



# Biocombustibles para la Aviación

FERNANDO MOSQUERA SILVÉN  
General de Aviación

AL SER EL PETRÓLEO LA PRINCIPAL FUENTE DE ENERGÍA A NIVEL MUNDIAL –Y LO SERÁ AL MENOS DURANTE VARIAS DÉCADAS, DE ACUERDO A LA “U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION” QUE PREVÉ QUE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES SEGUIRÁN SUMINISTRANDO ALREDEDOR DEL 78% DE TODA LA ENERGÍA UTILIZADA EN 2035–, SU DISPONIBILIDAD Y SU PRECIO AFECTAN SIGNIFICATIVAMENTE AL DESARROLLO DE TODAS LAS ÁREAS DE ACTIVIDAD, TANTO LAS DE TIPO ECONÓMICO COMO LAS QUE AFECTAN A LA DEFENSA Y SEGURIDAD DE LAS NACIONES.

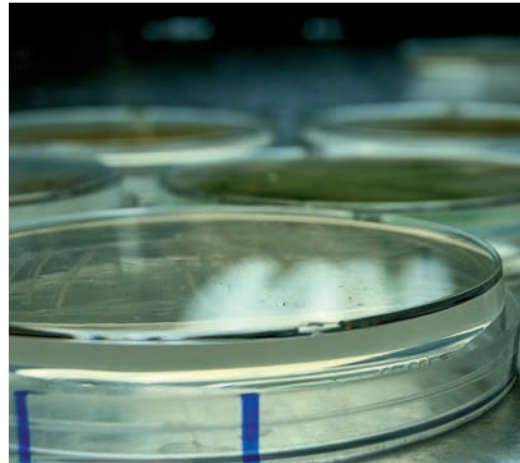
## PROBLEMÁTICA DEL PETRÓLEO COMO FUENTE DE ENERGÍA

**D**ado que las existencias del mismo no se encuentran repartidas de manera equilibrada a lo largo y ancho de la geografía mundial, se origina para su obtención una dependencia de los países productores que pueden decidir de manera más o menos arbitraria, lo que es peor, intencionada, el nivel de producción en cada momento y el precio del mismo, dando lugar a crisis mundiales.

Así, si observamos brevemente el pasado, vemos que la primera crisis tuvo lugar en 1967 cuando los países árabes declararon el primer embargo de petróleo, en respuesta a la “Guerra de los Seis Días” iniciada por Israel, embargo que duró desde el 6 de junio al 1 de septiembre de 1967. El segundo episodio tuvo lugar debido a un nuevo embargo por parte de los

países árabes de la OPAEC (Organización de los Países Árabes Exportadores de Petróleo), como consecuencia de la “Guerra de Yom Kippur” entre Israel y una coalición de países árabes liderados por Egipto y Siria, en respuesta al apoyo de los países occidentales a Israel; embargo que se inició en octubre de 1973 y finalizó en marzo de 1974. Este embargo tuvo como consecuencia adicional a la escasez de suministro de petróleo, un incremento significativo de su precio, un 70% con importantes efectos para la economía mundial. Sin embargo, la finalización del embargo no supuso una reducción en el precio del petróleo sino que se mantuvo con algunas variaciones hasta 1979 en que surgió una nueva crisis ori-

«A partir de 2003 el precio del petróleo fue aumentando de forma continuada, con algún altibajo temporal, hasta julio de 2008 en que alcanzó el máximo histórico de 147 dólares el barril»



ginada por la Revolución iraní, dando lugar a otro incremento destacado del petróleo que llegó a los 35 dólares (92 dólares actuales) el barril (un barril equivale a 159 litros), disminuyendo posteriormente de manera paulatina hasta 1986. Un nuevo conflicto, la invasión de Kuwait por los iraquíes en agosto de 1990, trajo como consecuencia un nuevo incremento del precio del petróleo. A partir de 2003, y por diversas causas, el precio del petróleo fue aumentando de manera continuada, con algún altibajo temporal, hasta julio de 2008 en que alcanzó el máximo histórico de 147 dólares el barril, iniciando a partir de entonces un descenso paulatino y una subida posterior, aunque permaneciendo muy por debajo de esos 147 dólares. Últimamente, a finales de 2010, se cotizaba en el entorno de los 80 dólares, alcanzando a finales de junio de 2011 los 107 dólares el barril.



