



ICAO

PROYECTO FINANCIADO POR

AIRBUS

PANAMÁ



**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD SOBRE
EL USO DE COMBUSTIBLES DE
AVIACIÓN SOSTENIBLES**

CONTROL DOCUMENTAL

Versión actual: 1
Año de publicación: 2026

Historial de revisiones

Versión	Fecha	Descripción	Cambios
1	jul 2026	Publicación	

Autor: **Dr. Bruno Miller**

Consultor Técnico de la OACI en Combustibles de Aviación Sostenibles

Proyecto financiado por:

AIRBUS

Proyecto desarrollado en cooperación con:

La República de Panamá



Este documento fue elaborado bajo el Proyecto de Asistencia ACT SAF de la OACI a la República de Panamá, financiado por una contribución voluntaria de la Compañía Airbus al Fondo para el Medio Ambiente de la OACI.

© OACI 2026. Todos los derechos reservados.

Las opiniones expresadas aquí no pueden interpretarse en absoluto como reflejo de la opinión o posición oficial de Airbus, Panamá o la OACI.

Las designaciones empleadas y la presentación del material en esta publicación no implican la expresión de ninguna opinión sobre el estatus legal de ningún país, territorio, ciudad o área ni de sus autoridades, ni sobre la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas punteadas y discontinuas en los mapas representan límites aproximados para los que puede que aún no haya un acuerdo completo.

La mención de empresas o productos específicos no implica respaldo en lugar de otros de naturaleza similar que no se mencionen.

Se han tomado todas las precauciones razonables para verificar la información contenida en esta publicación. Sin embargo, el material se publica sin ninguna garantía, ya sea expresa o implícita, respecto a la exactitud, integridad y actualidad de la información. La OACI y sus socios renuncian expresamente a toda responsabilidad derivada de cualquier interpretación o uso del material de este informe.

PREFACIO

En junio de 2022, con motivo del 50º aniversario del Convenio de Estocolmo, la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) puso en marcha el programa de Asistencia, Fortalecimiento de Capacidades y Formación para Combustibles de Aviación Sostenibles (ACT-SAF) para ayudar a los Estados en desarrollo en su transición hacia energías más limpias para la aviación.

Más adelante, en 2022, la 41ª Asamblea de la OACI adoptó un objetivo global aspiracional a largo plazo (LTAG) para la aviación civil internacional: el objetivo colectivo de emisiones netas cero de carbono para 2050, como contribución a la acción climática global en línea con los objetivos del Acuerdo de París de la CMNUCC. La Asamblea de la OACI, a través de la Resolución A41-21, enfatizó la necesidad de un apoyo específico a los Estados en desarrollo, incluyendo un mayor acceso a recursos financieros, transferencia de tecnología e iniciativas de fortalecimiento de capacidades.

Con la adopción en la 3ª Conferencia de la OACI sobre Combustibles Alternativos de Aviación (CAAF/3) en noviembre de 2023 del Marco Global de la OACI para Combustibles de Aviación Sostenibles (SAF), Combustibles de Aviación de Bajo Carbono (LCAF) y otras Energías Más Limpias de la Aviación, la OACI y sus Estados miembros han acordado esforzarse por lograr una visión global y aspiracional colectiva para reducir las emisiones de CO₂ en la aviación internacional en un 5% para 2030 mediante el uso de SAF, LCAF y otras energías más limpias para la aviación (en comparación con el uso cero de energía más limpia).

La Visión tiene cuatro pilares, el tercero de los cuales es el soporte a la implementación. Expresa la importancia del apoyo a los países en desarrollo y a los Estados con necesidades particulares, que debe abordarse a través del programa ACT-SAF. Este debería ser un programa sólido y sustancial de apoyo a la capacidad y la implementación, diseñado para ayudar a los Estados, fomentar alianzas y colaboración en iniciativas de las SAF bajo la coordinación de la OACI y servir como plataforma global para el intercambio de conocimientos. En la Resolución A42-21, la 42.ª Asamblea de la OACI resuelve lograr esta Visión y solicita al Consejo de la OACI que continúe implementando el Programa ACT-SAF para apoyar la ampliación a nivel mundial del desarrollo y la implementación de combustibles SAF, LCAF y otras energías más limpias para la aviación.

En 2024, el Airbus realizó una contribución financiera voluntaria al Fondo de Medio Ambiente de la OACI para financiar tres estudios de viabilidad. En febrero de 2025, la OACI envió una carta a la Autoridad Aeronáutica Civil de Panamá para que fuera uno de los Estados beneficiarios del proyecto, lo cual fue aceptado por la República de Panamá en marzo de 2025. Este estudio de viabilidad evalúa el potencial para producir y utilizar combustible sostenible de aviación sostenible de entrada directa (SAF) en Panamá, asegurando la alineación con los criterios de sostenibilidad ambiental y socioeconómica del Esquema de Compensación y Reducción de Carbono para la Aviación Internacional (CORSIA) de la OACI. Sigue las directrices establecidas en la Plantilla de la OACI *para Estudios de Viabilidad sobre Combustibles de Aviación Sostenibles* y en la *Guía para Estudios de Viabilidad sobre Combustibles de Aviación Sostenibles* (Versión 1, julio de 2023)¹.

¹ OACI (2025), *Asistencia, Fortalecimiento de Capacidades y Formación para Combustibles de Aviación Sostenibles*
<https://www.icao.int/assistance-capacity-building-and-training-sustainable-aviation-fuels-icao-act-saf>

AGRADECIMIENTOS

Este estudio de viabilidad no habría sido posible sin la invaluable implicación y liderazgo de la Autoridad de Aviación Civil y, en particular, de su punto focal designado para este proyecto ACT-SAF, el licenciado Alejandro Salas.

Asimismo, cabe reconocer el papel fundamental de los numerosos actores nacionales que han contribuido al desarrollo de este trabajo, proporcionando información valiosa y orientación para identificar el potencial de los SAF en el país. Los autores expresan su gratitud a todos los actores mencionados en el APÉNDICE.

RESUMEN EJECUTIVO

CONTEXTO

Este informe presenta los resultados de un estudio de viabilidad para la producción de combustible de aviación sostenible (SAF) en Panamá. Los SAF se consideran una de las medidas más prometedoras para ayudar a la aviación a alcanzar sus objetivos de descarbonización. Además, una industria robusta de SAF puede aportar beneficios socioeconómicos significativos a la economía local. Este estudio evalúa las ventajas competitivas de Panamá, sus principales desafíos y sus implicaciones políticas para el establecimiento de la producción de los SAF en el país. Como parte del programa ACT SAF, este informe utiliza las mejores prácticas internacionales desarrolladas por la OACI y utiliza otros recursos para ofrecer un análisis adaptado al contexto panameño.

HALLAZGOS CLAVE

Panamá es un nodo logístico global para el comercio marítimo mundial gracias al Canal de Panamá, que da servicio a aproximadamente 180 rutas marítimas y conecta a más de 170 países con casi 2 000 puertos en todo el mundo. Panamá es también un importante centro regional de aviación a través del Aeropuerto Internacional de Tocumen (PTY), que ofrece conexiones clave entre Norteamérica, Central y Sudamérica, el Caribe y Europa, facilitadas éstas últimas a través de acuerdos comerciales con aerolíneas europeas. La consiguiente demanda significativa de combustibles para el transporte, tanto para el transporte marítimo como aéreo, ofrece una oportunidad muy atractiva para proyectos de combustibles renovables.

En cuanto a materias primas para la producción de SAF, el estudio identificó al menos cuatro posibles fuentes: caña de azúcar, aceite de palma, residuos sólidos urbanos (RSU) y materias primas importadas. En lo que respecta a la caña de azúcar, la oportunidad de producir SAF utilizando la vía del proceso alcohol-a-jet (alcohol-to-jet, ATJ) es mixta. Por un lado, Panamá cuenta con una industria de caña de azúcar consolidada y existe un mandato para la producción de bioetanol. Por otro lado, toda la caña de azúcar producida en el país ya se consume a nivel nacional o se exporta, por lo que cualquier caña para la ATJ tendría que provenir de una producción adicional o se desviaría del consumo existente. Además, el mandato actual del bioetanol es para la mezcla en gasolina, lo que significa que la aviación tendría que competir con el transporte por carretera para acceder al bioetanol.

La oportunidad de producir SAF a partir de aceite de palma utilizando la vía de Hidrotratamiento de ésteres y ácidos grasos (Hydroprocessed Esters and Fatty Acids, HEFA) también es mixta. Panamá tiene una industria de aceite de palma consolidada, pero todo el aceite de palma producido en el país ya se consume a nivel nacional o se exporta, por lo que cualquier aceite de palma para la producción HEFA tendría que provenir de una producción adicional o se desviaría del consumo existente. Desde la perspectiva de la calificación de CORSIA, el uso directo de aceite de palma para la producción de SAF sólo se aceptaría si estuviera certificado bajo el enfoque de “Bajo cambio inducido en el uso de la tierra (ILUC)”, que da un valor de ILUC cero. Otras producciones de aceite de palma no son aceptadas en estos momentos ya que no existe un valor aplicable de ILUC para la región (mientras que sí existen para Malasia e Indonesia). Se podría aceptar la producción basada en destilado de ácidos grasos de palma (PFAD), efluente de la planta de procesamiento de aceite de palma (POME) o racimos frescos de frutos de palma vacíos, ya que estos están incluidos en la lista positiva de CORSIA de materiales clasificados como coproductos, residuos, desechos o subproductos, que también tienen un valor ILUC cero. Otra posibilidad sería solicitar un valor ILUC para el aceite de palma cultivado en Panamá.

La oportunidad de producir SAF a partir de RSU a través de la vía de gasificación-FT en Panamá debería formar parte de las opciones a considerar. Parece haber suficientes RSU generados en el país para sostener al menos una pequeña planta de SAF, especialmente si esta está situada cerca o dentro del vertedero de Cerro Patacón. Aunque una planta así requeriría una inversión de capital inicial considerable, bajos costes recurrentes de materias primas pueden hacer atractiva la inversión. Como en cualquier proyecto relacionado con el RSU, será necesario un plan cuidadosamente diseñado de alcance y participación comunitaria para garantizar el apoyo de las comunidades colindantes.

Por último, debe considerarse seriamente la oportunidad de producir SAF a partir de materias primas importadas a Panamá. Aunque existen varios desafíos potenciales, dada la posición privilegiada del país como cruce de caminos del comercio global a través del Canal de Panamá y su infraestructura de importación y exportación, existen varias ventajas críticas para apoyar un posible proyecto de las SAF, como reducir el riesgo de materias primas aprovechando las cadenas de suministro establecidas, acelerar los plazos al no tener que esperar a que se desarrollen las fuentes de materias primas, presión a la baja sobre los precios debido a la competencia, la diversificación de riesgos y las oportunidades para reducir la intensidad de carbono mediante la obtención de materiales de baja intensidad de carbono.

