

Resumen Ejecutivo: Estudio sobre los impactos ligados a la transición ecológica en el sector de la aviación

Mayo 2023



Contenido

1. Objetivo y alcance del informe

2. El sector de la aviación en números
3. El impacto de la huella de carbono
4. Los combustibles SAF y su papel en la descarbonización
5. La hoja de ruta para la descarbonización del sector de la aviación
6. Los combustibles SAF como oportunidad en el territorio nacional
7. El impacto socioeconómico del desarrollo de SAF en España
8. Conclusiones



Siendo la descarbonización uno de los mayores retos para el sector de la aviación, este informe presenta un estudio de cómo los SAF (Sustainable Aviation Fuel) representan una oportunidad para afrontarlo y crear riqueza y empleo en España

Contexto para la realización del informe



El sector aéreo, **responsable de entre el 2 – 3% de las emisiones de CO₂ globales**, tiene la necesidad de buscar alternativas más sostenibles a través de la mejora de las tecnologías y la introducción de nuevos combustibles más sostenibles



Pese a la pandemia del COVID-19 la industria aeronáutica se ha mostrado resiliente y con una recuperación muy acelerada por lo que se espera un **aumento del 128% de los vuelos para 2050** lo que hace que los esfuerzos por llevar a cabo una necesitada descarbonización no se detengan



Los **SAF (Sustainable Aviation Fuel)**, son combustibles alternativos que se obtienen a partir de residuos, H₂ y de la captura de CO₂, permiten **reducir hasta en un 80 - 100% las emisiones de CO₂** a lo largo de todo su ciclo de vida y se posicionan como la **principal alternativa para la descarbonización** de este sector



Muchas fuentes sitúan a **España como uno de los países de la UE con mayor potencial para la producción de SAF** debido al peso del sector primario en nuestra economía, y al desarrollo de las energías renovables, que aportan materia prima y energía para la producción de SAF

Objetivos del informe

1

Describir las **alternativas al combustible fósil tradicional** (queroseno) tales como el uso de los SAF y, de manera secundaria, la electrificación o el uso del hidrógeno en la aviación

2

Analizar el **impacto en la reducción de las emisiones de CO₂** y otras partículas nocivas para el medio que son debidas a la actividad económica del sector de la aviación

3

Presentar en el informe una breve descripción del sector de la aviación así como su impacto en el medio ambiente y como consecuencia la **propuesta de utilizar los distintos tipos de SAF y lo que esto implicaría para la industria aeronáutica**

4

Analizar la **cadena productiva de los distintos biocombustibles y combustibles sintéticos**, desde la obtención de la materia prima hasta su distribución, pasando por el procesado de cada uno de ellos

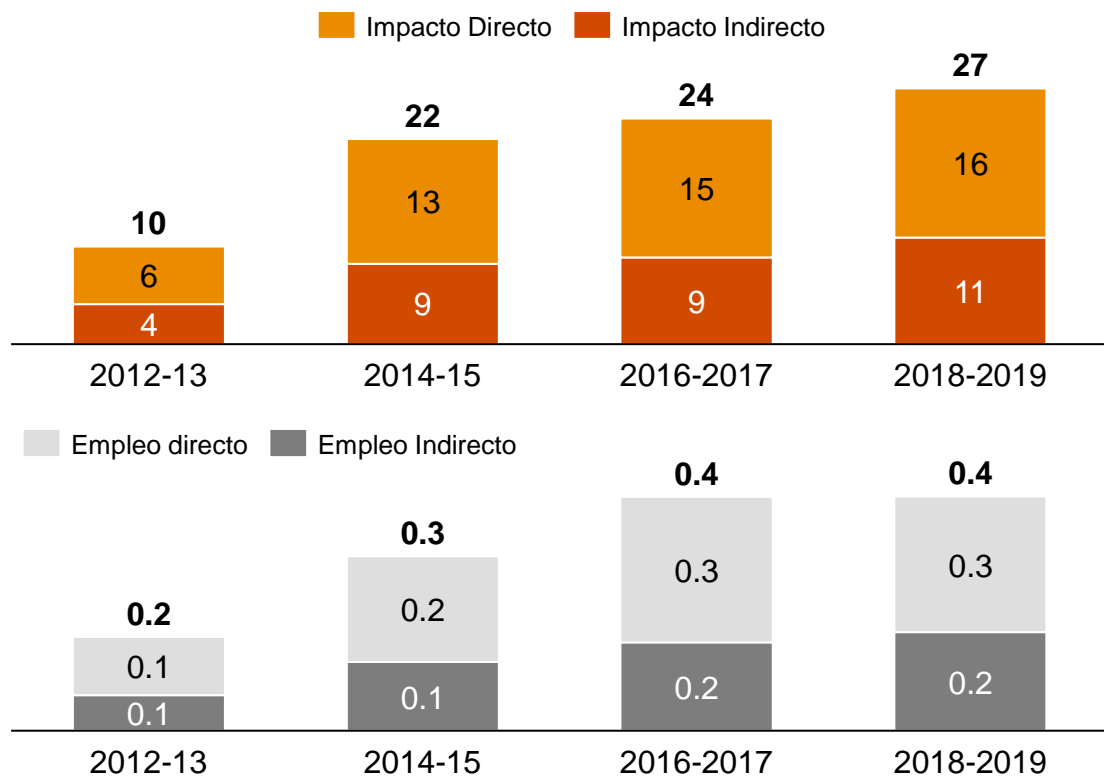
5

Explicar la **hoja de ruta para la introducción de los SAF** así como la regulación aplicable y las oportunidades asociadas a su introducción, tanto en el medio ambiente como en la economía y la sociedad

España se está posicionando como un importante hub logístico de pasajeros y mercancías en el sur de Europa y el sector aeronáutico es un importante motor de crecimiento para la economía nacional

Impacto en PIB y empleo generado [Bn€, M]

Fuente: IATA, ICAO y ATAG (Annual reports)



Principales magnitudes 2019



Se han contabilizado **942.400 vuelos** comerciales



En un total de **24 aerolíneas** comerciales



Los RPK (Revenue Passenger Kilometer) en el ámbito internacional han sumado un total de **121 Billones de km**



135 Millones de pasajeros han usado servicios aéreos durante el año 2019



Se han emitido **18,5 Millones de toneladas** de CO₂ a la atmósfera

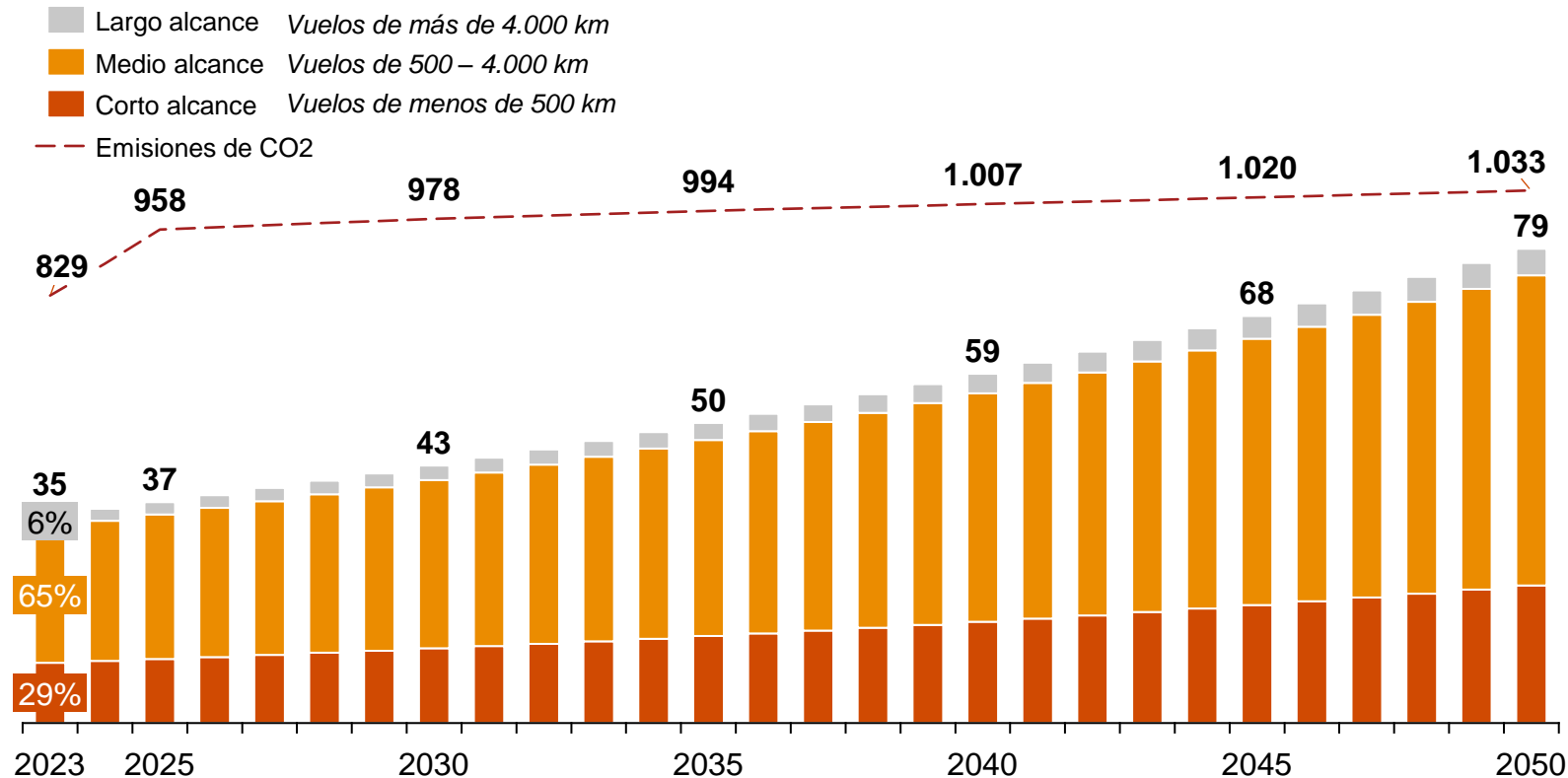


Con un consumo total de **7,2 Millones de litros** de combustible

A pesar de que el número de vuelos crece exponencialmente, el consumo de combustible y emisiones de CO₂ no seguirán el mismo ritmo, debido a la mejora tecnológica de las aeronaves y de eficiencia de las operaciones