## INICIATIVAS DE ESTADOS UNIDOS PARA PALIAR EL PROBLEMA DEL PETRÓLEO CON ENERGÍAS ALTERNATIVAS

A la vista del impacto que estaban teniendo en la economía los embargos de petróleo por parte de los países productores, los Estados Unidos decidieron establecer un plan para tratar de asegurar la independencia energética. Entre las medidas tomadas, el Departamento de Energía inició un programa para estudiar la posibilidad de obtener combustible diesel a partir de las algas, con resultados positivos.

*El Departamento de Defensa de EE UU consume del orden de 4.500 millones de galones de petróleo al año, siendo la Fuerza Aérea (USAF) el principal consumidor con un 64%, por lo que es comprensible que este Servicio sea el que ha asumido el liderazgo en la búsqueda de soluciones alternativas.*

No obstante, al reducirse el precio de la gasolina al entorno de 1 dólar por galón (un galón equivale a 3,79 litros) a mediados de los años 90 se canceló el programa. Sin embargo, los continuos vaivenes, y sobre todo

la alarma que generó el repunte inusitado del precio del petróleo en julio de 2008, hicieron que el Departamento de Defensa de los Estados Unidos

**«Entre las medidas tomadas por Estados Unidos estaba la de iniciar un programa para estudiar la posibilidad de obtener combustible diesel a partir de algas, con resultado positivo»**

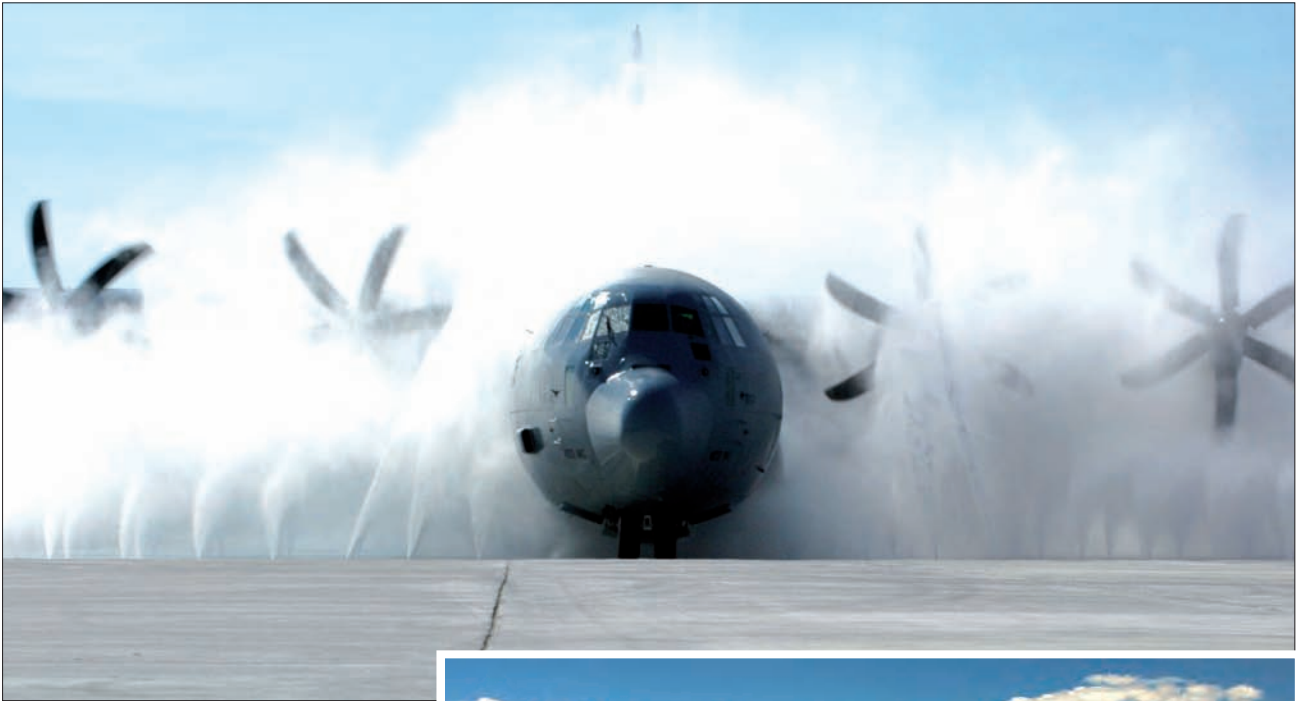
se planteara seriamente la necesidad de buscar fuentes alternativas de energía para asegurarse su suministro, sin tener que depender de las principales fuentes de producción de petróleo situadas en zonas geopolíticamente

