



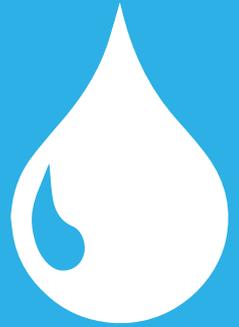
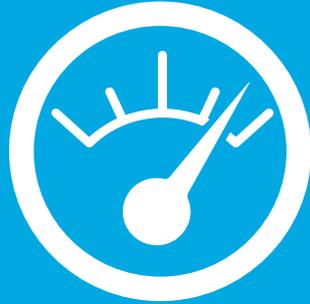
ICAO

PROJECT FUNDED BY



European Union

REPÚBLICA DOMINICANA



ESTUDIO DE VIABILIDAD DEL USO DE COMBUSTIBLES DE AVIACIÓN SOSTENIBLES

PROYECTO DE ASISTENCIA CONJUNTA DE LA OACI Y LA UNIÓN EUROPEA:
CREACIÓN DE CAPACIDAD PARA LA MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES
DE CO₂ DE LA AVIACIÓN INTERNACIONAL

Autor: Inmaculada Gomez Jimenez
Technical Consultant on Alternative Fuels



Project funded by the European Union
EuropeAid/Development Cooperation Instrument
DCI-ENV/2013/322-049

Este documento se ha elaborado con la ayuda económica de la Unión Europea. Las opiniones aquí expresadas no deben considerarse en modo alguno como la expresión de la opinión oficial de la Unión Europea o de la OACI.

© OACI 2017. Reservados todos los derechos.

El presente documento se ha elaborado en el marco del Proyecto de asistencia conjunta de la OACI y la Unión Europea Creación de Capacidad para la Mitigación de las Emisiones de CO₂ de la Aviación Internacional. Las opiniones manifestadas en esta publicación no constituyen necesariamente la opinión o postura oficial de esas organizaciones, ni la de sus Estados Miembros, ya sea de forma individual o colectiva.

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la presentación del contenido de la misma no conllevan la manifestación de opinión alguna sobre la situación jurídica de ningún país, territorio, ciudad o región, o de sus autoridades, ni sobre la demarcación de sus fronteras o límites. Las líneas punteadas y discontinuas en los mapas representan límites aproximados sobre los que aún no se ha alcanzado un pleno acuerdo.

La mención de empresas o productos específicos no conlleva su respaldo frente a otros, de índole similar, a los que no se hace ninguna alusión.

Se han tomado todas las precauciones razonables para verificar la información recogida en la presente publicación. No obstante, su contenido se ha publicado sin ningún tipo de garantía, ya sea explícita o implícita, en lo concerniente a la exactitud, exhaustividad y vigencia de esa información. La OACI y sus asociados rechazan toda responsabilidad dimanante de la interpretación o utilización del contenido del presente informe.

RESUMEN

La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) es un organismo del sistema de las Naciones Unidas que trabaja junto a los 191 Estados miembros y a grupos de la industria para alcanzar un consenso sobre las Normas y métodos recomendados para la aviación civil internacional (SARPs) y sobre políticas que hagan posible que el sector de la aviación civil sea operacionalmente seguro, eficiente, esté protegido, sea económicamente sostenible y ambientalmente responsable.

En su esfuerzo por contribuir a la reducción de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), la OACI ha forjado alianzas con organizaciones internacionales y Estados para desarrollar proyectos de asistencia y promover un conjunto de medidas diseñadas para apoyar la labor de los Estados miembros a fin de lograr las metas a las que se aspira a nivel mundial. Esas metas, adoptadas en el 37º período de sesiones de la Asamblea celebrado en 2010, pretenden mejorar la eficiencia de los combustibles en un dos por ciento anual desde 2020 y mantener las emisiones netas de CO₂ a esos mismos niveles (es decir, un crecimiento neutro de carbono desde 2020).

El Proyecto de asistencia conjunta OACI-Unión Europea sobre Creación de capacidad para la mitigación de las emisiones de CO₂ de la aviación internacional es el primer proyecto de asistencia sobre el medioambiente que ofrece a los Estados miembros seleccionados orientación y capacitación para el desarrollo de planes de acción de los Estados en materia de reducción de las emisiones de CO₂, un sistema de supervisión del CO₂ robusto y plenamente operativo y asistencia para la implementación satisfactoria de medidas de mitigación, incluida la coordinación entre partes interesadas, la elaboración de estudios de viabilidad y la facilitación del acceso a recursos financieros mediante alianzas con otras partes interesadas. La República Dominicana es uno de los catorce estados miembros de África y el Caribe seleccionados para participar en este proyecto de asistencia.

Para contribuir al logro de las metas internacionales, la República Dominicana ha definido un Plan de acción para la reducción de las emisiones de CO₂ (APER), una de cuyas medidas prometedoras identificadas es el desarrollo y la utilización de combustibles de aviación sostenibles (SAF) que permiten reducir las emisiones de CO₂ durante su ciclo de vida en comparación con el combustible para reactores convencional.

La sostenibilidad es un elemento crucial en el desarrollo de los SAF, de forma que durante su producción y uso los combustibles no produzcan efectos medioambientales o sociales negativos y se reduzcan las emisiones de carbono (gases de efecto invernadero).

La industria de la aviación ha puesto la prioridad en el combustible de “sustitución directa”, un sustituto del combustible convencional completamente intercambiable y compatible con el mismo. Un combustible de sustitución directa puro no requiere adaptación del sistema de combustible de la aeronave o del motor, ni de la red de distribución de combustible, y puede utilizarse “tal cual” en las actuales aeronaves con turbina en su estado puro o mezclado en cualquier proporción con otros combustibles para reactores de sustitución directa puros, combustibles de sustitución directa mezclados o combustible para reactores convencional (OACI, 2017). Actualmente existen cinco vías de producción, o tecnologías, que permiten transformar la biomasa en combustibles de sustitución directa: Fischer-Tropsch (FT), Fischer Tropsch con aromáticos, HEFA (que puede mezclarse en hasta el 50 por ciento del volumen), Isoparafinas sintéticas (SIP) (con mezcla de hasta el 10 por ciento) y Alcohol para reactores (ATJ) (con mezcla de hasta el 30 por ciento).

En un país como la República Dominicana, rico en producción de caña de azúcar, podría utilizarse una vía de producción sostenible utilizando las tecnologías SIP y ATJ. En este informe se presentan varios escenarios de uso de estas tecnologías.

La situación altamente regulada a la que están sometidos los combustibles derivados de los hidrocarburos en la República Dominicana, hace más sencilla la aplicación de una obligación de mezcla a los suministradores de combustible que pueda garantizar la demanda y justificar la posible instalación de un biorrefinería en el país. El presente estudio de viabilidad muestra que dicho modelo puede ser económicamente viable y generar beneficios económicos y sociales en regiones rurales pobres.

Las partes interesadas de la República Dominicana han mostrado un gran interés en este estudio de viabilidad elaborado en el marco del proyecto conjunto de la OACI y la Unión Europea, así como una buena predisposición para su ejecución. La estrecha colaboración entre las partes interesadas y en particular entre el sector público y privado, será crítica para ejecutar un plan de trabajo destinado a desarrollar una cadena de valor para los SAF en la República Dominicana. Los avances logrados por la República Dominicana en este ámbito, puestos de manifiesto en el acuerdo de colaboración firmado por partes interesadas clave, es un ejemplo significativo de su compromiso con la producción y uso de SAF.

INDICE

p4	Resumen
p6	Abreviaturas y definiciones
p7	Lista de figuras
p7	Lista de cuadros
p8	1. Introducción
p9	1.1. La OACI y el medio ambiente
p10	1.2. Proyecto de asistencia OACI-Unión Europea: Creación de capacidad para la mitigación de las emisiones de CO ₂ de la aviación internacional
p11	1.3. Demanda de combustible de la aviación en la República Dominicana
p12	2. Concepto de sostenibilidad
p13	3. Tecnologías para la producción de SAF
p16	4. Materia prima
p17	5. El marco regulatorio
p18	6. Infraestructura asociada a los combustibles para reactores
p19	7. Barreras del mercado y soluciones
p20	8. Estudio de caso
p20	8.1. Mandato relativo a la mezcla
p23	8.2. Beneficios derivados del desarrollo económico
p24	8.3. Reducción de las emisiones de CO ₂
p25	9. Partes interesadas
p25	9.1. Partes interesadas nacionales
p26	9.2. Cooperación internacional
p27	10. Principales conclusiones
p28	11. Hoja de ruta recomendada (conclusiones)
p31	12. Referencias
p33	13. Anexo I. Resumen de la hoja de ruta recomendada
p34	14. Anexo II

ABREVIATURAS Y DEFINICIONES

AAF	Combustible de aviación alternativos	HDCJ	Combustible para reactores celulósico despolimerizado hidrotratado (proceso de licuefacción mediante pirólisis)
ACI	Consejo Internacional de Aeropuertos	HEFA	Ácidos grasos y ésteres hidrotratados, tecnología para producir combustibles basada en el hidrotratamiento de fracciones de aceites de origen vegetal o animal.
AES	Sistema para el medio ambiente y la aviación	IATA	Asociación del Transporte Aéreo Internacional
AFQRJOS	Requisitos de calidad de los combustibles de aviación del Grupo común de inspección (JIG) para sistemas explotados de manera conjunta	ICAO	Organización de Aviación Civil Internacional
AFTF	Equipo especial sobre combustibles alternativos del CAEP de la OACI	IDAC	Instituto Dominicano de Aviación Civil
ANSP	Proveedor de servicios de navegación aérea	IDIAF	Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales
APER	Plan de acción para la reducción de las emisiones	iLUC	Cambio del uso de la tierra indirecto (o inducido)
APU	Grupo auxiliar de energía	IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
ASTM	International, organización de normalización que elabora normas sobre combustibles para la aviación civil reconocidas por los principales fabricantes de equipos originales (OEM)	JIG	Grupo Común de Inspección. Conjunto de normas/orientaciones que establecen los propietarios de la infraestructura para combustibles de aviación que determinan las operaciones asociadas al combustible para reactores en infraestructuras para combustible compartidas.
ATAG	Grupo de acción sobre el transporte aéreo	LCFS	Norma de combustibles bajos en carbono de California
ATJ	Alcohol para reactores (también se utiliza en la forma AtJ)	LHV	Valor calorífico reducido (valor del contenido energético)
AVGAS	Combustible de aviación para aeronaves con motores de pistones	LUC	Cambio del uso de la tierra (directo)
AVTUR	Combustible para motor turbofan, normalmente Jet A1	MBM	Medida basada en el mercado
bb	Barriles (Mbb: millones de barriles, también BBL o BB, b). 1 barril = 43 galones de los EE.UU. ~ 164 litros	MIC	Ministerio de Industria y Comercio
CAA	Administración de Aviación Civil	MoU	Memorando de acuerdo
CAEP	Comité sobre la protección del medio ambiente y la aviación	NOx	Óxidos de nitrógeno
CDM	Mecanismo para un desarrollo limpio	OEM	Fabricante de equipo original, que en este documento se refiere a fabricantes de las aeronaves y sus equipos, como Airbus, Boeing, Embraer, Pratt & Whitney, Rolls-Royce, etc.
CH	Hidrotermólisis catalítica	ONU	Organización de las Naciones Unidas
CNE	Comisión Nacional de la Energía	OPEX	Gastos operacionales
CNCCMDL	Consejo Nacional para el Cambio Climático y Mecanismo de Desarrollo Limpio	PAS	Especificación disponible al público.
CO	Monóxido de carbono	PBIOC	precio final del biocombustible local conforme a la Ley 57-07.
CO₂	Dióxido de carbono	PM	emisiones de partículas en el escape del motor, que principalmente constan de partículas ultrafinas o emisiones de carbono negro. Es bien conocido el efecto perjudicial sobre la salud y el clima de las emisiones de materia compuesta por partículas (PM) ultrafinas (ICAO, 2016b)
CoQ	Certificado de calidad	PPI	Precio de paridad de importación
CoSu	Certificado de sostenibilidad	RSU	Residuos sólidos urbanos
DEF STAN	Normas para la Defensa, organismo responsable en el Reino Unido de los procedimientos y las orientaciones sobre asuntos de normalización, a nivel nacional e internacional	SAF	Combustible de aviación sostenibles
DGII	Dirección general de Impuestos Internos	SAFUG	Grupo de usuarios de combustibles de aviación sostenibles
dLUC	cambio del uso de la tierra directo	SCRC	Circunstancias especiales y capacidades respectivas
DRAPER	Plan de acción para la reducción de emisiones de CO ₂ procedentes de la aviación civil internacional de la República Dominicana	SIP	Isoparafina sintética obtenida a partir de azúcar hidroprocesada fermentada, anteriormente conocida como conversión directa de azúcar en hidrocarburos (DSHC).
EU RED	Directiva 2009/28/CE de la Unión Europea relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, también denominada Directiva de energías renovables (RED)	SOx	Óxidos de azufre
FT	Fischer-Tropsch, tecnología para producir combustibles basados en un gas sintético	SPK	Queroseno parafínico sintético
gal	(unidad) Galón, normalmente denominado US gal (galón de los EE.UU.) (1 US gal = 3,78541 litros)	UE	Unión Europea
GFAAF	Marco mundial para los combustibles de aviación alternativos		
GEI	Gases de efecto invernadero		
GMBM	Plan mundial de medidas basadas en el mercado		
GTAP	Modelo de proyectos de análisis del comercio mundial		
GSE	Equipo auxiliar de tierra		

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** Contribución de las medidas para reducir las emisiones de CO₂ de la aviación civil internacional. Fuente: ICAO Environmental Trends (GFAAF, 2016). **p8**
- Figura 2** Tendencia de las emisiones de CO₂ procedentes de la aviación internacional en la República Dominicana con arreglo a la definición de vuelo internacional del IPCC (IDAC, 2015). **p11**
- Figura 3** Emisiones a lo largo del ciclo de vida del combustible fósil y del biocombustible (GFAAF, 2016). **p12**
- Figura 4** Diagrama de los procesos de mezcla y uso de los combustibles sintéticos (en este caso AAF) y las diversas normas de calidad que satisfacen los AAF en las distintas fases (Fuente: OACI). **p14**
- Figure 5** Cambios en la superficie cultivada con caña de azúcar teniendo en cuenta las superficies de caña de azúcar cosechadas. Fuente de los datos: INAZUCAR (www.inazucar.gov.do). **p16**
- Figura 6** Tierras adecuadas para el cultivo de caña de azúcar (Nuñez, 2012). **p16**
- Figura 7** Ubicación de embarcaderos para la importación y almacenes propiedad de Coastal Petroleum Dominicana que podrían utilizarse para JetA1. **p18**
- Figura 8** Evolución de los precios de importación de AVTUR (* denota que el valor es provisional). Fuente de datos: Ministerio de industria y Comercio de la República Dominicana. **p20**
- Figura 9** Hoja de ruta para la inclusión por mandato de ATJ en el consumo de AVTUR. **p22**
- Figura 10** Hoja de ruta para la inclusión por mandato de SIP en el consumo de AVTUR. **p22**
- Figura 11** Superficie de caña de azúcar necesaria para los dos escenarios de producción de SAF considerados. **p22**
- Figura 12** Esquema de la cadena de valor con referencias a algunas de las partes interesadas consultadas que podrían apoyar su implementación en el país. **p25**

LISTA DE CUADROS

- Cuadro 1** Tecnologías actuales, mezcla máxima permitida y materias primas más comunes para los combustibles alternativos de sustitución directa para la aviación (adaptado de OACI CAAF/2-WP/7). **p13**
- Cuadro 2** Lista de las principales compañías productoras o que tienen previsto producir combustibles de aviación alternativos a escala comercial y acuerdos de compra anunciados hasta finales de 2016 (OACI, 2017b). **p15**
- Cuadro 3** Reducción de CO₂ equivalente debida a la utilización de AAF con arreglo a las dos hojas de ruta de mezcla analizadas en el estudio de caso, aplicando una reducción máxima teórica de las emisiones de GEI del 80%. **p24**
- Cuadro 4** Principales partes interesadas de la cadena de valor de los AAF en la República Dominicana. **p25-26**
- Cuadro 5** Posibles actividades y funciones de las partes interesadas en la implementación de la hoja de ruta. **p30**

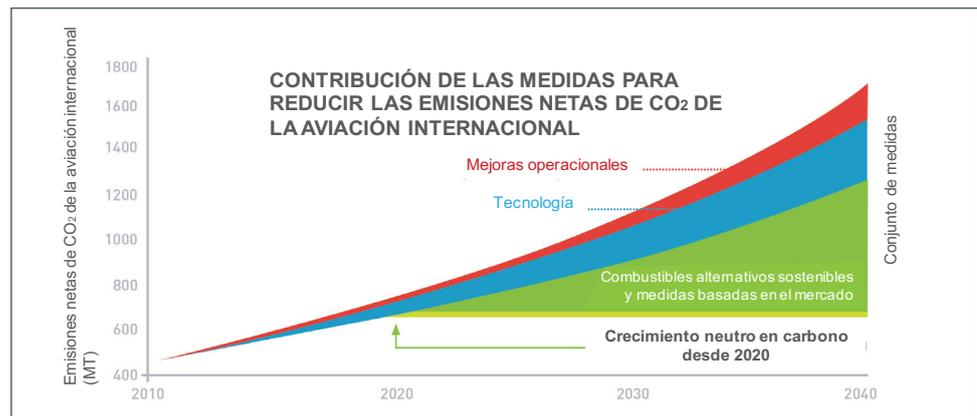
1. INTRODUCCIÓN

Las emisiones de la aviación internacional suponen actualmente el 1,3 por ciento de las emisiones antropogénicas totales de CO₂ y las previsiones muestran un aumento de las mismas como consecuencia del crecimiento continuado del transporte aéreo. La OACI y sus Estados miembros reconocen la importancia crítica de asumir un liderazgo permanente para limitar o reducir las emisiones que contribuyen al cambio climático a nivel mundial. La 39ª Asamblea de las OACI reiteró las metas globales a las que aspira el sector de la aviación civil internacional de mejorar la eficiencia de los combustibles en un 2 por ciento anual y mantener las emisiones netas de carbono al nivel de 2020, tal como se estableció en el 37º periodo de sesiones de la Asamblea en 2010, y reconoció la labor realizada para explorar una meta global a largo plazo de la aviación internacional a la vista de las metas de aumento máximo de la temperatura de 2 °C y 1,5 °C del Acuerdo de París. La 39ª Asamblea de la OACI también reconoció que es poco probable que la meta a la que se aspira de mejorar el rendimiento del combustible en un 2 por ciento anual permita lograr el nivel de reducción necesario para estabilizar y posteriormente reducir la contribución de las emisiones de la aviación al cambio climático. Por lo tanto, son necesarias metas más ambiciosas a fin de lograr una vía sostenible para la aviación.