Las principales barreras para los proyectos de SAF son el alto gasto de capital (CAPEX) y el alto gasto operativo (OPEX) asociados a estos combustibles. Las claves para atraer con éxito la financiación de proyectos del SAF en Panamá residen en una combinación de aprovechar las fortalezas del país con una combinación de estructuras de financiación innovadoras. Los principales factores para atraer capital incluyen:

- Estabilización de políticas públicas mediante la implementación de incentivos duraderos y a largo plazo para SAF, como beneficios fiscales mediante el uso, por ejemplo, de zonas francas (ZCE).
- Apoyo regulatorio mediante la simplificación de los procesos de permisos, licencias y certificación para proyectos SAF con el fin de reducir los plazos de desarrollo y los riesgos asociados.
- Participación de bancos multilaterales de desarrollo (BMD), como el Banco Mundial o el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- Reducción de riesgos en los proyectos considerando tecnologías de producción de SAF comercialmente maduras y asegurando el suministro de materias primas.
- Aprovechamiento de las ventajas competitivas de Panamá dadas su geografía y la presencia del Canal de Panamá.
- Garantizar la demanda mediante acuerdos de compra a largo plazo con aerolíneas internacionales, grandes casas de comerciales de energía y compañías petroleras.
- Desarrollo de fuentes de ingresos adicionales, como la venta de los atributos ambientales del SAF a empresas no aeronáuticas, para diversificar la fuente de ingresos y evitar depender únicamente de la venta física de combustible.

IMPLICACIONES PARA POLÍTICAS PÚBLICAS

Las políticas públicas clave recomendadas para apoyar los proyectos de SAF en Panamá pueden resumirse en los siguientes cuatro grupos:

- **Promocionar incentivos no monetarios**
 - La creación de subvenciones directas en efectivo o medidas similares para la producción de SAF no es realista a corto plazo; sin embargo, podrían considerarse otras medidas como el uso de Zonas de Libre Comercio, créditos fiscales para la inversión o créditos fiscales para la producción.
- **Apoyo de actividades que puedan ayudar a los proyectos de SAF**
 - En la medida en que ya exista apoyo gubernamental en áreas como RDD&D, producción de materias primas o formación de la fuerza laboral, debería considerarse ampliar ese apoyo existente para incluir también proyectos de las SAF.

- **Aprovechar las leyes y marcos existentes**

- Las leyes existentes, como la Ley 42 de 2011, que regula el bioetanol para el transporte por carretera, podrían ampliarse para promover el uso de SAF. Esto aceleraría cualquier implementación de legislación relacionada con las SAF, ya que no tendrían que crear nuevas leyes desde cero.
- Los proyectos de SAF en Panamá también deberían considerar la posibilidad de servir a los mercados extranjeros, dada la excelente logística y las conexiones comerciales globales que proporciona el Canal de Panamá. Por lo tanto, la producción de SAF en Panamá podría venderse a jurisdicciones con fuertes incentivos como EE. UU., Reino Unido, la Unión Europea y otros. También podría considerarse un enfoque híbrido en el que parte de la producción se quede en Panamá y el resto se venda en mercados internacionales.

- **Liderazgo gubernamental**

- El gobierno puede proporcionar un apoyo significativo a posibles proyectos de SAF asegurando que el entorno regulatorio sea coherente con las normas internacionales. Por ejemplo, el gobierno podría seguir apoyando marcos como CORSIA y garantizar que las prácticas recomendadas reconocidas y aceptadas internacionalmente sigan siendo adoptadas y difundidas.
- El gobierno también podría considerar crear una visión para el uso de SAF y la descarbonización de la aviación que pueda formar parte del *Plan Energético Nacional 2015-2050 (SNE 2015-2050, SNE 2016)* de la SNE².
- Otra recomendación sería que el gobierno creara un grupo de trabajo multisectorial para trabajar en una Hoja de Ruta de SAF, similar al "Vuelo Limpio" de Chile³ y al "Cielos Limpios" de Colombia⁴. Un grupo de trabajo así puede ayudar a establecer una visión, identificar partes interesadas, redactar e implementar un plan de acción que resulte en la producción de SAF.

² Secretaría Nacional de Energía (2016). *Plan Energético Nacional 2015-2050*. Disponible en: energia.gob.pa/wp-content/uploads/2020/08/Plan-Energetico-Nacional-2015-2050-1_compressed-1.pdf

³ Vuelo Limpio – Vuelo Limpio

⁴ Cielos Limpios: Aviación para la vida

OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS

Un resumen de las principales oportunidades y desafíos para las SAF en Panamá se muestra en la Tabla ES:

Tabla ES. Resumen de las oportunidades y desafíos a los que se enfrenta la producción de SAF en Panamá.

Oportunidades	Desafíos
• Un grupo altamente motivado y competente de agencias gubernamentales, liderado por la AAC, que puede consolidar e impulsar un proceso multisectorial para apoyar el desarrollo de las SAF. • Centro logístico estratégico con una posición geográfica única y un sofisticado sistema de Zonas Francas que permite la importación de materias primas para complementar las fuentes nacionales y el establecimiento de instalaciones de producción en ubicaciones con costes ventajosos. • Un centro de transporte aéreo y marítimo que ofrece un mercado concentrado, de alto volumen y accesible para la distribución de SAF y otros combustibles renovables. • Acceso a mercados internacionales de exportación siempre y cuando se asegure el cumplimiento con los requisitos de CORSIA y alineándose con los estándares de jurisdicciones clave como EE. UU., Reino Unido y la UE.	• El alto costo de producción, impulsado por grandes gastos de capital y materias primas relativamente caras, pone en desafío la capacidad del SAF panameños para ser competitivos en precio frente al combustible fósil para aviones sin mecanismos sólidos de apoyo financiero. • Carencias regulatorias para abordar e incentivar específicamente la producción, certificación y comercialización de SAF. • Riesgo de financiación e inversión porque los proyectos de SAF requieren mucho capital y conllevan un alto riesgo percibido debido a la limitada disponibilidad de proyectos de SAF en todo el mundo, especialmente en vías distintas de HEFA. • Disponibilidad limitada de infraestructura para la producción y manejo de combustible, especialmente para facilitar la mezcla, pruebas y envío de SAF totalmente certificados.

CONTENIDO

PREFACIO	4
AGRADECIMIENTOS	5
RESUMEN EJECUTIVO	6
Contexto.....	6
HALLAZGOS CLAVE.....	6
IMPLICACIONES para POLÍTICAS Públicas.....	7
OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS	9
ABREVIATURAS Y SIGLAS	13
LISTA DE FIGURAS.....	15
LISTA DE TABLAS.....	17
SECTION 1. INFORMACIÓN ESPECÍFICA DE CADA ESTADO	19
1.1 GEOGRAFÍA.....	19
1.2 COMERCIO Y GOBERNANZA	22
1.2.1 Descripción general de la economía y el comercio panameños.....	22
1.2.2 Descripción general de la gobernanza en Panamá	25
1.2.3 Gobernanza del sector energético y biocombustibles.....	26
1.3 DEMOGRAFÍA	27
1.4 VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO	29
1.5 AGRICULTURA.....	31
1.6 ENERGÍA.....	34
1.6.1 Descripción general.....	34
1.6.2 Estadísticas de consumo total de energía.....	36
1.6.3 Estadísticas de consumo de combustible	37
1.6.4 Estadísticas de generación de energía	39
1.6.5 Ley 42 de 2011, de biocombustibles.....	41
1.6.6 Proyectos de biocombustibles en Panamá	42
1.6.7 Hidrógeno verde	42
1.6.8 País con emisiones negativas de carbono.....	43
1.7 AVIACIÓN Y CADENA DE SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE PARA AVIACIÓN.....	44
1.7.1 Descripción general del sector de la aviación en Panamá	44
1.7.2 Cadena de suministro de combustible para aviones	50
1.7.3 Plan de Acción Estatal para la reducción de CO ₂ en la aviación (SAP).....	51
1.8 CANAL DE PANAMÁ.....	54
1.8.1 Historia y principales características del Canal de Panamá	54

1.8.2	Sostenibilidad y el Canal de Panamá.....	57
1.8.3	Zonas de Libre Comercio (ZLC).....	57
SECTION 2. EVALUACIÓN DE MATERIAS PRIMAS Y PROCESOS DE CONVERSIÓN PARA SAF		59
2.1	RESUMEN DE MATERIAS PRIMAS EVALUADAS	59
2.2	Procesos de conversión SAF	59
2.3	Criterios de sostenibilidad	62
2.4	Etanol de caña de azúcar	64
2.4.1	Información relacionada con materias primas	64
2.4.2	Consideraciones de sostenibilidad, incluidas las emisiones de gases de efecto invernadero...	66
2.4.3	Consideraciones económicas y de mercado	67
2.4.4	Valoración general	69
2.5	Aceites vegetales (palma).....	69
2.5.1	Información relacionada con materias primas	69
2.5.2	Consideraciones de sostenibilidad, incluidas las emisiones de gases de efecto invernadero...	71
2.5.3	Consideraciones económicas y de mercado	74
2.5.4	Valoración general	76
2.6	Residuos Sólidos Municipales (RSU).....	76
2.6.1	Información relacionada con materias primas	76
2.6.2	Cuestiones relacionadas con la sostenibilidad, incluidas las emisiones de gases de efecto invernadero.....	78
2.6.3	Cuestiones económicas/de mercado	79
2.6.4	Valoración general	81
2.7	Materias primas importadas a través del Canal de Panamá	81
2.7.1	Información relacionada con materias primas	81
2.7.2	Cuestiones relacionadas con la sostenibilidad, incluidas las emisiones de gases de efecto invernadero.....	82
2.7.3	Cuestiones económicas/de mercado	85
2.7.4	Valoración general	85
SECTION 3. APOYO A LA IMPLEMENTACIÓN Y FINANCIACIÓN		86
3.1	ESTIMACIÓN DE LOS POSIBLES REQUERIMIENTOS DE CAPITAL	86
3.2	ESTIMACIÓN DE LOS POSIBLES COSTOS DEL SAF	88
3.3	APOYO A LA IMPLEMENTACIÓN	90
3.3.1	Financiación pública para la investigación, desarrollo, demostración e implementación (RDD&D) de SAF	91
3.3.2	Incentivos fiscales específicos para ampliar la infraestructura de suministro de SAF.....	91
3.3.3	Incentivos fiscales específicos para apoyar la operación de las instalaciones de SAF.....	92
3.3.4	Reconocimiento y valoración de los beneficios medioambientales de SAF	92