inestables (actualmente los Estados Unidos importan más del 60% de combustible), garantizando así la operatividad de sus Fuerzas Armadas en

consonancia con el documento “Quadrennial Defense Review de 2010” que establece que: “La seguridad energética para el Departamento significa tener la seguridad de acceder a suministros seguros de energía y la capacidad de disponer de suficiente energía para satisfacer las necesidades operativas”, logrando adicionalmente con este criterio la estabilidad de su precio y, en consecuencia, de los presupuestos de Defensa sujetos actualmente a las fluctuaciones importantes del precio del petróleo.

*Pero no son solamente las Fuerzas Aéreas las que están interesadas en la utilización de biocombustibles para propulsar los aviones; también las compañías aéreas civiles. Es preciso tener en cuenta que el combustible constituye uno de los principales costes operativos de las aerolíneas, que ha llegado en algunos momentos a representar el 40% de los mismos.*





*La alarma que produjo el repunte del precio del petróleo en julio de 2008, propició que el Departamento de Defensa de los Estados Unidos se planteara seriamente la necesidad de buscar fuentes alternativas de energía para asegurarse su suministro, sin tener que depender de las principales fuentes de producción de petróleo situadas en zonas geopolíticamente inestables.*

Es preciso tener en cuenta que el Departamento de Defensa consume del orden de 4.500 millones de galones de petróleo al año. Dado que el principal consumidor de combustible del Departamento es la Fuerza Aérea (USAF) con un 64%, de los cuales el 84% se requieren para garantizar la disponibilidad y operación de sus medios aéreos, lo que supone un consumo anual aproximado de 2.500 millones de galones de combustible de aviación, es natural que este Servicio sea el que ha asumido el liderazgo en la búsqueda de soluciones alternativas.

A estos efectos, la USAF estableció el pasado año un plan energético (Air Force Energy Plan 2010) en el que se determinan una serie de objetivos y metas como son, entre otros, los siguientes: incrementar la utilización de combustibles alternativos; tener probados y certificados en 2011 todos los aviones y sistemas con mezclas al 50% del petróleo y de combustibles alternativos; estar preparados en 2016 para adquirir a pre-



cios competitivos el 50% de las necesidades de combustible de aviación, para la operación de la Fuerza Aérea en territorio nacional, lo que supone del orden de 400 millones de galones, obtenidos mediante mezclas de combustibles alternativos y petróleo, en los cuales el componente alternativo deberá proceder de fuentes nacionales y ser más respetuoso con el medio ambiente que los combustibles producidos a partir del petróleo.

Previamente a este plan, la USAF había iniciado una serie de estudios y pruebas principalmente con combustibles sintéticos, tales como los obtenidos mediante la licuefacción del carbón o del gas natural a través del denominado proceso Fischer-Tropsch, con el objetivo de lograr una mayor seguridad de suministro, avalado por la independencia de suministro del exterior que se conseguiría gracias a las abundantes reservas de carbón existentes en Estados Unidos, próximas al 30% de las reservas mundiales.

Como curiosidad, cabe decir que este proceso se desarrolló por el instituto Max Plank, en Alemania, en 1920, y se mejoró en Sudáfrica, en la era del "apartheid"; propulsando posteriormente los aviones de sus aerolíneas desde 1999 con una mezcla de combustible sintético y combustible convencional de reactores "Jet-A". Actualmente, el combustible obtenido mediante este proceso está certificado para su uso por la aviación civil a nivel mundial, incluso sin mezclarlo, desde el año 2008. Sin embargo, no fue ésta la primera vez que la aviación recurría a combustibles alternativos; durante la segunda guerra

mundial, ante la escasez de petróleo, los japoneses utilizaron etanol como combustible secundario en los aviones Mitsubishi A6M2 "Zero".