Para alcanzar las metas a las que aspira la aviación internacional, es necesario un enfoque integral que conste de un conjunto de medidas para la reducción de las emisiones, incluida la tecnología y la normalización, los combustibles de aviación sostenibles (SAF), las mejoras operacionales y las medidas basadas en el mercado, tal como que se ilustra en la Figura 1.

FIGURA 1

Contribución de las medidas para reducir las emisiones de CO₂ de la aviación civil internacional¹. Fuente: ICAO Environmental Trends (GFAAF, 2016)



La reducción de las emisiones de CO₂ a la atmósfera es el principal incentivo para promover la distribución y uso de los SAF en el sector de la aviación. La combustión de SAF emite CO₂; sin embargo, ese carbono procede de plantas y será absorbido por plantas, creándose así un bucle cerrado. Puesto que ese CO₂ es reabsorbido, los SAF proporcionan un beneficio ambiental teniendo en cuenta el ciclo de vida completo del combustible, en contraposición a la combustión de combustible para reactores convencional. En función de la vía de producción del SAF, éste puede proporcionar hasta un 80 por ciento de reducción de las emisiones en comparación con el combustible para reactores convencional.

Además de la reducción de las emisiones de CO₂, pueden identificarse otros beneficios como el impulso a nuevas industrias nacionales y sistemas de producción, la mejora a largo plazo de la competitividad de la aviación y del sector turístico en el Estado en cuestión, así como la mejora de la calidad del aire local por la disminución de la materia particulada (PM)² emitida por las aeronaves (Christie, 2016).

Establecida la relación entre energía y desarrollo sostenible, la bioenergía³ es un ejemplo paradigmático de cómo la energía puede estar relacionada con otras áreas, como la calidad y disponibilidad del agua, los ecosistemas, la salud, la seguridad alimentaria, la educación y los medios de vida, y obtenerse múltiples beneficios en la medida que el desarrollo esté planificado y gestionado correctamente. Mediante el uso de combustibles alternativos para el transporte y la bioelectricidad, puede promoverse el desarrollo de una bioenergía sostenible y moderna, tanto a pequeña escala para su utilización local en aplicaciones autónomas o miniredes, como a gran escala, para la producción y uso generalizado de bioenergía. Al

mismo tiempo, la bioenergía moderna puede sustituir a sistemas de bioenergía ineficientes y menos sostenibles (Nogueira, et al., 2015).

El gobierno de la República Dominicana ha actualizado y presentado en 2015, con el apoyo del proyecto de asistencia conjunta de la OACI y la Unión Europea, un Plan de Acción del Estado mejorado para reducir las emisiones de CO₂ de la aviación internacional. El Plan de acción para la reducción de emisiones de CO₂ procedentes de la aviación civil internacional en la República Dominicana (DRAPER) ofrece un enfoque integral con un conjunto de medidas destinadas a conseguir que la República Dominicana reduzca las emisiones de CO₂ de la aviación, incluyendo la exploración de la viabilidad del desarrollo y uso de combustibles de aviación sostenibles.

El presente estudio de viabilidad es resultado de la asistencia conjunta de la OACI y la Unión Europea a la determinación de la República Dominicana para contribuir al desarrollo sostenible de su sector de la aviación, y específicamente, a evaluar el uso de combustibles de aviación sostenibles, incluyendo combustibles sostenibles para equipos auxiliares de tierra (GSE). El principal objetivo de este estudio es proporcionar una visión integral de la capacidad potencial de producción y uso de SAF de sustitución directa y de combustibles sostenibles para los GSE que sean socialmente aceptables, respetuosos con el medio ambiente y económicamente viables en la República Dominicana. Las conclusiones presentadas son las que se considera que pueden ofrecer el mayor beneficio posible a la sociedad y al medio ambiente, y que coinciden con la línea estratégica adoptada por el gobierno de la nación para cumplir sus responsabilidades en el seno de la Asamblea de la OACI así como las contribuciones previstas y determinadas a nivel nacional (INDC) establecidas en virtud del Acuerdo de París.

1.1 LA OACI Y EL MEDIO AMBIENTE

La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) es un organismo especializado de la ONU, creado por los Estados en 1944 para ejercer la administración y velar por la aplicación del Convenio sobre Aviación Civil Internacional (Convenio de Chicago).

La OACI trabaja junto a los 192 Estados miembros del Convenio y a grupos de la industria para alcanzar un consenso sobre las Normas y métodos recomendados (SARPs) para la aviación civil internacional y sobre políticas que hagan posible que el sector de la aviación civil sea operacionalmente seguro, eficiente, protegido, económicamente sostenible y ambientalmente responsable. Los Estados miembros de la OACI emplean estas SARPs y políticas para garantizar que

sus operaciones y normas de aviación civil nacionales se ajusten a las normas mundiales, permitiendo a su vez la operación segura y confiable en la red mundial de aviación de más de 100.000 vuelos diarios en cada región del mundo⁴.

Durante el 37º periodo de sesiones de la Asamblea de la OACI celebrado en 2010, los Estados miembros acordaron metas globales colectivas a las que se aspira para que el sector de la aviación mejore la eficiencia de los combustible en un dos por ciento anual desde el año 2020, manteniendo posteriormente las emisiones de CO₂ a los mismos niveles que ese año (es decir, un crecimiento neutro en carbono a partir de 2020). A fin de lograr esas metas, la Asamblea de la OACI adoptó un “conjunto de medidas” para reducir las emisiones de CO₂, de la aviación que se componen de cuatro categorías⁵ de medidas de mitigación:

1. Tecnología y estándares relacionados con las aeronaves.
2. Mejoras en la gestión del tránsito aéreo y el uso de las infraestructuras.
3. Desarrollo y despliegue de combustibles de aviación sostenibles.
4. Medidas económicas basadas en criterios de mercado (MBM).

La OACI puso en marcha un programa voluntario en el que invita a los Estados a desarrollar planes de acción del Estado para la reducción de las emisiones de CO₂ de la aviación internacional, que incorporen y apliquen las medidas de mitigación anteriormente señaladas. Este programa alienta a los Estados a presentar a la OACI sus actividades para la mitigación de las emisiones de CO₂ y promover una comunicación mejorada sobre asuntos medioambientales en la industria de la aviación. Los SAF se identificaron como una medida de mitigación importante para ayudar a los Estados a cumplir las metas a las que aspira la OACI, incluido un crecimiento neutro en carbono⁶. La prioridad en materia de SAF se centra en los “combustibles de sustitución directa”, es decir, aquellos plenamente compatibles con los requisitos de certificación del combustible, los actuales medios de transporte de combustible, la infraestructura de distribución y almacenamiento, y los motores de aeronaves actualmente existentes. Se manipulan exactamente igual que el combustible para reactores convencional. La OACI participa activamente en actividades para promover y facilitar la incorporación al mercado de SAF de sustitución directa mediante el intercambio y difusión de información, el fomento del diálogo entre Estados miembros y partes interesadas, y actividades específicas solicitadas por los Estados miembros de la OACI que sirvan para una toma de decisiones fundamentada⁷.

¹ ICAO Environment: GFAAF - Aviation Alternative Fuel Live Feed. Extraído de [disponible solo en inglés]: <https://www.icao.int/environmental-protection/GFAAF/Pages/default.aspx>

² En el escape del motor, las emisiones de partículas consisten principalmente en partículas ultrafinas o emisiones de carbono negro. Es conocido el efecto perjudicial sobre la salud y el clima de las emisiones de materia particulada (PM) [OACI, 2016b].

³ El término bioenergía hace referencia al uso con fines energéticos de material biogénico, como la biomasa o los biocombustibles.

⁴ OACI: acerca de la OACI. Extraído de [solo en inglés]: <http://www.icao.int/about-icao/Pages/default.aspx>

⁵ OACI DOC 9988 - Orientación sobre la elaboración de planes de acción de los Estados para actividades de reducción de las emisiones de CO₂, párrafo 1.1.2. Núm. de pedido: 9988, ISBN 978-92-9249-223-6. 17 de marzo de 2014.

⁶ Para más información sobre los objetivos de la OACI véase <http://www.icao.int/annual-report-2013/Pages/progress-on-icaos-strategic-objectives-strategic-objective-c1-environmental-protection-global-aspirational-goals.aspx>

⁷ ICAO Environment: Alternative Fuels: Questions and Answers. Extraído de [solo en inglés]. <http://www.icao.int/environmental-protection/Pages/AltFuel-IcaoAction.aspx>

La iniciativa ICAO Environment, integrada en la Dirección de transporte aéreo de la OACI, proporciona orientación y apoyo a los Estados miembros en sus esfuerzos por mejorar el comportamiento medioambiental de la aviación. La OACI ha desarrollado un conjunto de Normas y métodos recomendados (SARPs), así como políticas y textos de orientación para la aplicación de medidas integradas⁸ a fin de lograr las tres principales metas adoptadas por la OACI en 2004:

- a) limitar o reducir la cantidad de personas afectadas por un nivel de ruido considerable de las aeronaves;
- b) limitar o reducir las repercusiones de las emisiones procedentes de la aviación en la calidad del aire local; y
- c) limitar o reducir las repercusiones de las emisiones de gases con efecto de invernadero procedentes de la aviación en el clima mundial.

El Comité sobre la protección del medio ambiente y la aviación (CAEP), un comité técnico del Consejo de la OACI, está asumiendo la mayor parte del trabajo, asiste al Consejo de la OACI en la formulación de nuevas políticas y en la adopción de nuevas SARP relacionadas con el ruido y las emisiones de las aeronaves y, de forma más general, con los efectos medioambientales de la aviación⁹. Este comité técnico está formado por 24 Estados miembros y 16 Observadores de Estados y organizaciones internacionales que representan los intereses medioambientales del sector de la aviación.

Además de la labor del CAEP, se han desarrollado varias herramientas para ayudar a los Estados participantes a alcanzar sus metas de reducción de emisiones, muchas de las cuales están publicadas en el sitio web de la OACI¹⁰. Los documentos y herramientas siguientes son accesibles para brindar asistencia a los Estados miembros en la elaboración de los planes de acción del estado¹¹:

- i. OACI Doc 9988 – Documento de orientación para la elaboración de planes de acción de los Estados – Incluye una guía paso a paso del cálculo de un escenario de línea base, el conjunto de medidas de mitigación y la cuantificación de las medidas seleccionadas.
- ii. Herramientas de cálculo de beneficios medioambientales – Proporciona un marco para automatizar el cálculo de la línea base de emisiones de CO₂ en la aviación internacional, y la estimación de los resultados previsibles mediante la aplicación de medidas de mitigación seleccionadas del conjunto de medidas de la OACI.
- iii. Calculadora de la OACI de emisiones de carbono – Permite a los Estados estimar las emisiones de CO₂ atribuidas a los viajes aéreos, utilizando solo una cantidad reducida de información.
- iv. Herramienta de la OACI para la estimación del ahorro de combustible (IFSET) – Puede utilizarse para estimar el ahorro de combustible mediante medidas operacionales coherentes con los modelos aprobados.
- v. Calculadora de la OACI para reuniones ecológicas – Puede utilizarse para apoyar la decisión sobre la localización de una reunión para que su huella de CO₂ debida a los viajes aéreos necesarios sea mínima.

- vi. Sitio en Internet del Plan de acción para la reducción de emisiones (APER) – Sitio en internet interactivo reservado a los responsables de la coordinación de los planes de acción de los Estados miembros para ayudarles a elaborar y presentar sus Planes de acción a la OACI.
- vii. Sistemas para el medio ambiente y la aviación (AES) – Sistema eficiente de supervisión de las emisiones de CO₂ procedentes de la aviación internacional elaborado en cada Estado miembro seleccionado.

1.2 PROYECTO DE ASISTENCIA OACI-UNIÓN EUROPEA: CREACIÓN DE CAPACIDAD PARA LA MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES DE CO₂ DE LA AVIACIÓN INTERNACIONAL

El 17 de diciembre de 2013, la OACI y la Unión Europea (UE) firmaron un acuerdo para desarrollar el proyecto de asistencia Creación de Capacidad para la Mitigación de las Emisiones de CO₂ de la Aviación Internacional, a fin de prestar asistencia a catorce Estados seleccionados para reducir las emisiones de CO₂ del sector de la aviación. La República Dominicana es uno de los Estados seleccionados para participar en este programa.

El acuerdo entre la OACI y la Unión Europea sobre Creación de capacidad para la mitigación de las emisiones de CO₂ de la aviación internacional, un subcomponente de “ICAO Environment”, es un programa de cuatro años para brindar asistencia a catorce Estados miembros seleccionados de África y el Caribe. Ofrece orientación, recursos para elaborar estudios de viabilidad y acceso a recursos financieros a través de alianzas con partes interesadas a fin de apoyar la aplicación de las medidas de mitigación incluidas en sus planes de acción. El objetivo estratégico es contribuir a la mitigación de las emisiones de CO₂ procedentes de la aviación internacional mediante actividades de creación de capacidad que apoyen el desarrollo de un transporte aéreo bajo en carbono y ambientalmente sostenible. Este programa se centra en las tres áreas de actividad siguientes:

- a) Mejorar la capacidad de las administraciones de aviación civil nacionales para elaborar sus planes de acción sobre la reducción de las emisiones de CO₂ procedentes de la aviación internacional;
- b) Desarrollar un sistema de supervisión eficaz de las emisiones de CO₂ para la aviación internacional en cada uno de los Estados miembros seleccionados; y
- c) Identificar, evaluar y aplicar parcialmente medidas de mitigación prioritarias, específicamente las medidas incluidas en los planes de acción de los Estados que pueden ser replicadas por otros Estados.

El modelo se puede adaptar y replicar en otros países, y crear así un sistema mundial de colaboración que permita adoptar medidas para reducir las emisiones de CO₂.

1.3 DEMANDA DE COMBUSTIBLE DE LA AVIACIÓN EN LA REPÚBLICA DOMINICANA

Según el Ministerio de Industria y Comercio de la República Dominicana, la demanda de combustible para reactores (AVTUR) en la República Dominicana alcanzó casi 400 000 toneladas anuales en 2015, es decir, el sector de la aviación del país es responsable de la emisión de más de 1,2 millones de toneladas de CO₂ anuales. Esta cifra incluye todos los vuelos que salen de la República Dominicana sin diferenciar líneas aéreas nacionales o extranjeras, y/o vuelos nacionales o internacionales. La cifra hace referencia al combustible suministrado, no al consumo real de los vuelos.

Entre 2013 y 2014, el sector de la aviación en la República Dominicana creció a una tasa del 10,1 por ciento en número de pasajeros y a una tasa del 12,7 por ciento en el número de vuelos (IDAC, 2015); es previsible que este crecimiento aumente significativamente el volumen de combustible para reactores necesario durante los próximos años, tal como se muestra en la Figura 2.

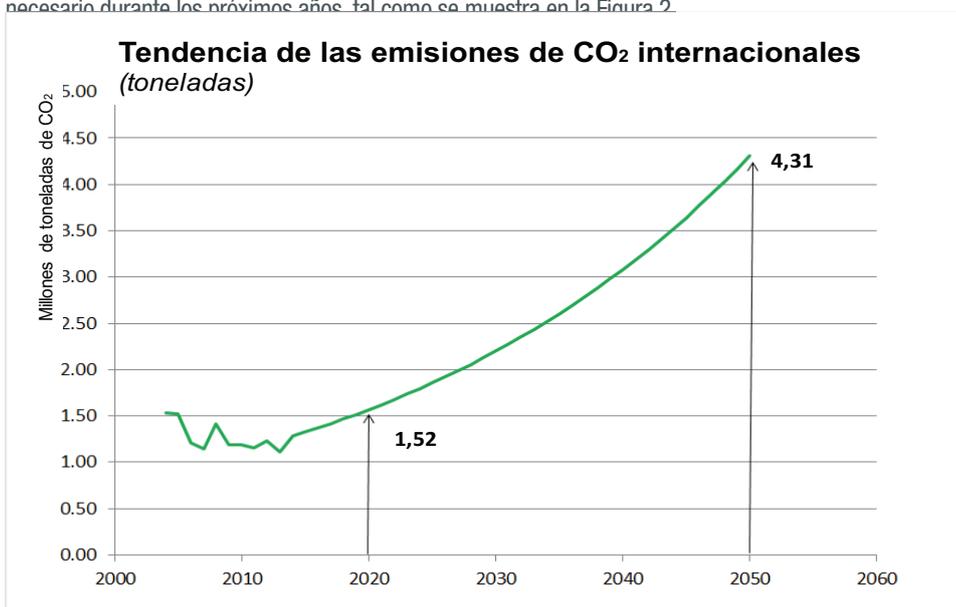


FIGURA 2

Tendencia de las emisiones de CO₂ procedentes de la aviación internacional en la República Dominicana con arreglo a la definición de vuelo internacional del IPCC¹² (IDAC, 2015).

Según los datos del IDAC, la República Dominicana recibe de 6 a 12 millones de turistas transportados cada año (TDAC, 2015), y el gobierno tiene el objetivo de alcanzar al menos 10 millones de turistas anuales en 2022. En este contexto, es importante señalar que los combustibles alternativos ofrecen una opción viable para reducir las emisiones de CO₂ procedentes del sector de la aviación sin afectar al número de operaciones y permitiendo el crecimiento del sector turístico.

A los efectos del presente estudio de viabilidad, se ha considerado un crecimiento del tráfico aéreo en términos de tonelada-kilómetro de pago (RTK), que supone un aumento del consumo de combustible de un 5,2 por ciento para la región (OACI, 2011). Esto se ha modulado considerando el objetivo de la OACI de eficiencia del combustible, es decir, una mejora de la eficiencia del 2 por ciento anual (OACI, 2010), conforme se apliquen otras medidas distintas a la adopción de combustibles alternativos (por ejemplo, basadas en la tecnología de las aeronaves). Ello se traduciría en una demanda de 1,1 millones de toneladas de combustible para reactores de aviación en 2050, equivalente a la emisión de 3,4 millones de toneladas de CO₂.

