabilidad técnica.
- **Aprobación de una Hoja de Ruta de los Combustibles Renovables**, incluyendo objetivos de incorporación separados en los sectores del transporte por carretera, la aviación y la navegación marítima.

- Defensa en las instituciones europeas de la coherencia entre las regulaciones de emisiones de CO<sub>2</sub> en el transporte, incluyendo las de vehículos ligeros y pesados, y el régimen de comercio de derechos de emisión.
- **Inclusión de una línea específica de combustibles renovables dentro del PERTE de Energías Renovables, Hidrógeno y Almacenamiento (ERHA)**, permitiendo el acceso a la financiación procedente de los Fondos Europeos "Next Generation".
- **Programa de ayudas para instalaciones de producción de biocombustibles avanzados** que promueva la producción local en España y reduzca su importación.
- **Elaboración de una Guía interpretativa por parte del MITECO** que permita armonizar los criterios a nivel autonómico a fin de salvaguardar la competitividad interterritorial, acelerar la implantación de las cadenas de valor, la consecución de los objetivos de la economía circular, reconociendo el fin de la condición de residuo otorgada por otros Estados miembros, entre otras cosas.

## 4.2. Propuestas fiscales

En la mayoría de las rutas tecnológicas, la competitividad en coste es una de las principales barreras identificadas para los combustibles renovables. Sin incentivos que reconozcan las características sostenibles de los combustibles renovables, no se podrán comercializar a precios competitivos frente a sus equivalentes fósiles. Por ello, definir obligaciones y objetivos que no vayan acompañados de incentivos para obtener un producto competitivo trasladarán el coste adicional al consumidor e impedirán que se realice una transición justa y efectiva.

- **Aplicación de tipos impositivos reducidos o exenciones en el Impuesto especial de hidrocarburos (IEH)** que reconozcan sus beneficios medioambientales y promoción paralela de una modificación puntual de la actual Directiva de Fiscalidad Energética, con su consecuente modificación de la norma española para implementar dichos beneficios fiscales, aplicando, por ejemplo, un sistema similar al utilizado con el gasóleo bonificado o gasóleo B.
- Introducción de una **bonificación sobre la cuota íntegra del impuesto sobre los bienes inmuebles (IBI)** para quienes instalen puntos de suministro de E85 y una bonificación sobre la cuota para los sujetos pasivos que instalen puntos de suministro de E85.
- **Creación de una bonificación obligatoria**, y otra potestativa para las entidades locales, **en función de las características de los motores de cada vehículo** y su incidencia en el medio ambiente en el impuesto sobre circulación (IVTM).
- **Mecanismos de control y medidas de cumplimiento** trimestrales para evitar fraudes en la incorporación de combustibles renovables en los carburantes.
- Promover en la UE una reducción de tipos o una exención en los derechos de arancel aplicables a las importaciones de determinados productos con fines industriales para la fabricación de combustibles renovables.
- **Creación de nuevos incentivos a la transformación industrial orientada a la descarbonización** como, por ejemplo, la libre amortización fiscal y la creación de una deducción por inversiones del 30%, en ambos casos para activos fijos destinados a dicha transformación industrial como una medida adecuada que estimule el cambio.
- Actualmente las obras industriales están gravadas por los Ayuntamientos con aproximadamente un 4% en concepto de ICIO. La ley actual prevé algunos beneficios fiscales para determinadas obras de interés general, pero no recoge ninguna vinculada a

las inversiones industriales enfocadas a la descarbonización. Se plantea una reducción de entre el 50% y el 90% para este tipo de inversiones.

- **Mejora de los incentivos de I+D+i mediante la deducción en el Impuesto de Sociedades:**
  - Incremento de los porcentajes de deducción del 25 al 30% en el caso de I+D y del 12 al 15% en la innovación tecnológica.
  - Flexibilización de los límites de aplicación actuales (del 25 al 35% de la cuota íntegra, del 50 al 70% cuando la inversión del año representa más del 10% de la cuota íntegra y no limitación de las deducciones de I+D+i por la regla de la tributación mínima).
  - Flexibilizar los requisitos para la monetización de las deducciones mediante la eliminación tanto del descuento del 20% como la carencia de un año y permitiendo la tramitación acelerada de la devolución.
  - Creación de una nueva deducción para las inversiones derivadas de previos proyectos de I+D+i.

### 4.3. Propuestas relativas a materias primas y tecnología

En cuanto a la definición de los distintos tipos y el avance tecnológico de la fabricación y distribución de los combustibles renovables, se identifican medidas que pueden facilitar la labor de reducción de emisiones del transporte y otros sectores económicos mediante medidas relativas a sus materias primas, la racionalización de esta tecnología y un mayor apoyo a la innovación.

- **Racionalización de taxonomía de materias primas** para facilitar el cumplimiento de los ambiciosos objetivos de penetración de energías de baja huella en el transporte. Maximizando el uso de materias primas nacionales que permitan acreditar la reducción de emisiones y los criterios de sostenibilidad, incluyendo todos los residuos no reutilizables ni reciclables que puedan ser utilizados para la fabricación de combustibles renovables, evitando así su depósito en vertedero, y cumpliendo por tanto el principio de jerarquía de residuos de la Ley de Residuos y Suelos Contaminados.
- **Incremento del límite del 1,7% de las materias primas del Anexo IX parte B de la DER III** conforme al procedimiento previsto en la propia Directiva, previo estudio que demuestre la disponibilidad de estas y la existencia de capacidad industrial suficiente en el territorio nacional, con el objetivo de lograr el máximo aprovechamiento de los recursos locales y reducir simultáneamente la dependencia de las importaciones de crudo.
- **Definición de rutas preferentes de captura de carbono** para la generación sostenible de combustibles sintéticos en línea con la taxonomía europea y aprovechando el potencial renovable para la producción de hidrógeno español.

### 4.4. Propuestas en materia educativa y de concienciación

Finalmente, se identifica un elemento también importante para lograr una transición efectiva hacia un modelo de bajas emisiones y desde un punto de vista de neutralidad tecnológica. Este involucra la divulgación del conocimiento y así la generación de conciencia sobre la diversidad de soluciones existente y la necesidad de todas ellas.

- **Acciones divulgativas a nivel privado y público sobre estos nuevos combustibles sostenibles**, educando sobre sus beneficios a nivel ambiental y de implementación.
- **Reconocimiento de su papel fundamental para mantener el empleo y la actividad económica** a lo largo de la cadena de valor y generar más oportunidades de desarrollo, particularmente asociadas al mundo rural y previniendo la despoblación, e impulsar la

economía circular de los combustibles renovables. Potenciar España como una referencia mundial en estas tecnologías y así contribuir a resolver el desafío de cohesión territorial con actividades de valor añadido para el tejido industrial español centrado en zonas en riesgo.

## Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> Tipos de combustibles renovables. ....	8
<b>Figura 2.</b> Los combustibles renovables en el ciclo del carbono. ....	9
<b>Figura 3.</b> Emisiones de CO <sub>2</sub> en España (2021). ....	11
<b>Figura 4.</b> Densidad energética del rango de combustibles renovables (en verde) en comparación con los combustibles fósiles actuales (en gris), las alternativas eléctricas y el hidrógeno (en azul)..	12
<b>Figura 5.</b> Cuotas de energía global por modo de transporte. Escenario NZE (Cero emisiones netas en 2050).....	13
<b>Figura 6.</b> Desarrollo tecnológico de motores alternativos para barcos. ....	14
<b>Figura 7.</b> Reducción de emisiones en función de las cuotas de inclusión de SAF establecidas en la ReFueEUI Aviation, en %. ....	16
<b>Figura 8.</b> Disponibilidad esperada de biomasa en España a 2030, en millones de toneladas (Mt)..	17
<b>Figura 9.</b> Disponibilidad esperada de CO <sub>2</sub> de origen biogénico en España a 2030. ....	18
<b>Figura 10.</b> Potencial de producción de biocombustibles y CRONB en 2030, en millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep).....	19
<b>Figura 11.</b> Evolución de las emisiones del transporte por carretera siguiendo los objetivos del borrador del PNIEC 2023-2030 indicando las reducciones atribuidas a los vehículos electrificados y los combustibles renovables incluidos en los carburantes actuales, en millones de toneladas de CO <sub>2</sub> . ....	21
<b>Figura 12.</b> Evolución de las emisiones del transporte por carretera en un escenario moderado de adopción de vehículos electrificados y mayores cuotas de combustibles renovables, indicando las reducciones atribuidas a los vehículos electrificados y los combustibles renovables incluidos en los carburantes actuales, en millones de toneladas de CO <sub>2</sub> . ....	22
<b>Figura 13.</b> Emisiones generadas y coste de infraestructura necesaria para movilidad eléctrica en 2030. ....	23
<b>Figura 14.</b> Coste total de propiedad (TCO) de distintos tipos de vehículo para España en el 2023, en EUR. ....	24
<b>Figura 15.</b> Desglose del coste de la energía en el TCO para la gasolina, el gasóleo y la electricidad, con tipos generales sin bonificaciones de los Reales Decretos-ley 17/2021, 6/2022 y 20/2022. ....	25
<b>Figura 16.</b> Coste para el erario de los beneficios públicos a los vehículos eléctricos y señales de precio de políticas de carbono, total en euros y coste de abatimiento en euros por tonelada de CO <sub>2</sub> (€/tCO <sub>2</sub> ). ....	26
<b>Figura 17.</b> Abandono de tierras de cultivo en países de la UE: previsión 2030, en miles de hectáreas. ....	27
<b>Figura 18.</b> Proceso de extracción del contenido graso de los cultivos oleaginosos para la producción de pienso con alto valor proteico y biodiésel derivado de aceite vegetal. ....	28
<b>Figura 19.</b> Crecimiento potencial en 2025 de la producción en España de biocombustibles obtenidos a partir de cultivos alimentarios y forrajeros, según la aplicación de la regulación nacional o la Directiva de Energías Renovables de la UE en toneladas equivalentes de petróleo de biocombustible.....	29
<b>Figura 20.</b> Desglose del consumo de energía primaria y la importación neta de crudo y productos petrolíferos en España (2022). ....	30
<b>Figura 21.</b> Consumo de energía final en España (2022). ....	30
<b>Figura 22.</b> Efecto de la reducción de importaciones de crudo derivadas de la producción de productos energéticos locales.....	31
<b>Figura 23.</b> Ranking de países por capacidad de refino de petróleo en la Unión Europea (2022) y distribución de refinerías en España. ....	32
<b>Figura 24.</b> Producción de biocombustibles a nivel comunitario en 2022 y capacidad de biorrefino en España.....	33
<b>Figura 25.</b> Objetivos actualizados del PNIEC 2023-2030 para los combustibles renovables en el sector transporte, en % del total de energía utilizada en el transporte. ....	41