La primera prueba realizada por la USAF en uno de sus aviones, volando con una mezcla al 50% de combustible sintético y convencional de reactores militares "JP-8", fue con un bombardero estratégico B-52 "Stratofortress" en 2006. Le siguieron un avión de transporte C-17 "Globemaster III", un avión de combate F-15E "Strike-Eagle" y un bombardero B1-B "Lancer", que fue el primero en reali-

zar un vuelo supersónico con este tipo de combustible. A estos les siguieron un avión de enseñanza T-38 "Talon", los aviones de transporte C-5 "Galaxy" y C-130J "Hércules", los aviones de combate F-22 "Raptor" y F-16 "Fighting Falcon" y un avión de reabastecimiento en vuelo KC-135 "Stratotanker", estando previsto asimismo realizar pruebas con un bombardero estratégico B-2 "Spirit" y un helicóptero del Army, de búsqueda y rescate de combate, HH-60 "Pave Hawk". En estos vuelos solamente uno de los motores del avión utiliza-



*En el transcurso del programa de la USAF de ensayos con biocombustibles derivados de plantas como la camelina o la jatropha o bien de las algas, en marzo de 2010 se han realizado pruebas en un avión A-10C "Warthog", siendo la primera vez que un avión militar ha volado con mezcla de biocombustible en los dos motores, en este caso con una mezcla al 50% de combustible convencional "JP-8" y biocombustible derivado de la camelina.*

ba la mezcla de combustible mencionada, los restantes motores funcionaban con combustible convencional de reactores "JP-8".

Todas las pruebas realizadas lo fueron con éxito, pudiéndose comprobar la idoneidad del combustible utilizado, por lo que se espera que toda la flota esté certificada para la utilización de esta mezcla de combustible en 2011.

Pero los problemas que presentan los combustibles sintéticos son, por otra parte, el elevado coste de su producción y, por otra parte, las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que se producen en el proceso de transformación del carbón a líquido, aunque se pueden reducir utilizando técnicas avanzadas de captura de carbono, aventajando de esta manera en el respeto al medio ambiente a los combustibles basados en el petróleo.

No obstante, sin renunciar a esta alternativa, la USAF ha iniciado en paralelo un programa de ensayos con biocombustibles derivados de plantas como son, entre otras, la camelina, planta oleaginosa de climas templados, que es la materia prima renovable más probada hasta el momento; la jatropha, planta de las regiones tropicales cuyo fruto es rico en aceite con un buen rendimiento de producción que se puede cultivar en un amplio abanico de terrenos de suelo con condiciones difíciles, incluyendo áridos; y las algas, que tienen entre sus ventajas el poderse cultivar en aguas salobres, no aptas para beber, y que el aceite que se obtiene de las mismas tiene una energía y densidad específicas, un punto de ebullición y de congelación y una viscosidad muy próximos al "JP-8", además de tener un rendimiento de producción superior al resto de materias primas disponibles; a estos efectos, la agencia DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) tiene en marcha un proyecto para obtener biocombustible a partir de las algas con el que esperan obtener combustible para reactores a un coste del orden de los tres dólares el galón.

La ventaja de los biocombustibles sobre los combustibles de origen fósil, como son los procedentes del petróleo, estriba en que son más res-



de ellas en su combustión; mientras que los combustibles fósiles no generan compensación alguna durante su ciclo de vida. Además los biocombustibles tienen menos impurezas, como el sulfuro, reduciéndose así las emisiones de dióxido de sulfuro. Se estima que se puede llegar a una reducción de hasta un 80% en las emisiones de CO<sub>2</sub>, si se van mejorando los procesos de cultivo de las materias primas y de producción y refinado de biocombustible.

*El vuelo realizado en octubre de 2010 un caza F-15 "Eagle" voló con el componente al 50% de biocombustible derivado de grasa animal, como ya lo había hecho anteriormente, en agosto, un C-17 "Globemaster III", el principal consumidor de combustible de la USAF.*



petuosos con el medio ambiente, al reducirse sustancialmente las emisiones de CO<sub>2</sub> si se considera todo el ciclo de vida: cultivo y transporte de las materias primas, producción, refinado, etc., y la combustión final; ya que el CO<sub>2</sub> que absorben las plantas durante su desarrollo, es más o menos equivalente a la cantidad del mismo que emite el combustible obtenido a partir