⁸ ICAO Environment: Environmental Protection. Extraído de (solo en inglés): <http://www.icao.int/environmental-protection/Pages/default.aspx>

⁹ ICAO Environment: Committee on Aviation Environmental Protection (CAEP). Extraído de (solo en inglés) <http://www.icao.int/ENVIRONMENTAL-PROTECTION/Pages/CAEP.aspx>

¹⁰ ICAO Environment: Extraído de (solo en inglés): <http://www.icao.int/environmental-protection/Pages/default.aspx>

¹¹ ICAO Environment: Extraído de (solo en inglés): <http://www.icao.int/environmental-protection/Pages/default.aspx>

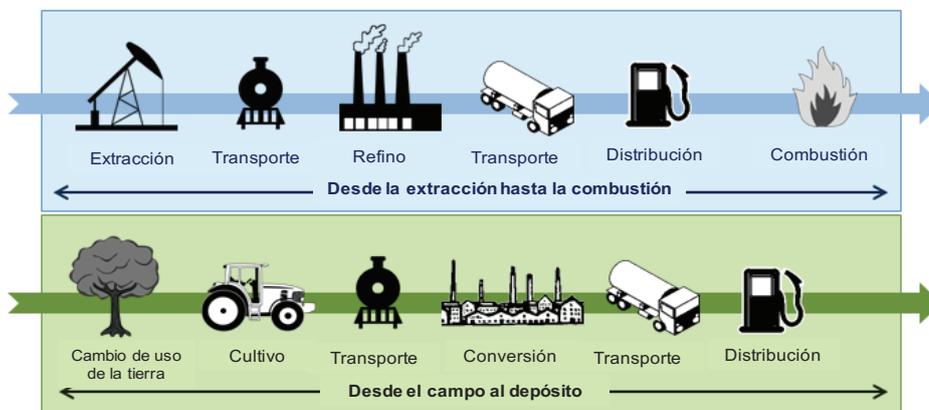
¹² El IPCC define un vuelo internacional como cualquier vuelo que salga de un Estado y llegue a otro, con independencia de la nacionalidad del transportista aéreo.

2. CONCEPTO DE SOSTENIBILIDAD

El ciclo de vida consta de los diversos pasos del proceso, desde la producción de la materia prima hasta la combustión final del combustible. Para evaluar la reducción de las emisiones debidas al uso de combustibles alternativos, deben contabilizarse todas las emisiones que se producen a lo largo de los distintos pasos del ciclo de vida del combustible, lo que se denomina análisis del ciclo de vida. Si las emisiones totales debidas a un combustible alternativo son inferiores a las emisiones totales del combustible fósil, entonces existe un beneficio medioambiental atribuible a dicho combustible (GFAAF, 2016).

FIGURA 3

Emisiones a lo largo del ciclo de vida del combustible fósil y del biocombustible (GFAAF, 2016).



La evaluación de las emisiones de GEI durante el ciclo de vida del combustible es un asunto especialmente relevante para la industria de la aviación y para el que es importante una mayor armonización entre las partes interesadas. Por este motivo, la OACI creó el Equipo especial sobre combustibles alternativos (AFTF) dentro del Comité Técnico del Consejo responsable de asuntos relacionados con el medio ambiente, es decir, el Comité sobre la protección del medio ambiente y la aviación (CAEP)¹³, siendo una de las tareas asignadas al mismo el desarrollo de una metodología para evaluar las emisiones durante el ciclo de vida de los combustibles de aviación sostenibles.

Cuando se evalúa la potencial reducción de las emisiones de GEI de una vía de producción de combustible, un elemento fundamental a evaluar es el cambio de uso de la tierra (LUC por sus siglas en inglés). Los cambios de uso de la tierra pueden producir emisiones de CO₂ o el secuestro de carbono debido a los cambios en el carbono almacenado¹⁴ en la biomasa, la descomposición de la materia orgánica y la materia orgánica del suelo, que puede traducirse en importantes efectos en el perfil medioambiental de la bioenergía. Al analizar los efectos del cambio de uso de la tierra (LUC), frecuentemente se distingue entre cambios de uso de la tierra directos (dLUC) y cambios de uso de la tierra indirectos (iLUC), especialmente para fines de certificación. Por ejemplo, la ISO/TS 14067:2013, define dLUC como un “cambio en el uso o gestión de la tierra que tiene lugar en virtud del sistema del producto evaluado”, mientras que el iLUC es “un cambio en el uso o gestión de la tierra que es consecuencia de un cambio de uso de la tierra directo, pero que ocurre al margen del sistema del producto evaluado” (ISO, 2013). A diferencia del dLUC, el iLUC no puede medirse u observarse directamente, sino que se estima sobre la base de modelos económicos que sólo pueden considerar ambos efectos conjuntamente.

Las materias primas que no necesitan de tierra para su producción (como los desechos urbanos e industriales), y aquellas que no requieran la sustitución de las cosechas o LUC, se considera que tienen un riesgo bajo de iLUC. Algunas normas relativas a la evaluación del ciclo de vida (LCA), como RSB-STD-04-001, permiten certificar que la producción de una materia prima tiene un riesgo bajo de iLUC. El Equipo especial sobre combustibles alternativos (AFTF) también está trabajando para definir una metodología de cálculo de iLUC.

El cambio de uso de la tierra inducido se define como la suma del cambio de uso de la tierra directo e indirecto. La cuantificación de los valores de LUC inducido es una de las principales áreas de trabajo del AFTF del CAEP. Esos valores se utilizarán para informar de las emisiones de los SAF en el Plan de compensación y reducción de carbono para la aviación internacional de la OACI (CORSIA).

En su conjunto, el concepto de sostenibilidad de los combustibles alternativos abarca algo más que la consideración de las emisiones del ciclo de vida. Existe una creciente preocupación social y económica por la sostenibilidad de los SAF, que requiere herramientas adecuadas para una toma de decisiones fundamentada. En este sentido, se ha encargado al AFTF el desarrollo de criterios de sostenibilidad ambiental, social y económica con miras a la inclusión de los SAF en el CORSIA.

3. TECNOLOGÍAS PARA LA PRODUCCIÓN DE SAF

La industria de la aviación comercial adopta normas y procedimientos de seguridad rigurosos en su equipamiento, operación y mantenimiento, al tiempo que supervisa estrechamente determinados indicadores. Teniendo en cuenta que una aeronave puede repostar carburante en distintos Estados, las especificaciones de combustibles para reactores tienen carácter internacional. Las dos normas más ampliamente utilizadas para definir el combustible de tipo queroseno para aeronaves son la ASTM D1655 y la DEF STAN 91-91, que establecen requisitos relativos a composición, volatilidad, fluidez, combustión, corrosión, estabilidad térmica, contaminantes y aditivos, entre otros. Además, las especificaciones elaboradas por el Grupo Común de Inspección (JIG), e incluidas en su Lista de verificación, son pertinentes para el suministro en sistemas de abastecimiento de combustible de explotación conjunta. Los requisitos de calidad de los combustibles de aviación para sistemas explotados de manera conjunta¹⁵ (AFQRJOS) del JIG combinan los requisitos más exigentes de DEF STAN 91-91 y ASTM D1655 (Chuck, 2016).

En este contexto se ha desarrollado el concepto fundamental de combustible “de sustitución directa”. En la nota de estudio ICAO CAAF/2 WP/3 (2017) se define un combustible para reactores “de sustitución directa” puro como:

sustituto del combustible para reactores convencional que es totalmente intercambiable y compatible con éste. Un combustible de sustitución directa puro no requiere adaptación del sistema de combustible/motores de la aeronave o de la red de distribución de combustible, y puede utilizarse “tal cual” en las aeronaves de turbina actuales tanto en estado puro como en mezcla con cualquier volumen de otros combustibles para reactores de sustitución directa puros o en mezcla o combustibles para reactores convencionales

Por lo tanto, la sustitución directa es un requisito muy importante para la industria de la aviación, Cualquier combustible de aviación alternativo que no sea de sustitución directa¹⁶ estaría sujeto a consideraciones de seguridad asociadas al riesgo de una manipulación defectuosa y requeriría una infraestructura paralela que debería construirse en todos los aeropuertos, lo que supondría una generación de riesgos y costos innecesarios (GFAAF, 2016).

La norma ASTM D7566 regula las tecnologías, en qué circunstancias y con qué características, pueden utilizarse para producir combustibles que cumplan la norma ASTM D1655 (norma relativa a los combustibles Jet A1 – AVTUR) y por lo tanto, indirectamente, la norma DEF STAN 91-91. La norma DEF STAN 91-91 incluye una cláusula en su Anexo D que considera que el uso de un combustible alternativo sea como JetA1 siempre que cumpla la norma ASTM D7566.

El Cuadro 1 muestra cinco tecnologías o vías de producción utilizadas actualmente para la producción de SAF de sustitución directa. Son las conocidas como Fischer-Tropsch (FT), Fischer-Tropsch con aromáticos (FT-SKA), HEFA (estas tres pueden utilizarse en una mezcla de hasta el 50 por ciento en volumen), producción de Isoparafinas sintéticas mediante conversión directa de azúcar en hidrocarburos (SIP) (que pueden utilizarse en una mezcla que contenga hasta el 10 por ciento), y Alcohol para reactores (que pueden utilizarse en una mezcla que contenga hasta el 30 por ciento). La ASTM está actualmente evaluando otras muchas tecnologías.

Tecnología	Mezcla máxima (v/v)	Materias primas (ejemplos)
Fischer-Tropsch (FT) y (FT-SKA)	50%	Residuos (como RSU), carbón, gas, virutas...
Ésteres y ácidos grasos hidroprocesados (HEFA)	50%	Aceite de palma, aceite de camelina, aceite de jatrofa, aceite usado de cocina...
Isoparafinas sintéticas (SIP)	10%	Caña de azúcar, remolacha azucarera
Alcohol para reactores (ATJ) (a partir de isobutanol)	30%	Caña de azúcar, remolacha azucarera, virutas, residuos lignocelulósicos (paja)

CUADRO 1

Tecnologías actuales, mezcla máxima permitida y materias primas más comunes para los combustibles alternativos de sustitución directa para la aviación (adaptado de OACI CAAF/2-WP/7).

¹³ <https://www.icao.int/ENVIRONMENTAL-PROTECTION/Pages/CAEP.aspx>

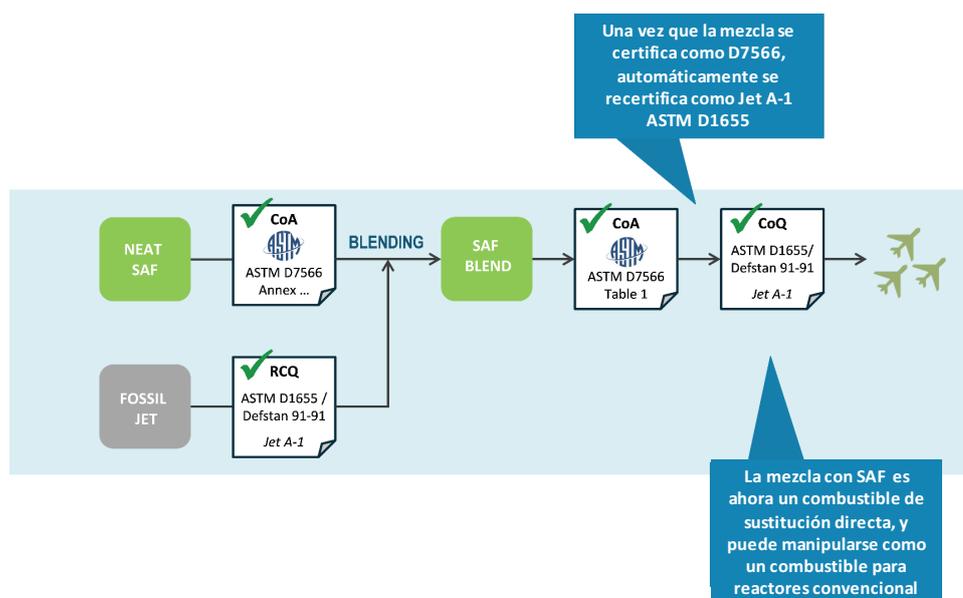
¹⁴ La reserva de carbono es la cantidad de carbono almacenada en una cierta extensión de terreno, es decir, el carbono existente que el terreno tiene almacenada debido a la descomposición de la biomasa (como las hojas). Estas existencias de carbono pueden reducirse cuando la tierra sufre un tratamiento preparatorio para el cultivo; sin embargo, algunos sistemas de gestión de cosechas pueden ayudar a incrementar las existencias de carbono ya que contribuyen a la integración de la biomasa.

¹⁵ Los sistemas de explotación conjunta son emplazamientos de empresas conjuntas donde se suministra combustible para reactores.

¹⁶ El biodiesel/FAME o el bioetanol son ejemplos comunes de combustibles que no son de sustitución directa.

La ASTM D7566 define los requisitos del producto puro (es decir, SAF) y de la mezcla. Una vez que se ha certificado que una mezcla es conforme con ASTM D7566, es aplicable la sustitución directa y puede considerarse combustible Jet A-1 convencional según las normas ASTM D1655 y DEF STAN 91-91. En la Figura 4 se ilustra el proceso de mezcla y el proceso de utilización de SAF sintéticos y las distintas normas de calidad que los SAF cumplen en las distintas fases del proceso. La relación de mezcla hace referencia al producto final (considerado “de sustitución”) que llega al mercado. Las normas ASTM establecen un valor máximo; no obstante, también pueden certificarse mezclas con un menor porcentaje. Cada lote de AAF debe ser analizado y certificado en su punto de origen (donde se hace la mezcla). Sólo después de su certificación, el combustible puede considerarse y tratarse como un combustible para reactor convencional (es decir, mezclado en los depósitos de combustible del aeropuerto). Por lo tanto, es necesario disponer de una instalación de almacenaje adecuada en la que los lotes de mezclas se almacenen por separado hasta que se complete la certificación¹⁷.

FIGURA 4
Diagrama de los procesos de mezcla y uso de los combustibles sintéticos (en este caso AAF) y las diversas normas de calidad que satisfacen los AAF en las distintas fases¹⁸ (Fuente: OACI).



Otro elemento clave a considerar con relación al proceso de mezcla de AAF es determinar el componente fósil adecuado para la mezcla. Dado que tanto el AAF puro como la mezcla deben tener determinadas propiedades, el componente fósil de la mezcla ha de tener un alto contenido de aromáticos. Aunque las normas sobre combustibles para reactores no exigen un contenido mínimo de aromáticos del combustible para reactores fósil (ASTM D1655/DEF STAN 91-91), las normas sí establecen (ASTM D7566) que las mezclas con AAF tengan un contenido mínimo de aromáticos del 8 por ciento. Puesto que la mayoría de los tipos de AAF no contienen aromáticos (excepto FT-SKA), el contenido de aromáticos del componente fósil de la mezcla debe ser de al menos el 16 por ciento para relaciones de mezcla del 50/50, a fin de lograr un mínimo del 8 por ciento en contenido de aromáticos para que la mezcla final pueda ser certificada (ASTM D7566).

Se han realizado numerosos ensayos del rendimiento de estas mezclas de combustibles, cuyos resultados satisfactorios han quedado demostrados en miles vuelos comerciales en todo el mundo¹⁹. Además, actualmente existen tres aeropuertos donde se distribuyen con regularidad combustibles alternativos a aeronaves, de los que cabe destacar que en los aeropuertos de Oslo (OSL/ENGM) y Estocolmo (ARN/SSA) los combustibles de aviación sostenibles se mezclan directamente en la instalación de depósitos y sistemas hidratantes, y en el aeropuerto de Los Ángeles (LAX/KLAX) se suministran SAF a los vuelos de United Airlines.

Aunque el número de instalaciones de producción para estas nuevas tecnologías es aún limitado, hay en construcción nuevas instalaciones como consecuencia de políticas gubernamentales y acuerdos de suministro entre productores y líneas aéreas (Cuadro 2). Pese a no haberse registrado vuelos con SAF desde o hacia la República Dominicana, algunas de las líneas aéreas que han usado SAF y/o han establecido acuerdos de compra de SAF, como Air France-KLM, United Airlines o JetBlue, vuelan con frecuencia a la República Dominicana.

El crecimiento continuo del número de proyectos y los acuerdos de compra son indicadores inequívocos de que el sector de los SAF está creciendo con rapidez y que continuará desarrollándose.

CUADRO 2 Lista de las principales compañías productoras o que tienen previsto producir combustibles de aviación alternativos a escala comercial y acuerdos de suministro anunciados hasta finales de 2016 (OACI, 2017b).

Proceso	Productor	Materia prima	Comprador(es)	Cantidad	Años
FT	RedRock	biomasa forestal	Southwest	3M gal/año	7
	RedRock	biomasa forestal	FedEx	3M gal/año	7
	Fulcrum	residuos sólidos urbanos	United	90-180M gal/año	10
	Fulcrum	residuos sólidos urbanos	AirBP	50M gal/año	10
	Fulcrum	residuos sólidos urbanos	Cathay Pacific	37,5M gal/año	10
HEFA	AltAir	residuos agrícolas; aceites naturales no comestibles	United	5M gal/año	3
	AltAir	residuos agrícolas; aceites naturales no comestibles	SkyNRG / KLM	estim. 5M gal/año	3
	Neste / AltAir	aceites	SkyNRG / Oslo Airport / KLM / SAS / Lufthansa / AirBP	AirBP >330K gal/año	esti. 3
	AltAir	residuos agrícolas; aceites naturales no comestibles	World Fuel Services / Gulfstream	estim. 5M gal/año	3
	SG Preston	biomasa (colza, brassica)	JetBlue	33M gal/año	10
SIP	Total /Amyris	caña de azúcar	Cathay Pacific	estim. 2M gal	2
ATJ	Gevo	isobutanol renovable de carbohidratos	Lufthansa	hasta 40M gal	5

Esta lista solo incluye proyectos de tecnologías actualmente incluidas en la norma ASTM D7655. M gal = millones de galones de los EE.UU., M gal/año = millones de galones de los EE.UU. por año.

Una refinería de SAF es una inversión a largo plazo, por lo que la decisión sobre su instalación debe tener en cuenta estrategias a largo plazo. Una nueva instalación sólo se pone en marcha tras un periodo de preparación, en el que se garantiza un suministro adecuado de materia prima, se define el proyecto y finalmente se ejecuta y se realizan los ensayos pertinentes. A raíz de proyectos anteriores (véase el Cuadro 2), se conoce que este proceso puede llevar más tiempo del previsto cuando se utiliza una materia prima novedosa o no existe suficiente conocimiento en este ámbito.

¹⁷ Los sistemas de mezcla continua, en los que la mezcla se realiza directamente en el oleoducto de transporte y no en un depósito, no pueden utilizarse para la mezcla de AAF ya que el lote mezclado debe ser certificado en el punto de origen, antes de entrar en contacto con cualquier otro lote. Estos sistemas se usan en ocasiones para otros combustibles, como el bioetanol, ya que en ese caso el único parámetro importante que debe garantizarse es la relación de mezcla; dichos sistemas no pueden aplicarse a los AAF.

