

El vuelo de Europa
hacia la competitividad
económica:
Resumen ejecutivo

Junio de 2025



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

Traducción y difusión en España

El presente resumen ejecutivo ofrece un avance de un estudio que Fathom ha llevado a cabo durante un año sobre la viabilidad económica de la descarbonización de la aviación europea, por encargo de la Fundación Europea para el Clima. Este documento ha sido traducido y difundido por Fundación Renovables. La versión original (en inglés) está disponible en el siguiente [enlace](#).

Resumen ejecutivo

Contexto. Los líderes europeos, ante los retos económicos y las turbulencias geopolíticas a las que se enfrentan, se han comprometido a no cambiar el curso de la acción climática al tiempo que intentan estimular la competitividad económica y aumentar la seguridad energética. Con este panorama de fondo, en el estudio valoramos la manera en que la descarbonización de la aviación podría apoyar objetivos económicos y estratégicos más amplios, a través por ejemplo del Pacto por una Industria Limpia o del Plan de Inversión en Transporte Sostenible. Nuestro análisis añade valor al explorar los costes y beneficios relativos de las diferentes opciones de descarbonización, así como sus implicaciones, no solo en el sector de la aviación, sino en la economía en general.

Principal hallazgo. Nuestro análisis muestra como los Combustibles de Aviación Sostenibles basados en residuos (SAF), que son el principal objetivo de las actuales políticas climáticas de aviación, como ReFuelEU o el Mandato SAF del RU, tienen un potencial limitado debido al problema de la escalabilidad. Los vuelos de cero emisiones propulsados por hidrógeno (ZEF) sin embargo, a pesar de tener una mayor dificultad técnica, tiene un considerable recorrido para abordar tanto la descarbonización de la aviación como para ofrecer excedentes para la economía en general. Sin embargo, parece que los ZEF están infra explorados como opción política. Para llegar a este hallazgo hemos utilizado un modelo que compara directamente los costes y beneficios de los ZEF y de los diferentes tipos de SAF, en relación al queroseno fósil, bajo diferentes escenarios.

¿Por qué los ZEF? Hay dos razones clave por las que los ZEF podrían jugar un papel prominente en la política industrial de Europa. La primera es que, con una I+D que permita que esta tecnología se convierta en una realidad comercial, en la mayoría de los escenarios resulta la opción más barata y más escalable para descarbonizar la aviación a largo plazo. En segundo lugar, la I+D capaz de hacer que esto suceda, reportaría importantes beneficios en la economía en general y podría ayudar a Europa a cerrar la brecha de productividad con EEUU y otros países. Si tenemos en cuenta estos beneficios, volar con ZEF será más beneficioso para la sociedad que cualquier tipo de SAF o de queroseno fósil.

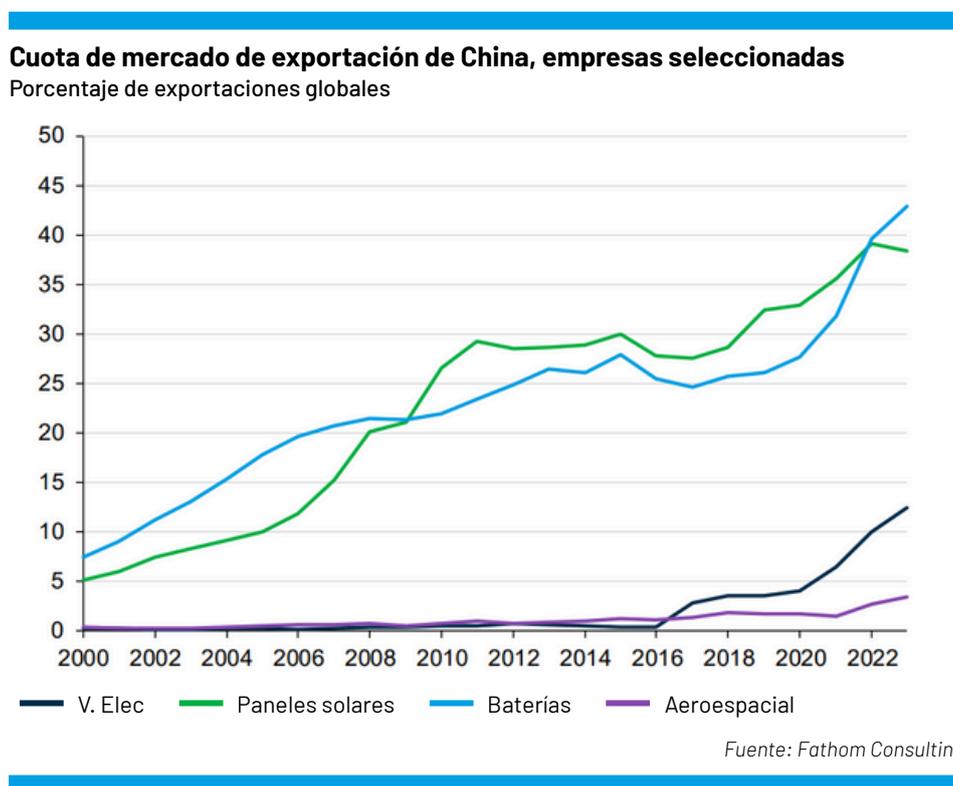
Costes. Hemos hallado que los costes de los SAF basados en residuos son relativamente bajos al inicio, pero que posteriormente ascienden de forma significativa, una vez que la penetración en el mercado llega al 15%, debido a las limitaciones en materias primas. En contraste, el e-queroseno y los ZEF son caros inicialmente, pero tienen el potencial de abarataarse significativamente gracias a las economías de escala y de aprendizaje por la práctica. Esto a su vez supone que el potencial comercial de los SAF basados en residuos es limitado en comparación con el mercado mucho más grande que se espera que surja alrededor del hidrógeno, tanto por la producción de e-queroseno como por propulsar aviones de cero emisiones. Estos hallazgos cuestionan el conocimiento recibido y sugieren que, para descarbonizar toda la aviación europea, el e-queroseno y/o los ZEF tendrían que hacer el grueso del trabajo.