Proyección de la demanda de vuelos [millones de vuelos] y emisiones de CO₂ [Mt]¹

Fuente: IATA, ATAG (Waypoint 2050) y Análisis PwC

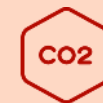


- El **desarrollo económico, la globalización y el aumento de población** son factores que generan una **mayor demanda de vuelos comerciales**
- Las **emisiones de CO₂ son proporcionales al consumo de combustible** ya que cada tonelada de combustible fósil es equivalente a 3,16 toneladas de CO₂
- La **mayor parte de las emisiones de la aviación provienen de los vuelos de larga distancia**, a pesar de que los vuelos de media distancia sean más numerosos



**Incremento
vuelos** 23-50

128%



Emisiones 23-50

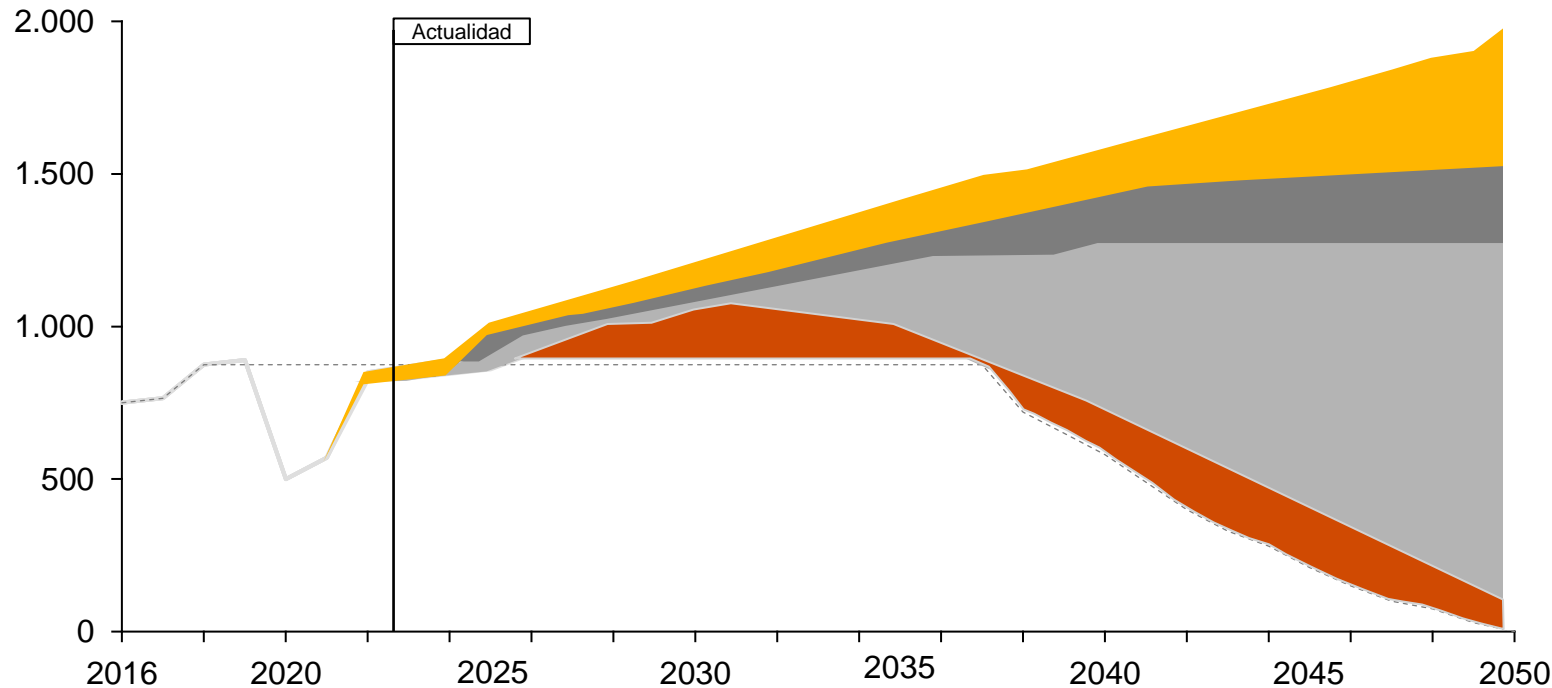
27.689 Mt

¹ Se considera constante en el tiempo la proporción por tipo de vuelo
mayo 2023

Mientras que las mejoras en la tecnología y en las eficiencias puede ayudar a reducir estas emisiones, los combustibles SAF son, a día de hoy, la palanca más efectiva, con un peso del 61% sobre el total de reducción de emisiones a 2050

Reducción de emisiones de CO₂¹ [Mt]

Fuente: ATAG (Waypoint 2050)



Nuevas tecnologías – 22%

Desarrollo de tecnologías como aviones eléctricos, híbridos o de hidrógeno, así como mejoras en la eficiencia de las aeronaves

Operación e infraestructuras – 10%

Mejora del factor de ocupación de las aerolíneas e incorporación de mejoras en el sistema logístico y de gestión de los aeropuertos y tráfico aéreo

SAF (combustibles sostenibles) – 61%

Introducción de SAF, así como establecimiento de acuerdos de compra y fomento de la financiación de su producción, comercialización y uso

Mercados – 7%

Compensación de las toneladas de CO₂ necesarias para alcanzar los objetivos de descarbonización y actualizar e introducir regulación sobre sostenibilidad en la aviación

Los SAF son combustibles alternativos a los de tipo fósil que se posicionan como la principal vía para descarbonizar el sector de la aviación por su potencial en el medio plazo y la reducción de emisiones frente a los fósiles

Resumen de las características de los SAF

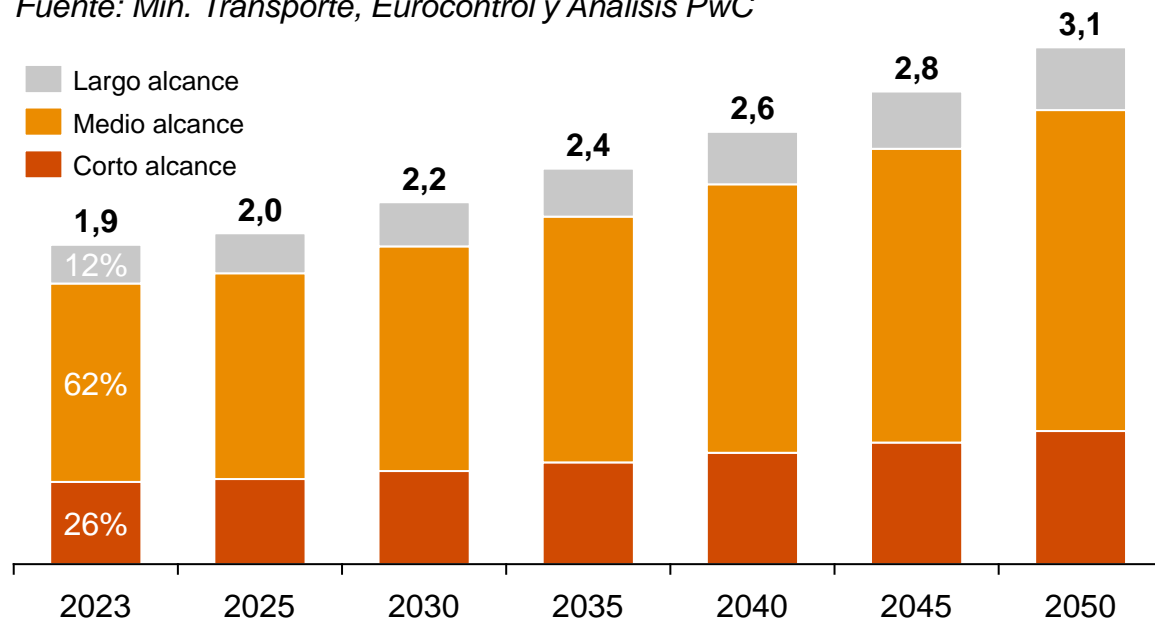
		Origen	Madurez tecnológica	% de mezcla	LCA (g CO _{2e} /MJ)	Reducción emisiones (%)	Coste de producción (€/ton)	TRL ¹
Biocombustibles ↑ ↓ Sintéticos	1 HEFA	Aceites (residuos vegetales)	Es la vía más madura actualmente y ha probado ser una tecnología segura y escalable. Abarca el total de la producción actual de SAF	50%	13 - 57	35 – 85%	1.375	8 - 9
	2 FT	Biomasa (residuos agrícolas, forestales, municipales)	Es la vía con mayor desarrollo después de los HEFA , con algunas plantas de prueba en operación	50%	5 - 13	85 – 95%	2.050	7 - 8
	3 AtJ	Residuos agrícolas, forestales, azúcar, maíz	Es una tecnología certificada más reciente y todavía no está siendo comercializada	50%	26-53	40 – 70 %	2.450	6 - 7
	4 PtL	CO ₂ + H ₂	Se encuentra en estado de desarrollo , con resultados que muestran que esta tecnología funciona, pero con necesidad de mejora	50%	0 - 10	89 - 100 %	3.500	1 - 2