¹⁸ RCQ – Certificado de calidad de la refinería. CoA – Certificado de análisis. CoQ – Certificado de calidad.

¹⁹ <http://www.icao.int/environmental-protection/GFAAF/Pages/default.aspx>

4. MATERIA PRIMA

Uno de los criterios básicos para evaluar la viabilidad de la producción local de combustibles alternativos es el acceso a una materia prima adecuada. Un suministro estable, fiable y económico de materia prima obtenida de forma sostenible es fundamental para cualquier instalación productiva de SAF. Cuando la materia prima puede producirse localmente, existen beneficios adicionales a nivel local (salarios, impuestos, desarrollo rural, etc.) que son muy valiosos.

Existen diversas materias primas que pueden utilizarse con las tecnologías actualmente normalizadas. Puede utilizarse casi cualquier material biológico; no obstante, los tratamientos previos y los costos varían en función del tipo de materia prima utilizada.

Los aceites vegetales constituyen el tipo de materia prima que más fácilmente puede convertirse en combustible. Sin embargo, el potencial uso del aceite vegetal como componente del combustible es bastante bajo en la República Dominicana, donde los volúmenes disponibles son más adecuados para la producción de biodiesel en pequeñas instalaciones.

En este estudio no se han considerado las algas como posible materia prima ya que se ha demostrado que la producción de combustible a partir de esta fuente resulta antieconómico para la mayoría de las aplicaciones bioenergéticas. Además, aún se encuentra en una fase temprana de desarrollo. No obstante, las algas podrán analizarse en el futuro como posible materia prima de interés en la República Dominicana debido a las características del territorio y las condiciones meteorológicas.

En la República Dominicana no hay acceso a volúmenes suficientes de residuos no utilizados, incluidos los residuos sólidos urbanos (RSU). La producción de RSU está dispersa y no existe un sistema de recogida en la mayor parte de las zonas rurales. Los principales residuos agrícolas (en volumen) se utilizan actualmente para otros fines (generación de energía). Por lo tanto, dadas las tecnologías actualmente disponibles, los residuos no se consideran una materia prima viable para la producción de combustibles de aviación sostenibles en el país. Sin embargo, deberá hacerse un seguimiento de su futuro potencial teniendo en cuenta los cambios en la población, en la gestión de los residuos y en la industria. Al tratarse de una isla, la gestión de los residuos es, a mediano plazo, una cuestión ambiental de primer orden, que podría abordarse desde la perspectiva de la producción de combustibles alternativos sostenibles, siempre que estén disponibles las tecnologías adecuadas.

Tal como pone de manifiesto la producción histórica, y a pesar del actual potencial limitado de las materias primas mencionadas, la República Dominicana tiene un potencial significativo para la producción de SAF a partir de caña de azúcar, que ha disminuido progresivamente durante los últimos 30 años (Figura 5). La producción de caña de azúcar podría revitalizarse para la producir combustibles de aviación alternativos SIP o ATJ.

Además de la cantidad de tierra potencialmente disponible para el cultivo de caña de azúcar, debe señalarse que ésta se concentra en la región situada entre los dos principales aeropuertos dominicanos. Esta situación estratégica permitiría aumentar la eficiencia de una nueva refinería teniendo en cuenta las actividades subsiguientes de transporte y distribución, apoyadas por la capacidad de almacenamiento disponible en el área portuaria de San Pedro de Macorís.

La industria de la aviación considera que es esencial evitar los efectos negativos del cultivo de materias primas para combustibles alternativos, incluidas situaciones de competencia con la industria alimentaria. Para evitar efectos negativos directos o indirectos, los productores de combustibles pueden participar en las normas de sostenibilidad de carácter voluntario existentes (como RSB, ISCC, BONSUCRO, etc.). En la medida posible, la norma de sostenibilidad de la OACI a incluir en el CORSIA también deberá basarse en estos requisitos.

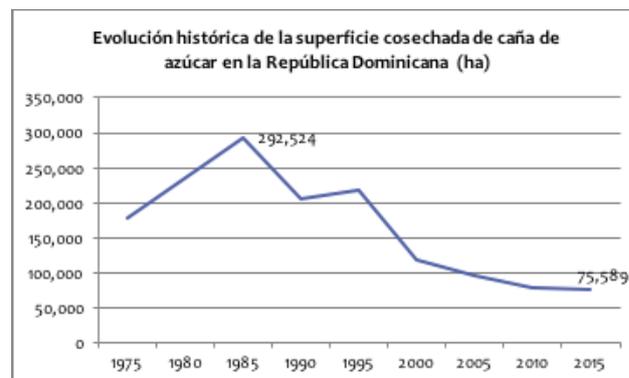


FIGURA 5

Cambios en la superficie cultivada con caña de azúcar teniendo en cuenta las superficies de caña de azúcar cosechadas. Fuente de los datos: INAZUCAR (www.inazucar.gov.do)

Tal como indica la Figura 5, en los últimos años la producción de caña de azúcar en la República Dominicana ha experimentado un acentuado descenso. La singularidad del cultivo hace que sea difícil la adaptación de la tierra a otros cultivos²⁰; por lo tanto, la mayoría de los terrenos en los que se ha abandonado el cultivo de caña de azúcar no tienen otros usos productivos, salvo quizás un pastoreo de baja calidad. La mayoría de las partes interesadas consultadas de la República Dominicana han apuntado esta circunstancia. No obstante, antes de considerar el uso de la caña de azúcar para SAF es necesario realizar estudios específicos que confirmen que la producción de caña de azúcar en esas zonas no afectaría negativamente a la producción para alimentación o a la cubierta forestal.

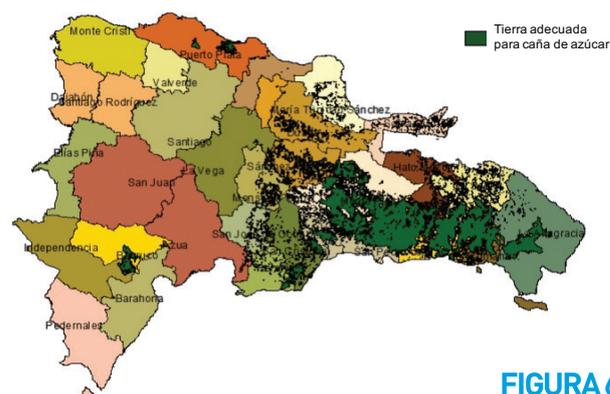


FIGURA 6

Tierras adecuadas para el cultivo de caña de azúcar (Nuñez, 2012)

5. EL MARCO REGULATORIO

La producción actual de caña de azúcar se dedica a la elaboración de azúcar y alcohol, en el marco de un mercado regulado por el gobierno y estrechamente ligado a acuerdos comerciales internacionales. En dicho marco regulado, el gobierno puede controlar el aumento de producción de caña de azúcar necesario para que la fabricación de AAF no interfiera los mercados del azúcar, furfural, melaza o alcohol.

Con arreglo a los datos disponibles, se estima que el costo de producción de caña de azúcar sería más elevado que en el mercado internacional, debido principalmente a un uso reducido de maquinaria y a la existencia de variedades mejoradas. La reducción de los costos de producción debería abordarse en el futuro.

Actualmente, la utilización de combustibles de aviación sostenibles tiene una desventaja comparativa en términos de precio con respecto a los combustibles convencionales, utilizan una tecnología menos madura y sus costos son más elevados. En consecuencia, los combustibles alternativos necesitan apoyo político y regulatorio para compensar sus desventajas. Existen varios marcos políticos a nivel mundial que incentivan el uso de combustibles de aviación sostenibles, incluida la norma de combustibles renovables de los Estados Unidos de América (RFS2) o la Directiva de la Unión Europea relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables (también conocida como EU RED).

La República Dominicana incluye en su marco regulatorio leyes y decretos pertinentes sobre ventajas e incentivos para la producción de combustibles alternativos y energías renovables. Es un reflejo de una estrategia nacional impulsada por la dependencia energética y la vulnerabilidad del país al cambio climático. Los elementos más representativos de este régimen jurídico son la Ley 57-07 Sobre Incentivo al Desarrollo de Fuentes Renovables de Energía y sus Regímenes Especiales y el Decreto 202-08.

En la República Dominicana se han aplicado con anterioridad obligaciones o mandatos relativos al uso de biocombustibles en el sector del transporte terrestre en situaciones de escasez de combustibles. Cuando los precios del petróleo subieron, se aplicó un mandato relativo a la mezcla de combustibles en el transporte por carretera, aunque ulteriormente fue derogado ante la reducción del precio del petróleo. Aunque hoy en día no se aplican dichos mandatos sobre mezcla de combustibles, su existencia previa demuestra que el Estado puede aplicar ese tipo de políticas.

La República Dominicana regula los precios y los márgenes comerciales de distribuidores de todo tipo de hidrocarburos. Esta regulación ayuda al establecimiento de incentivos y/o a la adopción de reglamentos para la introducción de combustibles alternativos, ya que las partes interesadas están habituadas a un mercado regulado.

La Ley 495-06 de impuestos ad-valorem aplica una tasa impositiva del 15 por ciento a todos los hidrocarburos, excepto al AVTUR que tiene una tasa del 6,5 por ciento. Ello refleja la importancia del sector de la aviación en el país, que es incentivado con un impuesto más bajo. Según han indicado algunas partes interesadas consultadas, esta reducción de impuestos se debió a que el Estado ofrecía precios más elevados para los combustibles para reactores que otros países del Caribe. La diferente imposición fiscal al combustible para reactores se utilizó para compensar esta desventaja competitiva que afectaba al sector turístico, estrechamente relacionado con el sector de la aviación.

Con frecuencia, los incentivos basados en los precios a los combustibles alternativos incluyen exenciones y rebajas fiscales, en particular de los impuestos indirectos de aplicación a los combustibles fósiles (por ejemplo, la Directiva 2003/96/CE). En algunos casos, el gobierno puede asumir que esta política conlleva una pérdida de ingresos. Sin embargo, cuando los combustibles alternativos se producen localmente (frente a los combustibles fósiles importados), los impuestos sobre el valor añadido producido en el país y los restantes beneficios socioeconómicos pueden compensar esas pérdidas. Por lo tanto, una política de incentivos basados en los precios debe tener en cuenta la potencial modificación de ingresos o la reducción del presupuesto nacional. En este estudio de caso sobre la República Dominicana, la política impositiva puede ser un instrumento importante para regular los posibles aumentos de precios o para incentivar a los primeros utilizadores.

²⁰ La caña de azúcar es un cultivo perenne que crea un sistema de raíces muy resistente (incluso al fuego) que son difíciles de erradicar. Para la resiembra de caña de azúcar el suelo requiere una costosa preparación mecánica. Para cambiar el uso del suelo de caña de azúcar a otro tipo de cosecha sería necesaria una preparación adicional del mismo, que puede ser inviable económicamente para el agricultor, salvo que la nueva cosecha sea más productiva.

6. INFRAESTRUCTURA ASOCIADA A LOS COMBUSTIBLES PARA REACTORES

Los combustibles para reactores utilizados en la República Dominicana son refinados por Refidomsa (< 40 por ciento) o bien son importados. En el caso de los combustibles importados, éstos llegan a las instalaciones de Refidomsa situadas en la costa sur de la República Dominicana, al oeste de Santo Domingo en los ‘Bajos de Haina’, provincia de San Cristobal. El combustible Jet A1 se importa a través de otro terminal cercano a la instalación de Refidomsa, también en Haina, que es propiedad de InterQuimica. El combustible para reactores llega por vía marítima a alguno de los muelles de Haina.

Desde allí el queroseno se transporta en camiones hasta las instalaciones de almacenamiento. En los principales aeropuertos, el abastecimiento del combustible se realiza mediante sistemas de hidrantes disponibles en algunas puertas, siendo necesario en otros casos el abastecimiento desde vehículos (camiones con depósitos). En el resto de los aeropuertos, el repostaje de combustible se realiza mediante vehículos de abastecimiento.

Cada aeropuerto (grupo) de la República Dominicana tiene un único suministrador de combustible para reactores. Ello limita la competencia en precios, pero dado que los precios están regulados por el gobierno, los gestores entrevistados en los principales aeropuertos han señalado que este sistema simplifica el suministro de combustible. Los suministradores actuales son los siguientes: Sol Aviation (grupo ESSO) suministra al Aeropuerto Internacional La Romana (MDLR); suministros GB Group al aeropuerto de Punta Cana (MDPC) y al aeropuerto internacional privado de Cibao (MDST); suministros Terpel a los aeropuertos internacionales de Las Américas (MDS), Gregorio Luperón (MDPP), Presidente Juan Bosh (MDCY), Dr. Joaquín Balaguer (MDJB) y María Montez (MDBH), todos ellos concesiones de Vinci/Aerodom.

Además de las instalaciones para combustibles en Haina, hay otra importante terminal con capacidad de almacenamiento para AVTUR ubicada San Pedro de Macorís (Figura 7). Este almacén es propiedad de Coastal Petroleum Dominicana (grupo Propagas) y tiene capacidad para 120 000 barriles de AVTUR (5 040 000 US gal), aunque actualmente aún no se utiliza a plena capacidad. El motivo está relacionado con el oligopolio en el suministro de combustible que existe en el país, que a su vez está relacionado con los contratos con Refidomsa o InterQuimica, por lo que existe una limitación en el mercado para la firma de nuevos contratos.

San Pedro de Macorís ofrece una potencial ventaja debido a su ubicación entre los dos principales aeropuertos. Haina está a 50 km al oeste de Las Américas (MDS) y 213 km al oeste de Punta

Cana (MDPC); ambos aeropuertos representan el 70 por ciento de las operaciones aéreas en la República Dominicana. San Pedro de Macorís se encuentra a una distancia similar que Haina del aeropuerto de Las Américas (60 km), pero a través de una carretera menos congestionada, que no atraviesa la zona metropolitana de Santo Domingo. La distancia desde San Pedro de Macorís a Punta Cana es un 50 por ciento inferior que desde Haina a Punta Cana (100 km menos). Este cambio no afectaría directamente al precio del combustible, ya que el margen de la actividad de distribución está regulado por el gobierno. No obstante, esas circunstancias permitirían al gobierno considerar un posible cambio a fin de mejorar la competitividad del precio final del combustible

A pesar de la falta de datos reales sobre los costos del transporte desde las instalaciones de los suministradores de combustible, puede estimarse un costo de 1,5 USD/km por cada camión con capacidad de 790 gal y unas necesidades de suministro de combustible para el aeropuerto de Punta Cana de 9 Mgal; el cambio de ubicación del almacén de combustible desde Haina a San Pedro de Macorís podría ahorrar hasta 1,8 millones de USD al año.

Al mismo tiempo, tal como han señalado algunos suministradores de combustible, dividir la entrada de las importaciones de combustibles en dos puertos podría aumentar los costos del transporte, ya que reduciría el volumen de combustible transportado a cada puerto (economías de escala). No obstante, el combustible fósil para realizar la mezcla podría ser importado o producido en el área de Haina, y si la mezcla de combustibles se realizara cerca de la instalación de producción de AAF, podrían conseguirse ahorros significativos en el transporte del AAF, tal como se ha indicado anteriormente.

Es importante señalar que la cualificación y/o certificación de combustibles para reactores sólo se realiza en las instalaciones de Refidomsa. Por lo tanto, si se opta por producir la mezcla cerca de la biorrefinería, dicha instalación también debería construirse allí.

FIGURA 7

Ubicación de embarcaderos para la importación y almacenes propiedad de Coastal Petroleum Dominicana que podrían utilizarse para JetA1. Fuente: (Autor)



7. BARRERAS DEL MERCADO Y SOLUCIONES

La opinión tradicional es que el precio de los AAF puede reducirse si se reducen los costos de la materia prima y del procesamiento. No obstante, este enfoque sólo es cierto si la producción de AAF fuera independiente de la situación de otros mercados.

Normalmente, la producción de AAF depende de materias primas que son productos básicos indexados. Esto significa que los precios de los productos básicos dependen de la competencia existente en el mercado por usos de dichas materias primas distintos a la producción de AAF. En algunos mercados en los que existe una estricta regulación desde el punto de vista ambiental, como Estados Unidos de América o la Unión Europea, el uso del combustible para cosméticos, plásticos, productos químicos, o incluso combustibles para el transporte por carretera, tiene por lo general un precio de venta superior al aplicado al uso como combustible para reactores. Por lo tanto, si un inversor produce materias primas que pueden utilizarse en esos otros mercados, o elabora un producto que también puede vender a esos mercados (por ejemplo, etanol), obtendría un retorno más elevado de su inversión. Este es un principio básico de funcionamiento de los mercados, y es particularmente el caso en mercados de alcance global.

En general, se considera un reto que AAF llegue a alcanzar la paridad de precio con el combustible para reactores convencional, aunque se reduzcan los costos de producción e independientemente del precio del combustible fósil, ya que cuando se produzca una nueva subida del costo de los combustibles fósiles, es probable que también suban los precios de los productos básicos.

Existen algunas posibles 'soluciones' a este reto:

1. **Limitar la cadena de valor.** Restringir, por contrato o reglamentariamente, el destino de los posibles productos finales a la producción de AAF. En esta situación, el producto final o las materias primas deberían dedicarse exclusivamente a la producción de AAF y no podrían utilizarse para el suministro de otros mercados, desacoplando así los precios en el proceso. Es decir, si la caña de azúcar necesaria para producir AAF no pudiera utilizarse para la producción de bioetanol o venderse para azúcar, sus precios dependerían de los costos de producción y no de la demanda de mercados alternativos. Esta solución sólo funcionaría si la masa crítica (tamaño) permite que el sistema sea autónomo (por ejemplo, si no se necesita la importación de caña de azúcar) y considerando los costos de oportunidad (por no acceder a los ingresos más elevados que ofrecen otros mercados que valoran más el producto). Este es el enfoque adoptado en el presente estudio para la República Dominicana.

2. **Utilizar materias primas e insumos que no son productos básicos (como los residuos).** En este caso, ni la materia prima ni los productos

intermedios tienen un mercado potencial distinto a los AAF. Este sistema es similar al anterior. La diferencia es que en el primer caso, la situación está gobernada por la política y/o los acuerdos, mientras que en este caso es consecuencia de la tecnología. La utilización de residuos que no tienen otro destino posible, en lugar de ser simplemente desechados, reduce el riesgo de fluctuación del precio de la materia prima. Así mismo, la utilización de tecnologías de refinación que pueden extraer directamente el combustible de algunas materias primas también puede ser una forma de restringir la interacción en materia de precios con otros mercados (es decir, los productos intermedios no pueden ser utilizados por vehículos de transporte por carretera). Sin embargo, este enfoque tiene la desventaja de carecer de flexibilidad. También deben considerarse los costos de oportunidad.