<b>Figura 26.</b> Reducción de emisiones para diferentes tipos de transporte por carretera.....	42
<b>Figura 27.</b> Porcentajes mínimos exigidos por la UE de combustibles renovables en la aviación. ....	43
<b>Figura 28.</b> Límite de intensidad de los gases de efecto invernadero de la energía utilizada a bordo. .....	44
<b>Figura 29.</b> Rutas de producción de biocombustibles líquidos.....	48
<b>Figura 30.</b> Rutas de producción de combustibles renovables líquidos de origen no biológico.....	49
<b>Figura 31.</b> <i>Estado del arte de las rutas de producción de combustibles renovables.</i> ....	50
<b>Figura 32.</b> <i>Costes de producción de combustibles renovables, en EUR/MWh.</i> .....	52
<b>Figura 33.</b> Estructura del modelo de emisiones del transporte terrestre. ....	53
<b>Figura 34.</b> Evolución de las emisiones del transporte por carretera siguiendo los objetivos del borrador del PNIEC 2023-2030 indicando las reducciones atribuidas a los vehículos electrificados y los combustibles renovables incluidos en los carburantes actuales, en millones de toneladas de CO <sub>2</sub> . .....	55
<b>Figura 35.</b> Evolución de las emisiones del transporte por carretera en el escenario alternativo, con menor adopción de vehículos electrificados y mayores cuotas de combustibles renovables, indicando las reducciones atribuidas a los vehículos electrificados y los combustibles renovables incluidos en los carburantes actuales, en millones de toneladas de CO <sub>2</sub> .....	56
<b>Figura 36.</b> Análisis de emisiones GEI de ciclo de vida de distintos tipos de vehículos. ....	57

## Anexo I – Marco Regulatorio de los combustibles renovables

La UE ha desarrollado un extenso marco regulatorio para incentivar la reducción de emisiones de GEI en el sector del transporte, incluyendo las sucesivas Directivas relativas al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables (DER), publicadas en 2009 (DER I) y 2018 (DER II), y sus respectivas modificaciones realizadas en 2015 y 2023 (DER III) respectivamente, que establecen el marco regulatorio principal para el fomento del uso de energías renovables en el sector transporte, incluyendo la utilización de biocombustibles y combustibles líquidos renovables de origen no biológico. Adicionalmente a estos paquetes regulatorios, se han desarrollado otras normativas comunitarias para definir otros aspectos, al tiempo que se han incorporado sus previsiones al ordenamiento jurídico español con las particularidades permitidas dentro del marco definido por Bruselas.

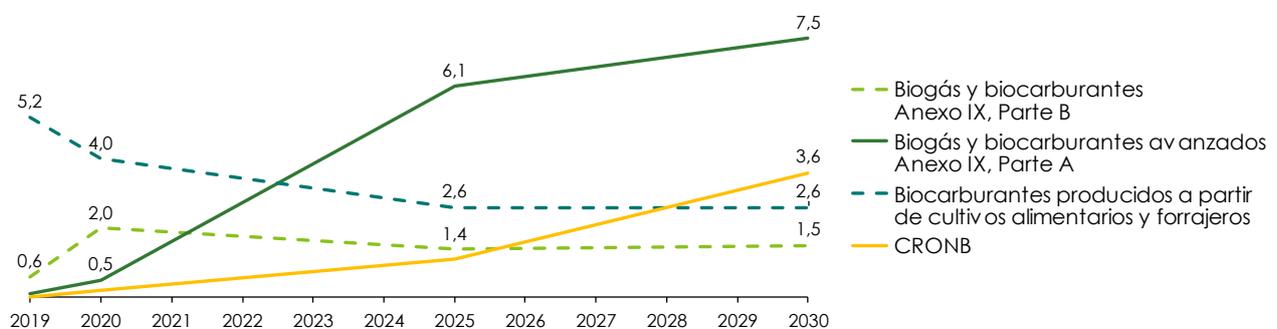
En general, el entorno regulatorio de reducción de emisiones en los sectores económicos de la Unión Europea avanza con objetivos cada vez más ambiciosos y líneas temporales más cortas. Se han observado bastantes modificaciones en los últimos años y se requiere un seguimiento continuo para asegurar el cumplimiento y alineamiento con los objetivos gubernamentales.

El desarrollo de los combustibles renovables está enfocado principalmente a reducir las emisiones de GEI en el sector transporte, donde las reducciones esperadas en cada uno de sus subsectores – carretera, aviación y marítimo – varían en tiempo, exigencias e incluso soluciones. La propia DER III fija objetivos mínimos de reducción de la intensidad de las emisiones del transporte – 14,5% a 2030 – con una meta alternativa de integración de energías renovables en el sector, de al menos un 29%, habilitando a los Estados Miembros a seleccionar el tipo de objetivo que fija al transponer la Directiva.

A nivel nacional, la propuesta de actualización del PNIEC 2023 – 2030<sup>48</sup> refuerza la adhesión de España a los planes europeos mostrando objetivos más ambiciosos en ciertos elementos. Para ello, actualiza los objetivos de consumo de cada tipología de combustible renovable, definiendo cuáles serían potenciados en su uso y producción y cuáles han de reducir su presencia en el consumo energético.

Según se observa en la Figura 25, se apuesta por un aumento de los CRONB y de los biocarburantes incluidos en la parte A del Anexo IX de la DER III, con una reducción gradual de los incluidos en la parte B de dicho Anexo IX y los producidos a partir de cultivos alimentarios y forrajeros.

**Figura 25.** Objetivos actualizados del PNIEC 2023-2030 para los combustibles renovables en el sector transporte, en % del total de energía utilizada en el transporte.



Fuente: Propuesta PNIEC 2023-2030.

[1] Objetivos fijados a nivel nacional en base a los objetivos mínimos para los estados miembro definidos en la Directiva (UE) 2018/2001 a 2030.

[2] Se observa una reducción de los biocombustibles no avanzados y los biocombustibles de cultivos alimentarios y forrajeros que se marcan con línea discontinua para remarcar la tendencia decreciente.

<sup>48</sup> Borrador en proceso de aprobación.

[3] Los CRONB y los biocombustibles avanzados según la Parte A del Anexo IX de la DER III aumentan y se muestran con línea continua para demarcar esta tendencia creciente.

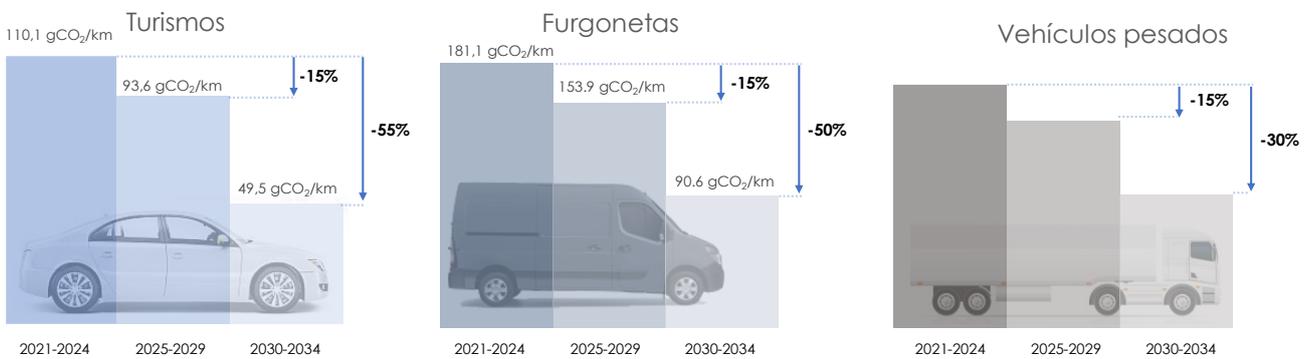
[4] No existen datos intermedios de CRONB, por lo que la gráfica muestra únicamente el objetivo a 2030.

## Límites de emisiones de GEI para vehículos de carretera

En el transporte por carretera, la Unión Europea ha establecido en los Reglamentos (UE) 2019/631 y 2019/1242 factores de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> que aplican sobre la flota de vehículos ligeros y pesados nuevos vendida por parte de cada fabricante.

Para obtener estas reducciones se espera principalmente una combinación de mejoras de eficiencia en los sistemas de propulsión y utilización de alternativas sostenibles. **La inclusión de vehículos con mayores capacidades de utilización de combustibles renovables sería una solución para reducir las emisiones del nuevo parque de vehículos, que se sumaría a las mejoras de eficiencia que provean los propios fabricantes en sus diseños.**

Figura 26. Reducción de emisiones para diferentes tipos de transporte por carretera.



Fuente: Reglamento (UE) 2019/631; Reglamento (UE) 2019/1242 & Propuesta de Reglamento 2023/0042 (COD); 2025 and 2030 CO<sub>2</sub> emission targets for Light Duty Vehicles, JRC (2023).

- [1] Las reducciones han de ser alcanzadas durante los periodos estipulados siendo la media de reducciones de la flota expedida por los fabricantes durante ese espacio temporal.
- [2] Para los turismos y furgonetas se muestran los valores calculados por el JRC con base en la media de emisiones europeas por tipo de vehículo.
- [3] En el caso del transporte pesado no se muestran factores de emisión porque estos varían considerablemente por subgrupo de vehículo.
- [4] Los autobuses no se muestran ya que se plantea una reducción del 100% en el periodo 2030 – 2034 al esperarse la electrificación total de la flota.

Paralelamente, la UE ha prohibido *de facto* la venta de coches y furgonetas con motores de combustión interna a partir de 2035, al establecer que sólo se permitirá en la UE la matriculación de vehículos con emisiones netas cero<sup>49</sup>.

## Incorporación de combustibles renovables para vehículos de carretera

Los alcoholes pueden mezclarse con gasolina, siendo el etanol el más habitual. Aunque la mezcla de hasta un 10% de etanol en volumen (E10) está permitida desde 2011 por la regulación europea y la pueden utilizar la gran mayoría de los vehículos posteriores al año 2000 sin ninguna modificación en el motor, su implantación en España apenas ha progresado, lo que contrasta con países como Francia y Suecia donde el número de estaciones de servicio que ofrecen gasolina E10 supera las 7.000 y 3.000 respectivamente. **La implementación del E10 podría proveer una reducción inmediata de ~1,8 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> en el sector transporte, equivalente a un 2% de las emisiones de 2022.**

<sup>49</sup> Reglamento (UE) 2023/851.



Estas etiquetas indican el contenido máximo de etanol u otros compuestos oxigenados en el combustible: E5 corresponde a un máximo de etanol del 5% en volumen y un máximo de 2,7% en masa de oxígeno; y E10 equivale a un 10% máximo en volumen de etanol y un máximo de 3,7% en masa de oxígeno.