¹ El Technology Readiness Level (TRL) mide la madurez de los sistemas de producción en una escala del 1 (ideas básicas) al 9 (sistema actual, probado y en funcionamiento)

Tras la recuperación de la crisis del COVID, en el ámbito nacional se espera que en 2025 se alcancen los niveles de vuelos prepandemia y una tendencia al alza, debido a factores como la globalización, el desarrollo económico y el aumento de población

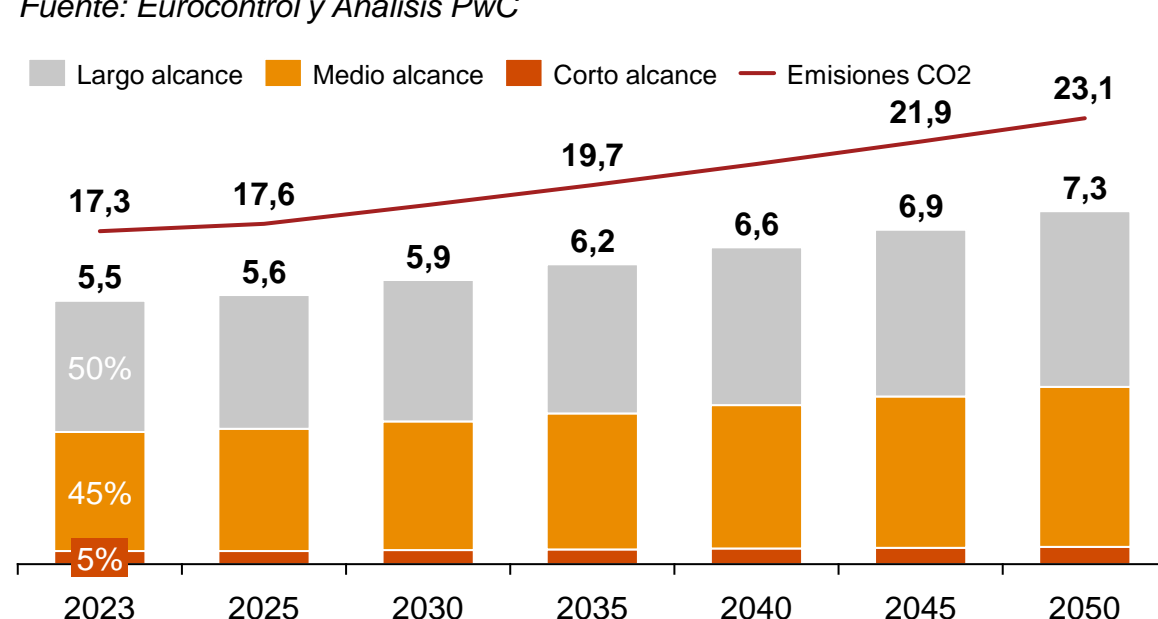
Proyección de la demanda de vuelos en España por tipo de vuelo [millones de vuelos]¹

Fuente: Min. Transporte, Eurocontrol y Análisis PwC



Proyección del consumo de combustible para aviación en España por tipo de vuelo [Mt]¹

Fuente: Eurocontrol y Análisis PwC



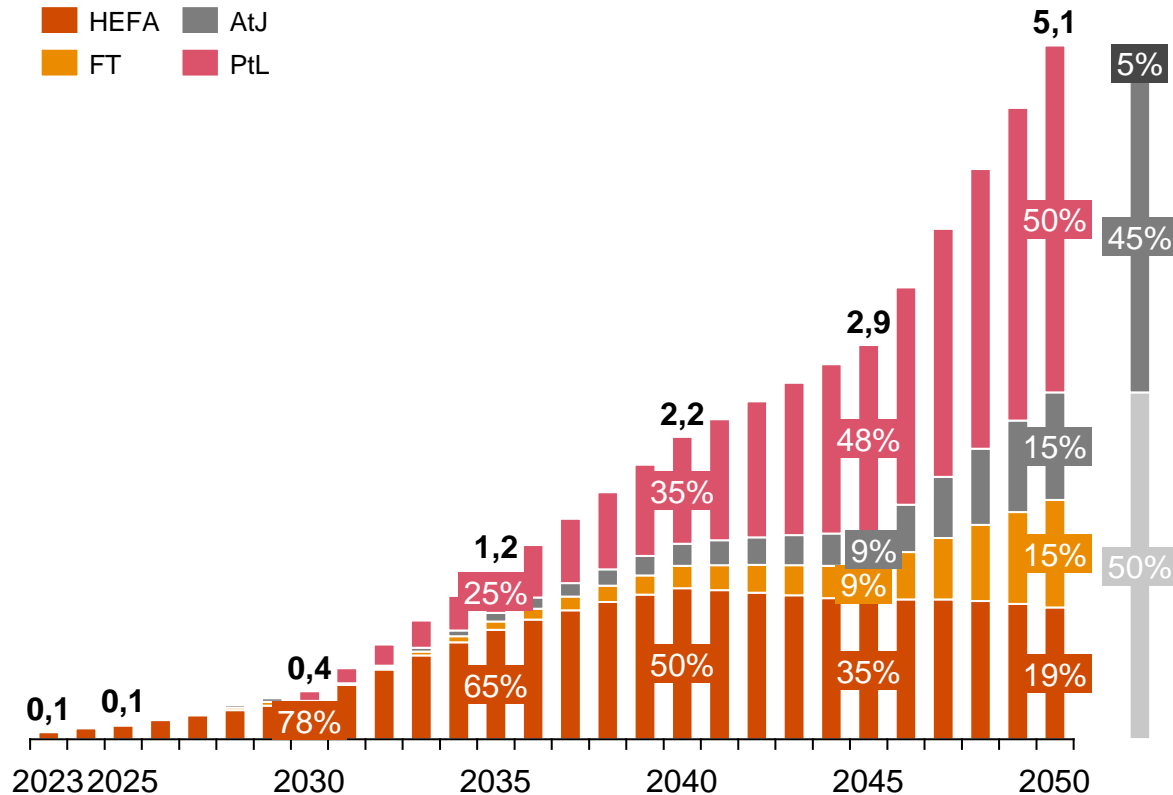
- La mejora de **eficiencia de consumo** de combustible en la aviación es de un **0,7% anual** y se espera que se mantenga en el futuro.
- **Las emisiones de CO₂** en caso de no aplicar ninguna medida como el uso de SAF o de nuevas tecnologías más sostenibles, **serían proporcionales al consumo de combustible** y tienen una proporción de 3,16 toneladas de CO₂ por tonelada de combustible consumido.