3. **Utilizar productos químicos de volumen reducidos y valor elevado para compensar las fluctuaciones de precios.** Durante el proceso de refinación podrían producirse algunos productos químicos de alto valor (productos derivados comercializables que soportan económicamente al negocio en su conjunto). Estos productos químicos de alto valor justifican pagar más por la materia prima necesaria y puesto que su valor lo fija el mercado, podrían ayudar a absorber fluctuaciones en los precios. Este método sigue el principio de biorrefinería en cascada, en la que los productos de más valor se obtienen en primer lugar y contribuyen al sostenimiento de todo el sistema de producción.

4. **Dotar subsidios.** Las ineficiencias del mercado en forma de grandes diferencias de precios pueden compensarse mediante apoyo gubernamental. El apoyo del gobierno está justificado por el beneficio que obtiene el sistema nacional en su conjunto (no sólo en la cadena de valor). La política aplicable puede tener carácter voluntario o ser obligatoria. El presente estudio de caso también contempla una política de apoyo basada en un mandato de cumplimiento obligado.

Por lo general, se recomienda que los gobiernos apliquen la cuarta solución, es decir, los subsidios. Sin embargo, muchos de los actuales desarrollos de SAF para la aviación a nivel mundial se han regido por esquemas voluntarios. Un ejemplo concreto de esta aplicación no gubernamental es el sistema 'Fly Green Fund'²¹ aplicado en los países escandinavos. Esa organización sin ánimo de lucro ofrece a empresas e individuos la oportunidad de reducir su huella de carbono al volar utilizando aeronaves con AAF y, por lo tanto, contribuir al desarrollo de cadenas de valor locales.

²¹ <http://www.flygreenfund.se/en/tjanster/>

8. ESTUDIO DE CASO

8.1 MANDATO RELATIVO A LA MEZCLA

Aunque las tecnologías asociadas a los combustibles alternativos están progresando, el incipiente desarrollo comercial de éstos dificulta disponer de estimaciones de costo precisas. Se han analizado varios estudios como referencia para el presente estudio de viabilidad que podrían proporcionar un precio de venta mínimo teórico del producto final (por ejemplo, Klein-Marcuschamer et al. (2013)). Es previsible que los precios actuales obtenidos a partir de las instalaciones de demostración disminuyan con el tiempo gracias a mejoras tecnológicas y a economías de escala. Los precios de venta mínimos teóricos toman como referencia una refinería o plantas de refinación teóricas donde pueden optimizarse los costos de producción.

Se han considerado dos tecnologías de utilización de la caña de azúcar para la producción de combustibles en la República Dominicana: SIP y ATJ. Hasta la fecha, la ASTM sólo ha aprobado la tecnología ATJ a partir del isobutanol, pero es previsible que en breve también se consideren otros procesos que utilizan etanol. Los valores utilizados en este estudio para el ATJ (rendimiento económico, precios de venta) son genéricos y no corresponden a ninguna tecnología patentada o marca en particular.

Según los datos del trabajo de Klein-Marcuschamer et al. (2013), la instalación contemplada en este estudio de caso produciría combustible SIP utilizando caña de azúcar con los precios en un rango de entre 4,3 y 7,6 USD/gal. Sobre la base de otros estudios, la utilización de material lignocelulósico en lugar de caña de azúcar podría aumentar el precio a 17,3 USD/gal (Wang, et al., 2016). También existen indicadores que apuntan a una reducción del costo a 4,0 USD/gal²², modificando las variables consideradas en el estudio. Para el caso de ATJ, Yao et al. (2016) proponen un precio de referencia de 3,65-3,97 USD/gal, que es significativamente menor que para SIP. Con ambas tecnologías pueden producirse AAF y combustibles para el transporte por carretera.

En el caso del SIP, las isoparafinas resultantes también pueden utilizarse como sustituto del diésel, de forma que el producto es viable para su uso en aeronaves, en vehículos para el transporte por carretera y en equipos auxiliares de tierra (GSE) en aeropuertos.

En el caso del ATJ, la instalación de refinación puede realizarse adaptando una planta existente de producción de bioetanol²³. Esta alternativa es una ventaja significativa que permite adoptar una estrategia flexible para implantar un proceso paso a paso en la cadena de valor. De esa forma, en primer lugar se construye una planta para la producción de bioetanol (que atiende un mercado mejor conocido que el de los AAF). Una vez que se tenga un mejor conocimiento de la situación real del suministro de la materia prima y de otros parámetros, y se haya alcanzado una mayor estabilidad, la planta inicial de bioetanol puede transformarse para producir isobutanol (también utilizado en la producción de combustible para el transporte por carretera) y ATJ para AAF. El costo de la materia prima utilizada en los estudios antes señalados se basa en el precio de la caña de azúcar (y de otros consumibles) en el mercado mundial. Debido a determinadas características internas y a la existencia de cuotas en el mercado, dichos precios son inferiores al costo actual de la caña de azúcar en la República Dominicana (según las referencias facilitadas por las partes interesadas durante el estudio). No obstante, es previsible que a mediano plazo se reduzcan los costos de producción en la República Dominicana gracias a la inversión en maquinaria y al cultivo de variedades de caña de azúcar de mayor rendimiento. Asimismo, cuando la materia prima está indexada a los precios internacionales de los productos básicos, su precio sube el costo o la demanda de los combustibles fósiles. No obstante, la República Dominicana tiene la opción de controlar el sistema de producción para evitar dichas oscilaciones del precio, lo que supone una ventaja. Ello se debe al control que ejerce un organismo del gobierno sobre el mercado de la caña de azúcar, lo que conlleva una protección frente a grandes oscilaciones de precios.

Para simplificar la comparación del costo del combustible AAF, se utiliza como referencia el precio de importación (PPI) del combustible de origen fósil para reactores (Figura 8).

Son bien conocidas las grandes variaciones del precio del combustible para aeronaves. En el presente estudio se utilizan las proyecciones del precio del combustible para reactores elaboradas por la US Energy Information Administration (2016), que prevé una tasa media de crecimiento del 3,7 por ciento. Asimismo, durante el periodo 2010-2015, la variación media del precio mensual ha sido de aproximadamente el 10

por ciento. Al analizar estas variaciones, se observa la capacidad de adaptación de algunas líneas aéreas a cambios significativos en los precios, pese a que el costo del combustible puede llegar a ser el 20-25 por ciento de los costos operacionales.

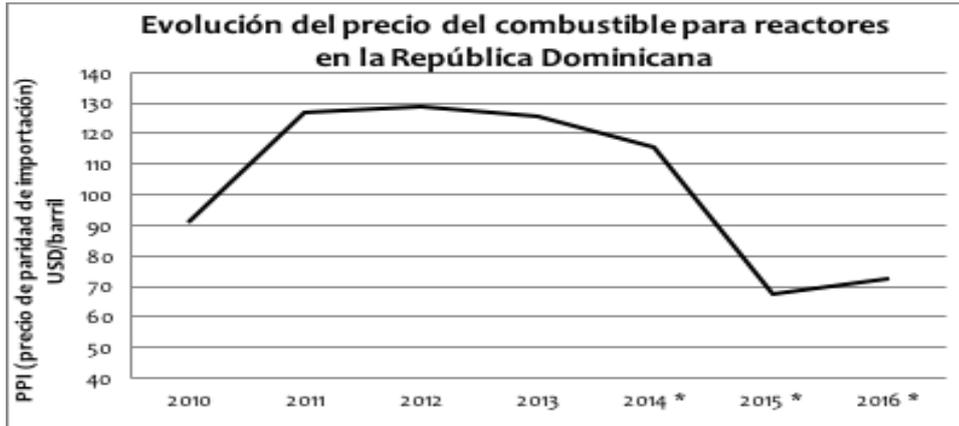


FIGURA 8

Evolución de los precios de importación de AVTUR [*denota que el valor es provisional]. Fuente de datos: Ministerio de industria y Comercio de la República Dominicana. Fuente: Autor

Las referencias de precios del combustible AAF también están vinculadas al costo de la materia prima y a los consumibles (como el hidrógeno) que normalmente mantienen una correlación con el combustible fósil; por lo tanto, los precios de producción de AAF crecen anualmente. Sin embargo, suponiendo que en los próximos años se produzca una desvinculación con respecto a los combustibles fósiles gracias a la sustitución de los combustibles fósiles hasta ahora utilizados para la producción de la energía y de otros productos necesarios, es previsible un menor crecimiento del costo de los insumos. En consecuencia, el escenario utilizado considera un crecimiento del 2,9 por ciento de los precios de los AAF (80 por ciento de la tasa de crecimiento del combustible fósil)²⁴.

Dado que la descarbonización es uno de los principales factores que impulsan el uso de los SAF, el estudio también ha tenido en cuenta el precio del carbono. Puesto que los mercados del carbono están limitados, es lógico prever una mayor reducción de costos marginales en el futuro conforme se optimice la tecnología. Por lo tanto, se ha supuesto una tasa de aumento del costo de los créditos de carbono del 7,3 por ciento (el doble que para el crecimiento del combustible fósil²⁵), tomando como referencia el valor utilizado en el Régimen de comercio de derechos de emisión de la UE (RCDE UE) (un ejemplo de mercado del carbono). El costo de base de los derechos de emisión comienza en un precio al contado de 7 USD/t (Bioqueroseno.com, 2016).

En el estudio se utiliza el valor de los derechos de emisión para “corregir” el sobreprecio del combustible. Dicha corrección significa que al precio pagado por los SAF se le descuenta el ahorro de costos por los créditos del carbono que no habría que pagar. En este sentido, cuando en la Figura 9 se menciona el ‘Sobreprecio corregido por efecto del CO₂’ (con relación al precio del combustible para reactores convencional), se hace referencia a la diferencia de precio entre el combustible fósil y el SAF una vez tenida en cuenta la ventaja que suponen la reducción de las emisiones en términos del valor de derechos de emisión.

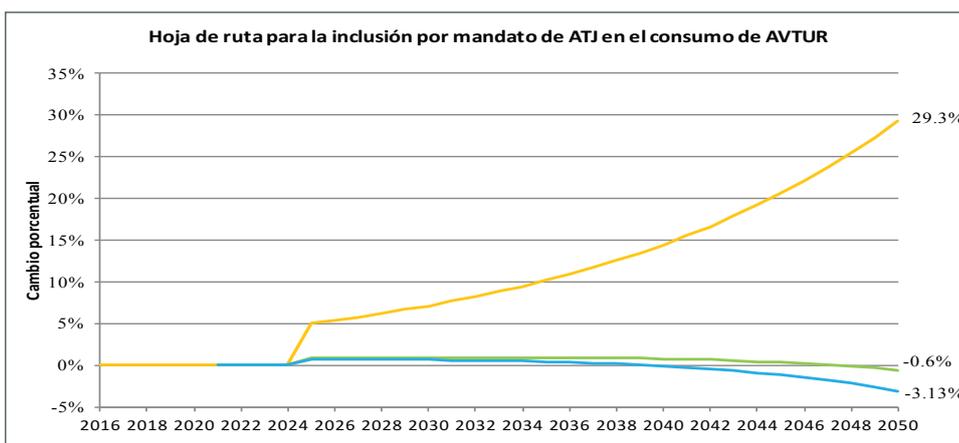


FIGURA 9

Hoja de ruta para la inclusión por mandato de ATJ en el consumo de AVTUR. Fuente: (Autor)

²² Valores en USD de 2011

²³ En la República Dominicana no existen plantas de bioetanol, aunque existen estudios a este respecto. No obstante, este podría ser un paso natural hacia la producción de AAF, para lo cual se instalaría inicialmente una tecnología más conocida (producción de bioetanol) para reducir los riesgos asociados al suministro de materia prima; una vez hecha la instalación, ésta podría modificarse para adaptarla a la producción de combustible para reactores.

²⁴ Este caso es particularmente sensible a esos cambios en el crecimiento del combustible fósil y el crecimiento de los consumibles necesarios para los AAF. A título de referencia, en el caso peor en que se produjera un crecimiento homogéneo, los precios del combustible para reactores podrían ser un 7 por ciento más alto en 2050 en el caso de la hoja de ruta que considera un mandato. No obstante, se espera que exista un cierto desacople, ya que no todos los consumibles están directamente indexados con el precio del petróleo, especialmente los que se producen internamente en el país.

²⁵ La cifra del 7,3 por ciento es solo una hipótesis indicativa de la tendencia previsible.

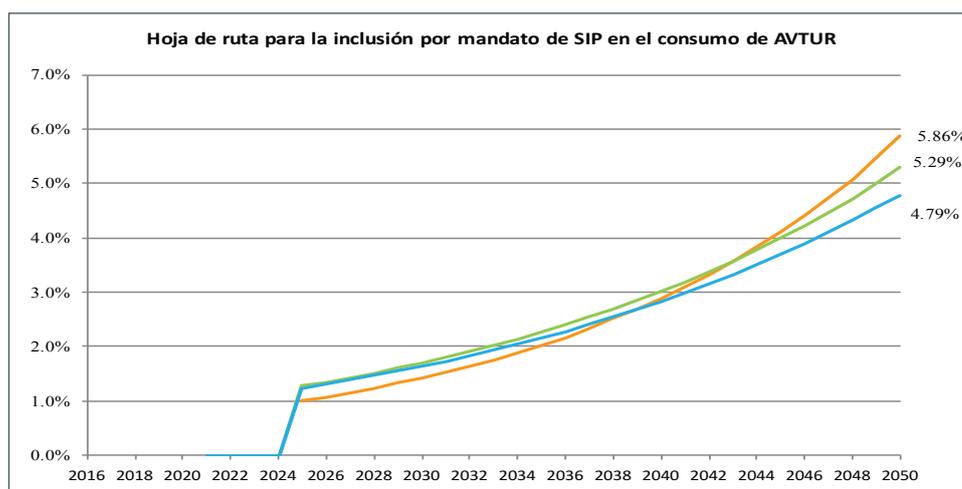
Aunque los costos de producción de los AAF puedan llegar a ser inferiores a los precios de los combustibles fósiles en el futuro, especialmente teniendo en cuenta el efecto de la reducción del carbono, en el presente estudio de caso se establece la necesidad de que el gobierno fije la mezcla por mandato, que debería estar vinculada a los programas de producción de caña de azúcar en el país y a la creación de instalaciones productivas. El mandato sería efectivo a partir de que la instalación de producción pueda iniciar razonablemente sus operaciones (en 2025 con un nivel de mezcla del 5 por ciento), hasta alcanzar un nivel máximo de mezcla de casi un 30 por ciento en 2050. En este escenario (Figura 9), se evaluaría el aumento de los costos del AVTUR, así como las ventajas derivadas de la reducción de las emisiones y de otro tipo. En este escenario no se considera la utilización de la producción vegetal adicional que, si la hubiera, podría ser exportada o utilizada en el país para equipos auxiliares de tierra (GSE) y para vehículos de transporte por carretera aplicando un mandato similar.

El mandato es pertinente en la República Dominicana a fin de garantizar un sólido análisis de rentabilidad para inversores y productores de materias primas, al tiempo que es compatible con la legislación nacional.

Al aplicar este escenario (mandato sobre la mezcla) al ATJ, y sin tener en cuenta los potenciales beneficios que las líneas aéreas obtendrían por la reducción de los derechos de emisión, la variación del precio del AVTUR en la República Dominicana sería la indicada en la Figura 9. Puede observarse que desde 2030 el mandato podría contribuir a la reducción del precio de los combustibles para reactores, llegando hasta un 3,13 por ciento de reducción en 2050, considerando el beneficio de la reducción del CO₂. Asumiendo que el precio de los combustibles fósiles aumente a un ritmo menor que los costos del ATJ (tal como recogen las hipótesis), la paridad de precios se alcanzaría aproximadamente en 2045. Inicialmente, la tendencia a la paridad se apoyaría en la reducción (de los créditos) del carbono; posteriormente, el menor precio implicaría una reducción de los costos.

También en el caso de SIP el porcentaje de aumento del precio es relativamente bajo, tal como se indica en la Figura 10, inferior en todo caso a la variación mensual media habitual (10 por ciento) y al impuesto 'ad valorem' (6,5 por ciento). Aunque reducido, este aumento sería un caso singular en la región y podría influir en la demanda de vuelos (y por lo tanto, en la competitividad del sector turístico). Este aspecto debería estudiarse cuidadosamente con un modelo de la elasticidad del precio, teniendo en cuenta los datos históricos disponibles y en colaboración con los proveedores de combustible y las líneas aéreas.

FIGURA 10
Hoja de ruta para la inclusión por mandato de SIP en el consumo de AVTUR.
Fuente: (Autor)



Todos los escenarios se han calculado sobre la base de los precios de importación, sin incluir impuestos, márgenes de proveedores o costos de transporte. Teniendo en cuenta la situación de regulación del mercado del AVTUR antes descrito, y a los efectos del presente estudio, se considera que los márgenes de la distribución y la logística son fijos, de 19,80 USD/BB (21,21 DOP/gal)²⁶, y un impuesto del 14,6 por ciento (la Ley 495-06 indica que el impuesto "ad valorem" sea del 6,5 por ciento y el correspondiente a la Ley 112-00 de un 8,1 por ciento). Se asume que estos costos también se incluirán en los costos del SAF.

Dado que los cálculos para SIP y ATJ son similares, con la única diferencia del precio y los valores de mezcla máximos (10 por ciento para SIP y 30 por ciento para ATJ), el caso del ATJ se considera más favorable (tiene un precio menor y admite volúmenes superiores debido al límite más elevado de mezcla). En el estudio de viabilidad, se ha concluido que incluso en el caso menos favorable del SIP, una política activa del gobierno de la República Dominicana con el apoyo de las partes interesadas locales podría hacer potencialmente viable ese caso.

8.2 BENEFICIOS DERIVADOS DEL DESARROLLO ECONÓMICO

Es previsible que un aumento en la producción de caña de azúcar en la República Dominicana tenga beneficios directos e indirectos para el país. De forma resumida, dichos beneficios se obtendrían por los ingresos fiscales debidos a las importaciones (materiales, maquinaria), el valor añadido generado, los ingresos de los productores agrícolas y de los trabajadores de los ingenios, el transporte y el almacenamiento. Dado que el presente estudio no puede ahondar en dichos elementos, se incluye una visión general de los efectos potenciales desde una perspectiva agrícola²⁷.