La introducción de mayores porcentajes de etanol requeriría la instalación de un sistema de combustible flexible (FFV), común en países como Francia, Suecia o Brasil, con unos costes de entre 560 – 900 € para un turismo convencional no adaptado, o un incremento de precio de un vehículo nuevo de 110 – 220 €, según la Asociación Europea del Etanol<sup>50</sup>.

En el caso del biodiésel y el hidrobiodiésel tampoco se requieren cambios en los vehículos ni en los sistemas de transporte, almacenamiento y distribución de combustibles actuales. El límite actual de biodiésel, según la última normativa europea, se fija en 10% en volumen, siendo referenciado en el gasóleo como B10, sin embargo, esta presentación está pendiente de transposición a la legislación de los Estados miembros de la UE, lo que hace que la comercialización de gasóleo más habitual actualmente sea la de B7, que contiene hasta un 7% de biodiésel. Por su parte, el hidrobiodiésel no tiene limitación de mezcla y se produce mediante el coprocesado de aceites vegetales, aceites de cocina usados o grasas animales con fuentes fósiles durante el proceso de refino, o mediante el hidrogenación de estos aceites en plantas específicas.

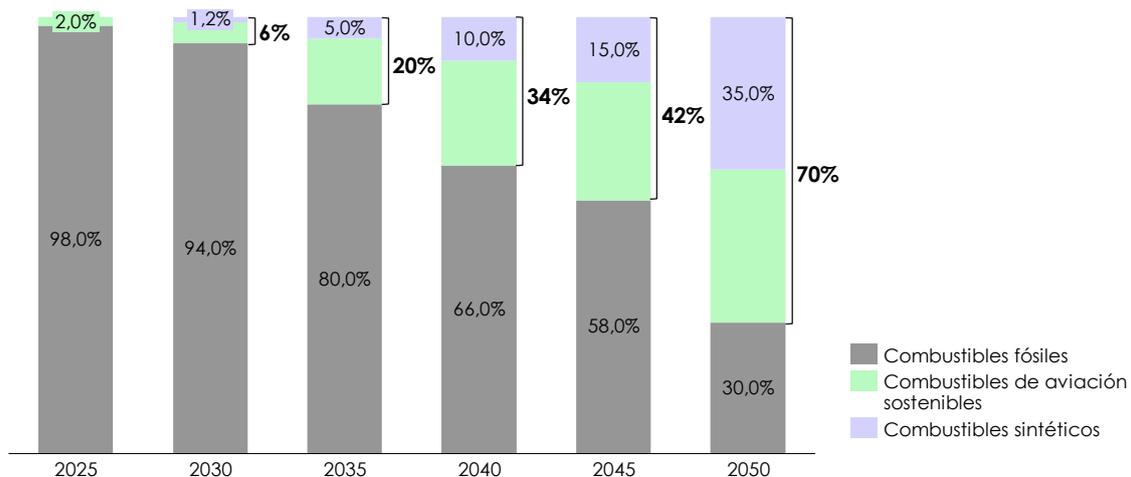


Estas etiquetas indican el contenido de biodiésel en el gasóleo, donde B7 equivaldría a un máximo del 7% en volumen en el carburante repostado.

### Objetivos para los sectores aéreos y marítimos

En el caso de la aviación, el Reglamento *ReFuelEU Aviation* establece valores mínimos crecientes de mezcla de combustibles de aviación sostenibles (SAF, en sus siglas inglesas) en el queroseno fósil a partir de 2025, incluyendo una fracción mínima de combustibles de origen sintético a partir de 2030.

Figura 27. Porcentajes mínimos exigidos por la UE de combustibles renovables en la aviación.



Fuente: Reglamento (UE) 2023/2405.

[1] El valor de los corchetes indica la proporción de combustible de aviación sostenible (SAF) total fijada por la regulación, que especifica la fracción de esta que ha de estar formada por combustibles de aviación sintéticos.

[2] Los valores están expresados en porcentaje volumétrico.

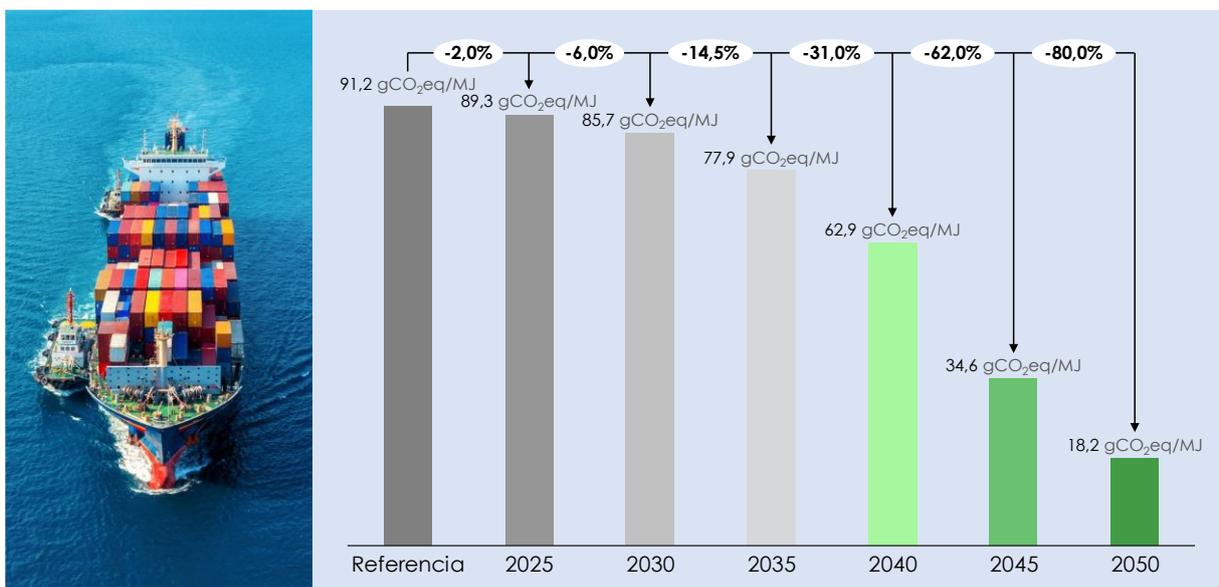
<sup>50</sup> Nota de Prensa, ePURE (2020).

Estas mezclas tendrán que ser utilizadas obligatoriamente por las aerolíneas teniendo el suministrador de combustible la obligación de incorporación según el Reglamento, por lo que se espera un aumento correspondiente de la producción de SAF en línea con los objetivos fijados. Otras medidas del paquete incluyen la obligación de las aerolíneas de repostar el combustible necesario para cada vuelo que realicen y la exigencia a los aeropuertos de la UE de garantizar la infraestructura necesaria para la utilización de SAF.

Por lo que se refiere al sector marítimo, el Reglamento *FuelEU Maritime* tiene como objetivo impulsar la adopción de combustibles renovables y de bajas emisiones imponiendo requisitos de reducción de emisiones de la energía utilizada en los buques. Este reglamento contabilizará las emisiones totales en el ciclo de vida mediante la metodología "Well-to-Wake". Los objetivos incluyen reducciones de CO<sub>2</sub>eq por megajulio de energía consumida por los buques, comenzando de forma modesta y aumentando rápidamente en el tiempo hasta una reducción del 80% de la intensidad de carbono en 2050. Se contabilizarán para ello el 100% de las emisiones liberadas en los puertos de la UE o navegando entre ellos y el 50% de las emisiones de los viajes que tengan origen o destino en un puerto extracomunitario.

Como incentivo de uso de carburantes renovables de origen no biológico, entre el 1 de enero de 2025 y el 31 de diciembre de 2033, la UE permitirá la utilización de un multiplicador de valor «2» para el cálculo de la intensidad de los gases de efecto invernadero de la energía utilizada a bordo, y este deberá ser al menos un 1% de esta energía para el periodo de notificación de 2031. Si no es así, se aplicará un subobjetivo del 2% a dichos combustibles en el consumo de energía a bordo anual de un buque a partir del 1 de enero de 2034.

**Figura 28.** Límite de intensidad de los gases de efecto invernadero de la energía utilizada a bordo.



Fuente: Reglamento (UE) 2023/1805.

[1] La reducción de emisiones se mide en emisiones de gases de efecto invernadero incluyendo dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nítrico (N<sub>2</sub>O) calculados en base a su potencial de efecto invernadero a 100 años (GWP100).

[2] El límite se calculará reduciendo el valor de referencia de 91,16 gramos equivalentes de CO<sub>2</sub> por MJ por los porcentajes indicados.

## Requisitos mínimos de sostenibilidad de los combustibles renovables

En paralelo a las medidas indicadas en los apartados anteriores, mediante la Directiva (UE) 2023/2413 se ha seguido avanzando en las exigencias de sostenibilidad a los combustibles renovables introducidas inicialmente en la Directiva 98/70/CE de Calidad de Combustibles y en la Directiva 2009/28/CE de fomento de las energías renovables (DER I).

De cara a validar sus credenciales sostenibles, la normativa comunitaria opera a partir de las emisiones de los combustibles fósiles de referencia, exigiendo que los combustibles renovables tengan los siguientes niveles mínimos de ahorro de emisiones a lo largo de su ciclo de vida del combustible para poder computarse para el cumplimiento de los objetivos previstos en la DER III:

- Del 50% para los biocombustibles producidos en instalaciones que entraran en funcionamiento antes del 6 de octubre de 2015, del 60% en caso de ser fabricados en plantas que entraran en funcionamiento con posterioridad a la citada fecha pero antes del 1 de enero de 2021 y del 65% en el caso de provenir de instalaciones puestas en marcha con posterioridad a esta última fecha.
- Del 70% en el caso de los combustibles renovables de origen no biológico,

Con el cumplimiento de estos requisitos, según establece la DER III, las emisiones asociadas al consumo de biocarburantes (emisiones del tanque a la rueda o TtW) se consideran nulas y, por tanto, se contabilizarían como 0 gCO<sub>2eq</sub>/km. En el caso de los CRONB, sí que se han de contabilizar las emisiones producidas, aunque estén por debajo del umbral regulatorio.

Para la producción de combustibles renovables de origen no biológico, la regulación permitiría la utilización de CO<sub>2</sub> de efluentes gaseosos fósiles provenientes de generación eléctrica hasta el año 2036, y hasta el año 2041 en el caso de las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de combustibles fósiles empleados en otros sectores. Después de este periodo, solo la captura directa del aire (DAC) y el CO<sub>2</sub> de origen biogénico serán aptos para la producción de CRONB<sup>51</sup>. Por otro lado, también se ha de contabilizar las emisiones indirectas del uso de la electricidad, a no ser que sea generada con fuentes 100% renovables<sup>52</sup>.

Respecto a los biocombustibles derivados de cultivos alimentarios y forrajeros, pese a que la Directiva (UE) 2018/2001 y su nueva modificación – Directiva (UE) 2023/2413 – establece una limitación máxima comunitaria que permitiría a España aumentar la cuota máxima de biocombustibles de cultivos del 4,1% de 2020 a 5,1%, la Orden TED/1342/2022 ha reducido este límite de biocombustibles producidos a partir de cultivos alimentarios y forrajeros con fines de transporte al 2,6% a partir de 2025.