¹ Se considera constante en el tiempo la proporción por tipo de vuelo y por destino mayo 2023

Al igual que en el ámbito internacional, en España la tecnología que más peso tendrá a largo plazo es el PtL y hasta que se consiga la tecnología y la producción de H₂ necesaria para ello, los SAF basados en residuos biológicos serán predominantes

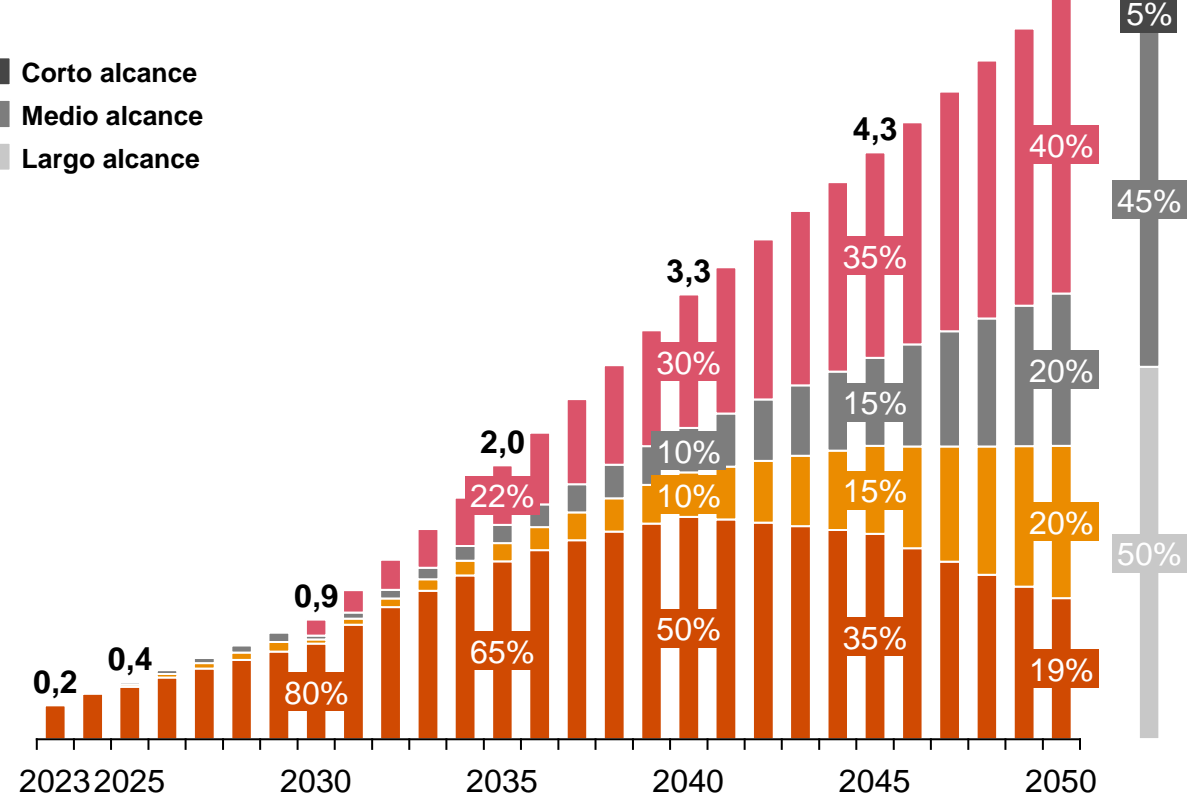
ReFuelEU - Consumo de SAF en España [Mt]

Fuente: ReFuelEU y Análisis PwC



Net Zero - Consumo de SAF en España [Mt]

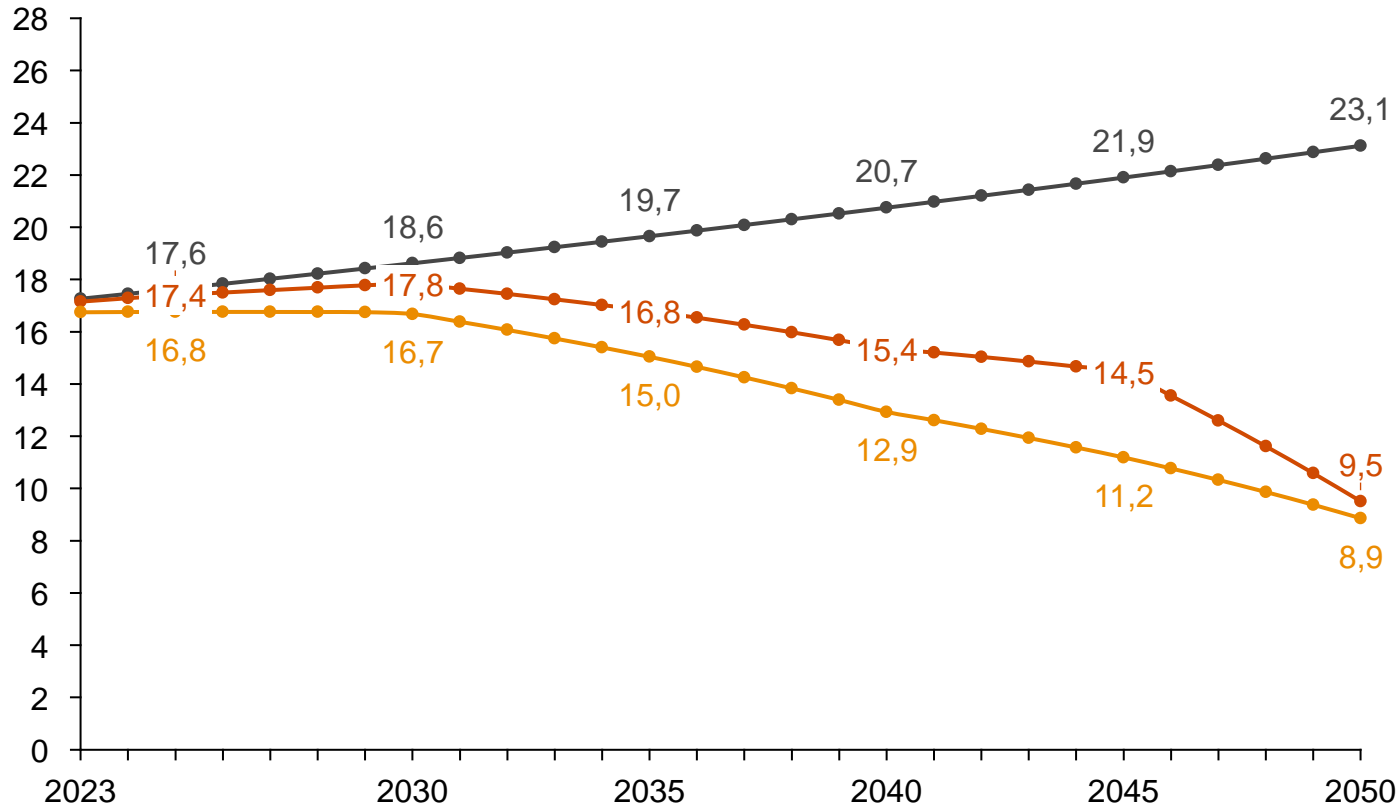
Fuente: IEA (Net Zero) y Análisis PwC



El uso de SAF previsto en los escenarios ReFuelEU y Net Zero conseguirán reducir las emisiones de carbono a más de la mitad en el año 2050, y junto con el resto de mejoras tecnológicas se conseguirá cumplir con los objetivos propuestos

Proyección de emisiones de CO₂ por escenario [Mt]

Fuente: Análisis PwC



De no aplicarse ninguna medida de penetración de combustibles o tecnologías sostenibles, las emisiones de CO₂ incrementarían junto con el consumo de queroseno



En el escenario ReFuelEU se podrían conseguir reducciones de hasta un **59%** de las emisiones de CO₂ en el año 2050 por el bajo LCA de los SAF comparado con el queroseno



Al ser el escenario más ambicioso, en el **Net Zero** se contempla una reducción de hasta el **61%** de las emisiones de CO₂ en el año 2050 gracias a una mayor penetración de los SAF

La introducción de los SAF en el sector de la aviación no sólo ayudará a la descarbonización en España, sino que también mejorará la gestión y uso de los residuos y creará nuevas oportunidades de negocio y empleo para la economía

La oportunidad de España para la producción de SAF

Descarbonización del sector

La **descarbonización del sector de la aviación es todo un reto** dado el prematuro estado de tecnologías como el uso del hidrógeno o de aeronaves eléctricas

Gestión de residuos

España tiene un **gran problema de gestión de residuos**, que incluso ha dado lugar a sanciones por incumplimiento

Potencial de H2

Gracias a su gran capacidad de acceso a renovables, **España se posicionará como HUB productor de H₂ renovable** de bajo coste

Normativa

La normativa nacional e internacional marcan el **objetivo de descarbonización en la aviación** y España ha adquirido el compromiso de reducir emisiones en línea con los objetivos a 2050



Permite el **aprovechamiento de los residuos más contaminantes**, fomentando una mejor gestión y circularidad de los mismos



Con el uso de materias primas sostenibles se consiguen **reducciones de CO₂ de hasta un 95% (LCA)**



El H₂ es una de las **principales materias primas** que se emplean para la producción de SAF