El precio de venta de los productores de caña de azúcar está regulado por la Ley 491, promulgada en 1969. Conforme a esa Ley, los productores de caña de azúcar reciben (del ingenio) el 50 por ciento del valor medio de la melaza obtenida de la caña de azúcar

Los fertilizantes y los biocidas se importan, así como la maquinaria para la preparación de la tierra. Actualmente, alrededor del 50 por ciento de la cosecha está completamente mecanizada, el 30 por ciento lo está parcialmente y el 20 por ciento restante se cultiva manualmente. Este último sistema es el más intensivo en mano de obra.

Considerando el caso descrito, y únicamente el producto asociado al AVTUR, la Figura 11 muestra el número de hectáreas adicionales de caña de azúcar necesarias.

Los valores de la Figura 11 no reflejan el tamaño o el número de las instalaciones de refinación, sino únicamente la correspondencia con los objetivos de mezcla para cada vía de producción. Según la información a la que se tiene acceso, se estima que en la República Dominicana existen más de 150 000 hectáreas disponibles para la producción de caña de azúcar.

Los escenarios correspondientes a SIP y ATJ son similares y están relacionados linealmente para todos los parámetros del análisis, siendo las únicas diferencias las debidas al mayor volumen considerado para ATJ (Figura 11). En el caso del ATJ, la hoja de ruta indica que en 2050 podrían ser necesarias aproximadamente 120 000 hectáreas²⁸. El elevado volumen de la demanda requeriría disponer de más de una instalación productora y el país podría experimentar problemas de suministro para lograr esos niveles de producción en 2050 (y mayores riesgos de sostenibilidad).

Teniendo en cuenta que un agricultor podría sostenerse económicamente con la producción de caña de azúcar de un mínimo de 8 ha, el empleo directo podría aumentar (sin tener en cuenta el transporte, la molienda o el procesamiento posterior) en al menos 3 000 empleos fijos en 2050, considerando las hectáreas disponibles de la Figura 11. Además, considerando aproximadamente 1 900 horas de trabajo anuales, la fuerza de trabajo necesaria sería de 0,21 trabajadores equivalentes a tiempo completo por hectárea (FTE/ha)²⁹, lo que supone un incremento de 8 000 empleos (escenario SIP) (Japa, 2016). Todos serían empleos directos y sólo para la fase agrícola de la cadena de valor, pero aumentarían significativamente si también se tiene en cuenta la fase industrial y todos los empleos indirectos asociados. Si hay disponibilidad de tierra para una producción sostenible, el escenario ATJ crearía más de 40 000 empleos directos en la República Dominicana.

Conforme a las cifras anteriores, los salarios estimados acumulados alcanzarían, considerando un ingreso medio de 280 USD/ha, más de 6,7 millones de USD en 2050 (con un valor acumulado de casi 65 millones de USD) para el caso de SIP. Para ATJ, el valor alcanzaría los 33 millones de USD en 2050 (acumulando más de 322 millones de USD en salarios hasta ese momento).

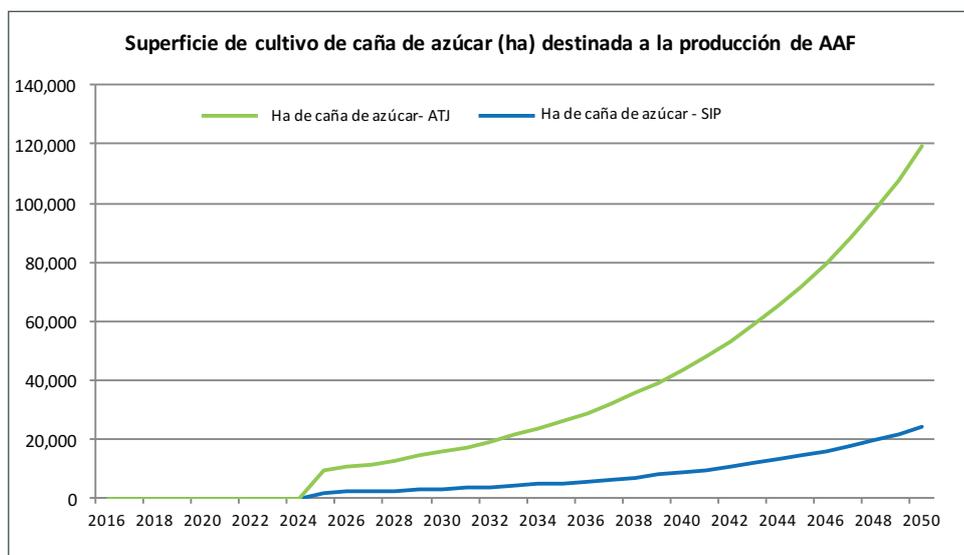


FIGURA 11

Superficie de caña de azúcar necesaria para los dos escenarios de producción de SAF considerados.
Fuente: (Autor)

²⁶ Los márgenes de distribución y transporte contabilizados en la fecha utilizada como referencia en este estudio (22/10/2016) es de hasta un 27,5% adicional al precio de importación.

²⁷ Estos datos han sido facilitados por Coopcaña, una asociación de productores agrícolas de caña de azúcar de la República Dominicana.

²⁸ Obsérvese que, con arreglo a la producción histórica presentada en la sección 4, habría al menos 217 000 hectáreas disponibles.

²⁹ FTE es el indicador de la carga de trabajo "trabajadores equivalentes a tiempo completo" (por sus siglas en inglés).

Además de la creación de empleo, existe un beneficio potencial por ingresos fiscales. Aunque se excluyen los salarios inferiores a 40 000 pesos dominicanos (DOP), los combustibles y lubricantes adicionales necesarios para la producción de AAF aumentarían los ingresos fiscales. Teniendo en cuenta la carga impositiva del 20 por ciento del diésel que sería necesario, el Estado recibiría más de 0,8 millones de USD en 2050 como consecuencia de la producción de SIP prevista en ese escenario (4 millones de USD en el escenario ATJ).

Este análisis costo-beneficio solo es ilustrativo y no pretende servir de base para un análisis de rentabilidad, ya que los datos disponibles son insuficientes. Sin embargo, muestra que no sólo existen costos, sino también beneficios por efecto del desarrollo económico y de las reducciones de las emisiones de GEI que probablemente podrían materializarse económicamente en el futuro considerando la aplicación de mecanismos basados en el mercado. En consonancia con este argumento, el 39º período de sesiones de la Asamblea de la OACI aprobó recientemente el Plan de compensación y reducción de carbono para la aviación internacional de la OACI (CORSIA).

8.3 REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE CO₂

En este estudio se ha considerado que la utilización de SIP o de ATJ producido de manera sostenible a partir de caña de azúcar puede reducir en un 80 por ciento las emisiones de CO₂ en comparación con el combustible para aeronaves convencional (GFAAF, 2016) (Hamelinck, et al., 2013). Dado que la tierra para el cultivo de caña de azúcar considerada en el estudio está actualmente sin uso, y que la caña de azúcar a producir sería adicional a la actual, sin competir con la dedicada a la industria de la alimentación, no se ha aplicado un factor de emisión iLUC. Si algunas de estas premisas cambiaran (por ejemplo, el tipo de tierra utilizada o la competencia con el mercado del azúcar), deberían reevaluarse los ahorros para considerar el potencial iLUC.

Al considerar el suministro de combustible en el país sería erróneo distinguir entre vuelos nacionales e internacionales, ya que es probable que el combustible estaría disponible indistintamente para todos los vuelos de salida.

El Cuadro 3 resume la reducción de las emisiones (en toneladas de CO₂eq) que podrían lograrse utilizando los volúmenes descritos en el estudio de caso al aplicar un factor de reducción del 80 por ciento por cada tonelada sustituida de combustible para aeronaves. Finalmente, la reducción podría ser inferior en función de la eficiencia de la producción o procesamiento y del volumen real de combustible utilizado.

Debido a los menores costos y a un límite más elevado para la mezcla, para ATJ el volumen objetivo es mayor que para SIP. Por lo tanto, la potencial reducción de las emisiones es significativamente mayor para ATJ que para SIP, aunque se consideren las mismas reducciones unitarias. En el año 2050, y aplicando la estrategia del estudio de caso para ATJ, el AAF utilizado podría reducir en aproximadamente un 23 por ciento las emisiones totales de CO₂ que habría producido el combustible para reactores suministrado en todo el país.

Con arreglo a las previsiones del Plan de acción de la República Dominicana (IDAC, 2015), las emisiones procedentes de la aviación internacional (enfoque del IPPC) serían en 2050 casi el doble (4,31 Mt) que en 2020 (1,52 Mt). Por lo tanto, la utilización de SAF puede reducir significativamente los efectos del aumento de las emisiones con relación a la utilización de combustible para reactores convencional.

Las reducciones reales por la utilización de SAF en la aviación deberían evaluarse caso a caso, sobre la base de las normas de sostenibilidad (que calculan las reducciones de CO₂ y garantizan la sostenibilidad de la producción).

CUADRO 3

Reducción de CO₂ equivalente debida a la utilización de AAF con arreglo a las dos hojas de ruta de mezcla analizadas en el estudio de caso, aplicando una reducción máxima teórica de las emisiones de GEI del 80%.

Vía de producción		2020	2030	2050
ATJ	Mezcla objetivo %	5.0%	7.1%	29.3%
	Reducción de GEI (t CO ₂ eq)	63,281	104,983.07	795,259.03
SIP	Mezcla objetivo %	1.0%	1.4%	5.9%
	Reducción de GEI (t CO ₂ eq)	12,656	20,996.61	159,051.81

9. PARTES INTERESADAS

La colaboración entre partes interesadas es esencial para implantar la cadena de valor. La puesta en marcha efectiva de la producción de combustibles alternativos requiere la colaboración entre partes interesadas de diversos sectores.

En particular, el desarrollo y la aplicación de medidas políticas relativas a los SAF, requiere la participación y coordinación de diversas partes interesadas a fin de cubrir todas las áreas de conocimiento necesarias. Tal como se indica en la Figura 3, el ciclo de vida de los combustibles de aviación sostenibles es distinto al del combustible fósil convencional y precisa de la participación de más partes interesadas.

Asimismo, dado el carácter novedoso de los SAF para la aviación, puede ser necesarios esfuerzos adicionales para la creación de capacidades; por ejemplo, los procedimientos de mezcla de combustibles para reactores o el análisis de lotes de combustible conforme a la norma ASTM 7566, requieren capacidades específicas que deben desarrollarse en el país donde se produzcan los AAF para la aviación.

9.1 PARTES INTERESADAS NACIONALES

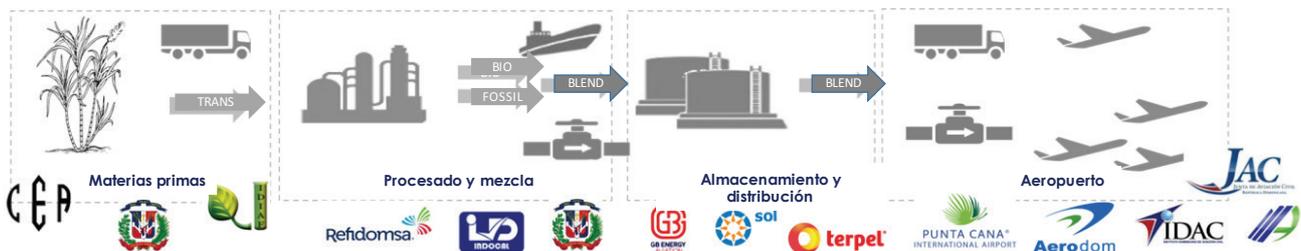


FIGURA 12

Esquema de la cadena de valor con referencias a algunas de las partes interesadas consultadas que podrían apoyar su implementación en el país. Fuente: (Autor)

En el Cuadro 4 se incluye las motivaciones de las partes interesadas de la República Dominicana, así como su función y contribución principal a la cadena de valor. Dichas funciones se describen en la sección 10 en la que también se explica detalladamente la hoja de ruta.

Entidad	Motivación	Función principal
IDAC (Instituto Dominicano de Aviación Civil)	El principal objetivo es reducir las emisiones de CO ₂ procedentes de la aviación, al tiempo que se garantiza la competitividad del sector de la aviación.	Promover, iniciar y apoyar. Supervisar el suministro de combustible y las reducciones de GEI asociadas al uso del combustible AAF.
COOPCAÑA (Cooperativa de productores de caña de azúcar)	Proporcionar alternativas de producción a los productores de caña de azúcar, generando empleo y valor añadido en las zonas rurales.	Apoyar la producción de caña de azúcar mediante el control de la ampliación de los cultivos y la comunicación con los agricultores.
CNE (Comisión Nacional de la Energía)	Regulador del sector de energías alternativas/renovables, debe promover la seguridad del suministro y la sostenibilidad.	Apoyar una nueva regulación y su aplicación, promover el uso de energías renovables.
Ministerio de Medio Ambiente y recursos Naturales	Reducir las emisiones de CO ₂ y de materia particulada (PM) sin afectar negativamente a los bosques u otros usos.	Minimizar los efectos ambientales, supervisar la sostenibilidad y los valores de LUC/iLUC.
Ministerio de Agricultura	Proporcionar alternativas a los agricultores, mejorar la capacidad tecnológica y la productividad.	Maximizar el rendimiento y los impactos sociales.
FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)	Proporcionar alternativas a los agricultores sin afectar a la seguridad alimentaria y el suministro hídrico.	Supervisar cambios en la agricultura y en los usos del agua, así como los efectos sociales.

CUADRO 4 Principales partes interesadas de la cadena de valor de los AAF en la República Dominicana.

CUADRO 4 Principales partes interesadas de la cadena de valor de los AAF en la República Dominicana. (continued)

Entidad	Motivación	Función principal
REFIDOMSA (refinería de combustibles fósiles)	Nuevos combustibles basados en hidrocarburos a fin de diversificar el mercado para abordar la demanda (+ flexibilidad).	Supervisar el proceso de mezcla y las operaciones en el mercado. Proporcionar combustible de origen fósil para reactores que sea adecuado para las mezclas.
INAZUCAR (Instituto Azucarero Dominicano)	La actividad de INAZUCAR no se ve afectada, pero sus conocimientos pueden ayudar a la evaluación del mercado.	Supervisar la rentabilidad de la caña de azúcar. Vigilancia del mercado de la caña de azúcar.
MIC (Ministerio de Industria y Comercio)	Regulador del sector de las energías alternativas; debe promover la seguridad del suministro y la sostenibilidad.	Apoyar una nueva regulación y su aplicación, incluidas las normas que a tal efecto se adopten.
Ministerio de Energía y Minas	Regulador de las energías alternativas/ renovables, debe promover la seguridad del suministro y la sostenibilidad.	Apoyar una nueva regulación y su aplicación; promover el uso de energías renovables.
CNCCMDL (Consejo Nacional para el Cambio Climático y Mecanismo de Desarrollo Limpio)	Reducir las emisiones de GEI de iniciativas nacionales que puedan contabilizarse a nivel nacional.	Maximizar el apoyo que pueda obtenerse de la reducción de las emisiones de CO ₂ (créditos).
IDIAF (Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales)	Desarrollar variedades de caña de azúcar de mayor rendimiento, específicas para la producción de AAF, que no interfieran en la producción de azúcar.	Apoyo a la investigación y desarrollo agrícola para aumentar el rendimiento de la producción de alcoholes (AAF).
PAWA (principal línea aérea dominicana)	Apoyar la reducción de las emisiones de CO ₂ (alternativa a otras opciones) y disponer de un suministro local.	Supervisar los potenciales efectos sobre las líneas aéreas del precio del combustible y ayudar en la definición de la hoja de ruta en función de la evolución de los precios del combustible.
Proveedores de combustible (es decir, grupo GB, Sol o Terpel)	Diversificar su catálogo de productos para clientes que puedan estar interesados en los AAF.	Participar en el diseño de la política de combustibles (mandato), la hoja de ruta y los reglamentos para su aplicación.
Gestores de aeropuertos	Diversificar su catálogo de productos para clientes que puedan estar interesados en los AAF al tiempo que se mejora el perfil medioambiental del aeropuerto (y la calidad del aire local).	Participar en el diseño de la política sobre combustibles (mandato), la hoja de ruta y los reglamentos para su aplicación. Supervisar los efectos sobre la aviación/el sector turístico.

9.2 COOPERACIÓN INTERNACIONAL

En el Cuadro 4 se mencionan las partes interesadas locales. Sin embargo, las partes interesadas de otros Estados también pueden jugar un papel importante que complementa algunos de los elementos de la cadena de valor. Por ejemplo, el 13 de septiembre de 2005 se firmó en Guatemala un acuerdo de entendimiento (MoU) entre la República Dominicana y Brasil en las áreas de producción técnica y de utilización del etanol como combustible, que sigue estando en vigor. Este MoU establece que ambos países colaborarán de forma recíproca, y cuando se solicite, en el desarrollo de técnicas de producción y el uso del etanol como combustible. El MoU no incluye objetivos, hoja de ruta o estrategias específicas. Este MoU con Brasil podría servir de base para un nuevo acuerdo en el que se enmarque el uso de los SAF, ámbito en el que Brasil tiene experiencia en el desarrollo tecnológico y en la mejora de la producción de caña de azúcar.

Asimismo, Trinidad y Tabago, que cuenta con abundantes recursos de hidrógeno, pero que no produce cantidades significativas de materia prima, podría ser un aliado interesante en la producción de SAF. Dado que el hidrógeno es necesario para la refinación de SAF, podría alcanzarse un acuerdo de suministro mutuo.

Además, en el marco del Acuerdo de Libre Comercio entre Centroamérica, la República Dominicana y Estados Unidos de América (DR-CAFTA), el etanol exportado desde la República Dominicana a Estados Unidos de América tiene un tratamiento aduanero especial. Estados Unidos de América ha desarrollado una legislación relativa al uso de los SAF que contempla incentivos (normativa sobre combustibles renovables). También es un dato reseñable que más del 60 por ciento de los no residentes que visitan la República Dominicana procedan de Estados Unidos de América (Banco Central de la República Dominicana, 2016). Por lo tanto, un acuerdo entre Estados Unidos de América y la República Dominicana sería beneficioso para el sector turístico.

10. PRINCIPALES CONCLUSIONES

En esta sección se resumen las principales conclusiones del estudio de viabilidad. Estas conclusiones se refieren a la visión del diseño e implementación de una cadena de valor para la producción y utilización de combustibles de aviación sostenibles en la República Dominicana con el objetivo de reducir las emisiones de CO₂ procedentes de la aviación, aumentar el empleo rural, impulsar el desarrollo local y obtener beneficios a largo plazo para el sector turístico.