En este contexto, la Directiva (UE) 2018/2001 especifica en la parte A de su Anexo IX las materias primas cuya utilización da lugar a biocombustibles considerados avanzados y que contabilizan doble para el cumplimiento de los objetivos de energías renovables en el transporte, incluyendo entre las mismas un rango de materias como desechos urbanos, industriales o agrícolas, algas cultivadas en biorreactores, lodos de depuración, etc.

En la Parte B del mismo Anexo IX se incluyen otras materias primas cuya utilización da lugar a biocombustibles que, a pesar de beneficiarse también del doble cómputo, no se consideran avanzados y tienen su utilización limitada a efectos del cumplimiento de los objetivos, incluyendo entre los mismos a los derivados de grasas animales de categoría 1 y 2 y los aceites de cocina usados (UCO), siendo estos últimos la materia prima principalmente utilizada para la fabricación de biodiésel en España a día de hoy.

## Otras regulaciones comunitarias que afectan a los combustibles renovables

La modificación de la *Directiva 2003/96/CE de Impuestos a la Energía* (ETD) presentada por la Comisión Europea en 2021 propone armonizar la tasa impositiva mínima de los combustibles utilizados en actividades intracomunitarias. En el caso del transporte marítimo y aéreo, propone eliminar las actuales exenciones fiscales, estableciendo tipos impositivos mínimos crecientes para el

<sup>51</sup> Reglamento Delegado (UE) 2023/1185.

<sup>52</sup> Reglamento Delegado (UE) 2023/1184.

queroseno, el fuelóleo y el gasóleo durante los próximos 10 años, aplicando al GNL un aumento de menor magnitud. Los combustibles renovables sostenibles, por su parte, contarían con unos tipos impositivos más reducidos que los de los derivados fósiles para fomentar su competitividad.

Por su parte, la última revisión del *régimen de comercio de derechos de emisión (EU ETS)* incorpora al mismo desde 2024 las emisiones del transporte marítimo<sup>53</sup>. El sistema ha comenzado con una obligación de entrega de derechos del 40% de las emisiones totales, que sube al 70% en 2025 y al 100% a partir de 2026. Como para el resto de los sectores incluidos en el EU ETS, se considerarán sólo las emisiones de tanque a estela (Tank-to-Wake), sin incluir las emisiones aguas arriba, pero sí se incluirán las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) a partir de 2026.

La aviación lleva incluida en el sistema EU ETS desde 2012, donde todas las aerolíneas operando en Europa han de monitorear, reportar y verificar sus emisiones y entregar derechos por dichas emisiones, lo que supone un incentivo para incluir SAF a medida que estos resulten más competitivos que la compra de derechos de emisión.

---

<sup>53</sup> Reglamento (UE) 2023/957.

## Anexo II – Rutas de producción y estado del arte

La producción de biocombustibles emplea distintos tipos de biomasa proveniente de cultivos oleaginosos, azucareros o ricos en almidón siempre y cuando cumplan con los criterios de sostenibilidad previstos en la última versión de la Directiva (UE) 2018/2001 (DER III).

También se utilizan residuos no alimentarios como los agrícolas, forestales, industriales o la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos. La DER III agrupa estos residuos en la parte A de su anexo IX y los denomina *avanzados*. Además, incluye en la parte B de dicho anexo, el aceite de cocina usado y las grasas animales de categoría 1 y 2 como fuente para la producción de biocombustibles, sin otorgarle la categorización de *avanzado*<sup>54</sup>.

Mediante el pretratamiento biológico o mecánico de la materia prima biomásica se logran extraer tres grupos de productos semiprosesados principales que serán utilizados para la producción de biocombustibles:

- Lípidos y aceites: componentes grasos presentes en diversas fuentes de biomasa como aceites vegetales o grasas animales. Se obtienen mediante procesos de prensado, extracción con solvente o procesos enzimáticos.
- Materiales con alto contenido en azúcares y almidón: materias primas con alto contenido en glucosa y sacarosa presentes en cultivos de caña de azúcar o remolacha, y almidones procedentes del maíz u otros cereales extraídos mediante procesos de hidrólisis donde se descomponen en azúcares simples.
- Materiales lignocelulósicos: fracción fibrosa de materiales vegetales, como la madera o residuos agrícolas, compuesta principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina.

En la Figura 29 se presentan las distintas rutas de producción de biocombustibles líquidos a partir de estos tres grupos principales de materiales. Actualmente, la mayor parte de biocombustibles se producen por medio de los dos primeros grupos, donde se identifican tres productos principales: biodiésel, hidrobiodiésel (HVO) y bioetanol.

Los lípidos y aceites se convierten en biocombustibles mediante un tratamiento con hidrógeno, para obtener HVO, o mediante transesterificación<sup>55</sup>, para obtener éster metílico de ácido graso (FAME, por sus siglas en inglés), comúnmente conocido como biodiésel.

Los azúcares y el almidón, una vez extraída la glucosa, se someten a un proceso de conversión biológica, donde se fermentan utilizando levadura o microorganismos que descomponen los azúcares en etanol y dióxido de carbono.

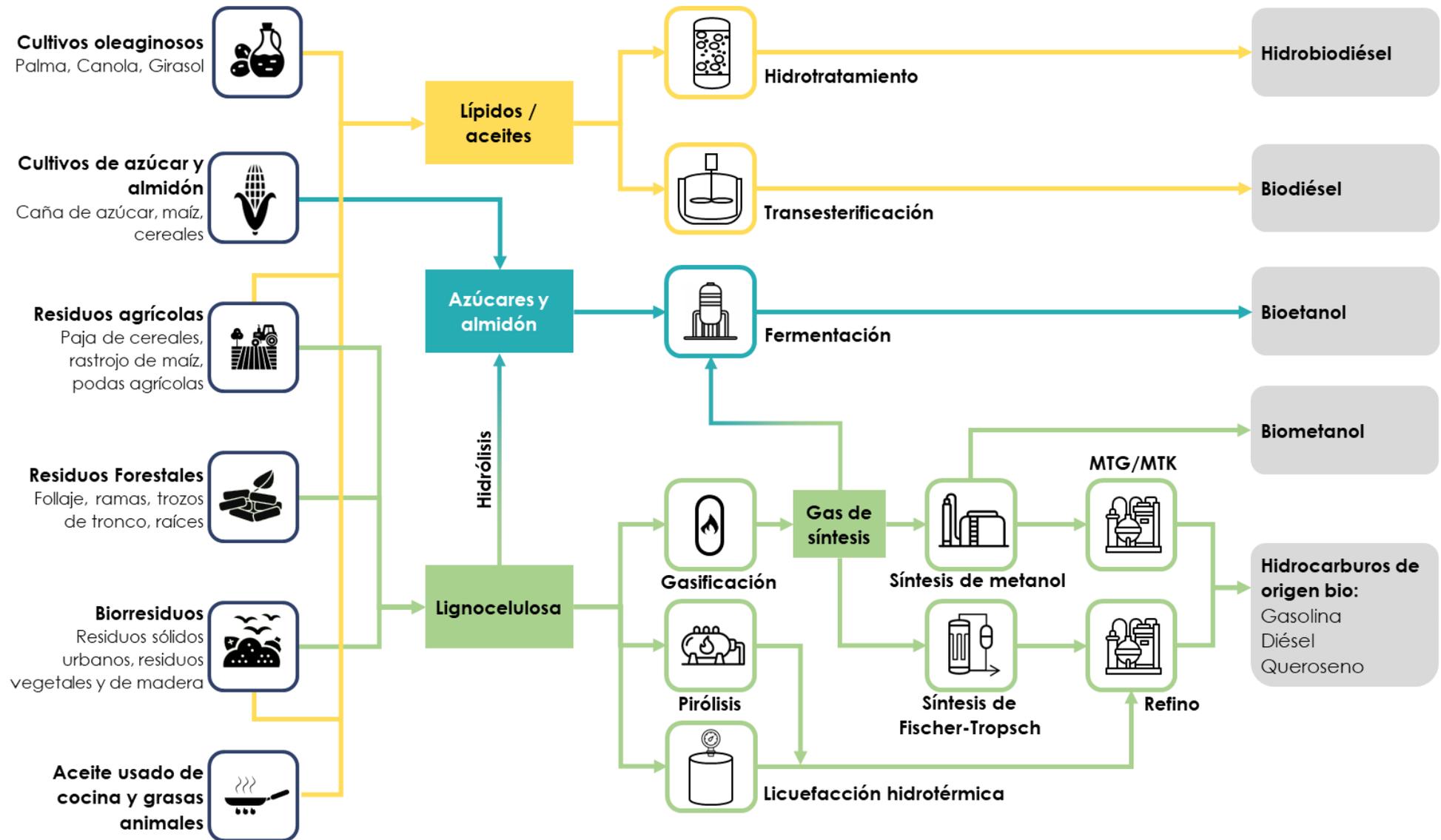
La lignocelulosa está cobrando interés a causa de su gran disponibilidad, pudiéndose extraer de los residuos incluidos en el anexo IX. Debido a su estructura química y a la dificultad para su descomposición, se han desarrollado procesos avanzados con el objetivo de aprovecharla y superar desafíos asociados con su conversión, permitiendo obtener productos intermedios que podrán ser utilizados para producir biocombustibles.

---

<sup>54</sup> Los biocombustibles producidos a partir de prima incluida en el Anexo IX, tanto la parte A como la B, podrán obtener doble cómputo para la consecución de la cuota de energías renovables en el consumo final de energía en el sector del transporte, fijada en un mínimo del 29% en 2030 en la última versión de la Directiva (UE) 2018/2001 (DER III), modificando la cuota de 14% fijada en la DER II.

<sup>55</sup> La transesterificación consiste en combinar un aceite vegetal con un alcohol en presencia de un catalizador para obtener ésteres de ácidos grasos y glicerina.