**«Los biocombustibles aventajan a los combustibles de origen fósil, como son los procedentes del petróleo, en que son más respetuosos con el medio ambiente, al reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>»**

petuosos con el medio ambiente, al reducirse sustancialmente las emisiones de CO<sub>2</sub> si se considera todo el ciclo de vida: cultivo y transporte de las materias primas, producción, refinado, etc., y la combustión final; ya que el CO<sub>2</sub> que absorben las plantas durante su desarrollo, es más o menos equivalente a la cantidad del mismo que emite el combustible obtenido a partir

En el transcurso del programa mencionado anteriormente se han realizado pruebas, en marzo de 2010, en un avión A-10C "Wart-hog", siendo la primera vez que un avión militar ha volado con mezcla de biocombustible en los dos motores, en este caso con una mezcla al 50% de combustible convencional "JP-8" y biocombustible derivado de la camelina.

Posteriormente, en agosto, un avión de transporte C-17 "Glo-bemaster III" voló con todos los motores alimentados por una mezcla de combustible "JP-8" y biocombustible derivado en parte de grasa animal

**«Las compañías aéreas han asumido este proyecto de futuro para contrarrestar el impacto del precio del petróleo, uno sus principales costes operativos y para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>»**

y de combustible sintético, con un 50% de "JP-8", 25% de biocombustible y 25% de carbón licuado mediante el proceso Fischer-Tropsch. En otros vuelos, en lugar de la grasa animal se utilizó la camelina. Hay que señalar que el C-17 es, de los aviones de la USAF, el principal consumidor de combustible.

Al C-17 le siguió el avión de caza F-15 "Eagle"; al igual que el C-17 con el componente al 50% de biocombustible derivado de grasa animal. El vuelo se realizó en octubre de 2010.

Más adelante, se realizaron vuelos con un avión de combate F-22 "Raptor", con mezclas de combustible similares. Está previsto asimismo realizar pruebas con un avión no tripulado RQ-4 "Global Hawk".

Por su parte, la USNAVY realizó un vuelo de prueba, supersónico, con un F/A-18 "Super Hornet" en abril de 2010, con una mezcla al 50% de "JP-5" y camelina. Posteriormente, en octubre, se realizó un vuelo en el que el componente de biocombustible provenía de las algas.

Otro nuevo hito en los procesos de pruebas en vuelo con biocombustibles, tuvo lugar en junio de 2010, cuando un helicóptero AH-64 "Apache" de la Royal Netherlands Air Force, realizó el primer vuelo en el mundo de un helicóptero propulsado con mezcla de biocombustible y combustible convencio-

nal de reactores, al 50%; el componente de biocombustible estaba compuesto por una mezcla de algas y aceite de uso doméstico.

Conviene destacar que en todas las pruebas efectuadas que se han menciona-

do no hubo que realizar ninguna modificación en los motores.

## EL ENFOQUE DE LA AVIACIÓN CIVIL

Pero no son solamente las Fuerzas Aéreas las que están interesadas en la utilización de biocombustibles para propulsar los aviones. También las compañías aéreas civiles se han em-

barcado en este proyecto de futuro por dos razones principales: la primera, al igual que el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, para contrarrestar el impacto que producen los incrementos de precio del petróleo en los resultados económicos de su actividad. A tal efecto, es preciso tener en cuenta que el combustible constituye uno de los principales costes operativos de las aerolíneas, que ha llegado en algunos momentos a representar el 40% de los mismos, con un consumo global anual del orden de entre 200 y 250 mil millones de litros de combustible para reactores. La segunda razón es la exigencia de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Se estima que, actualmente, los vuelos realizados por las aerolíneas contribuyen entre un 2 y un 3% a las emisiones globales de CO<sub>2</sub>, cifra que podría incrementarse en el futuro al crecer el tráfico aéreo mundial. Inicialmente, las compañías aéreas no estaban incluidas en el mercado, afectando a las aerolíneas que operen en Europa a partir del 1 de enero de 2012. En el caso de Estados Unidos, está en estudio la aplicación de una normativa similar. Lo anterior ha impelido a las compañías aéreas a buscar soluciones para reducir sus emisiones de CO<sub>2</sub>.