RETOS:

- Demanda actual de combustibles de 400 000 t/año, que se prevé alcance 1,4 Mt/año en 2050, aumentando la necesidad de importación de energía y las emisiones de CO₂.
- Mercados de la energía muy regulados.
- Mercado de los combustibles para la aviación dependiente de las importaciones.
- Inexistencia actual de fuentes de suministro de petróleo o de residuos significativas que puedan utilizarse como materia prima sin afectar negativamente a otros mercados.
- Inexistencia de instalaciones productivas que puedan adaptarse a la producción de SAF.
- Industria del azúcar en declive. La superficie dedicada a la producción de caña de azúcar se ha reducido de casi 300 000 hectáreas en 1985 a menos de 100 000 hectáreas en 2015. Las causas son diversas, pero si bien muestra que existe tierra disponible para el cultivo de caña de azúcar, también refleja la falta de competitividad del sector.
- Industria azucarera muy regulada, con cuotas de producción de azúcar, lo que es un obstáculo para la expansión del cultivo. La producción de caña de azúcar para SAF permitiría superar ese límite siempre que la producción se destine a SAF y no a azúcar.
- Carencia de una industria tecnológica y de investigación en materia de combustibles para la aviación. Aunque existe una instalación para la refinación de combustible AVTUR, su capacidad ya está comprometida y es inferior a la demanda actual de AVTUR. No existen en el país partes interesadas con el conocimiento tecnológico necesario para implantar una tecnología aprobada de SAF (es decir, FT, HEFA, SIP o ATJ). Por lo tanto, el país necesitaría desarrollar esa capacidad o bien acometer esa actividad con la ayuda de una parte interesada externa con experiencia.
- Escasa planificación del uso de la tierra y control agrícola. Los datos disponibles sobre el uso de la tierra son muy limitados, lo que podría ser un riesgo para la ampliación del cultivo destinado a la producción de la materia prima. Ello puede afectar a la sostenibilidad de la cadena de valor y debería ser objeto de supervisión. No obstante, en el país existen proyectos en curso que abordan la cuestión de la calidad de esa información, particularmente con relación a zonas forestales, lo que contribuiría a superar este reto.

FORTALEZAS:

- Experiencia contrastada en la producción de caña de azúcar. La República Dominicana es un país con una larga tradición en la producción de caña de azúcar, que cuenta con recursos de investigación sobre su cultivo y la mejora de variedades.
- Existencia de tierra adecuada para la caña de azúcar no utilizada o disponible; la superficie dedicada a la producción de caña de azúcar ha disminuido desde casi 300 000 hectáreas en 1985 a menos de 100 000 hectáreas en 2015, y según las fuentes consultadas, la mayoría de esas hectáreas han sido abandonadas o utilizadas para cultivos menos eficientes, como pastos de baja calidad. Este abandono ha supuesto un aumento de la pobreza y el desempleo. El gobierno actual está analizando proyectos para revitalizar las zonas afectadas mediante la producción de caña de azúcar y, en ese sentido, la producción de SAF podría ser una oportunidad de desarrollo que ofrece beneficios sociales además de climáticos.
- Existencia de instalaciones para el almacenamiento próximas a los principales aeropuertos y zonas de producción de caña de azúcar que podrían ser adecuadas para la producción y distribución de SAF, diversificar el suministro y reducir el riesgo de desabastecimiento de los aeropuertos.
- Buena ubicación para el suministro a los mercados de Estados Unidos de América y del Caribe. En caso de superávit de SAF, el país tendría potencial para su exportación.
- Marco político adecuado para el establecimiento de mandatos. Existen precedentes de mandatos sobre el uso de bioetanol. Además, actualmente el gobierno fija el precio en el mercado de hidrocarburos y existe un régimen fiscal especial para el AVTUR. Asimismo, existe interés político en el crecimiento del sector de la aviación. Todo ello podría contribuir, en su conjunto, a establecer un mercado regulado para los SAF que permita superar las barreras de mercado que frenan su desarrollo.
- Existencia de precedentes de cooperación internacional en materia de combustibles alternativos (Brasil, Estados Unidos de América)

11. HOJA DE RUTA RECOMENDADA (CONCLUSIONES)

Con arreglo a los resultados del estudio de viabilidad arriba resumidos, la hoja de ruta recomendada para la introducción de combustibles de aviación alternativos en la República Dominicana es la siguiente.

Primera fase: fortalecimiento de la cooperación y creación de capacidad (2017 - 2018).

La República Dominicana tiene competencias y una posición ventajosa con relación a varios componentes de la cadena de valor en lo relativo a la producción de caña de azúcar como materia prima. No obstante, la República Dominicana carece de experiencia en otras áreas, incluida la tecnología, para lo que necesitará ayuda externa (lo más probable sería contar con un proveedor de tecnología o una empresa de producción con experiencia). Asimismo, tal como se ha señalado en la sección 9, la cadena de valor de los SAF es más compleja y requiere la cooperación de más partes interesadas. Por lo tanto, una primera fase de gran importancia en la hoja de ruta es establecer vías de cooperación a nivel local e internacional para crear las capacidades adecuadas y evitar errores durante la ejecución que puedan socavar la viabilidad del proyecto

- **Establecer mecanismos para incrementar la colaboración y compartir información sobre posibles barreras y soluciones para la producción y distribución de combustibles de aviación sostenibles, incluida la creación de capacidad.**
 - Establecimiento de acuerdos de colaboración (como el acuerdo incluido en el Anexo I) en virtud de los que varias partes interesadas se comprometan a abordar el asunto conjuntamente.
 - Desarrollo de capacidades mediante cursos de formación y talleres. Las principales áreas de formación incluyen:
 - mejora del rendimiento de la caña de azúcar, al tiempo que se mantienen los niveles más elevados posibles de reducción de GEI (en áreas como fertilizantes, gestión, maquinaria, molienda y residuos);
 - implementación de normas sobre sostenibilidad y auditoría de las mismas;
 - tecnologías de refinación de SAF;
 - normas de calidad y mezcla de SAF;
 - mercados de SAF (y mercados de CO₂).
- **Estudiar las posibilidades de colaboración con otros países en materia de tecnología, suministros o sobre el mercado. En particular, y tal como se ha mencionado en la sección 9.2, con:**
 - Brasil, que tradicionalmente ha colaborado con la República Dominicana en materia de bioenergía y que está dando pasos hacia la producción de combustibles alternativos para reactores.
 - Trinidad y Tabago, que también tiene interés, como parte del proyecto entre la OACI y la UE, en la producción y uso de combustibles de aviación sostenibles.
 - Estados Unidos de América, que mantiene una política decidida de apoyo al desarrollo de energías alternativas y que tiene acuerdos comerciales con la República Dominicana en la esfera de los combustibles alternativos.

Segunda fase: demostración del potencial (de 2018 a 2020).

Antes de acometer cualquier inversión, es recomendable desarrollar elementos intermedios que ayuden a demostrar el potencial real de la producción de SAF. Ello contribuirá a reforzar las capacidades de producción (materia prima e infraestructura), al tiempo que se aborda el estudio de las barreras del mercado, lo que potencialmente reduce los riesgos de la inversión.

- **Adaptar el sistema regulatorio y logístico a los combustibles para la aviación, considerando todas las regulaciones aplicables a nivel internacional que consideran la utilización de combustibles alternativos (ASTM, DEF STAN, AFQRJOS...).**
 - A nivel de los aeropuertos, los gestores aeroportuarios deberían considerar y permitir el uso de combustibles alternativos, autorizando a los proveedores que decidan comprar o importar combustible alternativo. Incluso aunque no exista una diferenciación formal entre la mezcla certificada por la ASTM y el combustible fósil común Jet A-1, la autorización da confianza a los usuarios al reconocerse la posibilidad de usar combustibles alternativos.
 - Las normas de certificación de la calidad de los hidrocarburos para combustibles de aviación deberían considerar la capacidad potencial de producción y mezcla de combustibles alternativos en el sistema nacional.
- **Sensibilizar a la opinión pública. Es importante dar a conocer al público los esfuerzos que se están realizando con miras a la utilización de combustibles alternativos, principalmente en aeropuertos. Ello contribuiría a su aceptación pública y a impulsar los beneficios para el sector turístico y el potencial interés de inversores.**
 - Podría establecerse un proyecto piloto en el que los pasajeros pudieran decidir en el aeropuerto local su contribución al desarrollo de los SAF (por ejemplo, mediante la compra de “billetes ecológicos”). A cambio, podría entregarse un certificado de compensación de emisiones de CO₂, particularmente a viajeros de negocios. En un principio, cuando aún no exista una oferta de combustible alternativo producido en el país, podría establecerse un fondo para la ulterior compra o producción del combustible.
- **Incrementar la investigación dedicada al estudio de la capacidad de las materias primas. Las recomendaciones deben centrarse en desarrollos basados en los desechos de la caña de azúcar y lignocelulósicos de los productos de la caña de azúcar. En esta fase también deberían explorarse más intensamente los residuos sólidos urbanos, ya que la gestión de éstos puede cambiar en el futuro, o las tecnologías utilizadas para procesar dichos residuos podrían reducir los volúmenes necesarios.**
 - Es necesario demostrar la capacidad de producción de materia prima antes de ejecutar la fase de transformación (refinería). Es recomendable que la hoja de ruta establezca una etapa

intermedia de producción, por ejemplo, la producción de bioetanol para el transporte por carretera, cuya tecnología es más sencilla y tiene menos riesgos que el SIP o ATJ. Es recomendable estabilizar los volúmenes y los costos de la materia prima (incluyendo, por ejemplo, la mejora de las variedades de caña de azúcar), así como de los consumibles, antes de tomar la decisión final de inversión en una refinería.

- Es fundamental garantizar que la caña de azúcar necesaria pueda producirse de forma sostenible, sin interferir en la actual producción de azúcar, otros alimentos, alcoholes o en la conservación de la naturaleza (incluida la gestión hídrica), que deberían ser analizada y supervisada en esta fase. En esta fase también pueden estudiarse y cuantificarse los beneficios para el desarrollo rural.

- **Investigación macroeconómica. Estudio de los potenciales beneficios económicos (y de otro tipo) de la puesta en marcha de vías de producción. Por ejemplo, los efectos indirectos, la resiliencia, los distintos escenarios fiscales y escenarios turísticos asociados a la nueva industria, para compararlos con los costos necesarios para reducir la diferencia de precios.**
 - Realizar estudios económicos sobre los combustibles para reactores de aviación a fin de analizar el riesgo de reducción de las toneladas-kilómetro de pago (RTK) si aumenta el precio del combustible (o los potenciales beneficios si éste disminuye) como consecuencia de la introducción de los SAF en el país.

Tercera fase: establecer la demanda y los mecanismos de distribución (a partir de 2020).

Una vez evaluados los resultados de las fases anteriores, se define la posible implementación de la cadena de valor para combustibles alternativos, conforme a normas de sostenibilidad reconocidas.

- Examinar la elección de la caña de azúcar como materia prima, la situación del mercado y las previsiones.
- Confirmar que ATJ sigue siendo la mejor tecnología, analizar la materia prima disponible, la infraestructura y la eficiencia en términos costo/energía de otros procesos disponibles (si los hubiera). Es posible que en un plazo de cuatro años pueda resultar más adecuado utilizar otras tecnologías, como por ejemplo ATJ a partir de alcoholes más simples que el isobutanol.
- Establecer incentivos que garanticen la implementación, para lo que se recomienda establecer un mandato que tengan en cuenta los resultados de los estudios de evaluación del impacto económico.
- Cumplir, si se determina la viabilidad de la construcción de la refinería de AAF, el mandato sobre el porcentaje de mezcla con arreglo a la capacidad de la refinería. Estudiar la potencial capacidad exportadora de combustible a la región.

Esta hoja de ruta solo puede ejecutarse con la estrecha colaboración de las partes interesadas. El Cuadro 5 recoge las posibles actividades y funciones a desarrollar en su implementación por las partes interesadas.

La República Dominicana tiene una larga tradición en el cultivo de caña de azúcar así como en la disponibilidad de tierra para su cultivo. También cuenta con un potente sector de la aviación, debido a su importante industria turística. Ello contrasta con una elevada vulnerabilidad al cambio climático, una fuerte dependencia energética del exterior y un mercado de hidrocarburos muy regulado. En su conjunto, todas estas características hacen del país un candidato idóneo para la producción y uso de combustibles de aviación sostenibles.

CUADRO 5 Posibles actividades y funciones de las partes interesadas en la implementación de la hoja de ruta.

Fase	Actuación	Actividad	Parte interesada-Función	Objetivos	Año
1 ^a	Aumentar la colaboración e intercambiar información	Firma de acuerdos	Se recomienda que firmen: MIC, CNE, IDAC, Punta Cana, Vinci	<ul style="list-style-type: none"> • Acuerdos firmados; • Informe anual sobre barreras a los combustibles alternativos y progresos realizados; • Debates sobre la hoja de ruta y las actividades. 	2017
2 ^a	Adaptar el sistema regulatorio y logístico	Revisión de la ley 57-05 para la inclusión de disposiciones sobre SAF (regulación en materia de impuestos, aceptación, calidad/sostenibilidad y contabilización de CO ₂)	CNE, MIC, Refidomsa, Indocal, CNCCMDL	Adaptación a los SAF: <ul style="list-style-type: none"> • Reglamento sobre hidrocarburos; • Reglamento sobre bioenergía; • Reglamento sobre el sistema logístico; • Reglamento sobre la calidad; • Reglamento fiscal; 	2018
2 ^a	Sensibilización pública	Dar a conocer los esfuerzos destinados a fomentar el uso de combustibles alternativos, principalmente en los aeropuertos	Vinci (Aerodom), Punta Cana, Comisión de aeropuertos, IDAC	<ul style="list-style-type: none"> • Publicidad de los SAF en los aeropuertos de Santo Domingo y Punta Cana; • Plan de contribución voluntaria de los pasajeros (billetes ecológicos), contribución a un fondo. 	2018
2 ^a	Aumentar la investigación sobre la capacidad de las materias primas.	Desarrollo de tratamientos de desechos de la caña de azúcar y lignocelulósicos (particularmente de grandes industrias agrícolas del país). También podrían explorarse con más profundidad las posibilidades de los residuos sólidos urbanos.	Ministerios de Medio Ambiente y de Agricultura, IDIAF, COOPCAÑA	<ul style="list-style-type: none"> • Estudio de la producción sostenible de caña de azúcar, superficie máxima, variedades, maquinaria, costos y rendimientos; • Proyecto de demostración con la capacidad de producción y transformación real de caña de azúcar. Es recomendable adoptar pasos intermedios asociados al bioetanol. 	2019 2020
2 ^a	Investigación macroeconómica.	Estudiar los potenciales beneficios económicos (y otros) derivados de la implementación de las vías de producción.	El MIC, con el apoyo de la CNE, el Ministerio de Agricultura, la COOPCAÑA	<ul style="list-style-type: none"> • Estudio económico de los beneficios; • Estudio económico de los precios del combustible de aviación en la región (para prevenir el sobre-repostado y el desvío de vuelos). 	2019
3 ^a	Proyecto de implementación de la cadena de valor conforme a una norma de sostenibilidad reconocida.	Examinar la elección de la caña de azúcar como materia prima, la situación del mercado y las previsiones. Elegir la mejor tecnología aplicable (comenzando con ATJ). Seleccionar incentivos que garanticen la implementación, en relación con la cual se recomienda establecer un mandato.	Todas las partes interesadas	<ul style="list-style-type: none"> • Proyecto para la instalación de una refinería de SAF. 	2021
3 ^a	Implementar los incentivos	Si finalmente puede construirse la refinería de AAF, establecer un mandato relativo a la mezcla en términos porcentuales (%) con arreglo a la capacidad de la refinería. Estudiar el potencial de exportación de combustible a la región.	CNE	<ul style="list-style-type: none"> • Incentivos implantados para velar por la estabilidad de la producción; • Definición de la hoja de ruta relativa a la mezcla, uso de coproductos y posibilidades de exportación; 	2022
3 ^a	Construcción y operación de la refinería	Implementación del proyecto, ensayos y producción.	Consortio con inversores	<ul style="list-style-type: none"> • La refinería ha sido construida y está en funcionamiento. 	2025

Nota: Esta lista de actividades y objetivos debe ser debatida con las partes interesadas durante las fases de implementación y desarrollo para adaptar la hoja de ruta a las necesidades. Entre los eventos que podrían requerir cambios están la introducción de nuevas tecnologías, los cambios en las condiciones de sostenibilidad y/o los cambios en las responsabilidades de las partes interesadas.