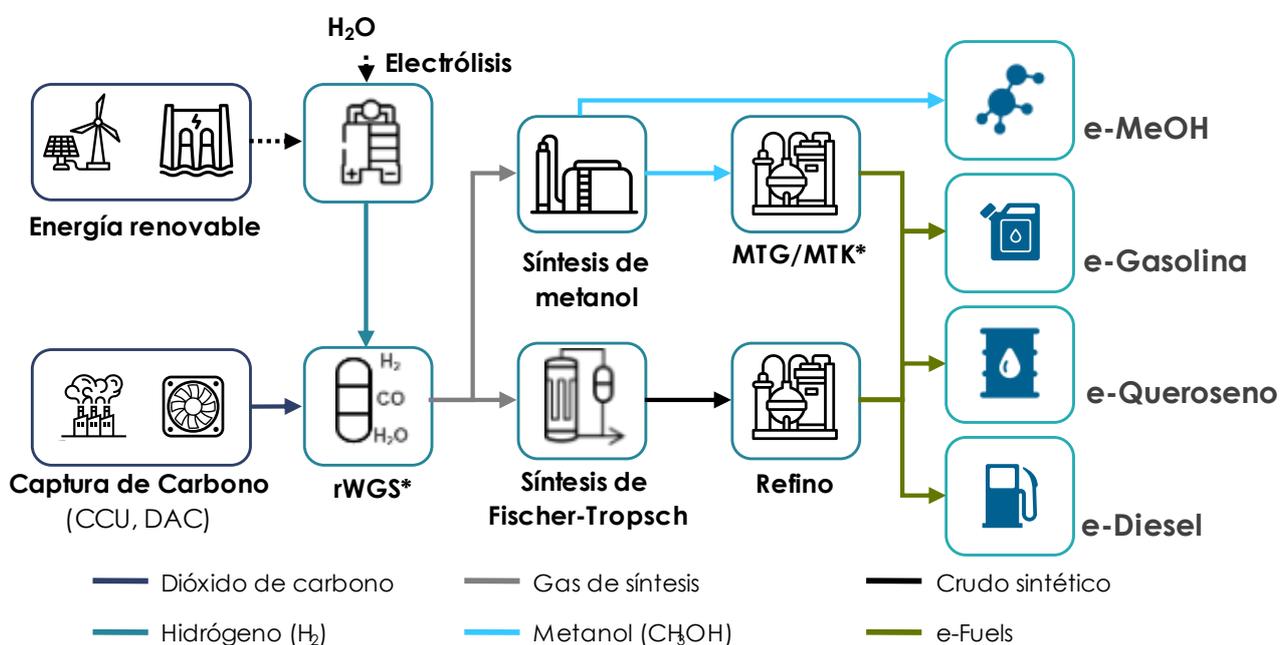
Figura 29. Rutas de producción de biocombustibles líquidos.



El aprovechamiento de la lignocelulosa cuenta con varias rutas disponibles como la hidrólisis enzimática, que permite obtener bioetanol, o la gasificación a altas temperaturas para obtener un gas de síntesis que podrá ser utilizado como materia prima para producir biometanol o biocrudo. La lignocelulosa también puede someterse a un proceso de pirólisis o licuefacción hidrotérmica para obtener productos de origen biológico que podrían ser procesados en las instalaciones existentes de refino para producir diversos hidrocarburos.

En cuanto a los combustibles renovables de origen no biológico, en la Figura 30 se presentan las rutas de producción disponibles. Partiendo del hidrógeno renovable y dióxido de carbono capturado, se realiza la reacción de desplazamiento de agua-gas para transformar el dióxido de carbono capturado en monóxido de carbono y formar un gas de síntesis – como el generado durante la gasificación de la biomasa – a partir del cual pueden sintetizarse productos como el metanol o fracciones de hidrocarburos como diésel o queroseno.

Figura 30. Rutas de producción de combustibles renovables líquidos de origen no biológico.

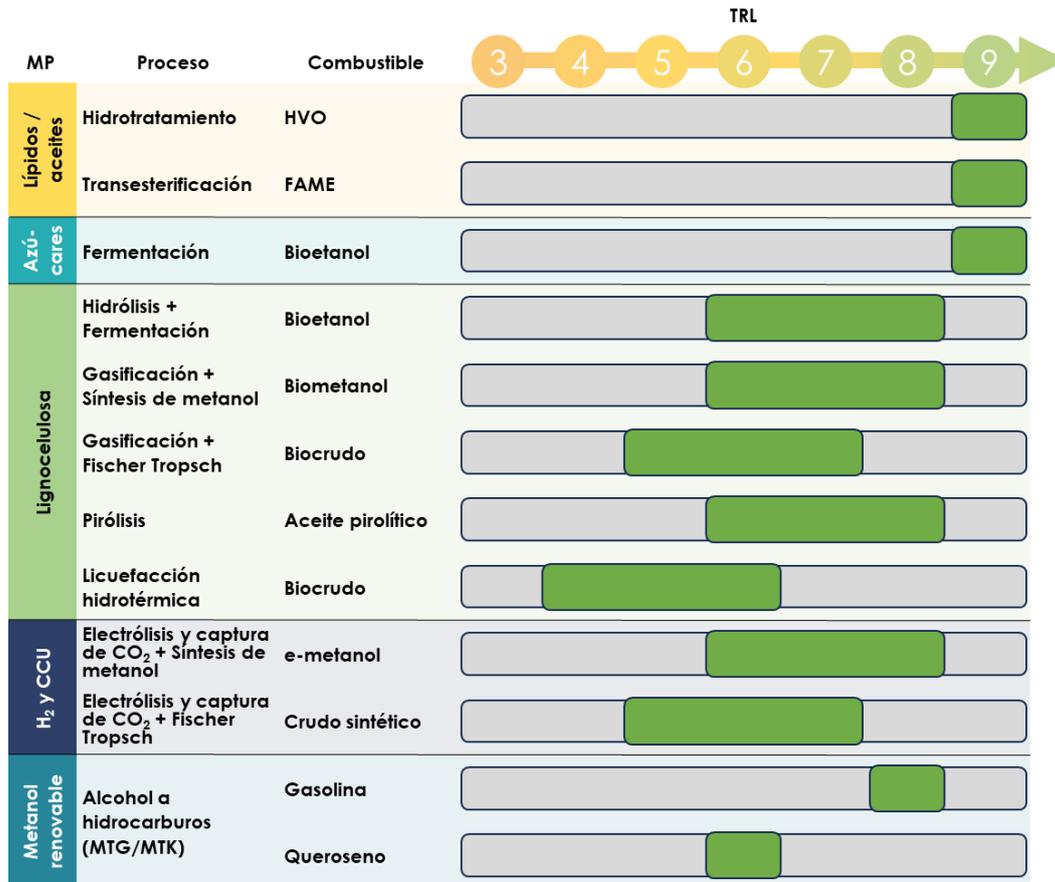


[1] rWGS: reacción de desplazamiento de gas de agua; MTG: Metanol a Gasolina; MTK: Metanol a Kerosene.

Muchos de los procesos de conversión en las distintas rutas de producción de combustibles renovables de origen no biológico se realizan a escala industrial por lo que la tecnología se encuentra disponible a nivel comercial. Sin embargo, el principal desafío es sustituir la fuente de carbono bien sea utilizando biomasa o carbono capturado.

La Figura 31 muestra las principales rutas de producción de combustibles renovables y el nivel de madurez tecnológica (TRL, por sus siglas en inglés) cuando se utiliza una materia prima sostenible.

Figura 31. Estado del arte de las rutas de producción de combustibles renovables.



Fuente: Advanced Biofuels in the European Union, European Commission (2022); The role of renewable transport fuels in decarbonizing road transport, IEA (2020); Sustainable biomass availability in the EU to 2050, Concawe (2021).

El hidrotratamiento, la transesterificación y la fermentación son procesos comerciales que se vienen practicando a nivel industrial desde hace años y por ello cuentan con madurez suficiente. Los procesos de conversión a partir de lignocelulosa se encuentran en un grado de desarrollo inferior, con mayor variación debido a la flexibilidad de poder usar diferentes tipos de biomasa o productos intermedios.

En rutas con menor TRL, se espera un avance rápido debido a que existe experiencia con procesos similares utilizando fuentes fósiles, reduciendo los riesgos técnicos e incógnitas y facilitando el despliegue comercial para producir biocombustibles hacia 2030. En el caso de los CRONB (TRL entre 5-7), se estima que alcancen la madurez tecnológica durante la siguiente década.

Las rutas de producción de *alcoholes a gasolina y queroseno (MtG y MTK)* a partir de metanol renovable ofrecen una alternativa a la síntesis de Fischer Tropsch, siendo una ruta establecida y con trayectoria en el mercado por su utilización histórica con el metanol de origen fósil.

El desarrollo de la variedad de tecnologías presentes en los combustibles renovables es necesario para ampliar el abanico de rutas y, en consecuencia, las materias primas utilizadas, ofreciendo versatilidad y capacidad de reacción a los avances regulatorios y a las fluctuaciones de disponibilidad y precio. Un mayor fomento de combustibles renovables podría acelerar el desarrollo tecnológico de las rutas de producción alcanzando TRL superiores.

## Tendencias en el desarrollo de los combustibles renovables

Existe cierta incertidumbre en relación con el papel futuro de los combustibles renovables a nivel global y nacional. La incertidumbre sobre la regulación incrementa la percepción de riesgo con un

efecto disuasorio sobre la inversión con horizontes temporales de al menos 20 años. Se han planteado varios escenarios en línea con las últimas actualizaciones del marco regulatorio que incluyen objetivos mínimos de consumo y limitaciones de emisiones, así como la actualización de los requisitos de sostenibilidad para los combustibles renovables.

Los distintos organismos internacionales vaticinan un papel relevante de los combustibles renovables en la reducción de emisiones globales del sector transporte combinados con la electrificación cuando sea viable técnicamente. Según la Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA, por sus siglas en inglés), gracias a las fuentes de energía renovables y al uso del hidrógeno y sus derivados, se podrían reducir casi 13.000 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> para el año 2050, donde los combustibles renovables aportarían el 22% de dicha reducción.

La propia IRENA y otras agencias como la IEA admiten que la mayor barrera para el futuro desarrollo de los combustibles renovables se encuentra en las políticas que se tomen al respecto. En la mayoría de los países, el precio de los combustibles renovables no resulta competitivo con los combustibles fósiles si no se prima su sostenibilidad, por lo que serán necesarios incentivos o un mejor tratamiento fiscal para alcanzar los objetivos marcados.

En ese sentido, se identifican las siguientes tendencias para los principales combustibles renovables por consumo actual:

- Si se incrementase la producción doméstica de bioetanol en Francia - mayor importador de bioetanol español – y no se modificase la Orden TED/1342/2022 que regula el uso de cultivos alimentarios y forrajeros, se reducirá significativamente la producción española. Del mismo modo, no se esperan nuevos proyectos por la incertidumbre regulatoria pudiendo incluso producirse desinversiones tanto en plantas industriales como la reducción de las cooperativas de cultivo de materias primas. Esto podría derivar en un aumento de importación de bioetanol, o de materias primas de terceros países para cubrir las necesidades del mercado español.
- El biodiésel deberá seguir evolucionando sus modelos de producción para potenciar la utilización de materias primas del Anexo IX de la DER III. Se necesitará además un aumento de la utilización de la capacidad de producción puesto que, a pesar de contar con 19 plantas de biodiésel en España, su ratio de utilización en 2022 fue del 40% - aumentando 3 puntos en comparación con 2021.
- El hidrobiodiésel tiene retos similares al biodiésel, donde ha de mejorar en el fomento de materias primas residuales. En el año 2021, el 68% de la producción utilizó derivados del aceite de palma<sup>56</sup>. Además, solo el 8% de la materia prima es de origen nacional, con un 76% procedente de Indonesia en 2021. Es necesario por tanto una transición hacia materias sostenibles primas de origen nacional.