Implementación. Parece probable que la tecnología ZEF para propulsar aviones de fuselaje estrecho se comercialice antes que la de los aviones de largo recorrido, lo que significa que los ZEF deberían centrarse inicialmente en rutas de menos de 2.000 km.

Al ser la tecnología de propulsión más eficiente energéticamente de todas, se deberían priorizar los vuelos de batería eléctrica para las rutas de corto recorrido, aunque su sostenibilidad para distancias más largas parece suponer un reto. Con el tiempo, a medida que las tecnologías mejoren y se construyan nuevas infraestructuras, los aviones propulsados por hidrógeno deberían realizar rutas más largas, reduciendo el papel total del SAF. Sin embargo, hasta que la tecnología y la infraestructura ZEF esté preparada para rutas de largo recorrido, los SAF (y el e-queroseno en particular) serán necesarios para los vuelos de largo recorrido.

Limitaciones. Para que se adopten de forma generalizada los ZEF serán necesarios muchos pasos y es muy poco probable que, utilizando esta tecnología, se logre una descarbonización plena de la aviación para 2050. Pero, al contrario que los SAF basados en residuos, que con seguridad tendrán una limitación en materias primas sin nada que pueda hacer la industria o los responsables políticos para evitarlo, las limitaciones de los ZEF pueden ser superadas de forma razonable con la suficiente planificación y coordinación, asumiendo que se alcancen ciertos avances tecnológicos. El e-queroseno también ofrece mayor potencial para su escalada que los SAF basados en residuos, aunque requiere mucha más electricidad que los ZEF propulsados por hidrógeno, que en sí mismos son de alto consumo eléctrico. También depende del suministro de CO2 capturado, lo que podría limitar su uso debido a que el desarrollo de esta tecnología a día de hoy también es incierto.

Solución híbrida. Centrarse demasiado en las soluciones a corto plazo que no son escalables, a costa de soluciones más escalables que resultan más baratas a la larga, aumenta el riesgo de que el coste total sea más alto y de retrasar los plazos de descarbonización de la aviación. Es más, si no se consideran soluciones a largo plazo y que obtengan beneficios macroeconómicos más amplios, Europa se arriesga a perder ante competidores internacionales como China, como ya ha hecho en otras tecnologías de descarbonización como las baterías o los coches eléctricos. China puede estar relativamente rezagada en aviación, pero con la llegada de Comac y los continuos desarrollos en baterías e hidrógeno, es poco probable que la situación se mantenga así.