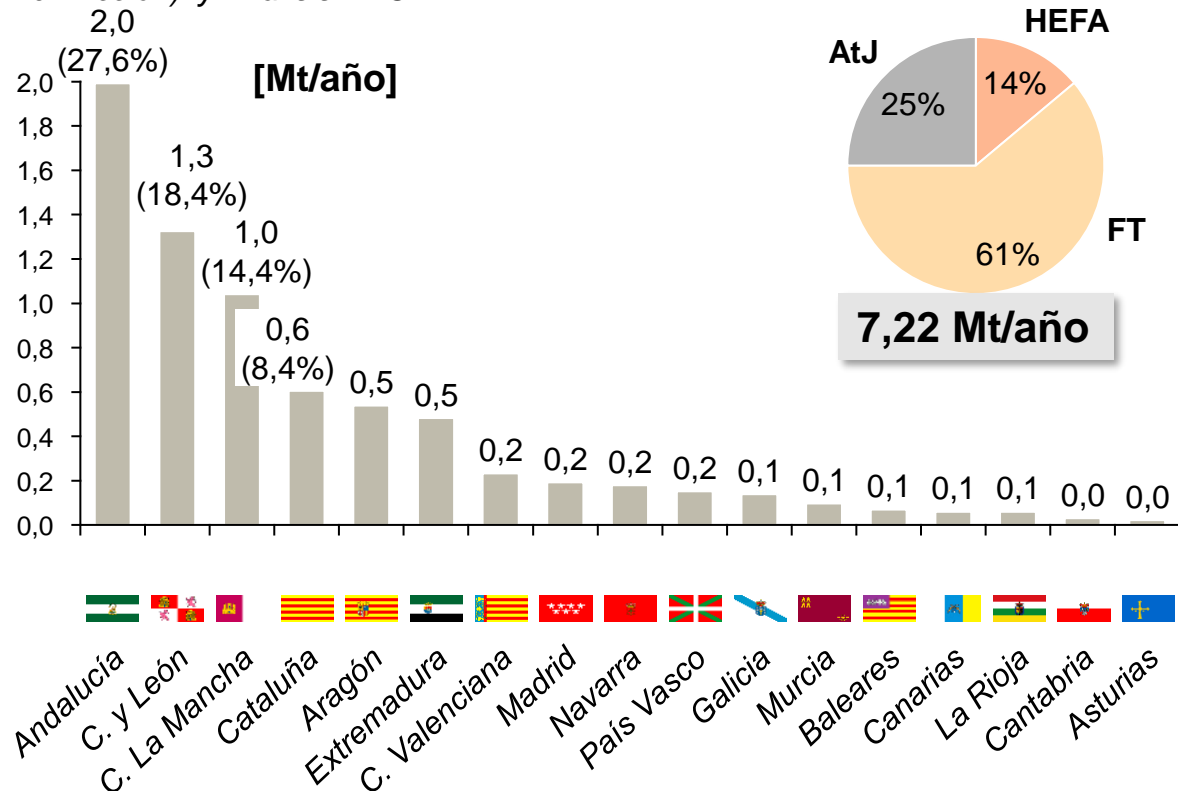


La producción de SAF, además, está **en línea con la agenda de recuperación económica**, con especial impacto en la España vaciada, como oportunidad para su desarrollo económico y social

En función del tipo de proceso para producir SAF y de los residuos disponibles en España, se estima un potencial de producción de más de 7 Millones de toneladas anuales de biocombustibles SAF en España, destacando el proceso ATJ y el FT

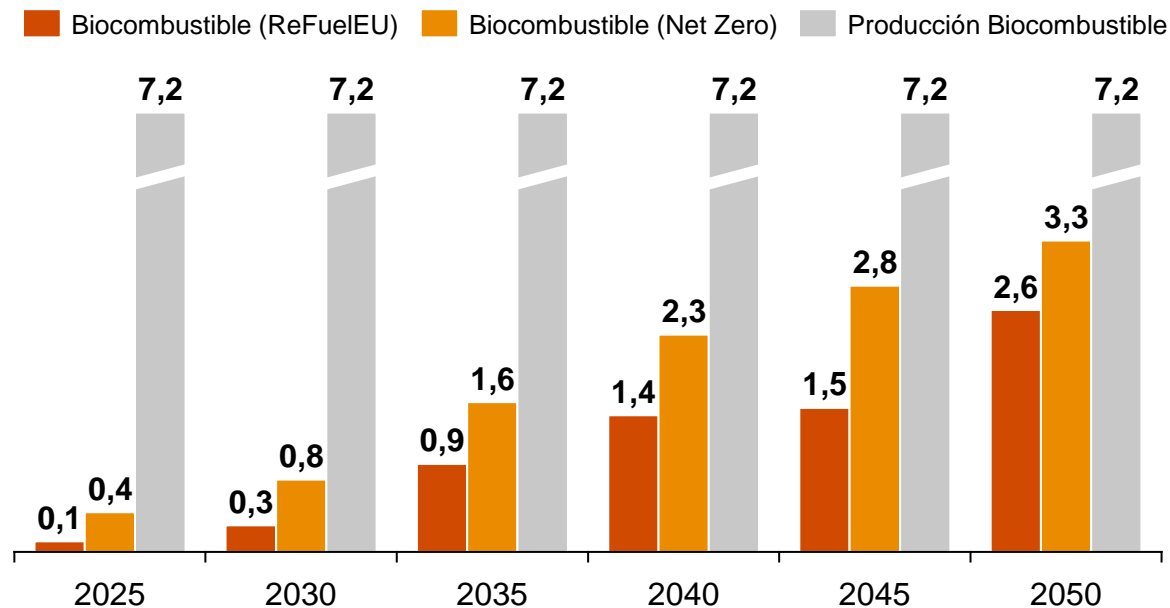
Potencial de producción de SAF por CCAA y tipo

Fuente: Sedigas, Bioenergía en España (Transport & Environment y Ecologistas en Acción) y Análisis PwC



Demanda vs. Producción de Biocombustibles [Mt]

Fuente: Análisis PwC

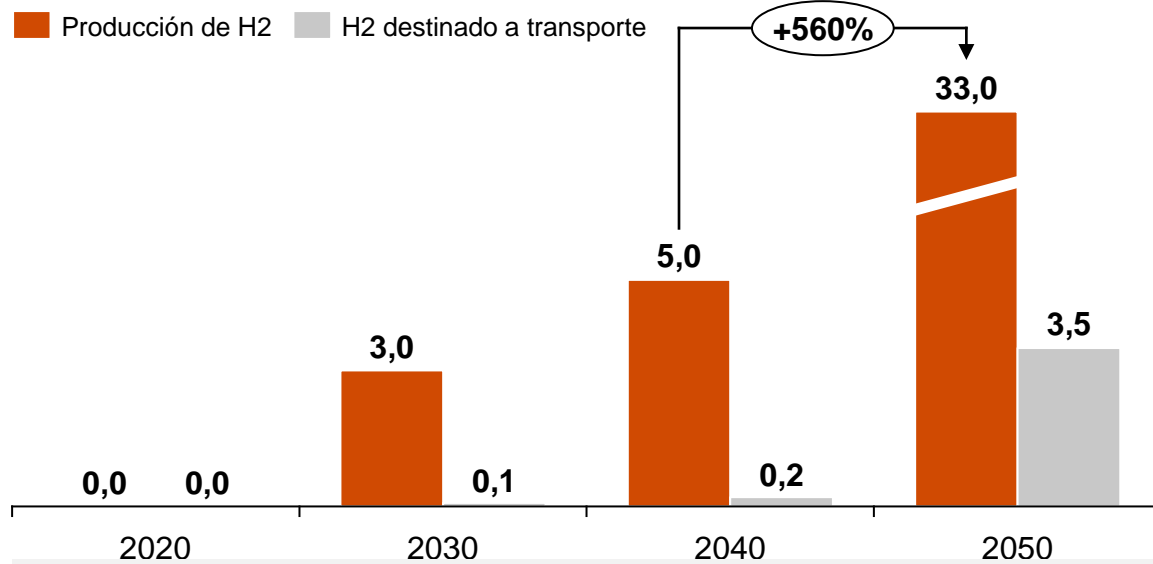


El potencial total de disponibilidad de residuos para la producción de SAF de tipo Biocombustible será superior a la demanda total que se produzca en España. España incluso podría plantear la opción de producir SAF para exportar a otros países europeos

Teniendo en consideración el potencial de desarrollo de renovables, España se posiciona como un referente de producción de H₂ renovable cuyos usos, entre otros, se dedicarán a la producción de SAF en forma de combustible sintético

Potencial de producción de H₂ verde en España [Mt]

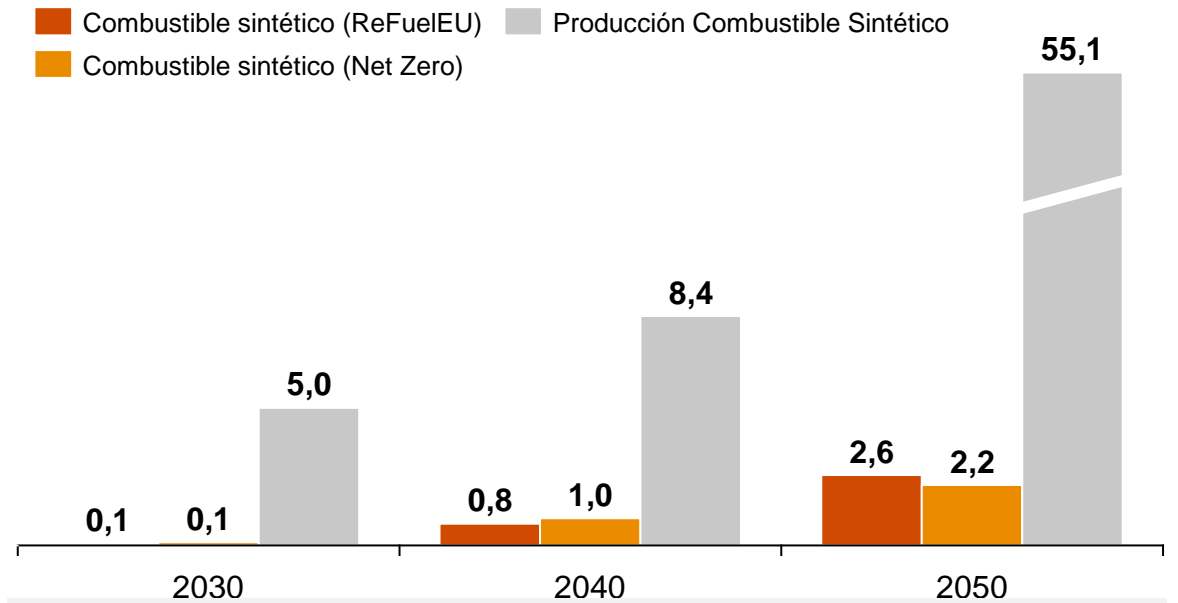
Fuente: IEA, Enagás y Análisis PwC



Para poder acotar el potencial total estimado para la producción de H₂ renovable en el territorio nacional, se pueden tener en cuenta las estimaciones definidas por entidades como la IEA sobre los **objetivos de H₂ destinado a la producción de SAF**