El régimen tributario aplicado es otro elemento que determinará el futuro de los combustibles renovables, ya que su competitividad en muchos casos requiere de un trato fiscal acorde a sus características sostenibles. Generalmente, los combustibles renovables tienen mayores costes de producción que los combustibles fósiles, pero ejemplos de países vecinos como Francia, muestran cómo modificando la tasa impositiva acorde a los beneficios ambientales puede estimular la demanda. En Francia, los puntos de suministro de E85 han crecido en un 300% desde 2018, principalmente impulsados por el precio inferior del E85 - una media de 0,75 € por litro - en comparación con la gasolina E10 - 1,70 € por litro<sup>57</sup>.

---

<sup>56</sup> Los racimos de fruta fresca (FFB, por sus siglas en inglés) son racimos de plantas de palma derivados de su cultivo.

<sup>57</sup> Propuesta de fiscalidad energética y medioambiental del Bioetanol, Deloitte (2023).

## Costes de producción

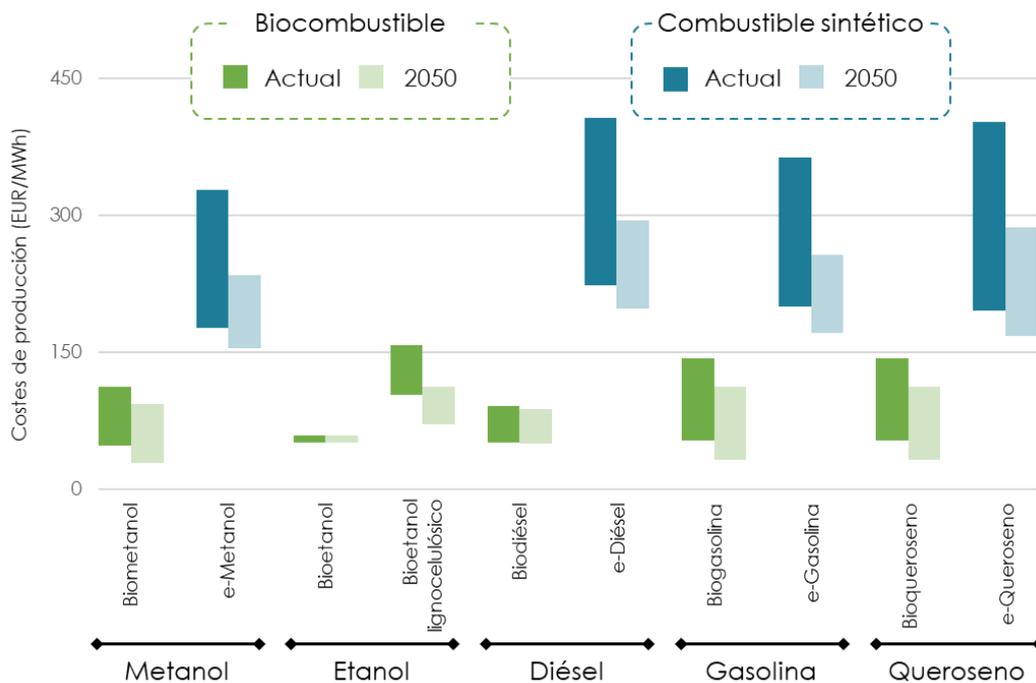
Uno de los principales desafíos a los que se enfrenta el desarrollo de los combustibles renovables es el de la reducción de sus costes de producción para poder competir económicamente con los combustibles fósiles y otras alternativas tecnológicas de bajas emisiones.

En general, los biocombustibles tienen, y previsiblemente seguirán teniendo en el futuro, un coste menor al de los combustibles renovables de origen no biológico. Sin embargo, se espera que los segundos, comparativamente, experimenten un mayor descenso de sus costes de producción debido principalmente al abaratamiento de la generación eléctrica para la producción de hidrógeno verde y a la reducción de costes de los electrolizadores y la mejora de su eficiencia.

Se espera también una caída en los costes de captura de CO<sub>2</sub> a partir de fuentes concentradas. Sin embargo, a partir del año 2041, la prohibición de utilizar CO<sub>2</sub> de origen industrial obligaría a recurrir a la captura directa de CO<sub>2</sub> del aire (DAC, por sus siglas en inglés) si la demanda no pudiese cubrirse con CO<sub>2</sub> biogénico. Esto limitaría el potencial de reducción de costes de producción de los CRONB.

La senda de reducción de costes en la producción de biocombustibles será menos pronunciada por el menor potencial de mejora de las tecnologías de conversión y el peso de las materias primas en el coste final del combustible. Sin embargo, unos menores costes de capital gracias al desarrollo del mercado y la maduración de la tecnología serán los principales factores que contribuyan a reducir los costes finales de los biocombustibles.

**Figura 32.** Costes de producción de combustibles renovables, en EUR/MWh.



Fuente: Advanced Biofuels – Potential for cost reduction, IEA (2020); A pathway to decarbonize the shipping sector by 2050, IRENA (2021); E-Fuels: A techno-economic assessment of European domestic production and imports towards 2050, Concawe (2022).

[1] Referencia fósil (diésel): Actual: 30 EUR/MWh; Futuro 80 EUR/MWh.

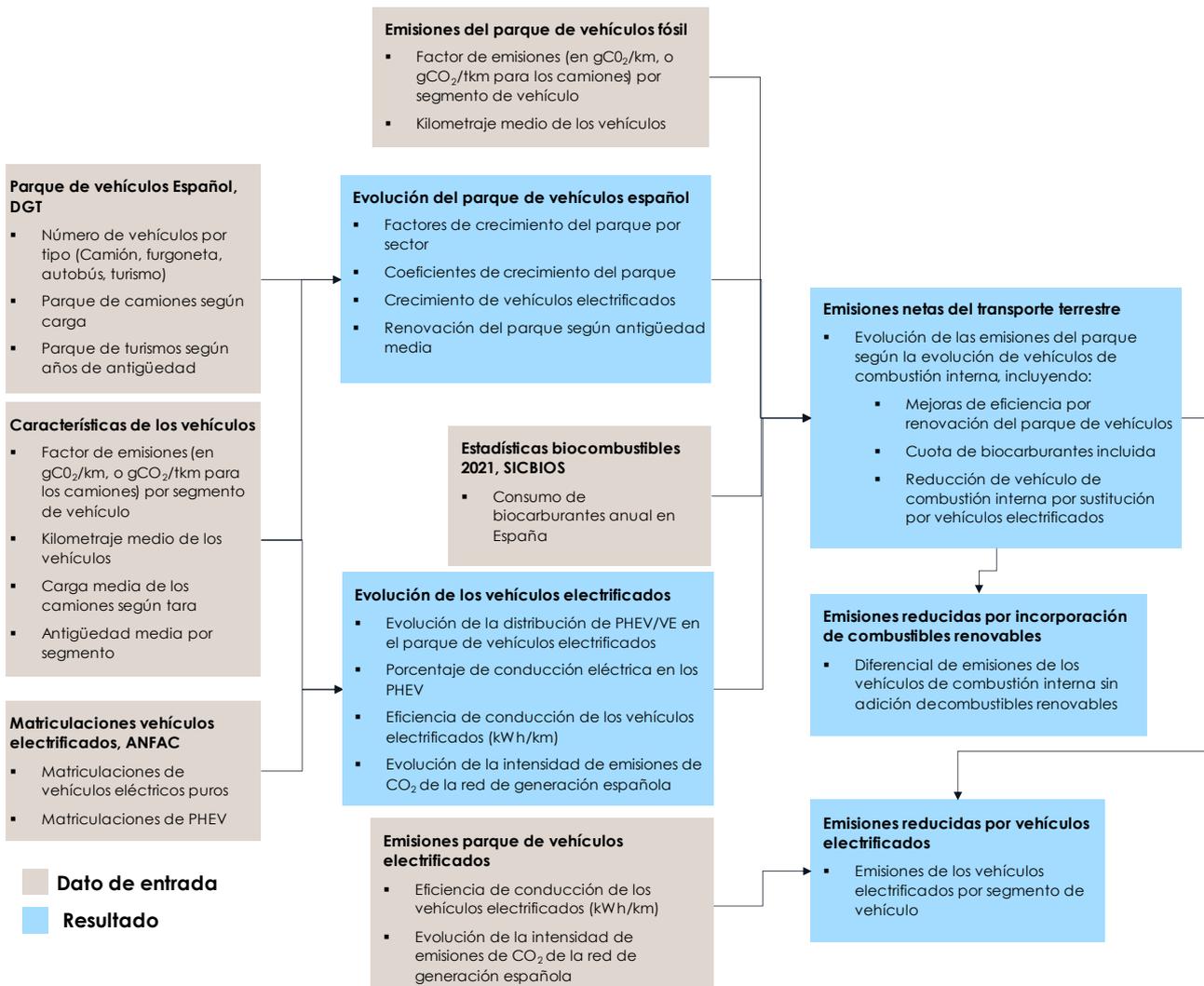
## Anexo III – Escenarios de crecimiento de combustibles renovables

Basándonos en los requisitos marcados en las regulaciones y planes europeos y nacionales de reducción de emisiones del sector del transporte, se puede realizar una aproximación de la demanda mínima esperada para cada segmento del mismo – carretera, mar y aire.

En cuanto al transporte por carretera, siendo el segmento más relevante del sector transporte en España – 95% de las emisiones del transporte en 2021 – se realiza un modelo para generar una evolución de las emisiones de cada tipo de vehículo según las previsiones de crecimiento y planteando escenarios de evolución de vehículos electrificados, vehículos de combustión interna nuevos con mayor eficiencia, y aumento de cuotas de combustibles renovables en los carburantes suministrados.

Para generar dicho modelo de emisiones, se utilizan datos históricos del parque automovilístico español para simular la evolución de este, y la proyección a futuro mediante variables de evolución, factores de emisión y demás parámetros que permiten calcular sus variaciones hasta 2030. La siguiente figura muestra la estructura empleada en el modelo, donde se presentan los datos de entrada utilizados y los resultados que provee el propio modelo.

Figura 33. Estructura del modelo de emisiones del transporte terrestre.



Adicionalmente, se ha verificado la coherencia de los resultados obtenidos con los datos existentes de emisiones globales del transporte y por segmento según los datos del Informe de Inventario

Nacional de Gases de Efecto Invernadero Edición 2023, publicado por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico como comunicación a la Comisión Europea en cumplimiento del Reglamento (UE) 2018/1999 en marzo de 2023.