3.3.5	Creación de mandatos de SAF.....	92
3.3.6	Actualizar las políticas existentes para incorporar SAF.....	93
3.3.7	Demostrar liderazgo gubernamental.....	93
3.3.8	Actividades de apoyo al mercado	93
3.3.9	Políticas clave para apoyar proyectos de SAF en Panamá	94
3.4	FINANCIACIÓN	95
3.4.1	Fuentes privadas de financiación.....	96
3.4.2	Fuentes públicas de financiación	96
3.4.3	Estructuras innovadoras de finanzas	97
3.4.4	Claves para atraer financiación.....	98
SECTION 4. PLAN DE ACCIÓN.....		100
4.1	MARCO POLÍTICO Y REGULATORIO	100
4.1.1	Fomentando las cadenas de suministro de materias primas para la producción de SAF.....	100
4.1.2	Fomentando el uso de SAF.....	102
4.2	FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO.....	104
4.2.1	Fortalecer la colaboración con el sector marítimo	104
4.2.2	Establecer un grupo de trabajo multiactor para crear una Hoja de Ruta de SAF para Panamá	104
4.2.3	Garantizar una sólida cooperación público-privada	105
4.2.4	Identificar fuentes de materia prima y asegurar el suministro	105
4.2.5	Establecer un marco regulatorio estable y facilitador	105
4.2.6	Implementar incentivos financieros específicos.....	106
4.2.7	Priorizar la infraestructura de la cadena de suministro y logística	106
4.2.8	Fomentar el capital humano y la experiencia tecnológica	106
4.3	PLAN DE ACCIÓN	106
REFERENCIAS.....		110
APÉNDICE: PARTICIPACIÓN DE LAS PARTES INTERESADAS.....		116

ABREVIATURAS Y SIGLAS

AAC	Autoridad Aeronáutica Civil
ACODECO	Autoridad de Protección al Consumidor y Defensa de la Competencia
ACP	Autoridad del Canal de Panamá
AMP	Autoridad Marítima de Panamá
ASTM	Sociedad Americana de Pruebas y Materiales
AtJ	Alcohol-a-Jet (Alcohol to Jet)
CEF	Combustible elegible para CORSIA
CORSIA	Esquema de Compensación y Reducción de Carbono para la Aviación Internacional (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation)
DAC	Captura Directa del Aire (Direct Air Capture)
EIA	Administración de Información Energética de EE. UU. (Energy Information Administration)
ESG	Environmental, Social and Governance (Medioambiente, Social y Gobernanza)
FT -SPK	Queroseno parafínico sintetizado hidroprocesado de Fischer-Tropsch
GEI	Gases de efecto invernadero
GTPA	Grupo de Trabajo para el Plan de Acción
ha	Hectárea
HEFA	Hidrotratamiento de ésteres y ácidos grasos (Hydrotreated Esters and Fatty Acids)
ILUC	Cambio de Uso de Suelo Indirecto (Indirect Land Use Change)
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (National Institute of Census and Statistics)
KBOE	Miles de barriles de petróleo equivalente, por sus siglas en inglés, <i>kilo barrels of oil equivalent</i> .
LCA	Análisis del ciclo de vida (Lifecycle Analysis)
L_{CEF}	Valor de ciclo de vida
LNG	Gas natural licuado (Liquefied natural gas)
LUC	Cambio en el uso del suelo (Land Use Change)
MGY	Millones de galones por año (Million gallons per year)
MICI	Ministerio de Comercio e Industrias
MIDA	Ministerio de Desarrollo Agropecuario
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
PIB	Producto interno bruto
PIEA	Programa de Incentivos Económicos y Ambientales
PFAD	Destilado de ácidos grasos de palma (Palm Fatty Acid Distillate)
POME	Efluente de Aceite de Palma (Palm Oil Mill Effluent)
PtL	Energía a líquido (Power to liquid)
PTY	Aeropuerto Internacional de Tocumen
	Residuos sólidos urbanos
RDD&D	Investigación, desarrollo, demostración e implementación (Research Development, Demonstration, and Deployment)
SAF	Combustible de aviación sostenible (Sustainable Aviation Fuel)
SAP	Plan de Acción Estatal (State Action Plan)

SCS	Esquema de Certificación de Sostenibilidad (Sustainability Certification Scheme)
SNE	Secretaría Nacional de Energía
UCO	Aceite de cocina usado (Used Cooking Oil)
UE	Unión Europea
ZLC	Zona de Libre Comercio
ZOLICOL	Zona Libre de Colón (Colon Free Trade Zone)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa político y administrativo de la República de Panamá.	19
Figura 2. Principales características topográficas de Panamá.	20
Figura 3: Patrones de lluvia en Panamá.	21
Figura 4. Red de transporte por carretera en Panamá.	22
Figura 5. Mapa político de Panamá, incluyendo las principales ciudades.	25
Figura 6. Superficie cosechada por cultivo como porcentaje del área total cosechada.	33
Figura 7. La terminal de Bahía Las Minas, operada por Vopak, es el principal punto de entrada para los combustibles derivados del petróleo en Panamá.	35
Figura 8. Consumo total de energía en Panamá desde 1996 hasta 2021.	36
Figura 9. Cuota de consumo energético por sector.	37
Figura 10. Estadísticas de uso de combustible de transporte terrestre y para aviones en Panamá.	38
Figura 11. Estadísticas de consumo de combustible marino (bunker, diésel marino) en Panamá.	38
Figura 12. Estadísticas de consumo de combustible marino (bunker marino, diésel marino) por costa (Atlántico o Pacífico).	39
Figura 13. Generación de electricidad por fuente.	40
Figura 14. Cuota de generación eléctrica por fuente.	41
Figura 15. Número de operaciones por categoría en el Aeropuerto Internacional de Tocumen (PTY).	45
Figura 16. Desglose de operaciones por categoría en el Aeropuerto Internacional de Tocumen (PTY).	45
Figura 17. Pasajeros por región en el Aeropuerto Internacional de Tocumen (PTY).	46
Figura 18. Proporción de pasajeros por región en el Aeropuerto Internacional de Tocumen (PTY).	47
Figura 19. Proporción de pasajeros por origen de la aerolínea transportadora en el Aeropuerto Internacional de Tocumen (PTY).	47
Figura 20. Carga internacional por región en el Aeropuerto Internacional de Tocumen (PTY).	48
Figura 21. Proporción de la carga internacional por región en el Aeropuerto Internacional de Tocumen (PTY).	49
Figura 22. Número de movimientos de aeronaves nacionales en los 10 principales aeropuertos en 2024. ..	49
Figura 23. Provincia de destino para pasajeros que embarcan en el aeropuerto Marcos A. Gelabert (Albrook).	50
Figura 24. Miembros del Grupo de Trabajo para el Plan de Acción (GTPA).	52
Figura 25. Emisiones estimadas de la aviación internacional para el periodo 2013 a 2030.	53
Figura 26. El Canal de Panamá conecta los océanos Pacífico y Atlántico.	54
Figura 27. El Canal de Panamá tiene tres esclusas: Gatún en el Atlántico y Miraflores y Pedro Miguel en el lado del Pacífico.	55
Figura 28. El Canal de Panamá es un nodo clave en el transporte marítimo global.	56

Figura 29. Zonas de Libre Comercio (ZLC) en Panamá.	58
Figura 30. Principales vías para la producción de SAF.....	60
Figura 31. Criterios de sostenibilidad para los combustibles elegibles de CORSIA (CEF).....	63
Figura 32. Zonas de cultivo de caña de azúcar en Panamá.....	65
Figura 33. Rendimientos promedios de la producción de caña de azúcar en relación con el promedio de Centroamérica para 2017-2023.	68
Figura 34: Zonas de cultivo de palma aceitera en Panamá.....	71
Figura 35. Rendimientos promedios de la producción de palma aceitera en relación con el total de Centroamérica para 2017-2023.	74
Figura 36. Vertederos en Panamá.	77
Figura 37. Principales rutas comerciales globales de etanol.	82

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Indicadores demográficos y económicos.....	28
Tabla 2. Estadísticas agrícolas generales para el año de cosecha 2024-2025.....	31
Tabla 3. Estadísticas principales para los 39 rubros con mayor tecnología de producción.	32
Tabla 4. Los 10 mejores cultivos por superficie cosechada.	33
Tabla 5. Principales características de la terminal de combustible de Bahía Las Minas.	35
Tabla 6. Ejemplo de medidas para reducir las emisiones de aviación incluidas en el SAP.	53
Tabla 7. Resumen de materias primas evaluadas.	59
Tabla 8. Vías para la producción de SAF puro según lo aprobado en la especificación ASTM D7566.	61
Tabla 9. Vías de coprocesamiento para la producción de SAF según lo aprobado en la especificación ASTM D1655.....	62
Tabla 10. Estadísticas de caña de azúcar.	64
Tabla 11. Principales provincias productoras de caña de azúcar.	64
Tabla 12. Valores por defecto CORSIA de emisiones del ciclo de vida de combustibles CEF a partir de caña.	66
Tabla 13. Ejemplos de cálculos para la posible producción de SAF ATJ a partir de etanol de caña de azúcar en Panamá	68
Tabla 14. Estadísticas de la palma aceitera.	70
Tabla 15. Principales provincias productoras de aceite de palma.	70
Tabla 16. Valores por defecto de emisiones del ciclo de vida de CORSIA para combustibles CEF hechos a partir de palma de aceite.....	72
Tabla 17. Ejemplos de cálculos para la posible producción de HEFA a partir de aceite de palma en Panamá	75
Tabla 18. Composición de RSU en Panamá.	78
Tabla 19. Valores por defecto de emisiones del ciclo de vida de CORSIA para combustibles CEF obtenidos a partir de residuos sólidos urbanos (RSU).	79
Tabla 20. Ejemplos de cálculos para la posible producción de SAF a partir de gasificación-FT de RSU en Panamá.	80
Tabla 21. Muestra de productos de origen agrícola transportados a través del Canal de Panamá.....	81
Tabla 22. Valores por defecto de emisiones del ciclo de vida de CORSIA para combustibles CEF obtenidos a partir de una selección de materias primas importadas.	83
Tabla 23. Ejemplos recientes de costos de proyectos SAF.	88
Tabla 24. Precios de referencia de la EASA para diferentes combustibles de aviación.....	89
Tabla 25. Resumen de las directrices políticas para apoyar el desarrollo de SAF.	91
Tabla 26. Resumen de políticas para apoyar proyectos SAF en Panamá.	95
Tabla 27. Fuentes privadas de financiación para proyectos de SAF.	96
Tabla 28. Fuentes públicas de financiación para proyectos de SAF.	97

Tabla 29. Fuentes innovadoras de financiación para proyectos de SAF.....	98
Tabla 30. Lista inicial de participantes para el Grupo de Trabajo Multiactores basado en el GTPA existente.	104
Tabla 31. Visión general de las oportunidades y desafíos para identificar y establecer cadenas de suministro viabiles de SAF en Panamá.....	106
Tabla 32. Descripción de las acciones recomendadas para identificar y establecer cadenas de suministro viabiles de SAF en Panamá.....	107

SECCIÓN 1. INFORMACIÓN ESPECÍFICA DE CADA ESTADO

1.1 GEOGRAFÍA

La República de Panamá ocupa una ubicación estratégica crucial en el istmo de Panamá, actuando como puente terrestre entre América del Norte y Sudamérica. Su territorio abarca 74 180 kilómetros cuadrados y está políticamente organizado en diez provincias y tres comarcas indígenas semiautónomas⁵, como se puede ver en Figura 1.