Demanda vs. Producción de Comb. Sintético [Mt]

Fuente: Análisis PwC

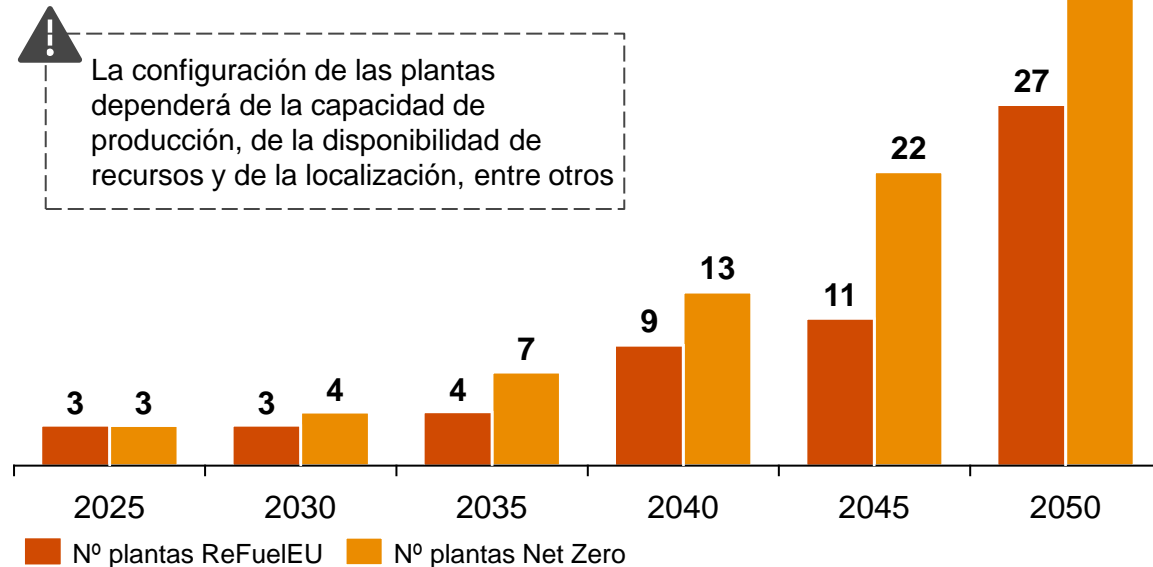


El elevado potencial que hay en España para la producción de hidrógeno renovable lo convierte en **un territorio idóneo para la producción de Combustible Sintético (PtL)** no sólo para el consumo nacional, sino como hub de referencia para la producción y exportación de este tipo de combustible

Dadas unas capacidades de producción para cada tipo de planta, se estiman necesarias entre 27 y 35 plantas de biocombustible y 5 plantas de combustible sintético para asumir todo el consumo nacional de SAF

Nº plantas de producción de Biocombustibles

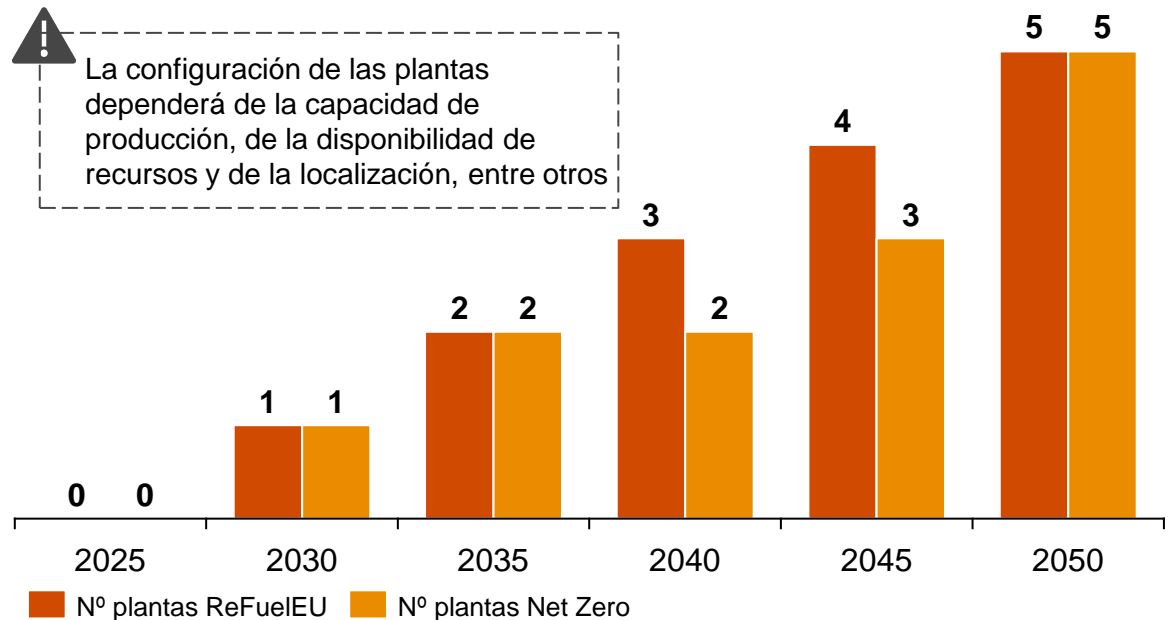
Fuente: S de Jong et al. (The Feasibility of Short-term Production Strategies for Renewable Jet Fuels) y Análisis PwC



La estimación del número de plantas para la producción de Biocombustibles se ha hecho en base a una **capacidad media por planta de 767 kt/año para HEFA, 168 kt/año para FT y 99 kt/año para AtJ¹**.

Nº plantas de producción de Comb. Sintético

Fuente: German Environment Agency y Análisis PwC

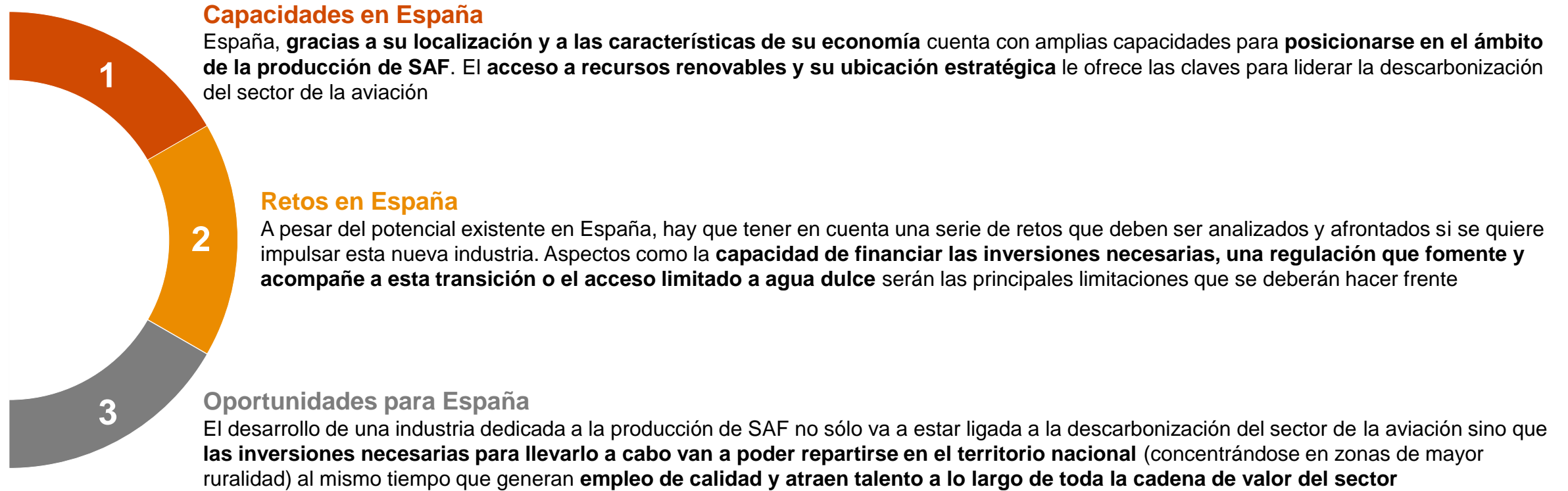


La estimación del número de plantas se ha hecho en base a una **capacidad media por planta de 500 kt/año**. Las plantas de Combustibles Sintéticos estarán formadas por las plantas de producción de PtL.