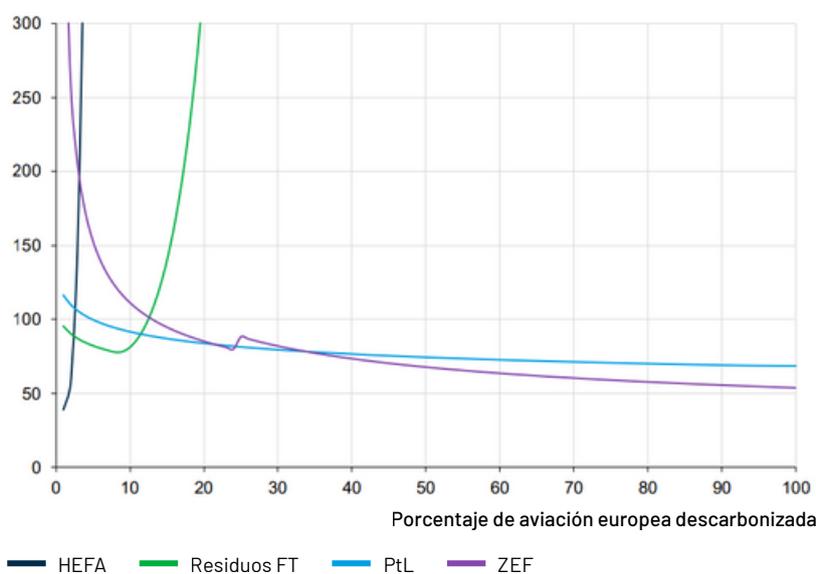


Modelo. Nuestro análisis no es el único que describe las limitaciones de las materias primas que se utilizan para elaborar los SAF basados en residuos. Pero nosotros hemos dado un paso más allá y hemos comparado estas limitaciones con las previsiones de demanda de la aviación, creando un modelo en el que los costes de producción de SAF basados en residuos comienzan a dispararse cuando las materias primas comienzan a escasear, junto a los costes del e-queroseno y los ZEF. Una característica clave de nuestro modelo es que muestra el grado de incertidumbre alrededor del coste de estas tecnologías y sus motivaciones, así como la sensibilidad que tienen frente a diferentes asunciones.

Costes nivelados Utilizando los costes nivelados, que permiten una comparativa directa entre tecnologías descarbonizadas con diferentes estructuras de costes, nuestro análisis muestra que, en la mayoría de los escenarios, los ZEF son la opción más barata a largo plazo, siempre que la tecnología se haya desarrollado lo suficiente y que se haya construido una infraestructura de apoyo. Esto, por supuesto, es una condición muy importante. Pero si hay alguien que puede desarrollar la tecnología de aviación necesaria, esa es Europa.

Costes nivelados de volar en 2050, media

Para la industria con I+D, relativo al combustible de queroseno para aviones*, € MWh



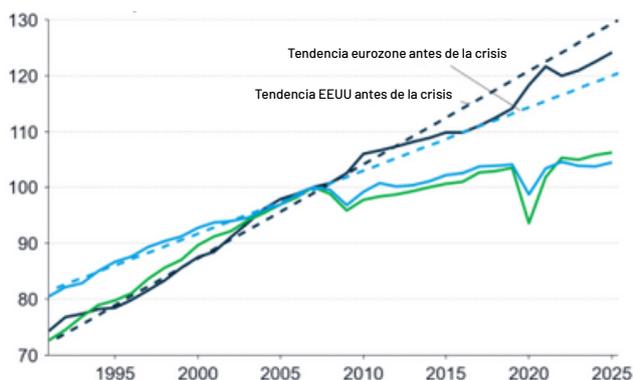
*Los números negativos implican costes más bajos (beneficio neto) en relación al combustible de queroseno de aviación.

Fuente: Fathom Consulting

Excedentes. Los grandes beneficios económicos que recaerán sobre el sector y la economía en general provenientes de la I+D de vanguardia necesaria para que los ZEF sean una realidad comercial, suponen una fuerte motivación para su desarrollo. Este hallazgo está bien demostrado en la literatura. El problema es que la I+D es un ejemplo clásico de una externalidad positiva, ya que los beneficios que recaen en la sociedad son mucho mayores que los beneficios que recaen sobre la parte que realiza la I+D. El resultado es que, si no hay intervención, la tendencia es que suela haber un nivel social inadecuado de I+D. Mostramos que, si estos beneficios son tomados en consideración, la sociedad puede disfrutar de un beneficio económico neto relativo a los vuelos con queroseno fósil para 2050. Europa debería por lo tanto gastar más en I+D con el fin de reducir la brecha de productividad: los ZEF y la captura de carbono, necesaria para producir e-queroseno, son dos fuertes candidatos. La conclusión por lo tanto es que es más probable lograr los mejores resultados macroeconómicos siguiendo una ruta en la que se utilicen más los ZEF.

Productividad del trabajo, países seleccionados

Índice, 1 de enero 2007 = 100



— US — UK — EURO AREA

Fuente: LSEG Datastream /Fathom Consulting

Gasto en I+D

Porcentaje del PIB



Fuente: LSEG Datastream /Fathom Consulting

Beneficios. Por último, tomamos en consideración las implicaciones sobre la economía regional de descarbonizar la aviación. Francia y el Reino Unido tendrían mucho que ganar si Europa asumiera el liderazgo en la tecnología ZEF y en la producción de aviones propulsados por hidrógeno, y mucho que perder si no lo hicieran, una vez que con el tiempo se desarrolle esta tecnología. La infraestructura que supondría el cambio a ZEF impulsaría la actividad económica relativamente más en países europeos más pequeños como Malta que tienen un alto grado de tráfico aéreo per cápita. Los países del sur de Europa se beneficiarían enormemente generando la producción de electricidad y/o hidrógeno limpio, así como la infraestructura necesaria.