Figura 1. Mapa político y administrativo de la República de Panamá. (Fuente: IGNTG (2025)⁶)

Panamá limita con Costa Rica al oeste, Colombia al este, el mar Caribe al norte y el océano Pacífico al sur. La topografía del país está definida por dos grandes cadenas montañosas que esencialmente dividen el istmo en laderas orientadas hacia el Pacífico y el Caribe (véase Figura 2):

1. La Cordillera Central (o Tabasará) en el oeste. Aquí se encuentra el punto más alto del país, Volcán Barú (en la provincia de Chiriquí), que se eleva hasta los 3 475 metros sobre el nivel del mar.
2. La Cordillera de San Blas en el este.

Estas cordilleras están separadas por el Canal de Panamá, de aproximadamente 80 km de longitud. A pesar de la presencia de montañas, la mayor parte de Panamá está compuesta por tierras bajas costeras con altitudes generalmente inferiores a los 700 metros. Además, la nación cuenta con aproximadamente 1 600 islas, siendo las más grandes Coiba (provincia de Veraguas), el Archipiélago de Perlas (provincia de Panamá) y el Archipiélago de Bocas del Toro (provincia de Bocas del Toro).

⁵ La mayor parte de la información para esta sección proviene de: Banco Mundial (2024) Disponible en: https://climateknowledgeportal.worldbank.org/sites/default/files/country-profiles/16805-WB_Panama%20Country%20Profile-WEB.pdf.

⁶ <https://ignpanama.anati.gob.pa/index.php/2-uncategorised/268-galeria>.



Figura 2. Principales características topográficas de Panamá. (Fuente: INECO 2017)

Panamá tiene un clima tropical y subtropical húmedo, caracterizado por una estación lluviosa (típicamente de mayo a diciembre) y una estación seca. El clima está principalmente influenciado por el movimiento de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), las variaciones en la altitud y la proximidad costera, y la Oscilación Meridional de El Niño (ENSO). Las temperaturas no varían drásticamente a lo largo del año, pero hay una clara distinción entre dos zonas basadas en la altitud:

- 1) Tierras bajas tropicales cálidas (por debajo de los 700 m de altitud), que cubren la mayor parte del país
- 2) Zona subtropical de montaña a mayor altitud de los 700 m.

Abril suele ser el mes más cálido a nivel nacional, ocurriendo justo antes del inicio de la temporada de lluvias. Noviembre y diciembre marcan el final de la temporada de lluvias y presentan las temperaturas medias más frescas. Durante el periodo 1991–2020, el rango medio de temperatura mensual general fue estrecho: el mes más cálido, abril, promedió entre 22,86 °C y 30,34 °C, mientras que el mes más fresco, noviembre, osciló entre 21,79 °C y 27,89 °C.

La precipitación media anual de Panamá entre 1991 y 2020 fue de 2 436 21 mm a nivel nacional, aunque la precipitación varía significativamente según las regiones y las estaciones (véase Figura 3). Las zonas más húmedas del país son la costa caribeña y el istmo oriental. Estas regiones reciben los totales anuales más altos (todos superiores a 2 300 mm anuales) debido a los constantes vientos alisios húmedos y a las lluvias durante todo el año. En cambio, las laderas, sabanas y costas orientadas al Pacífico generalmente registran niveles medios de precipitación anual por debajo de 2 500 mm. Estas zonas experimentan la división más notable entre las estaciones lluviosa y la seca.

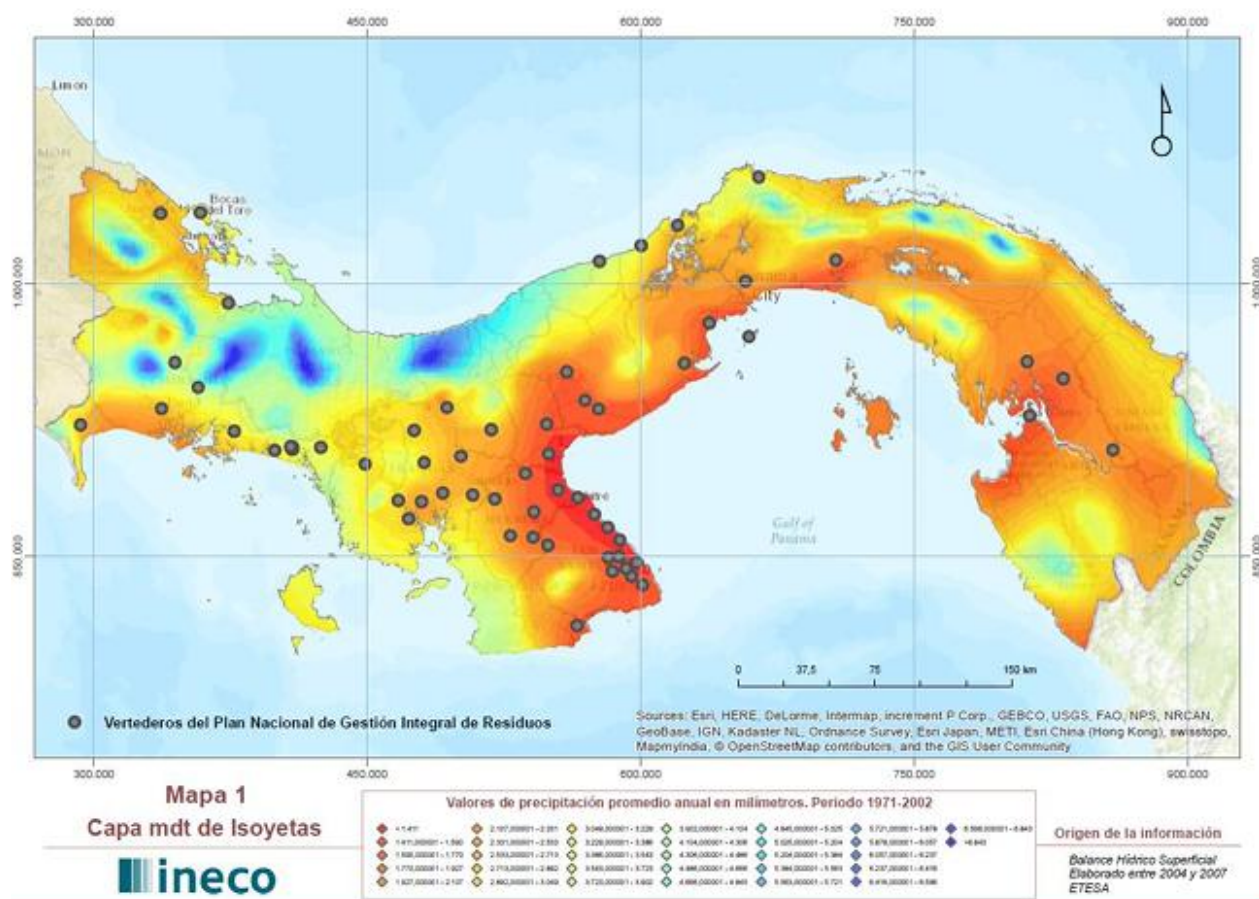


Figura 3: Patrones de lluvia en Panamá. (Fuente: INECO 2017)

Es importante señalar que los patrones de precipitación en Panamá han cambiado significativamente durante el periodo de 50 años comprendido entre 1971 y 2020. El país experimentó una disminución significativa y variación estacional de la precipitación por década en las provincias del Pacífico oriental y central. Por el contrario, las provincias del Caribe occidental y central registraron un aumento significativo de precipitaciones por década. La precipitación es un factor crítico para mantener los niveles de agua en el Canal de Panamá y garantizar que pueda permanecer abierto al tráfico marítimo internacional. Por ello, el país presta mucha atención a cualquier cambio o déficit de precipitaciones.

La red vial en Panamá suma aproximadamente 15 137 km y está anclada por la Carretera Panamericana (conocida como Autopista Interamericana en Centroamérica), que sirve como la principal vía arterial del país, conectando las principales ciudades y facilitando tanto el viaje nacional como internacional hasta la frontera con Costa Rica (véase Figura 4)⁷. Esta carretera es un enlace vital con el resto de Centro y Norteamérica. Sin embargo, la carretera se ve interrumpida por el Tapón de Darién, un tramo de selva tropical y pantanos sin desarrollar en la frontera con Colombia, lo que hace el viaje terrestre entre Centro y Sudamérica bastante desafiante. Esto refuerza la importancia del transporte aéreo para las conexiones entre Centroamérica y Sudamérica, siendo Panamá un nexo clave.

⁷ BTI 2024 Repertorio de Países de Panamá.

El Canal de Panamá está administrado por la Autoridad del Canal de Panamá (ACP), una entidad gubernamental autónoma creada a finales de los años 90 antes de que la propiedad del Canal fuera transferida de Estados Unidos a Panamá en 1999⁹. La ACP es responsable de la operación, gestión y mantenimiento del canal. El canal genera ingresos sustanciales para la tesorería nacional. En el año fiscal 2022, la Autoridad del Canal reportó contribuciones al Tesoro Nacional por casi 2 500 millones de dólares estadounidenses (USD), una cifra que representa una parte significativa del producto interior bruto (PIB) anual del país¹⁰.

Además, la gestión del canal ha impulsado el desarrollo de servicios adicionales, incluyendo importantes puertos de contenedores en ambas costas y varias zonas de libre comercio (ZLC) alrededor del canal. La Zona Franca de Colón, en la costa caribeña, es la zona franca más grande de América y funciona como un importante centro de transporte marítimo y transbordo, sirviendo y conectando Norteamérica, Sur y Centroamérica, y el Caribe¹¹.

Centro bancario internacional (CBI)

Panamá es un importante centro financiero regional, atrayendo a instituciones internacionales gracias a sus regulaciones bancarias más liberalizadas⁷. El sector bancario de Panamá es un componente clave e importante de la economía nacional orientada a los servicios, sirviendo como un destacado centro bancario internacional (CBI)¹². El crecimiento histórico del sector se vio impulsado por leyes bancarias liberales de los años 70 que fomentaron la inversión extranjera y su estatus único como economía totalmente dolarizada desde 1904, que elimina los controles de cambio y reduce el riesgo cambiario para las transacciones internacionales.