Utilizando el resultado del modelo de emisiones se pueden obtener una diversidad de escenarios a 2030 en base a las variables de entrada, donde para este ejercicio se han modificado:

- Los factores de crecimiento interanuales de vehículos electrificados.
- La cuota anual mínima de combustibles renovables en los carburantes.

Mediante esta variación, se obtiene una visión de cómo evolucionaría el parque y sus emisiones asociadas según estos parámetros, planteándose dos escenarios principales:

1. Escenario PNIEC: Este escenario introduce factores de crecimiento de vehículos electrificados que permitan alcanzar la cifra de 5,5 millones de vehículos en 2030 como se indica en el plan. Del mismo modo, se adecua a los requisitos de incorporación de combustibles renovables en los carburantes que indica tanto el plan como el Real Decreto 376/2022, alcanzando el 12% a partir del año 2026.
2. Escenario alternativo: El escenario alternativo planteado mantiene los valores de crecimiento de vehículos electrificados observados en los últimos años, alcanzando una cifra de 3,6 millones de vehículos electrificados en 2030. En este escenario, en cambio, se incluye un aumento de combustibles renovables mayor donde se alcanzaría una cuota de combustibles renovables en los carburantes de 14% en 2026 y 20% en 2030, superando considerablemente los requisitos mínimos del Real Decreto 376/2022.

La Figura 34 muestra la evolución según los objetivos del PNIEC<sup>58</sup>, donde la contribución de los combustibles renovables a la reducción de emisiones de GEI del transporte se va equiparando con la de la electromovilidad, solo consiguiendo la electrificación mayores reducciones a partir de 2029. **Esta evolución también demuestra la compatibilidad de ambas soluciones y cómo aumentar los combustibles renovables puede favorecer la reducción de emisiones del transporte sin obstruir los beneficios de la electrificación.**

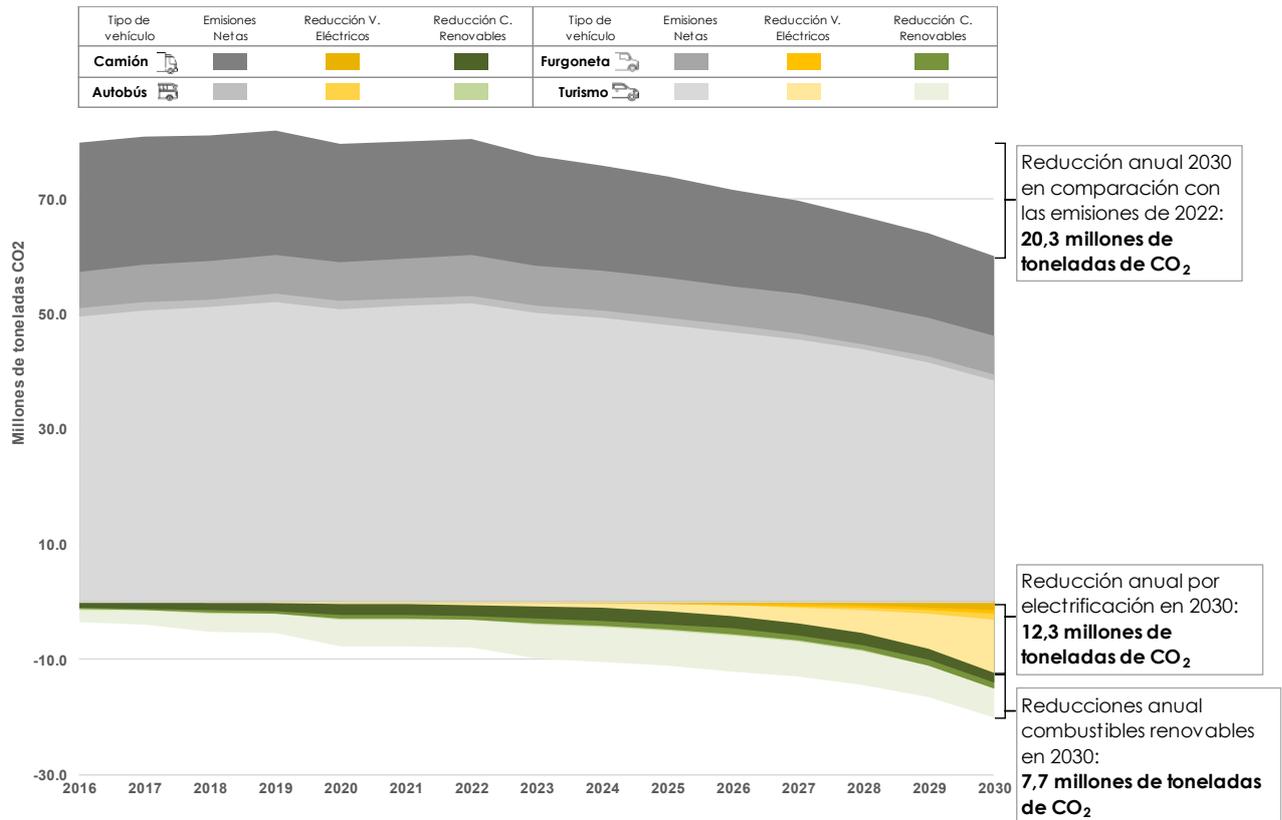
Adicionalmente, se realiza una evolución alternativa donde se plantea una adopción de vehículos electrificados en línea con los valores de crecimiento reales que se han observado en los últimos años, alcanzando los 3,6 millones de vehículos en 2030, y unas cuotas de combustibles renovables en los carburantes más ambiciosas, donde el porcentaje de combustibles renovables en el transporte por carretera asciende al 14% en 2026 y hasta el 20% en 2030.

En este escenario alternativo, **las emisiones del transporte por carretera se reducen un 4% más que en el escenario PNIEC (~80 millones de toneladas acumuladas en el periodo de 2024-2030)** gracias a las mayores cuotas de combustibles renovables que contrarrestan la reducción de electromovilidad. Esto supone, en 2025, una reducción anual de 10,3 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> derivada de los combustibles renovables, frente a los 1,5 millones de toneladas de los vehículos electrificados. A 2030, esta cifra evoluciona a las mostradas en la Figura 35, con un incremento exponencial de la electromovilidad, reduciendo el parque de combustión interna que a la vez se vuelve más eficiente en su renovación.

---

<sup>58</sup> El PNIEC fija un objetivo de 5,5 millones de vehículos electrificados en 2030 y las cuotas de combustibles renovables en el transporte fijadas en el Real Decreto 376/2022.

**Figura 34.** Evolución de las emisiones del transporte por carretera siguiendo los objetivos del borrador del PNIEC 2023-2030 indicando las reducciones atribuidas a los vehículos electrificados y los combustibles renovables incluidos en los carburantes actuales, en millones de toneladas de CO<sub>2</sub>.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de: Real Decreto 376/2022, de 17 de mayo, por el que se regulan los criterios de sostenibilidad y de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero de los biocombustibles, biolíquidos y combustibles de biomasa, así como el sistema de garantías de origen de los gases renovables; Borrador PNIEC 2023 – 2030; Datos del parque de vehículos español, DGT (2022); Estadísticas Biocombustibles, SICBIOS (2021); Matriculaciones vehículos electrificados, ANFAC (2022).

- [5] Para la estimación de las emisiones del transporte se asume un crecimiento de vehículos electrificados para alcanzar los 5,5 millones de vehículos en 2030 y las cuotas obligatorias de biocombustibles según la orden TED 376/2022 alcanzando el 12% en 2026.
- [6] Para los vehículos electrificados se aplica la distribución de eléctricos puros y PHEV actual en 2023 con un aumento progresivo de la cuota de eléctricos puros en todos los segmentos.
- [7] El modelo estima la renovación del parque de vehículos por modelos más eficientes en línea con la edad media de los vehículos en España por segmento del transporte por carretera, por lo que la reducción de las emisiones netas también incluye la renovación del parque.
- [8] Las emisiones netas, zonas en escala de gris, incluyen la reducción de emisiones atribuidas a los vehículos electrificados y los combustibles renovables, zonas en escala de amarillo y verde.

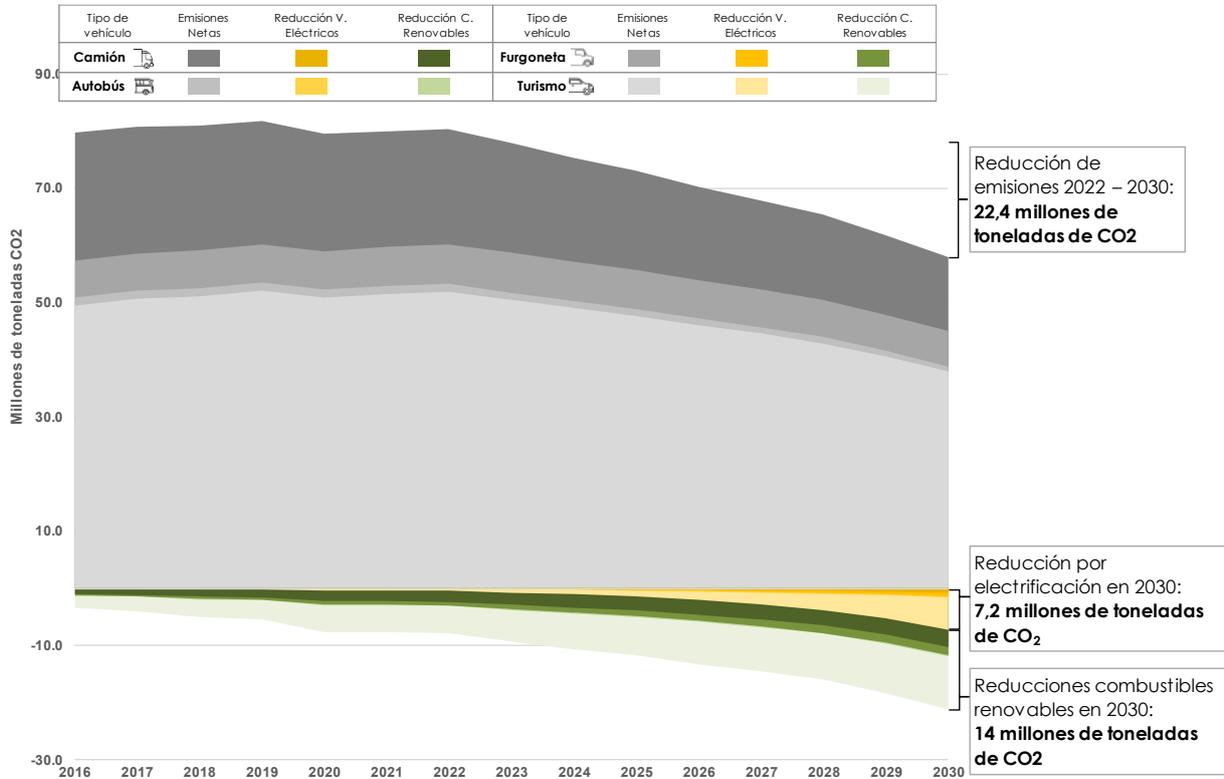
Mientras que en el escenario PNIEC de la Figura 34 la reducción de emisiones anuales atribuida a los vehículos electrificados supera la de los combustibles renovables a partir de 2029, en el escenario alternativo de la Figura 35 no se produce esa inversión antes del 2030. **Estos resultados ejemplifican la eficacia de los combustibles renovables como solución inmediata para la descarbonización del transporte y como una herramienta clave para alcanzar los objetivos de reducción de emisiones con tecnologías suficientemente desarrolladas para generar un impacto en línea con la urgencia climática.**

El modelo de emisiones permite también realizar ejercicios comparativos donde se puede analizar el efecto de diferentes acciones en la reducción de emisiones del parque automovilístico actual. De este modo, se determina el efecto de incrementar la cuota de combustibles renovables en los carburantes empleados en un 1%, utilizando el año 2024 como referencia.