Contexto de políticas. De nuestro análisis se deducen una serie de recomendaciones para los responsables de políticas que se detallan en la sección 7 al final de este informe. Se incluyen dos recomendaciones clave:

- Apoyar la producción de electricidad limpia, hidrógeno verde e infraestructuras relacionadas con el hidrógeno, específicas para la aviación, a través del Plan de Inversión en Transporte Sostenible.
- Cuando utilicen los mecanismos de financiación bajo el Pacto por una Industria Limpia para acelerar la I+D en ZEF, los responsables de políticas deberían también explorar los potenciales beneficios militares de los ZEF y la posibilidad de que la I+D en ZEF pudiera ser un uso legítimo de fondos dentro del crecimiento de los presupuestos militares.

Visión a largo plazo. Descarbonizar la aviación no será fácil y costará dinero. Somos conscientes de los retos. Pero exagerar el énfasis en el corto plazo y el no ser capaces de considerar el panorama económico más amplio, socavarán en última instancia la economía europea. Cuanto antes reconozca la industria y los responsables de políticas europeos las limitaciones de los SAF basados en residuos y se centre en una solución escalable a largo plazo como los ZEF, apoyada por el e-queroseno y en los pasos necesarios para lograrlo, mejores serán los resultados. Hay muchas incertidumbres en el futuro, esperamos que este estudio sea valioso a la hora de navegarlas.

El equipo de Fathom



Erik Britton, CEO

Erik es responsable del diseño e implementación de la estrategia de la empresa, para guiar sus investigaciones y liderar grandes proyectos de análisis macro, financieros y geopolíticos. Antes de unirse a Fathom en 2007, Erik fue director de otra consultora económica puntera y llevaba el macro modelo del Reino Unido del Banco de Inglaterra.

Brian Davidson, director de Energía y Clima

Brian se unió a Fathom Consulting en 2016 y ahora lidera el trabajo de investigación y consultoría relacionado con el clima y la energía. Entre las responsabilidades de Brian están los conjuntos de datos, los modelos y las herramientas, gestionando grandes proyectos y relacionándose con clientes, tanto del sector público como del privado. Antes de entrar en Fathom, Brian trabajó durante una década en mercados financieros, dedicándose a análisis económicos, desarrollo de modelos financieros, estrategias de inversión, créditos y acciones.



Vijay Krishnan, Economista

Vijay Krishnan es economista en Fathom Consulting. Trabaja principalmente en proyectos de consultoría relacionados con el clima. También contribuye a los resultados de investigaciones, concretamente trabajando en notas de actualización sobre el entorno macroeconómico del Reino Unido. Vijay se unió a Fathom en 2024, tras haber terminado un máster en economía para el desarrollo en la Universidad de Oxford.



Fathom Consulting
47 Beviden Street
Londres
N1 6BH
Tel: +44 (0)20 7796 9561

Fathom Consulting es el nombre comercial de Fathom Financial Consulting Limited, una empresa registrada en Inglaterra y Gales bajo la Ley de Sociedades Anónimas, número de registro 04942817, © 2025

Regulatory Disclaimer

FFC IITE and all of its affiliates henceforth FFC do not conduct "investment research" as defined in the FC Conduct of business sourcebook CO section nor do they provide "advice about securities" as defined in the Regulation of Investment Advisors by the U.S. SEC. FFC is not regulated by the SEC or by the FCA or by any other regulatory body. This research report has not been prepared in accordance with legal requirements designed to promote the independence of investment research and is not subject to any prohibition on dealing ahead of the dissemination of investment research. Nonetheless, FFC has an internal policy that prohibits "front-running" and that is designed to minimize the risk of receiving or misusing confidential or potentially material non-public information. The views and conclusions expressed here may be changed without notice. FFC, its partners and employees make no representation about the completeness or accuracy of the data, calculations, information or opinions contained in this report. This report may not be copied, redistributed or reproduced in part or whole without FFC's express permission. Information contained in this report or relied upon in its construction may previously have been disclosed under a consulting agreement with one or more clients. The prices of securities referred to in the report may rise or fall and past performance and forecasts should not be treated as a reliable indicator of future performance or results. This report is not directed to you if FFC is barred from doing business in your jurisdiction. Nor is it an offer or solicitation to buy or sell securities.