El sistema panameño es altamente integrado y competitivo, albergando más de 50 bancos nacionales e internacionales. Este entorno abierto ha convertido a Panamá en un nexo financiero clave para multinacionales, la financiación comercial relacionada con el Canal y la gestión patrimonial en toda América Latina. A pesar de su estabilidad y profundidad financiera, el sector bancario de Panamá ha estado bajo presión para mejorar la transparencia regulatoria y el cumplimiento de normas globales¹³. En los últimos años, el gobierno ha promulgado reformas significativas, incluyendo medidas para criminalizar la evasión fiscal, como parte de su esfuerzo por mejorar la lucha contra el blanqueo de capitales y la financiación del terrorismo¹⁴.

Sistema financiero dolarizado

Panamá opera una economía totalmente dolarizada, utilizando el dólar estadounidense (USD) como moneda de curso legal y principal medio de pago¹⁵. Los beneficios de una economía dolarizada incluyen la eliminación del riesgo cambiario si el dólar estadounidense se utiliza para transacciones extranjeras y de la posibilidad de

⁹ Canal de Panamá (2025) <https://pancanal.com/>

¹⁰ ACP (2023). *Annual Report 2022*. ACP, 2023. Disponible en: <https://pancanal.com/wp-content/uploads/2023/02/Informe-2022-Eng.pdf>

¹¹ Portal Logístico de Panamá (2025) *Resumen*. Disponible en: <https://logistics.gatech.pa/en/logistics-platform/logistics-assets/investment-regimes/investment-regimes/colon-free-zone/overview/#:~:text=Colon%20Free%20Zone%20is%20located,airport%20and%20a%20railroad%20terminal>.

¹² Fondo Monetario Internacional (FMI) (2024b). "Redes de seguridad financiera en economías dolarizadas en: FMI eLibrary." Disponible en: <https://www.elibrary.imf.org/view/journals/002/2024/189/article-A003-en.xml>.

¹³ Departamento de Estado de EE. UU. (2025). "Declaraciones sobre el clima de inversión 2024: Panamá." Disponible en: <https://www.state.gov/reports/2024-investment-climate-statements/panama>.

¹⁴ Departamento de Estado de EE. UU. (2025). "Declaraciones sobre el clima de inversión 2024: Panamá." Disponible en: <https://www.state.gov/reports/2024-investment-climate-statements/panama>.

¹⁵ Moreno-Villalaz, Juan Luis (2025). "La experiencia monetaria de Panamá." *Cato Journal*, Vol. 25, Nº 1, 2005. Disponible en: <http://cms-content.bates.edu/prebuilt/villalaz.pdf>.

una crisis monetaria nacional. Históricamente, esto ha resultado en una inflación baja y estable, estrechamente ligada a las tarifas de Estados Unidos y a tipos de interés bajos.

Dado que Panamá carece de un banco central y de la capacidad de imprimir su propio dinero, no puede utilizar una política monetaria independiente, como ajustar los tipos de interés o inyectar liquidez en el sistema bancario, para gestionar los ciclos económicos. Esta estructura institucional impone una "restricción presupuestaria estricta" al sector público, imponiendo prudencia fiscal, pero también limita sus herramientas de respuesta a crisis¹⁶. El Banco Nacional de Panamá (BNP), de propiedad estatal, cumple algunas funciones de banca central, pero la ausencia de un mecanismo tradicional de prestamista de último recurso sigue siendo una característica estructural¹⁷.

Para compensar esta limitación, el Superintendente de Bancos de Panamá (SBP) exige que los bancos operen con niveles excepcionalmente altos de liquidez y amortiguadores de capital, a menudo el doble de los mínimos regulatorios en otras jurisdicciones¹⁸. Este mecanismo de autoseguro, junto con un enfoque en la concesión básica de préstamos y una exposición mínima a instrumentos financieros complejos, ha contribuido históricamente a la estabilidad del sistema.

Aunque Panamá ha disfrutado de décadas de sólida expansión económica, recientes acontecimientos internos han generado algunos vientos en contra. El crecimiento del PIB se desaceleró significativamente en 2024, pasando del 7,4% en 2023 a menos del 3% en 2024¹⁹. Esta desaceleración se debe en gran medida a dos eventos principales:

- El cierre de la mina Cobre Panamá tras una sentencia del Tribunal Supremo, que eliminó un componente clave de las exportaciones y un contribuyente del 5% al PIB²⁰.
- Una grave sequía que limitó el tráfico del Canal, forzando restricciones al transporte y reduciendo los ingresos por peajes²¹. Como se discutirá más adelante, la gestión del agua es un componente crítico para el futuro económico y medioambiental de Panamá. Consecuentemente, los cambios en la disponibilidad de agua debido al cambio climático crean una significativa vulnerabilidad estructural. Esto ha elevado la gestión del agua y la adaptación al clima como prioridades críticas de seguridad nacional y económica²².

¹⁶ Fondo Monetario Internacional (FMI) (2024d). "Panamá: Programa de Evaluación del Sector Financiero - Nota técnica sobre Red de Seguridad Financiera, Resolución y Gestión de Crisis." *Informe del FMI por país*, 2024. Disponible en: <https://www.imf.org/-/media/Files/Publications/CR/2024/English/1PANEA2024005.ashx>

¹⁷ Fondo Monetario Internacional (FMI) (2024d). "Panamá: Programa de Evaluación del Sector Financiero - Nota técnica sobre Red de Seguridad Financiera, Resolución y Gestión de Crisis." *Informe del FMI por país*, 2024. Disponible en: <https://www.imf.org/-/media/Files/Publications/CR/2024/English/1PANEA2024005.ashx>

¹⁸ Administración de Comercio Internacional (2025). "Panamá - Sistemas Bancarios." Disponible en: <https://legacy.export.gov/article?id=Panama-banking-systems>.

¹⁹ Grupo Banco Mundial (2025). "Resumen de Panamá: Noticias sobre desarrollo, investigación, datos." Disponible en: <https://www.worldbank.org/en/country/panama/overview>.

²⁰ Allianz Trade (2024). "Panamá: ¿Qué profundidad tienen las aguas?" *Informe de los países comerciales Allianz*, 2024. Disponible en: https://www.allianz-trade.com/en_global/economic-research/country-reports/Panama.html.

²¹ Grupo Banco Mundial (2025). "Resumen de Panamá: Noticias sobre desarrollo, investigación, datos." Disponible en: <https://www.worldbank.org/en/country/panama/overview>.

²² ACP (2023). *Informe Anual 2022*. ACP, 2023. Autoridad del Canal de Panamá, Panamá. Disponible en: <https://pancanal.com/wp-content/uploads/2023/02/Informe-2022-Eng.pdf>.

1.2.2 Descripción general de la gobernanza en Panamá

Panamá está estructurada como una república democrática y representativa, según la Constitución Política de 1972²³. Su gobierno está compuesto por tres ramas de poder:

1. **Poder Ejecutivo** – constituido por el Presidente de la República, un Vicepresidente y los Ministros de Estado. El Presidente y el Vicepresidente son elegidos conjuntamente y directamente por el pueblo cada cinco años, sin posibilidad de reelección inmediata. El actual presidente de Panamá es José Raúl Mulino, quien asumió el cargo el 1 de julio de 2024 y finaliza su mandato el 1 de julio de 2029.
2. **Poder Legislativo** – constituido por la Asamblea Nacional, que cuenta con 78 miembros, elegidos por voto popular cada cinco años.
3. **Poder Judicial** – constituido por un Tribunal Supremo de Justicia con nueve magistrados elegidos para un mandato de diez años.

El país está dividido en diez provincias, que se subdividen en distritos y *corregimientos* (subdivisiones municipales). Además, Panamá tiene cuatro *comarcas* (territorios indígenas) con estatus provincial y dos *comarcas* con el estado de *corregimiento*, como se puede ver en Figura 5.

La capital de Panamá es la Ciudad de Panamá. Otras ciudades importantes son Colón, David y Santiago de Veraguas.



Figura 5. Mapa político de Panamá, incluyendo las principales ciudades.

(Fuente: <https://www.elabueloeduca.com/aprender/geografia/panama/panama.html>)

²³ Organization of American States (2009). *Ficha Técnica: Elecciones Generales en Panamá*. Available at: <https://www.oas.org/es/sap/deco/moe/panama09/ficha.asp>.

1.2.3 Gobernanza del sector energético y biocombustibles

La gestión del sector energético en Panamá recae en la Secretaría Nacional de Energía (SNE), que fue creada como una entidad del Poder Ejecutivo adscrita al Ministerio de la Presidencia por la Ley 43 de 25 de abril de 2011²⁴. La misión de la SNE es "formular, proponer y promover la política energética nacional con el propósito de garantizar la seguridad del suministro, el uso racional y eficiente de los recursos y la energía de manera sostenible, conforme al plan nacional de desarrollo y dentro de los parámetros económicos, competitivos, de calidad y medioambientales." El director de la SNE, a fecha de publicación de este estudio, es el Dr. Rodrigo Rodríguez.

La Ley 43 describe las funciones del SNE tales como:

- Diseñar y proponer opciones de políticas nacionales al Poder Ejecutivo, con la participación de agentes sectoriales, en relación con la electricidad procedente de fuentes hidráulicas, geotérmicas, solares, de biomasa, eólicas y otras.
- Diseñar y proponer políticas al Poder Ejecutivo para el uso racional y eficiente de la energía y el uso integral de los recursos naturales y todas las fuentes de energía del país.
- Crear y proponer regulaciones que incluyan aspectos sociales y medioambientales en las actividades energéticas y que incentiven la inversión y el desarrollo en energías alternativas.
- Establecer criterios para guiar el establecimiento de normativas técnicas y especificaciones de calidad para biocombustibles y otras fuentes de energía alternativas.
- Desarrollar estrategias, planes de acción y dirigir su ejecución para maximizar el uso de fuentes renovables y limpias.
- Coordinar la investigación sobre energías alternativas.

La SNE es responsable de desarrollar y coordinar la política energética nacional de Panamá y supervisa el sector energético del país. Sus responsabilidades se organizan en torno a tres ejes principales:

1. **Hidrocarburos:** garantizar la normativa y estándares para productos derivados del petróleo, incluyendo la fijación de precios máximos para consumidores para ciertos combustibles como la gasolina y el diésel²⁵.
2. **Electricidad:** esto incluye regular y promover el suministro, distribución y consumo de energía eléctrica, formulando estrategias para el acceso universal, la movilidad eléctrica, la generación distribuida y el suministro eléctrico a futuro.
3. **Política energética transversal:** liderar actividades estratégicas en apoyo de la transición energética, como el establecimiento de la Estrategia Nacional del Hidrógeno Verde (ENHIVE)²⁶ y la Agenda de Transición Energética.