¹ La capacidad de producción de las plantas tiene en cuenta todos los subproductos derivados de la biorrefinería (SAF, biodiesel y otros) mayo 2023



Podemos recapitular el potencial de desarrollo que tiene España para convertirse en un país referente en producción y uso de SAF centrándonos en tres aspectos: Capacidad, Retos y Oportunidades

La oportunidad para España



En definitiva, el impacto acumulado a nivel de PIB sería de 13.300 M€ y 43.000 M€ para las fases de construcción y operación, respectivamente, entre los años 2025 y 2050 gracias al desarrollo de un total de 32 plantas

Resumen del impacto de la producción de SAF en España

	Plantas		1 CONSTRUCCIÓN ² 			2 OPERACIÓN 		
	Capacidad ¹ [kt/año]	Nº Plantas	Inversión [M€]	PIB [M€]	Empleo [#FTE]	Ingresos ³ [M€]	PIB [M€]	Empleo ⁴ [#FTE]
HEFA	767	3	1.971	1.181	19.884	18.963	13.773	4.791
FT	168	12	5.652	3.386	57.020	4.660	4.783	4.941
AtJ	99	12	576	345	5.811	5.272	5.435	6.971
PtL	500	5	14.173	8.392	168.625	21.234	18.859	3.000
TOTAL		32	22.362	13.304	251.340	50.129	42.851	19.703

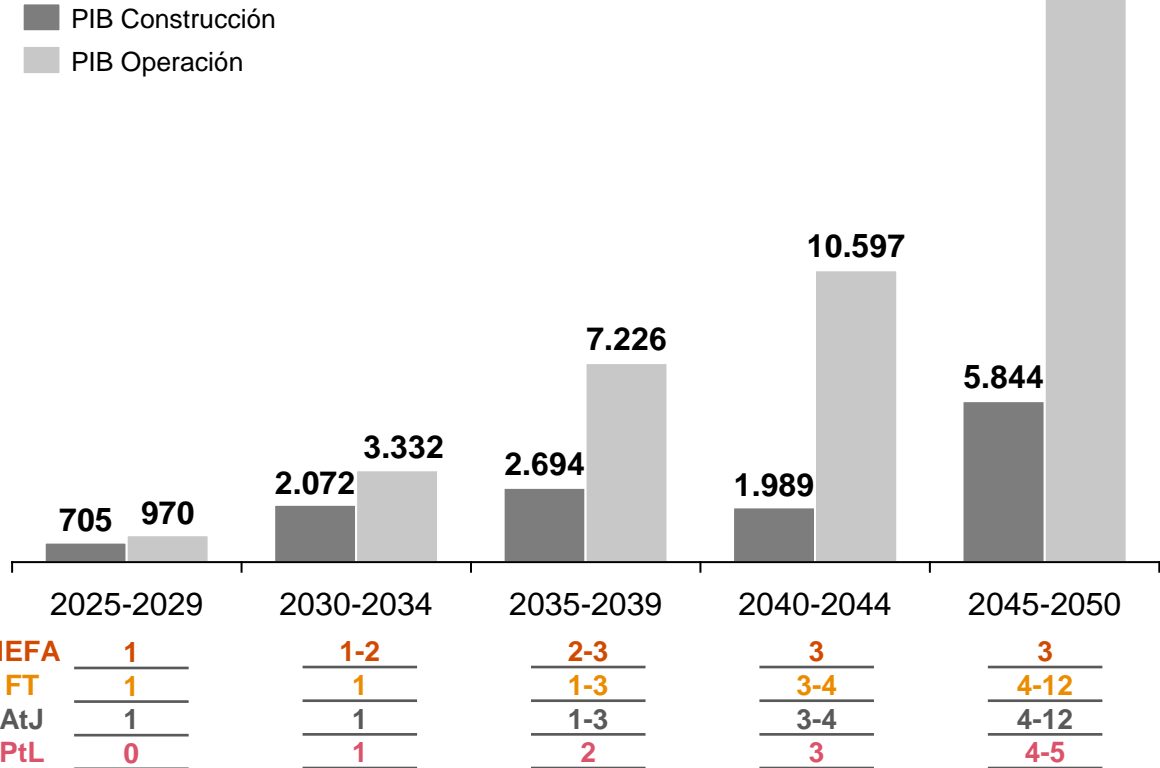
¹ Capacidad media por planta ² Cálculos para el total de plantas de cada tipo

³ Se consideran únicamente los ingresos por la venta de SAF para cubrir la demanda nacional y excluyendo el resto de subproductos

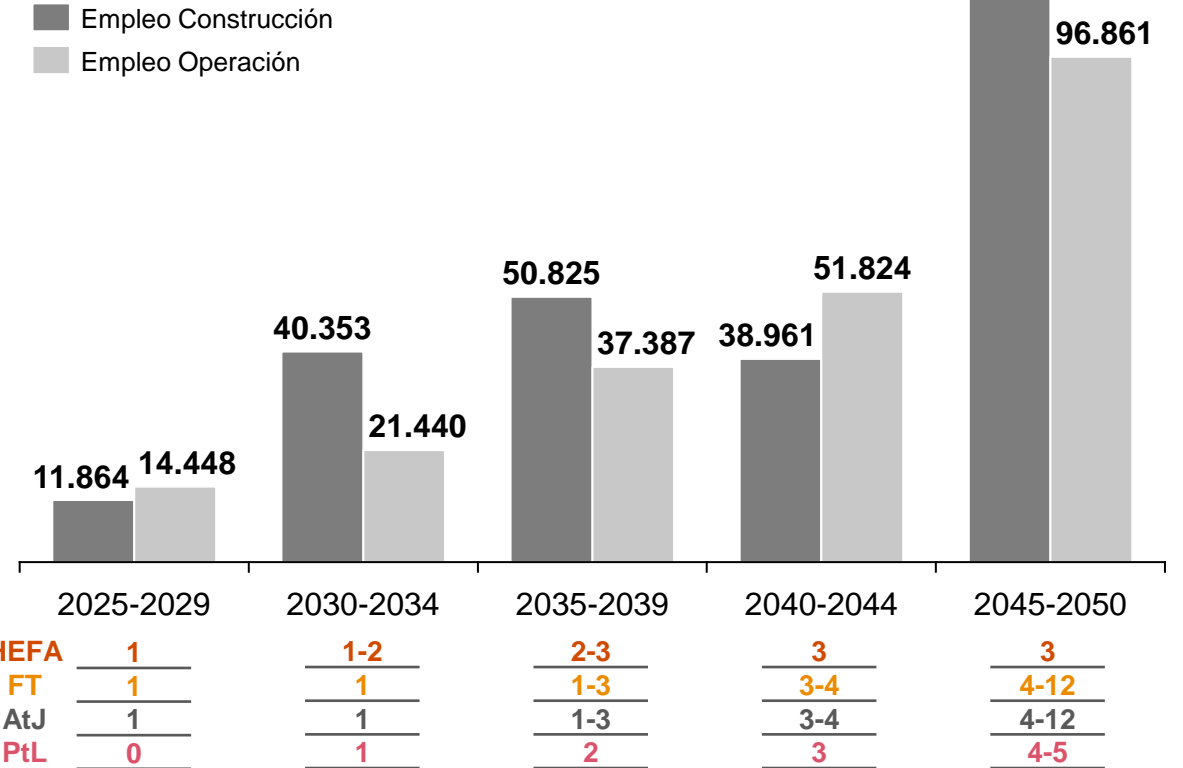
⁴ Se han contemplado los empleos mantenidos por tipo de planta en el momento de mayor impacto

En la fase de construcción destaca el impacto del desarrollo de plantas de PtL por el coste asociado a la novedosa tecnología mientras que en la fase de operación el se reparte entre las plantas HEFA y PtL por una mayor actividad de producción

Impacto en PIB para las fases de construcción y operación [M€]



Impacto en Empleo para las fases de construcción y operación [#FTE]



El desarrollo de SAF en España implicará externalidades positivas ligadas a la construcción de plantas de biocombustibles, como puede ser la descarbonización de otros sectores, la reducción de residuos y el desarrollo de zonas rurales

Externalidades generadas por el desarrollo de SAF en España



Descarbonización de otros sectores del transporte y de la industria: La construcción de plantas de biocombustible en España no sólo beneficiará a la descarbonización en el sector de la aviación sino que, al implicar la producción de otros combustibles sostenibles (como el biodiesel), se fomentará la descarbonización en otros medios de **transporte como el terrestre o marítimo** y también en **industrias que precisen de estos combustibles** para funcionar