12. REFERENCIAS

- Alberici, S., Spöttle, M. & Toop, G., 2014. Assessment of sustainability standards for biojet fuel. Final Report, Berlin: ECOFYS.
- ASONAHORES, 2016. Boletín estadístico, n.168, Santo Domingo: s.n.
- Banco Central de la República Dominicana, 2016. Estadísticas Turísticas 2015, Santo Domingo: Departamento de Cuentas Nacionales y Estadísticas Económicas.
- Bauen, A., Howes, J., Bertuccioli, L. & Chudziak, C., 2009. Biofuels in aviation, s.l.: E4tech.
- Bioqueroseno.com, 2016. [En línea] Disponible en: <http://www.bioqueroseno.com/default.aspx> [Consultado el 16 11 2016].
- Christie, S., 2016. Emissions report and database of systems key performance parameters, s.l.: D4.9 ITAKA project.
- Chuck, C., 2016. Biofuels for Aviation: Feedstocks, Technology and Implementation. s.l.: Academic Press.
- CNE, 2004. Plan Energético Nacional 2004-2015, Santo Domingo: s.n.
- Csonka, S., 2016. Introduction. Alexandria (Virginia), http://www.caafi.org/information/pdf/2_Intro_Csonka_CAAFI_04282016.pdf.
- Daliza Bonifacio, F., 2010. Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos Domiciliarios en el Municipio de Neyba (Rep. Dominicana), Madrid: EOI.
- Davis, R. et al., 2013. Biological conversion of sugars to hydrocarbons technology pathway, s.l.: NREL, National Renewable Energy Laboratory .
- De Jesus Johnson, F. & Hernández Díaz-Ambrona, C. G., 2015. Agricultura y pobreza en República Dominicana. "VII Congreso de Estudiantes Universitarios de Ciencia, Tecnología e Ingeniería Agronómica". Madrid, s.n.
- DGII, 2015. Raking de empresas 2015, Santo Domingo: Departamento de Estudios Económicos y Tributarios.
- EEX, 2016. EEX. [en línea] Disponible en: <https://www.eex.com/en/market-data#/market-data> [Consultado el 30 08 2016].
- FGV PROJETOS, 2014. Elaboración de un proyecto agrícola del producción de caña de azúcar en la República Dominicana, s.l.: CNE / BID.
- GBEP, 2016. Global Bioenergy Partnership. [en línea] Disponible en: <http://www.globalbioenergy.org/> [Consultado el 30 08 2016].
- GFAAF, 2016. GFAAF. [en línea] Disponible en: <http://www.icao.int/environmental-protection/GFAAF/Pages/default.aspx> [Consultado el August 2016].
- GFAAF, 2016. GFAAF Initiatives and Projects. [en línea] Disponible en: <http://www.icao.int/environmental-protection/GFAAF/Lists/Initiatives%20and%20Projects/projects.aspx> [Consultado el 28 08 2016].
- Hamelinck, C., Cuijpers, M., Spoettle, M. & van den Bos, A., 2013. Biofuels for aviation, s.l.: Ecofys.
- IATA, 2016. IATA 2015 Report on Alternative Fuels, Montreal-Geneva: s.n.
- OACI, 2007. Circular 313 – Perspectivas de transporte aéreo hasta el año 2015, s.l.: s.n.
- OACI, 2010. 37ª Asamblea de la OACI. Resolución A37-19: Declaración consolidada de las políticas y prácticas permanentes de la OACI relativas a la protección del medio ambiente , Montreal: s.n.
- OACI, 2011. Guidance Material for the Development of States' Action Plans. s.l.:s.n.
- OACI, 2013. Cir 303 -AN/176 Operational Opportunities to Minimize Fuel Use and Reduce Emissions, Montreal: s.n.
- OACI, 2016b. ICAO Environmental Report, Montreal: ICAO.
- OACI, 2016. Why introduce Alternative Fuels in Aviation?. [en línea] Disponible en: <http://www.icao.int/environmental-protection/Pages/AlternativeFuels-QuestionsAnswers.aspx> [Consultado el 14 12 2016].
- OACI, 2017b. Segunda Conferencia sobre la aviación y los combustibles alternativos (CAAF2) - CAAF/2-WP/10. [en línea] Disponible en: <https://www.icao.int/Meetings/CAAF2/Pages/default.aspx>
- OACI, 2017. Segunda Conferencia sobre la aviación y los combustibles alternativos (CAAF2) - CAAF/2-WP/03 Definiciöens. [en línea] Disponible en: <https://www.icao.int/Meetings/CAAF2/Documents/CAAF.2.WP.003.1.en.pdf> [Consultado el 09 2017].
- IDAC, 2015. Plan de Acción para Reducción de Emisiones de CO2 procedentes de la aviación civil internacional en República Dominicana, Santo Domingo: s.n.
- IDB, 2016. IDB - Countries- Dominican Republic. [En línea] Disponible en: <http://www.iadb.org/en/countries/dominican-republic/dominican-republic-and-the-idb,1089.html> [Consultado el August 2016].
- INAZUCAR, 2015. Memoria institucional, s.l.: s.n.
- INAZUCAR, 2016. [En línea] Disponible en: http://www.inazucar.gov.do/mapa_ubicaciones.htm [Consultado el 11 09 2016].
- International Monetary Fund, 2016. World Economic Outlook Database. April ed. s.l.:s.n.
- IPCC, 1999. Aviation and the Global Atmosphere. Cambridge: Cambridge University Press.
- IPCC, 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds) , Japón: IGES.

- ISO, 2006. ISO 14040:2006(E), Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework.. s.l.:s.n.
- ISO, 2013. ISO/TS 14067:2013 Greenhouse gases Carbon footprint of products - Requirements and guidelines for quantification and communication.. s.l.:s.n.
- ISO, 2015. ISO 13065:2015, Sustainability criteria for bioenergy. s.l.:s.n.
- Jaimurzina, A. et al., 2015. Transporte y política aérea en América Latina y el Caribe en el contexto del desarrollo sostenible. Boletín FAL, p. 8.
- Japa, J. A., 2016. Personal communication, s.l.: s.n.
- Jong, S. d. et al., 2015. Modeling and Analysis: The Feasibility of Short-term Production Strategies for Renewable Jet Fuels. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 9(DOI: 10.1002/bbb), p. 778–800.
- JRC, 2010. ILCD Handbook: General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance. 1st ed. s.l.:European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability.
- Karatzos, S., McMillan, J. D. & Saddle, J. N., 2014. The Potential and Challenges of Drop-in Biofuels, s.l.: IEA Bioenergy Task 39.
- Klein-Marcuschamer, D. et al., 2013. Technoeconomic analysis of renewable aviation fuel from microalgae, *Pongamia pinnata*, and sugarcane. *Biofuels, Bioprod. Bioref.* 2013, 7(4), pp. 416-428.
- Lane, J., 2016. *Biofuels Digest*. [En línea] Disponible en: <http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2016/08/17/the-rinferno-as-it-burns-up-americas-venture-into-advanced-biofuels/> [Consultado el 17 08 2016].
- Lapeña, J. E., 2008. Diagnostico Sector Hidrocarburos, s.l.: s.n.
- Mawhood, R. et al., 2016. Production pathways for renewable jet fuel: a review of commercialization status and future prospects. *Biofuels, Bioprod. Bioref.*, Volume 10, p. 462–484.
- McIntyre, A. et al., 2016. Caribbean Energy: Macro-Related Challenges, s.l.: Fondo Monetario Internacional.
- Michel, J., 2016. CORE-JetFuel. s.l., http://www.core-jetfuel.eu/Shared%20Documents/O2-CAAFI-CORE-JetFuel_Cooperation_Workshop_Alexandria_Michel.pdf.
- Miller, B., 2016. Personal communication [entrevista] (14 09 2016).
- Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo, 2013. Primer informe anual de avance en la implementación de la Estrategia Nacional de Desarrollo 2030, y cumplimiento de los objetivos y metas plan plurianual del sector público, Santo Domingo: s.n.
- Ministerio de Hacienda, 2016. Gastos Tributarios en República Dominicana estimación para el Presupuesto General del Estado del año 2016. [en línea] Disponible en: <http://www.dgii.gov.do/informacionTributaria/publicaciones/estudios/Documents/GastoTributario2016.pdf> [Consultado el 21 08 2016].
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2012. Atlas de Biodiversidad y Recursos Naturales de la República Dominicana. Santo Domingo: s.n.
- Nogueira, L. et al., 2015. Sustainable development and Innovation. In: *Bioenergy & Sustainability: Bridging the Gaps*. Paris: Cedex, pp. 184-217.
- Núñez L., J. P., 2009. Estudio de Mercado del Proyecto de Importación, Almacenamiento y Distribución y/o Comercialización de Alcohol Etilico Desnaturalizado. s.l., s.n.
- Nuñez, J. P., 2012. Marco Legal y Posibilidades de Negocios en Biocombustibles en República Dominicana, Santo Domingo: s.n.
- Nuñez, J. P., 2012. Marco Legal y Posibilidades de Negocios en Biocombustibles en República Dominicana. Brasil, s.n.
- Peña, J. et al., 2007b. Propuesta de aprovechamiento de la capacidad instalada de extracción de aceite para el fomento de la producción de biodiesel, Santo Domingo: IDIAF.
- Peña, J. et al., 2007. Estudio base sobre la producción y comercialización de oleaginosas para biodiesel en la República Dominicana, Santo Domingo: IDIAF.
- Refidomsa, 2016. Personal communication [entrevista] (09 2016).
- Rossi Machado Jr., G., 2007. Diagnóstico de la producción de etanol por medio de la caña de azúcar. , Piracicaba, SP – Brasil: BID/CEPAL.
- RSB, 2013. RSB-STD-01-001 (Version 2.1) RSB Principles and Criteria, s.l.: s.n.
- RSB, 2015. RSB-STD-04-001-ver.0.3- RSB Low iLUC Risk Biomass Criteria and Compliance Indicators, Ginebra: s.n.
- US Energy Information Administration, 2016. US Energy Information Administration. Independent Statistics & Analysis. [en línea] Disponible en: <http://www.eia.gov/outlooks/aeo/data/browser/?src=-f1#/?id=12-FE2014®ion=0-0&cases=fe2014&start=2016&end=2040&f=A&linechart=fe2014-d102413a.3-12-FE2014~fe2014-d102413a.75-12-FE2014&ctype=linechart&chartindexed=1&sid=fe2014-d102413a.75-12-FE2014&sourcek> [Consultado el 14 12 2016].
- USDA, 2006. The economic feasibility of ethanol production from sugar in the United States, s.l.: s.n.
- Wang, W.-C. et al., 2016. Review of Biojet Fuel Conversion Technologies, Golden, CO: NREL.
- Yao, G., Staples, M., Malina, R. & Tyner, W., 2016. Stochastic Techno-Economic Analysis of Alcohol-to-Jet Fuel Production.. In 2016 Annual Meeting, July 31-August 2, 2016, Boston, Massachusetts (No. 235479), Agricultural and Applied Economics Association.

13. ANEXO I

RESUMEN DE LA HOJA DE RUTA RECOMENDADA

REPÚBLICA DOMINICANA HOJA DE RUTA PARA LA INTRODUCCIÓN DE COMBUSTIBLES DE AVIACIÓN SOSTENIBLES (SAF)

VISIÓN

Diseñar e implementar una cadena de valor para la producción y uso de combustibles alternativos sostenibles para la aviación en la República Dominicana a fin de reducir las emisiones de CO₂ procedentes de la aviación, aumentar el empleo rural, impulsar el desarrollo local y ofrecer beneficios a largo plazo al turismo

FORTALEZAS

Conocimiento experto sobre la producción de caña de azúcar

Tierra no utilizada o disponible adecuada para la caña de azúcar

Recursos para el almacenamiento ubicados cerca de los principales aeropuertos y zonas productoras de caña de azúcar

Buena ubicación para el suministro a los mercados de EE.UU. o del Caribe

DESAFÍOS

Mercados de la energía muy regulados

Mercado de combustibles de aviación dependiente de las importaciones

Industria de la azúcar en declive, muy regulada

Carencia de industria tecnológica y de investigación

Escasa planificación del uso de la tierra y control agrario

PRIMERA FASE (2017-2018) Fortalecer la colaboración y la creación de capacidades	SEGUNDA FASE (2018-2020) Demostrar el potencial	TERCERA FASE (DESDE 2020) Establecer la demanda y los mecanismos de introducción
<p>Colaboración local y creación de capacidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> Establecer medidas para aumentar la colaboración y el intercambio de información Fortalecimiento de las capacidades sobre las materias primas, la sostenibilidad, la refinación, la calidad, los ensayos y el mercado <p>Internacional. Estudiar potenciales colaboraciones con otros países sobre la tecnología, el suministro o el mercado (por ejemplo, Brasil, Trinidad y Tabago o Estados Unidos de América)</p>	<p>Adaptación del sistema regulatorio y logístico: uso de SAF debe estar contemplado en la regulación relativa a combustibles para reactores, incluyendo normas de calidad.</p> <p>Sensibilización pública: Difundir la hoja de ruta para lograr su aceptación pública y atraer inversores.</p> <p>Aumento de la investigación sobre la capacidad de la materia prima.</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar y demostrar la capacidad potencial de producción sostenible de grandes volúmenes de caña de azúcar <p>Investigación macroeconómica. Realizar estudios económicos sobre combustibles de aviación para reactores a fin de evaluar el impacto económico de introducir los SAF en el país.</p>	<p>Examen de la elección de la caña de azúcar como materia prima, situación del mercado y previsiones.</p> <ul style="list-style-type: none"> Confirmar que ATJ sigue siendo la tecnología más adecuada, analizar la materia prima disponible, la infraestructura y la eficiencia costo/energía de otros procesos disponibles (si los hubiera). <p>Selección de incentivos que garanticen la implementación, teniendo en cuenta los resultados de los estudios de evaluación del impacto económico.</p> <p>Establecimiento de un mandato relativo al % de mezcla con arreglo a la capacidad de la refinería. Considerar la capacidad potencial de exportar combustible a la región.</p>

14. ANEXO II

A continuación se incluye una declaración conjunta para la implementación de la hoja de ruta presentada en este informe de orientación que fue firmada el 16 de diciembre de 2016 en Punta Cana (República Dominicana) durante el tercer seminario sobre “Creación de capacidad para la mitigación de las emisiones de CO2 procedentes de la aviación internacional” en el Caribe.



DECLARACIÓN DE PUNTA CANA

IMPLEMENTACIÓN DE UNA HOJA DE RUTA PARA EL DESARROLLO Y USO DE COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS SOSTENIBLES PARA LA AVIACIÓN EN LA REPÚBLICA DOMINICANA

Los representantes del Estado Dominicano, reunidos en Punta Cana, República Dominicana, el 16 de Diciembre de 2016, conscientes de la importancia y trascendencia de las cuestiones de medio ambiente y cambio climático, y alentados por las iniciativas globales para el desarrollo y uso de combustibles sustentables para la aviación, como una estrategia a largo plazo para el transporte aéreo;

Considerando: Que la aviación es una industria clave a nivel mundial, particularmente relevante en un estado insular como la República Dominicana. El sector turístico e industrial en el país depende enormemente de un transporte aéreo eficiente y sostenible, que apoye el desarrollo y crecimiento económico;

Considerando: Que el cambio climático es uno de los mayores retos a los que se enfrenta la humanidad y, particularmente, la República Dominicana como país en vías de desarrollo altamente vulnerable a los efectos resultantes de este fenómeno global;

Considerando: Que a nivel global, la industria de aviación ha establecido de forma proactiva un conjunto de ambiciosas metas para reducir sus emisiones, mejorando la eficiencia energética de la flota mundial en promedio un 1.5% anual, estabilizando las emisiones de CO₂ netas de la aviación a los niveles de 2020 (crecimiento neutro en carbono) y emitiendo en 2050 la mitad de las emisiones que se alcanzaron en 2005.

Considerando: Que una estrategia de sostenibilidad, seguridad e innovación energética a través de combustibles alternativos puede contribuir a alcanzar la visión de nación para largo plazo reflejada en la Ley 1-12 Estrategia Nacional de Desarrollo – END 2030, la cual, establece en dos de los cuatro ejes estratégicos: i) *Una economía articulada, innovadora y sostenible, con una estructura productiva que genera crecimiento alto y sostenido con empleo decente, y que se inserta de forma competitiva en la economía global;* y ii) *Un manejo sustentable del medio ambiente y una adecuada adaptación al cambio climático;*

df
/s/ Jm
/s/ Jm
/s/ Jm
/s/ Jm
/s/ Jm
/s/ Jm



DECLARACIÓN DE PUNTA CANA

Considerando: Que para fomentar el crecimiento sostenible de la aviación internacional y lograr las metas mundiales a las que se aspira, es necesario adoptar un enfoque integral que consista en un conjunto de medidas, que incluyen tecnologías y normas, combustibles alternativos sostenibles, mejoras operacionales y medidas basadas en el mercado para reducir las emisiones;

Considerando: Que la Asamblea de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) pide a los estados que apliquen un enfoque coordinado en las administraciones nacionales respecto a medidas en materia de políticas e inversión para acelerar el desarrollo, introducción y uso apropiados de fuentes de energía nuevas y renovables para la aviación, incluido el uso de combustibles alternativos sostenibles, de acuerdo con sus circunstancias nacionales;

Considerando: Que la OACI estableció un Marco mundial para los combustibles alternativo de la aviación (GFAAF por sus siglas en inglés) mediante el cual se ha registrado el progreso; incluidos al menos cinco tecnologías de producción certificadas, más de 5,000 vuelos comerciales utilizando combustibles alternativos y dos aeropuertos abasteciendo combustibles alternativos de forma regular;

DECLARAN

Su interés y compromiso para avanzar conjuntamente hacia la facilitación del desarrollo y uso de combustibles alternativos más sostenibles para la aviación, que permita al sector seguir contribuyendo al desarrollo local de una manera sustentable a través de una hoja de ruta:

2017 a 2018:

1. Establecer mecanismos para incrementar la colaboración y compartir la información sobre las posibles barreras y soluciones para la implementación de los combustibles alternativos sostenibles para la aviación.



DECLARACIÓN DE PUNTA CANA

2017 a 2020:

2. Adaptar el sistema regulatorio y logístico para la recepción y uso de combustibles alternativos de aviación. Todas las regulaciones y normas aplicables internacionalmente a los combustibles de aviación consideran la posibilidad de la utilización de combustibles alternativos.
3. Socializar a todos los actores en la importancia del uso de combustibles más sustentables para el futuro del sector y el país.
4. Incrementar la investigación específica en la capacidad de materias primas, en particular sobre el uso de la caña de azúcar para la producción de biocombustibles de aviación. La caña de azúcar es un cultivo tradicional y abundante en la República Dominicana, que podría utilizarse de forma sustentable para generar combustibles alternativos para aviación sin interferir con la producción actual de azúcar, alcoholes o la conservación del medio ambiente, promocionando el desarrollo rural en zonas deprimidas.

A partir de 2020:

5. Promover la construcción e integración de una cadena de valor para la producción de combustibles alternativo de aviación, con una certificación de sustentabilidad reconocida.
6. Establecer medidas de incentivo para el uso de combustibles alternativos de aviación, que generen una demanda nacional y estable que permita la implementación de un centro productivo en el país.



DECLARACIÓN DE PUNTA CANA

Los firmantes y, aquellos que deseen adherirse posteriormente, se comprometen a evaluar, anualmente, el progreso alcanzado en la implementación de la hoja de ruta para tomar las acciones que pudiesen ser necesarias.

Punta Cana, República Dominicana, 16 de diciembre de 2016.

 Dr. Alejandro Herrera Director General Instituto Dominicano de Aviación (IDAC)	 DIRECTOR GENERAL Santo Domingo, R. D.	 Dr. Francisco Domínguez Brito Ministro de Medio Ambiente y Recursos Naturales	
 Lic. Luis Ernesto Camilo Presidente Ejecutivo Civil Junta de Aviación Civil (JAC)	 PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA JUNTA DE AVIACION CIVIL REPUBLICA DOMINICANA	 Lic. Juan Rodríguez Nino Director Ejecutivo Comisión Nacional de Energía (CNE)	 COMISION NACIONAL DE ENERGIA Dirección Ejecutiva Santo Domingo, R. D.
 Lic. Marino A. Collante Director Ejecutivo Departamento Aeroportuario (DA)		 Lic. Ernesto Reyna Vicepresidente Ejecutivo Consejo Nacional para el Cambio Climático y Mecanismo de Desarrollo Limpio (CNCCMDL)	

D



ICAO

ICAO-EU-PROJECT@ICAO.INT

WWW.ICAO.INT/ENVIRONMENTAL-PROTECTION/PAGES/ICAO_EU.ASPX

PROJECT FUNDED BY



European Union