De particular importancia para este estudio es el hecho de que la SNE es la entidad designada por ley para la promoción y uso de biocombustibles y energías alternativas. La Ley 42 de 2011 estableció las directrices para la política nacional sobre biocombustibles y energía eléctrica a partir de biomasa en el territorio nacional. Esta ley fue posteriormente reformada por la Ley 355 de 2023. En septiembre de 2025, el Consejo del

²⁴ SNE (2025). *Referencias del Sector Energético*. Available at: Secretaría Nacional de Energía de Panamá – La Secretaría Nacional de Energía adscrita a la Presidencia de República, tiene como misión establecer e impulsar la Política Energética de la República de Panamá.

²⁵ SNE (2025b). *Resolución No. MIPRE-2025-0037160 De 1 de octubre de 2025*. Available at: <https://www.energia.gob.pa/wp-content/uploads/2025/10/Resoluci%C3%B3n-N.%C2%B0MIPRE-2025-0037160-de-1-de-octubre-de-2025.pdf>.

²⁶ SNE (2023). *Resolución de Gabinete No. 70 De 11 de Julio de 2023*. Available at: <https://www.energia.gob.pa/wp-content/uploads/2024/07/Resoluci%C3%B3n-de-Gabinete-N.%C2%B070-de-11-de-julio-de-2023-Estrategia-Nacional-de-Hidr%C3%B3geno-Verde-y-derivados.pdf>.

Gabinete aprobó el Proyecto de Ley 24-25, que añade nuevas reformas a la Ley 42 de 2011²⁷. Los puntos principales de esta propuesta son:

1. **Uso obligatorio de bioetanol:** el uso obligatorio de bioetanol anhidro como aditivo oxigenante obligatorio en una mezcla al 10% (E10) con gasolinas está autorizado en todo el país.
2. **Homologación fiscal:** el combustible resultante de esta mezcla (gasolina con bioetanol) tendrá un impuesto homologado de 60 céntimos de USD por galón.
3. **Papel de la Secretaría Nacional de Energía (SNE):** la SNE es la institución central con la misión de desarrollar, promover y ejecutar programas estratégicos, proyectos y planes para la promoción y uso de biocombustibles. Funciones regulatorias de la SNE:
 - Establecer los porcentajes, proporciones y volúmenes aplicables para la mezcla de hidrocarburos con biocombustibles, regulando su comercialización, distribución y uso.
 - Autorizar el uso de otros biocombustibles (como el bioetanol hidratado) que cumplan con el propósito de la ley.
 - Promover estudios sobre la producción y la promoción de tecnologías para biocombustibles y para la generación o cogeneración de energía eléctrica a partir de biomasa.
4. **Coordinación interinstitucional:** la SNE es responsable de coordinarse con otras instituciones gubernamentales, entre ellas:
 - Los ministerios de Desarrollo Agrícola (MIDA) y de Economía y Finanzas (MEF) para establecer la legislación fiscal y los instrumentos económicos necesarios. Esto incluye incentivos para cultivos, agronegocios y el uso de biocombustibles y biomasa.
 - La Dirección General de Normas y Tecnología Industrial del Ministerio de Comercio e Industrias (MICI) para la elaboración y actualización de las normativas técnicas aplicables a la producción, mezcla y comercialización.

Los motivos de esta iniciativa son promover el uso de energías más limpias, apoyar al sector agrícola generando demanda de cultivos destinados a biocombustibles y reducir la dependencia de los combustibles fósiles importados²⁸. Se presentan más detalles sobre esta ley y sus implicaciones para la introducción de SAF en Panamá en la sección 1.6.

1.3 DEMOGRAFÍA

Según la información más reciente del Instituto Nacional de Censos y Estadística (INEC), la población total de Panamá, a fecha de 1 de julio de 2022, se estimaba en 4 395 414 habitantes, de los cuales 2 204 424 eran mujeres y 2 190 990 hombres, lo que indica una distribución equilibrada por género. La densidad de población se estima en 59 habitantes por km² ²⁹.

En 2022, la división político-administrativa del país constaba de 10 provincias, 81 distritos, 4 *comarcas* indígenas con estatus provincial (Kuna Yala, Emberá, Ngäbe Buglé y Naso Tjër Di), y 2 *comarcas* a nivel de

²⁷ Ministerio de la Presidencia (2025). *Ministro Orillac presenta a la Asamblea proyecto de Ley para reactivar uso de biocombustibles*. Available at: <https://www.presidencia.gob.pa/publicacion/ministro-orillac-presenta-a-la-asamblea-proyecto-de-ley-para-reactivar-uso-de-biocombustibles->.

²⁸ SERTV (2025). *Proyecto de ley obliga uso de bioetanol en la gasolina*. Available at: <https://sertv.gob.pa/proyecto-de-ley-obliga-uso-de-bioetanol-en-la-gasolina/>.

²⁹ INEC (2023). *Panamá en Cifras: Años 2018-2022*. Ciudad Panamá, Panamá. Available at: https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID_PUBLICACION=1318&ID_CATEGORIA=17&ID_SUBCATEGORIA=45

corregimiento (subdistrito) (Kuna de Madungandí y Kuna de Wargandí), sumando un total de 699 corregimientos.

La población se concentra principalmente en las provincias de Panamá, Panamá Oeste y Colón, situadas en el centro del país, cerca del Canal de Panamá. En conjunto, estas tres provincias albergan aproximadamente el 60,1% de la población del país. Las provincias de Bocas del Toro, Chiriquí y la Comarca de Ngäbe Buglé (territorio indígena) representaban el 24,3% de la población.

En cuanto a la estructura de edades, los cambios entre 2018 y 2022 muestran una ligera tendencia hacia el envejecimiento de la población:

- Niños (0–14 años): Disminuyó del 26,4% en 2018 al 25,1% en 2022.
- Adolescentes y jóvenes adultos (15–24 años): El grupo de 15 a 19 años bajó del 8,6% al 8,3%, y el grupo de 20 a 24 años se mantuvo en un 8,1%.
- Adultos (25–59 años): El segmento de jóvenes adultos (25–29) cayó del 7,7% al 7,6%, mientras que el grupo de 30 a 59 años experimentó un ligero aumento, del 37,4% al 37,7%.
- Adultos mayores (60+): Este grupo mostró el mayor crecimiento, pasando del 11,8% en 2018 al 13,2% en 2022.

La edad media de la población en 2022 era de 31 años.

Se muestra un resumen de los principales indicadores demográficos y económicos en Tabla 1.

Basándose en un PIB per cápita de aproximadamente 17 000 USD, Panamá se considera un país de ingresos medios-altos. El sector Servicios es el que más contribuye al empleo, con una cuota del 67,51%, seguido por la Industria con un 16,82% y la Agricultura con un 15,67%. La tasa de desempleo es del 8,79%.

En cuanto a la distribución de ingresos, alrededor del 21,50% de la población vive bajo el umbral de pobreza, con muchas minorías indígenas en zonas aisladas del este y las regiones del Caribe oeste experimentando pobreza extrema, mientras que las condiciones de vida en la región capital son mucho mejores³⁰. Por ejemplo, en 2024, el 39,6% de la población rural, pero solo el 11,4% de la población urbana, experimentaba pobreza³¹.

Tabla 1. Indicadores demográficos y económicos. (Fuente: Banco Mundial (2024) ³²)

Indicadores clave	Valor más reciente	Clasificación global
Densidad de población (habitantes por km², 2021)	58,66	143 (de 216)
Esperanza de vida (para la población total en años, 2021)	76,22	63 (de 209)
PIB per cápita (en USD actuales de 2022)	17 357 63 USD	69 (de 185)
% de población por debajo del umbral nacional de pobreza (2019)	21,50%	89 (de 157)
Tasa de desempleo (% de la fuerza laboral total, 2022)	8,79%	53 (de 183)

³⁰ Banco Mundial (2024) Perfil del país de riesgo climático: Panamá. Washington, DC. https://climateknowledgeportal.worldbank.org/sites/default/files/country-profiles/16805-WB_Panama%20Country%20Profile-WEB.pdf.

³¹ Banco Mundial (2025). Panamá: Panorama General. Disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/country/panama/overview#2>.

³² Banco Mundial (2024) Perfil del país de riesgo climático: Panamá. Washington, DC. https://climateknowledgeportal.worldbank.org/sites/default/files/country-profiles/16805-WB_Panama%20Country%20Profile-WEB.pdf.

Indicadores clave	Valor más reciente	Clasificación global
% empleados en agricultura (2021)	15,67%	96 (de 185)
% empleados en la industria (2021)	16,82%	124 (de 185)
% empleados en servicios (2021)	67,51%	62 (de 185)

1.4 VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO

Panamá es altamente vulnerable a los impactos del cambio climático. Como ocurre con muchos otros países de la región tropical, Panamá está significativamente expuesta a la creciente frecuencia e intensidad de fenómenos meteorológicos extremos, especialmente sequías, precipitaciones intensas y subida del nivel del mar. El Canal de Panamá también es especialmente vulnerable al cambio climático, con consecuencias críticas no solo para el país, sino para el comercio global en general.

Las vulnerabilidades climáticas primarias pueden resumirse de la siguiente manera:

1. Fenómenos meteorológicos extremos

Los cambios climáticos han incrementado la frecuencia de eventos hidrometeorológicos en todo el país, tales como:

- **Inundaciones y deslizamientos de tierra:** las lluvias intensas y prolongadas, especialmente en zonas urbanas y zonas interiores empinadas, han provocado inundaciones y deslizamientos destructivos³³. El desarrollo urbano rápido y a menudo no planificado en zonas de alto riesgo agrava esta vulnerabilidad, resultando en grandes pérdidas económicas y amenazas para los asentamientos humanos y la infraestructura.
- **Subida del nivel del mar:** como país con casi 3 000 kilómetros de costa y más de 1 500 islas, Panamá está muy expuesto a la subida del nivel del mar¹⁰. Esto supone una creciente amenaza para la infraestructura costera, los principales puertos y la subsistencia de comunidades costeras e insulares vulnerables, incluidas muchas poblaciones indígenas que podrían enfrentarse a desplazamientos inducidos por el clima^{34, 35}.

2. Energía, agricultura e impactos sociales

El cambio climático amenaza sectores vitales y afecta de forma desproporcionada a los pobres:

- **Sector energético:** el país depende en gran medida de la energía hidroeléctrica, lo que hace que su seguridad energética dependa en gran medida de patrones de lluvia estables. Durante sequías severas, los niveles de agua bajan, lo que obliga a Panamá a cambiar a combustibles fósiles que son más caros y contaminantes para la generación de energía³⁶.
- **Seguridad alimentaria y medios de vida:** las severas sequías e inundaciones perjudican al sector agrícola, que, aún siendo un pequeño contribuyente al PIB, supone una fuente importante de

³³ PNUMA (2023) "Panamá desarrollará el Plan Nacional de Adaptación al cambio climático." Disponible en: <https://www.unep.org/gan/news/press-release/panama-develop-national-adaptation-plan-climate-change>.