Una de las soluciones consideradas, en la que se está trabajando desde hace bastante tiempo, reside en mejorar la eficiencia del gasto de combustible; de hecho, se han conseguido mejoras en este área del orden de un 70% en el periodo de las cuatro últimas décadas, consiguiendo que un avión moderno consuma 3,5 litros por pasajero cada 100 kilómetros; en el caso del A380 y el B747 se ha reducido a menos de tres litros. Para seguir progresando en esta línea, la

### LOS ALTERNATIVOS, UNA REALIDAD

Como ejemplo, en el gráfico se incluyen algunos de los vuelos realizados hasta el momento en los que se han utilizado combustibles alternativos, con una mezcla al 50% con combustible convencional, con indicación del número de motores propulsado con combustible alternativo. De estos vuelos destacan por haber marcado algún hito los siguientes:

- El de la compañía Japan Airlines, que fue el primer vuelo de prueba del mundo con éxito de un Boeing 747-300 propulsado parcialmente con biocombustible derivado de la camelina.
- El del Boeing "U-787", que se convirtió en el primer hidroavión del mundo propulsado al 100% con biocombustible.
- El de la compañía KLM, que realizó el primer vuelo con pasajeros con un motor propulsado parcialmente con biocombustible.
- El de EADS, que realizó el primer vuelo de un avión de pequeño tamaño con un motor propulsado al 100% con biocombustible derivado de las algas.

### VUELOS REALIZADOS CON COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS

COMPAÑÍA	AVIÓN	MOTOR	COMBUSTIBLE ALTERNATIVO	Nº MOTORES	FECHA
Airbus	A380	Rolls-Royce	40% gas licuado	Uno	01.02.08
Virgin Atlantic	B747-400	General Electric	20% nuez de coco y babassu	Uno	23.02.08
Air New Zealand	B747-300	Rolls Royce	50% jatropha	Uno	30.12.08
Continental	B737-800	CFM 56-7B	47,5% jatropha, 2,5% algas	Uno	07.01.09
Japan Airlines	B747-300	Pratt&Whitney	42% camelina, 8% jatropha y algas	Uno	30.01.09
Boeing	U-787		85% camelina, 14% jatropha, 1% algas	Uno	01.08.09
Qatar Airways	A340-600	Rolls-Royce	50% gas licuado	Cuatro	12.10.09
KLM	B747-400	General Electric	50% camelina	Uno	23.11.09
United	A319		40% gas licuado	Uno	30.04.10
EADS	Diamond DA42		100% algas	Uno	11.06.10

IATA (International Air Transport Association) se ha puesto como meta una mejora adicional de la eficiencia de consumo de combustible de un 25% de ahora al año 2020, y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en una media del 1,5% anual hasta 2020, llegando al 2050 con una reducción neta, en comparación con 2005, del 50%.

Como solución complementaria se contempla la utilización de biocom-

se habrá realizado la certificación completa de los biocombustibles, y esperan que las algas sean la materia prima principal para los biocombustibles de aviación en un horizonte de 10 a 15 años. En lo que se refiere a Airbus, consideran que las algas serán el mejor biocombustible para reactores y que la meta a alcanzar sería que el 15% del combustible para la aviación comercial proviniese de las algas en 2030.

Por su parte, la IATA se ha marcado como objetivo que sus miembros alcancen un nivel del 6% de consumo de biocombustibles en 2020, lo

*Hasta el momento se han realizado numerosas pruebas, por varias compañías y en diferentes aviones, que han demostrado que la utilización de biocombustibles provenientes de diversas fuentes es técnicamente posible mostrando, en algunos casos, una mejora en la eficiencia del combustible.*



bustibles, aunque no es una solución a corto plazo ya que es una industria en desarrollo incipiente y con un nivel de producción todavía muy limitado pero, sin embargo, con expectativas muy prometedoras.

Hasta el momento se han realizado numerosas pruebas, por varias compañías y en diferentes aviones, que han demostrado que la utilización de biocombustibles provenientes de diversas fuentes es técnicamente posible mostrando, en algunos casos, una mejora en la eficiencia del combustible. La compañía Boeing estima que en 2013



que permitiría reducir un 5% las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la aviación comercial, debiendo reunir las siguientes condiciones: proporcionar reducciones netas de CO<sub>2</sub> en su ciclo de vida, no competir con necesidades de agua dulce y producción alimentaria y no causar desforestación u otros impactos medioambientales. Los más optimistas consideran que en 2035 se podría sustituir entre un 50 y 70% del combustible de aviación por biocombustibles, aunque los más conservadores reducen estas cifras al 40% ■