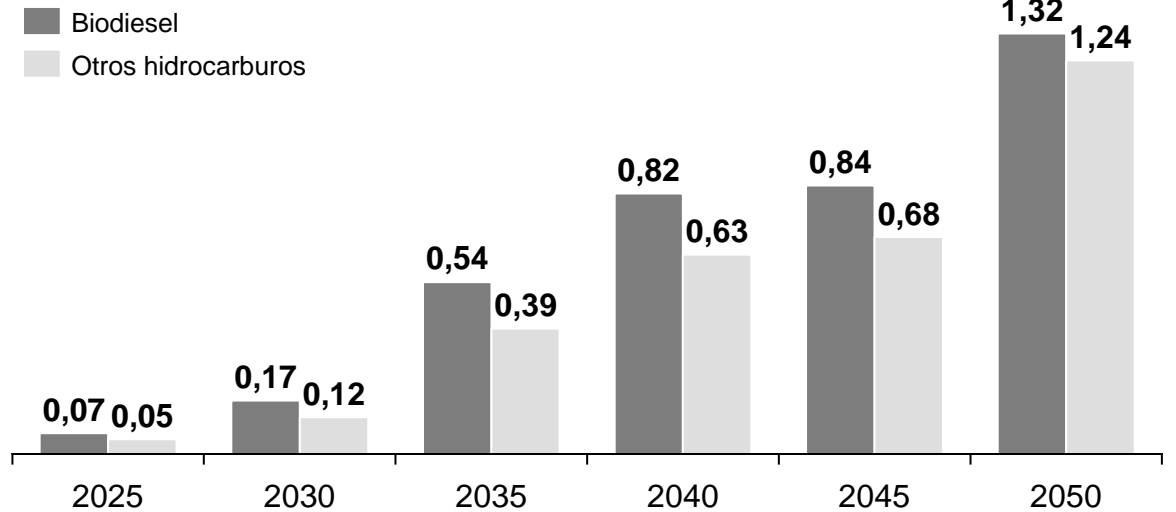


Impacto en zonas rurales: Dado que la principal fuente de residuos se localiza en zonas rurales, el **desarrollo de la industria de SAF va ligado al desarrollo económico y social, la mejora de infraestructuras y el desarrollo de talento en zonas rurales**, estando en línea con la Estrategia Nacional frente al Reto Demográfico



Mejora en la reducción y gestión de los residuos: El desarrollo de los SAF también permite aprovechar residuos que, de otra manera, no recibirían el tratamiento adecuado y podrían acabar como vertidos muy perjudiciales para el medio ambiente. El uso de estos residuos para SAF, contribuye a **reducir el problema de gestión de residuos en España y está en línea con las estrategias de economía circular.**

Producción de Biodiesel y otros hidrocarburos [Mt]



Las plantas de producción de biocombustible, no sólo generan como producto combustible de aviación sostenible (SAF), sino que debido al proceso de refinamiento también se extraen **otros hidrocarburos como son el biodiesel, biogasolina, nafta o Gas Licuado del Petróleo (GLP)**. Debido a la gran demanda, **se prevé que la producción priorice los SAF**, pero siempre se generarán también estos otros hidrocarburos.

El reto del sector de la aviación frente a la reducción de su huella de carbono y el desarrollo de medidas para la descarbonización del sector genera un marco contextual en el que tanto las empresas como las AAPP van a tener que actuar

Conclusiones en torno a la necesidad

- ✈ El sector de la aviación es **responsable de entre el 2 y 3% de las emisiones globales de CO₂** ya que consume unos 332 millones de litros de combustible de origen fósil
- ✈ Frente a la fuerte recuperación de la demanda de vuelos internacionales, llegando a subidas del +4% anual, y, por lo tanto, al incremento previsto de las emisiones de CO₂, las compañías aéreas se encuentran comprometidas frente a **los retos a los que deben hacer frente para lograr la descarbonización del sector**.
- ✈ En consonancia con este compromiso, **el sector está centrando sus esfuerzos en desarrollar medidas que permitan reducir el impacto sobre la huella de carbono de su actividad económica**, como son medidas relacionadas con optimización de los vuelos, la eficiencia energética o la introducción de nuevas tecnologías.
- ✈ Entre estas medidas, destaca la incipiente introducción de los **combustibles SAF**, que no solo se posiciona como la **solución con mayor impacto en la reducción de emisiones** sino que, además, es la **única viable a día de hoy** para dar un paso sustancial en la descarbonización del sector y en la consecución de los objetivos Net Zero a 2050.
- ✈ Sin embargo, la introducción de los combustibles SAF supone un reto de gran envergadura a nivel tecnológico, económico, de garantía de suministro, regulatorio, etc. Por ello, sin una acción concertada del sector y los agentes que conforman la cadena de valor, así como **por parte de las administraciones públicas**, no resultará en una solución viable y, por lo tanto, no se cumplirán con los objetivos marcados por el Acuerdo de París y la normativa europea y nacional.

Este proceso de descarbonización debe afrontarse como una oportunidad para que España, al mismo tiempo que reduce sus emisiones de CO₂, desarrolle una industria sólida que pueda responder a las nuevas necesidades energéticas del sector

Conclusiones en torno a la oportunidad

- ✈ La **tecnología SAF ya es una realidad** y existen numerosos proyectos en marcha en todo el mundo para la producción de este tipo de combustibles.
- ✈ A pesar de que los costes asociados al despliegue y penetración de esta tecnología todavía son difíciles de asumir, las **directivas y obligaciones internacionales** (véase las últimas novedades del ReFuelEU Aviation o la extensión del precio del carbono) van a impulsar el consumo de este tipo de combustibles a partir del 2025.
- ✈ Si las compañías aéreas españolas (y las internacionales) quieren impulsar también esta migración a un modelo más sostenible, cumpliendo con las directivas establecidas, deberán **incorporar el consumo de combustibles SAF en el corto plazo**, generando así una **demanda estimada de 49 millones de toneladas de combustible**¹ entre el 2025 y el 2050.
- ✈ La creciente demanda de SAF constituye, por otro lado, una **importante oportunidad económica** a la hora de desarrollar una industria dedicada a su producción. Prueba de ello es el crecimiento significativo de proyectos en marcha para este propósito.
- ✈ El éxito de esta industria, sin embargo, se encontrará principalmente en aquellos territorios que sean capaces de (i) disponer de la **materia prima** necesaria para su producción, (ii) disponer de las **capacidades industriales** necesarias para desarrollar esta actividad, (iii) garantizar la **colaboración entre las empresas del sector y los gobiernos** y (iv) desarrollar aquellas medidas que faciliten la **viabilidad de este tipo de proyectos** (medidas económicas, regulatorias, técnicas...).

Esta situación puede llegar a ser muy ventajosa para el territorio español ya que cuenta con las capacidades necesarias para la producción de SAF poniéndolo en el punto de mira en comparación con otros países del entorno europeo

Conclusiones en torno al potencial de España

- ✈ España cuenta con una **amplia disponibilidad del tipo de materia prima** que es apta para la producción de biocombustibles y de combustibles sintéticos. Además, las principales estrategias europeas mencionan la situación privilegiada de España y, por lo tanto, su oportunidad para ser un referente en:
 - ✈ El aprovechamiento y revalorización de los **residuos para usos energéticos** como los biocombustibles
 - ✈ La **producción de hidrógeno renovable** gracias al recurso solar y acceso a energía renovable de bajo coste
- ✈ Teniendo en cuenta este potencial y las obligaciones en términos de descarbonización del sector, parece obvio que existe una **oportunidad** a la hora de localizar una importante **industria de producción de SAF en el territorio nacional**.
- ✈ El fomento de esta industria conllevaría una serie de impactos asociados que se resumen en:
 - ✈ **Impacto en PIB y empleo** a nivel directo, indirecto e inducido.
 - ✈ **Descarbonización del sector** de la aviación cumpliendo con la normativa europea e internacional.
 - ✈ **Valorización de residuos**, en particular de residuos agrarios y otros biorresiduos, e **impulso a la economía circular**.
 - ✈ **Posicionamiento de España** como referente en la producción de SAF.
 - ✈ Oportunidad de producir SAF para el consumo nacional pero también **potencial para ser exportador** de este combustible.
 - ✈ **Independencia energética** de otros territorios en el ámbito del transporte aéreo.

Gracias

pwc.com/es

El presente documento ha sido preparado a efectos de orientación general sobre materias de interés y no constituye asesoramiento profesional alguno. No deben llevarse a cabo actuaciones en base a la información contenida en este documento, sin obtener el específico asesoramiento profesional. No se efectúa manifestación ni se presta garantía alguna (de carácter expreso o tácito) respecto de la exactitud o integridad de la información contenida en el mismo y, en la medida legalmente permitida. PricewaterhouseCoopers, S.L., sus socios, empleados o colaboradores no aceptan ni asumen obligación, responsabilidad o deber de diligencia alguna respecto de las consecuencias de la actuación u omisión por su parte o de terceros, en base a la información contenida en este documento o respecto de cualquier decisión fundada en la misma.

© 2023 PricewaterhouseCoopers, S.L. Todos los derechos reservados. "PwC" se refiere a PricewaterhouseCoopers, S.L, firma miembro de PricewaterhouseCoopers International Limited; cada una de las cuales es una entidad legal separada e independiente.