³⁴ Grupo Banco Mundial (2025). "Resumen de Panamá: Noticias sobre desarrollo, investigación, datos." Disponible en: <https://www.worldbank.org/en/country/panama/overview>.

³⁵ Instituto de Otredad y Pertenencia (UC Berkeley) (2025). *Desplazamiento climático: Estudio de caso en Panamá*. Disponible en: <https://belonging.berkeley.edu/climatedisplacement/case-studies/panama>.

³⁶ Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) (2024). "El sector energético de Panamá: desafíos de adaptación al cambio climático." <https://www.irena.org/Publications/2024/Jul/The-energy-sector-of-Panama-Climate-change-adaptation-challenges>

empleo, especialmente para las comunidades indígenas y rurales.³⁷ Esto afecta a la producción de cultivos, la ganadería y la seguridad alimentaria de las poblaciones más vulnerables³⁸.

- **Riesgos para la salud:** el aumento de las temperaturas medias y la creciente frecuencia de los días de calor extremo suponen un riesgo para la salud pública, incluyendo la proliferación de enfermedades transmitidas por vectores y enfermedades relacionadas con el calor³⁹.

3. Escasez de agua y el Canal de Panamá

La vulnerabilidad económica más crítica proviene de la dependencia del Canal de Panamá de un suministro fiable de agua dulce de los lagos Gatún y Alajuela, que alimentan las esclusas del canal y también proporcionan agua potable a más de 2 millones de personas (el 50% de la población)⁴⁰.

El cambio climático está agravando esta vulnerabilidad a través de los siguientes impactos:

- **Sequías:** el aumento de las temperaturas y los cambios en los patrones de precipitación, a menudo agravados por el fenómeno de la Oscilación Meridional de El Niño (ENSO), provocan estaciones secas más largas y severas que agotan directamente los niveles de los embalses, obligando a la Autoridad del Canal de Panamá (ACP) a imponer restricciones de tránsito y límites de peso. Estas restricciones provocan congestión, retrasos de semanas para los barcos transoceánicos y una reducción significativa de los ingresos del Canal, lo que afecta negativamente tanto al comercio mundial como a la economía panameña⁴¹. Por ejemplo, la severa sequía en 2023–2024 provocó limitaciones operativas significativas, con pérdidas de ingresos para el ACP estimadas en cientos de millones de dólares estadounidenses (USD)⁴².
- **Precipitaciones extremas:** Aunque la sequía es el mayor riesgo, la cuenca también experimenta vulnerabilidad a los fenómenos de tormentas (lluvias intensas y concentradas), que pueden desbordar los lagos, forzar vertidos preventivos en las presas y provocar inundaciones y deslizamientos que afectan a la infraestructura de la cuenca y a la población local⁴³.

La ACP ha implementado y continúa desarrollando un plan sólido de gestión del agua y descarbonización para garantizar la sostenibilidad a largo plazo que incluye⁴⁴:

- **Uso eficiente del agua:** Las esclusas Neopanamax que se instalaron durante la reciente ampliación del canal están equipadas con un sistema de ahorro de agua que reciclan hasta el 60% del agua.

³⁷ PNUMA (2023) "Panamá desarrollará el Plan Nacional de Adaptación al cambio climático." Disponible en: <https://www.unep.org/gan/news/press-release/panama-develop-national-adaptation-plan-climate-change>.

³⁸ Fondo Monetario Internacional (FMI) (2024c). "Construyendo resiliencia ante desastres naturales y cambio climático en: FMI eLibrary (Consulta Artículo IV de Panamá)." <https://www.elibrary.imf.org/view/journals/002/2024/189/article-A002-en.xml>.

³⁹ Grupo Banco Mundial (2024). "PANAMÁ - Portal de Conocimiento sobre el Cambio Climático (Perfil del País sobre Riesgo Climático)." 22 de enero de 2024. https://climateknowledgeportal.worldbank.org/sites/default/files/country-profiles/16805-WB_Panama%20Country%20Profile-WEB.pdf.

⁴⁰ ACRP (2025). "Agua y el Canal." Disponible en: <https://pancanal.com/agua/>.

⁴¹ World Economic Forum (WEF) (2023). "Desafíos sin precedentes: Cómo la sequía en el Canal de Panamá está afectando el comercio mundial." Available at: <https://es.weforum.org/stories/2023/08/desafios-sin-precedentes-como-la-sequia-en-el-canal-de-panama-esta-afectando-el-comercio-mundial/>.

⁴² Fondo Monetario Internacional (FMI) (2024b). "Construyendo resiliencia ante desastres naturales y cambio climático en: FMI eLibrary (Consulta Artículo IV de Panamá)." Disponible en: <https://www.elibrary.imf.org/view/journals/002/2024/189/article-A002-en.xml>.

⁴³ Prado, R., Segura, B., & Mack, Y. (2024). Impacto del Cambio Climático en la Operatividad del Canal de Panamá. Revista De Iniciación Científica, 10(1), 65 - 70. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v10.1.4005>.

⁴⁴ ACP (2025b). "Estrategia hídrica y descarbonización: el futuro sostenible del Canal de Panamá." Disponible en: <https://panamaendirecto.com/estrategia-hidrica-y-descarbonizacion-el-futuro-sostenible-del-canal-de-panama/>

- **Gestión ambiental de la cuenca:** Programas como el Programa de Incentivos Económicos Ambientales (PIEA) promueven la reforestación, el título de tierras y prácticas agroindustriales sostenibles entre las comunidades locales para proteger la cobertura forestal de la cuenca, que es crucial para la retención de agua⁴⁵.
- **Descarbonización y sostenibilidad marítima:** La ACP aspira a alcanzar la neutralidad de carbono para 2050 e invierte en modernizar su flota, como sustituir remolcadores diésel por híbridos eléctricos. También promueve iniciativas con compañías navieras, como la "NetZero Slot", para posicionar al Canal como líder en sostenibilidad marítima global⁴⁶.

1.5 AGRICULTURA

La agricultura es un sector importante de la economía panameña. Según estadísticas oficiales de MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario), la superficie total dedicada a la agricultura en el periodo de cosecha 2024-2025 fue de 239 895 hectáreas (ha)⁴⁷. De estas, se cosecharon 228 992 ha para una producción total de 3 877 669 toneladas, como puede verse en Tabla 2.

Tabla 2. Estadísticas agrícolas generales para el año de cosecha 2024-2025. (Fuente: Autor con datos de MIDA (2025))

Artículo	Unidad	Valor
Superficie total cultivada	ha	239 895
Superficie total cosechada	ha	228 992
Zona pendiente de cosecha	ha	8 622
Área cultivada perdida	ha	2 571
Número total de productores		41 965
Producción total de cultivos	t	3 877 669
Cultivos permanentes	%	39%
Cultivos transitorios	%	61%

MIDA identifica un total de 39 cultivos como "rubros de mayor tecnología de producción" debido a la cantidad de innovación, la calidad de las semillas y los mercados de destino. Estos 39 cultivos representan la mayor parte del valor económico de la agricultura y representan aproximadamente el 91% de la superficie total cosechada (210 842 ha), como se puede ver en Tabla 3.

⁴⁵ ACP (2025c) "Acciones del Canal para un futuro sostenible del agua." Disponible en: <https://pancanal.com/acciones-del-canal-para-un-futuro-sostenible-del-agua/>

⁴⁶ ACP (2025d). "Estrategia hídrica y descarbonización: el futuro sostenible del Canal de Panamá." Disponible en: <https://panamaendirecto.com/estrategia-hidrica-y-descarbonizacion-el-futuro-sostenible-del-canal-de-panama/>

⁴⁷ MIDA (2025) *Cierre Agrícola – 2024-2025*. República de Panamá, Santiago, Veraguas. Disponible en: <https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2025/07/CIERRE-AGRICOLA-2024-2025.pdf>

Tabla 3. Estadísticas principales para los 39 rubros con mayor tecnología de producción. (Fuente: Autor con datos de MIDA 2025)

Rubro	Producción total (t)	Porcentaje de producción	Superficie cultivada (ha)	Porcentaje de superficie cultivada	Productos principales (ejemplos)
Cultivos industriales	2 171 237	70,20%	68 026	31,1%	Caña de azúcar industrial, palma de aceite, café y cacao.
Granos básicos	535 577	17,32%	127 283	58,3%	Arroz, maíz y sorgo.
Frutas	230 873	7,46%	13 275	6,1%	Plátano, piña, cítricos y aguacate.
Raíces y tubérculos	57 920	1,87%	5 553	2,5%	Yuca (yuca), ñame (ñame) y otoe.
Verduras	60 909	1,97%	2 346	1,1%	Patata, cebolla y tomate.
Calabazas	36 445 50	1,18%	1 919	0,9%	Sandía, melón, calabaza y pepino.
Total	3 092 962	100,00%	218 402	100,0%	

Es importante destacar que los cereales básicos corresponden a la mayoría de las tierras cultivadas (58,3%). Dentro de la categoría de cereales básicos, la mayor parte de la tierra está dedicada al arroz (78%) y al maíz (15%). Los cultivos industriales son la segunda categoría más grande, utilizando el 31,1% de la tierra. De los cultivos industriales, la caña de azúcar y la palma aceitera ocupan la mayor cantidad de tierra, con un 32% y un 34%, respectivamente.

Los 10 principales cultivos agrícolas por superficie cosechada se muestran en Tabla 4 y Figura 6. El arroz mecanizado es el cultivo más grande con un 41,59%, seguido por la caña de azúcar industrial, la palma aceitera y el maíz mecanizado con un 10,24%, 9,59% y 8,19% respectivamente. Existe una distinción notable en la cantidad de tierra cosechada por productor entre los cuatro principales cultivos industrializados (arroz mecanizado, caña de azúcar industrial, palma aceitera y maíz mecanizado) y el resto. Para estos cuatro cultivos, la superficie por productor supera las 25 ha por productor, mientras que para los seis cultivos restantes (café, plátanos, cacao, granos de viña, maíz artesanal y yuca) la superficie por productor es mucho menor, por debajo de 5 ha por productor.