Realizando este ejercicio y comparándolo con la cifra de reducción de emisiones en ciclo de vida que ofrecen los vehículos eléctricos actualmente, **se observa que el efecto de aumentar la cuota de combustibles renovables en un punto porcentual ofrecería una reducción de emisiones equivalente a sustituir 425 mil vehículos de combustión por vehículos eléctricos, una cifra un 15%**

superior a la de los vehículos con etiqueta cero<sup>59</sup> existentes en España en 2023 (367 mil unidades totales)<sup>60</sup>.

**Figura 35.** Evolución de las emisiones del transporte por carretera en el escenario alternativo, con menor adopción de vehículos electrificados y mayores cuotas de combustibles renovables, indicando las reducciones atribuidas a los vehículos electrificados y los combustibles renovables incluidos en los carburantes actuales, en millones de toneladas de CO<sub>2</sub>.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de: Real Decreto 376/2022, de 17 de mayo, por el que se regulan los criterios de sostenibilidad y de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero de los biocombustibles, biolíquidos y combustibles de biomasa, así como el sistema de garantías de origen de los gases renovables; Borrador PNIEC 2023 – 2030; Datos del parque de vehículos español, DGT (2022); Estadísticas Biocombustibles, SICBIOS (2021); Matriculaciones vehículos electrificados, ANFAC (2022).

- [5] Para la estimación de las emisiones del transporte se continúa el crecimiento observado en los cuatro años anteriores de vehículos electrificados – alcanzando los 3,6 millones de vehículos electrificados en 2030 - y se establecen cuotas de combustibles renovables en los carburantes con un aumento progresivo hasta el 20% en 2030.
- [6] Para los vehículos electrificados se aplica la distribución de eléctricos puros y PHEV actual en 2023 con un aumento progresivo de la cuota de eléctricos puros en todos los segmentos.
- [7] El modelo estima la renovación del parque de vehículos por modelos más eficientes en línea con la edad media de los vehículos en España por segmento del transporte por carretera, por lo que la reducción de las emisiones netas también incluye la renovación del parque.
- [8] Las emisiones netas, zonas en escala de gris, incluyen la reducción de emisiones atribuidas a los vehículos electrificados y los combustibles renovables, zonas en escala de amarillo y verde.

<sup>59</sup> Los vehículos con etiqueta cero incluyen: vehículo eléctrico de batería, vehículo eléctrico de autonomía extendida, vehículo híbrido enchufable con una autonomía mínima en modo exclusivo eléctrico de 40 km, vehículo eléctrico de célula de combustible y vehículo de combustión de hidrógeno.

<sup>60</sup> Informe Anual de Vehículo Electrificado 2023, ANFAC (2024).

## Anexo IV – Emisiones de ciclo de vida de los vehículos

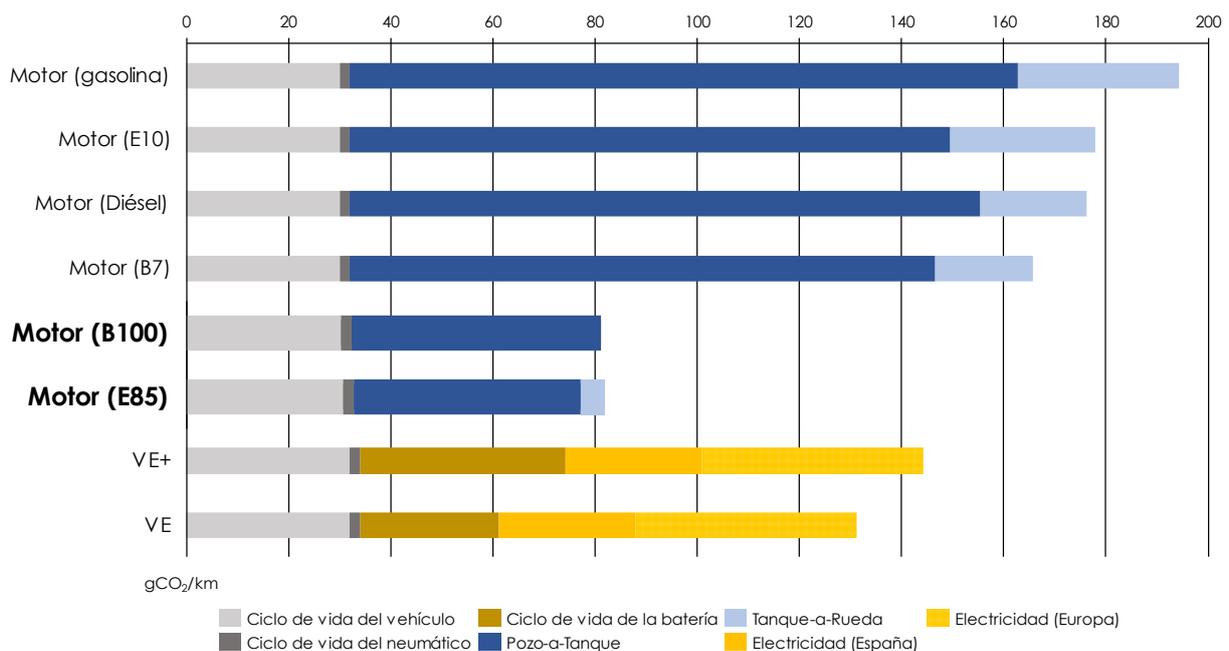
Cuando hablamos de emisiones de GEI de los modos de transporte es importante considerar todas las emisiones generadas a lo largo del ciclo de vida, lo que incluye todas las fases en las que se generan emisiones.

En el caso de los vehículos, el primer elemento de su ciclo de vida es su fabricación y la de sus componentes, incluyendo los neumáticos y, en el caso de los vehículos eléctricos, la batería. En este elemento se incluyen las emisiones de los procesos industriales para producir estos componentes y la huella de carbono de las materias primas utilizadas para ello.

Adicionalmente, el ciclo de vida tiene en cuenta las emisiones por el uso, como son las que salen por el tubo de escape en el caso de los vehículos de combustión interna o las que se producen al generar la electricidad utilizada en el caso de los vehículos eléctricos. Unificando todos estos datos, se ofrece una visión completa del impacto en emisiones durante la vida total del vehículo.

Cuando se observan los resultados del análisis de ciclo de vida de los distintos tipos de vehículos (Figura 36), los eléctricos se ven afectados principalmente en la etapa de fabricación del vehículo y sus baterías, generando en esta fase hasta el doble de emisiones de GEI que los vehículos de combustión interna.

**Figura 36.** Análisis de emisiones GEI de ciclo de vida de distintos tipos de vehículos.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de: Life cycle assessment of mid-range passenger cars powered by liquid and gaseous biofuels: Comparison with greenhouse gas emissions of electric vehicles and forecast to 2030, Cyprien Ternel et al. (2021); JEC Well-to-Wheels report, EU (2020); PNIEC borrador 2023-2030, MITECO (2023).

- [1] La opción VE+ representa el vehículo electrificado de alta autonomía y varía principalmente por la mayor capacidad de la batería en el vehículo.
- [2] La franja Electricidad (Europa) representa las emisiones añadidas de ciclo de vida que tendría el vehículo si utilizara una red eléctrica con el factor de emisiones medio de la Unión Europea.
- [3] El valor de reducción de emisiones de los combustibles renovables varía según la ruta de producción y la materia prima. Para validar las credenciales sostenibles se utilizan los límites regulatorios permitidos, donde la UE ha determinado una reducción mínima durante el ciclo de vida del combustible renovable del 65 – 70 % para categorizarlo como combustible renovable, con el cumplimiento de este requisito la DER III indica que las emisiones atribuidas al consumo de biocarburantes se contabilizan como nulas.
- [4] Pozo-a-tanque engloba las emisiones del proceso de producción del combustible desde la obtención de la materia prima hasta que se introduce en el tanque del vehículo.
- [5] Tanque-a-Rueda se refiere a las emisiones de consumo de combustible del vehículo donde se engloban las emisiones generadas cuando el vehículo está operando y por tanto las conocidas como emisiones del tubo de escape.

Las emisiones de consumo son, en cambio, las que más variación presentan. En el caso del vehículo eléctrico, estas emisiones dependen mucho de lo “verde” que sea la generación eléctrica utilizada. En un país como España, con un factor bajo de emisiones en la generación eléctrica – 0,16 tCO<sub>2</sub>/MWh de media en 2022<sup>61</sup> - las emisiones durante la utilización del vehículo se ven reducidas en comparación con la media europea, donde se observa un factor de emisiones de generación eléctrica más elevado – >0,26 tCO<sub>2</sub>/MWh de media en 2022<sup>62</sup>, por lo que el beneficio sería mayor.

Dicho esto, en la Figura 36 se observa cómo, **hasta en el caso español, las emisiones de ciclo de vida de la alternativa electrificada y las opciones con mayor adición de combustibles renovables alcanzarían cifras similares**. En el caso europeo, con redes de generación de mayor intensidad de carbono, las emisiones de GEI de vehículos que utilicen las cuotas de combustibles renovables más elevadas que las actuales serían sustancialmente mejores que las del vehículo eléctrico.

---

<sup>61</sup> Emisiones y Factor de Emisión de CO<sub>2</sub> eq. de la Generación | Sistema Eléctrico: Nacional, Red Eléctrica, (2022).

<sup>62</sup> European Electricity Review 2023, Ember (2023).



## Plataforma para los Combustibles Renovables

*La Plataforma para los Combustibles Renovables nace para defender e impulsar el uso de esta alternativa dentro de las políticas de movilidad y generación de energía, desde el respeto a la neutralidad tecnológica y el apoyo al desarrollo industrial y a la competitividad en España. Sus integrantes representan a toda la cadena de valor de los combustibles líquidos y a sus principales consumidores.*