Tabla 4. Los 10 mejores cultivos por superficie cosechada. (Fuente: Autor con datos de MIDA (2025))

Cosecha	Productores	Producción (tonelada)	Superficie cosechada (ha)	Superficie cosechada (% del total)	Área (ha)/productor
Arroz mecanizado	1 806	430 357	95 147	41,6%	52.7
Caña de azúcar industrial	290	1 794 818	23 424	10,2%	80.8
Palma aceitera	712	365 625	21 947	9,6%	30.8
Maíz mecanizado	680	90 226	18 749	8,2%	27.6
Café	6 159	7 675	13 598	5,9%	2.2
Plátanos	5 797	137 289	9 977	4,4%	1.7
Cacao	2 152	871	6 065	2,7%	2.8
Frijoles de viña	866	2 777	4 170	1,8%	4.8
Maíz artesanal	1 770	9 932	2 774	1,2%	1.6
Yuca	1 842	25 247	2 074	0,9%	1.1

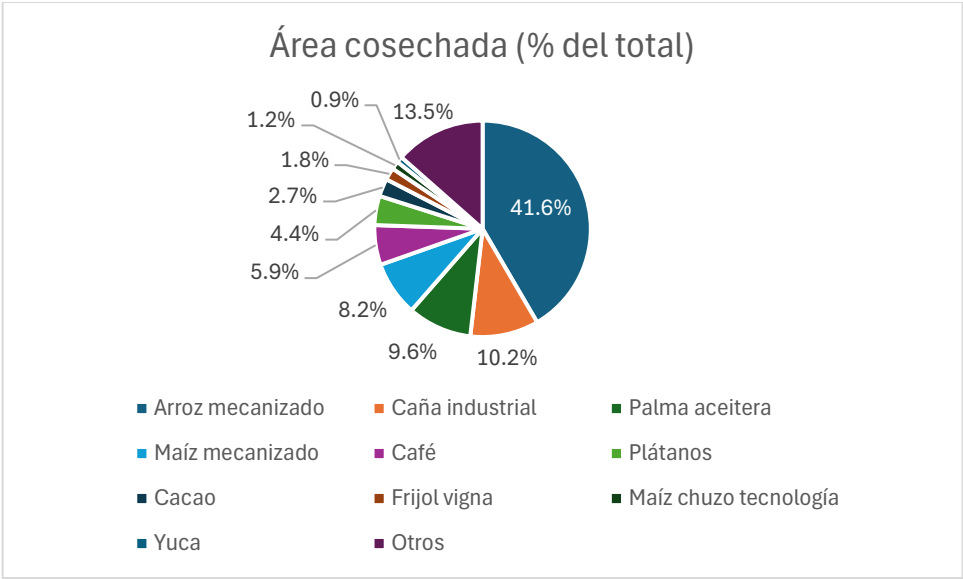


Figura 6. Superficie cosechada por cultivo como porcentaje del área total cosechada. (Fuente: Autor con datos de MIDA (2025))

En cuanto a la pérdida de cosechas, el principal desafío reportado durante el ciclo 2024-2025 fue la variabilidad climática. Las pérdidas totales de superficie cultivada alcanzaron las 2 229,4 hectáreas, de las cuales el 49% correspondía al arroz mecanizado y el 26% al café. En general, las variaciones climáticas están provocando cambios en los patrones de precipitación que interfieren con los ciclos agrícolas normales al tener

periodos con demasiada lluvia y otros con poca lluvia. Además, las temperaturas más cálidas están generando desafíos adicionales como plagas y enfermedades⁴⁸.

En cuanto a los recursos hídricos disponibles, Panamá tiene abundante agua, con la gran mayoría procedente de fuentes superficiales (ríos y lagos) y solo un 5% de embalses subterráneos⁴⁹. El país está clasificado como de "bajo riesgo" en cuanto a niveles de estrés hídrico en general, aunque hay algunas zonas que pueden experimentar condiciones de sequía. Sin embargo, como se explica en la sección 1.4, la variabilidad en la precipitación debido al cambio climático supone un grave riesgo para el funcionamiento del Canal de Panamá.

1.6 ENERGÍA

1.6.1 Descripción general

Como se describe en la sección 1.2.3, la Secretaría Nacional de Energía (SNE) es el órgano rector responsable de la política nacional para todo el sector energético. Esto incluye definir políticas para los combustibles fósiles, la energía eléctrica, el uso racional de la energía y el desarrollo de fuentes alternativas. Dado que Panamá importa el 100% de sus combustibles fósiles y la vulnerabilidad consecuente a fluctuaciones internacionales de precios, uno de los roles cruciales de la SNE es regular el precio máximo que pueden ofrecer las empresas privadas. Esta regulación sirve como mecanismo para proteger a los consumidores nacionales.

Para cumplir con su deber regulatorio y garantizar la protección del consumidor, la SNE supervisa de cerca los factores que afectan a la oferta y demanda global de crudo y sus derivados, ya que estos influyen directamente en el costo de los combustibles importados y distribuidos dentro de Panamá. La SNE garantiza que cualquier ajuste de precios se base estrictamente en las variaciones del mercado internacional y cumpla con la fórmula de precios de paridad de importación, tal como establece el Decreto del Gabinete nº 36 de 2003⁵⁰.

El marco legal panameño ha evolucionado para fomentar el almacenamiento y comercialización de combustibles. En 1992, se liberalizó el mercado petrolero y se establecieron Zonas Francas de Petróleo para crear incentivos específicos. Como parte de esta estrategia, en 2003 se rescindió un contrato con Chevron Texaco para operar una refinería en Bahía Las Minas y la instalación se convirtió en una terminal de combustible dentro de una zona franca centrada en la importación y comercialización de combustibles. En consecuencia, Panamá actualmente no cuenta con refinerías en operación.

La terminal de Bahía Las Minas se encuentra al este de la ciudad portuaria de Colón y muy cerca de la entrada al Canal de Panamá, cerca de las esclusas de Gatún (Figura 7). Desde 2013 está administrado por Vopak a nombre de Chevron⁵¹. La terminal cuenta con 65 depósitos y una capacidad total de almacenamiento combinada de más de 519 000 barriles (> 21 millones de galones) y es el único punto de entrada para el combustible de carretera y aviación consumido en el país. Estadísticas adicionales se muestran en Tabla 5.

⁴⁸ MIDA (2025)

⁴⁹ BID (2024). *Gestión Sostenible Del Agua En Panamá*. Disponible en: <https://capac.org/wp-content/uploads/2024/12/4-Gestion-Sostenible-del-Agua-PN.pdf>.

⁵⁰ Clúster Logístico (2025). *3.1 Panamá Combustible*.

⁵¹ IDOM (2025). *Terminal de almacenamiento Bahía Las Minas*.

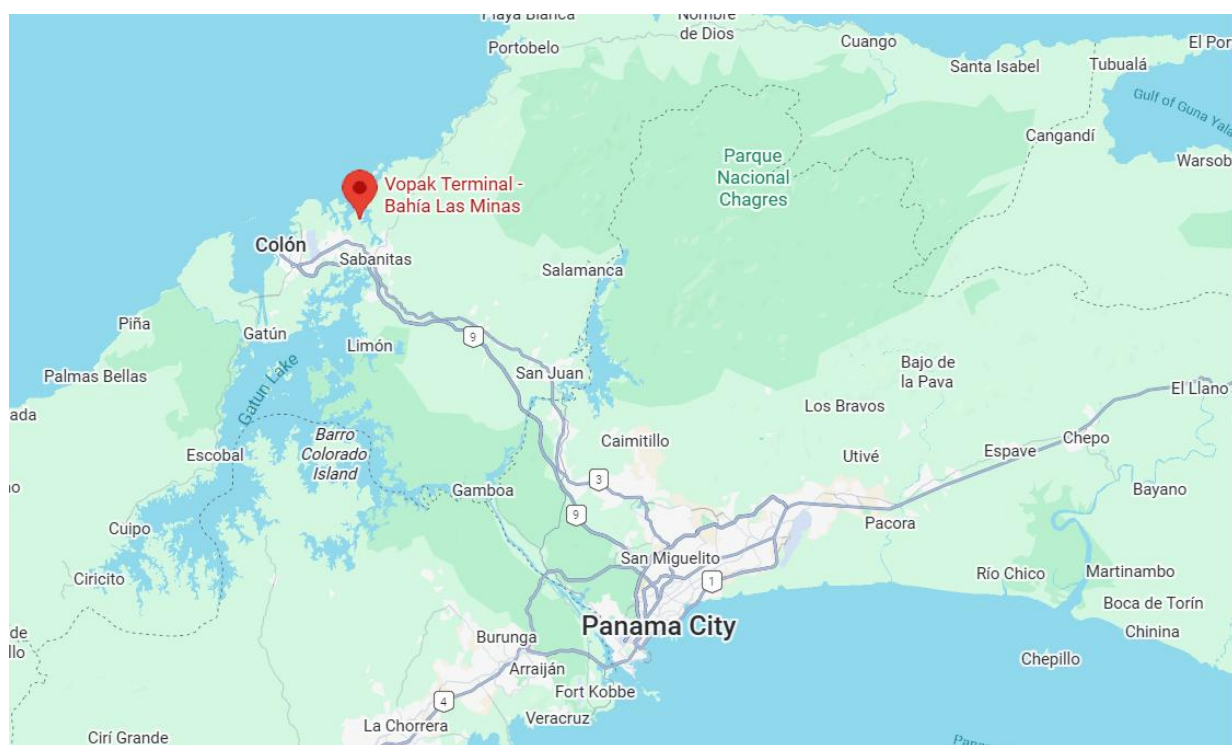


Figura 7. La terminal de Bahía Las Minas, operada por Vopak, es el principal punto de entrada para los combustibles derivados del petróleo en Panamá. (Fuente: Google Maps)

Tabla 5. Principales características de la terminal de combustible de Bahía Las Minas. (Fuente: Vopak⁵²)

Artículo	Descripción
Acceso	Barcaza, oleoducto, camión, buque
Atraques para barcasas	1
Muelles para buques	1
Certificación	ISCC+, ISCC EU
Productos	Productos petrolíferos
Servicios	Sistemas dedicados, aditivos
Tamaño de tanques	De 238 a 40 000 m ³
Tipo de tanques	Acero dulce
Tipo de terminal	Importación-Exportación-Distribución

Los principales distribuidores de combustible en Panamá incluyen Petróleos Delta, Terpel y Puma. Los principales actores en el mercado de abastecimiento marítimo son Minerva Bunkering, Clipper Oil, Panama Oil Supplies y Terpel.

⁵² Vopak (2025). *Terminal Bahía Las Minas*.

1.6.2 Estadísticas de consumo total de energía

El consumo energético total de 1996 a 2021 en Panamá ha mostrado una tendencia general al alza, pasando de poco más de 10 000 barriles de petróleo equivalente (por sus siglas en inglés, *kilo barrels of oil equivalent*) en 1996 a su máximo alrededor de 30 000 kboe en 2018, antes de caer ligeramente y luego recuperarse hasta unos 25 000 kboe en 2021 (véase Figura 8). El sector del transporte (morado) ha sido de forma constante el mayor consumidor durante todo el periodo, mostrando un aumento constante hasta 2018/2019, mientras que el sector industrial (azul claro) es el segundo más grande, creciendo también significativamente a lo largo de los años. Los sectores restantes —Residencial (naranja), Comercial, Servicios Públicos (azul oscuro) y las categorías más pequeñas de Agricultura, Pesca, Minería y Otros— muestran una contribución menor pero aún notable al aumento general del consumo.

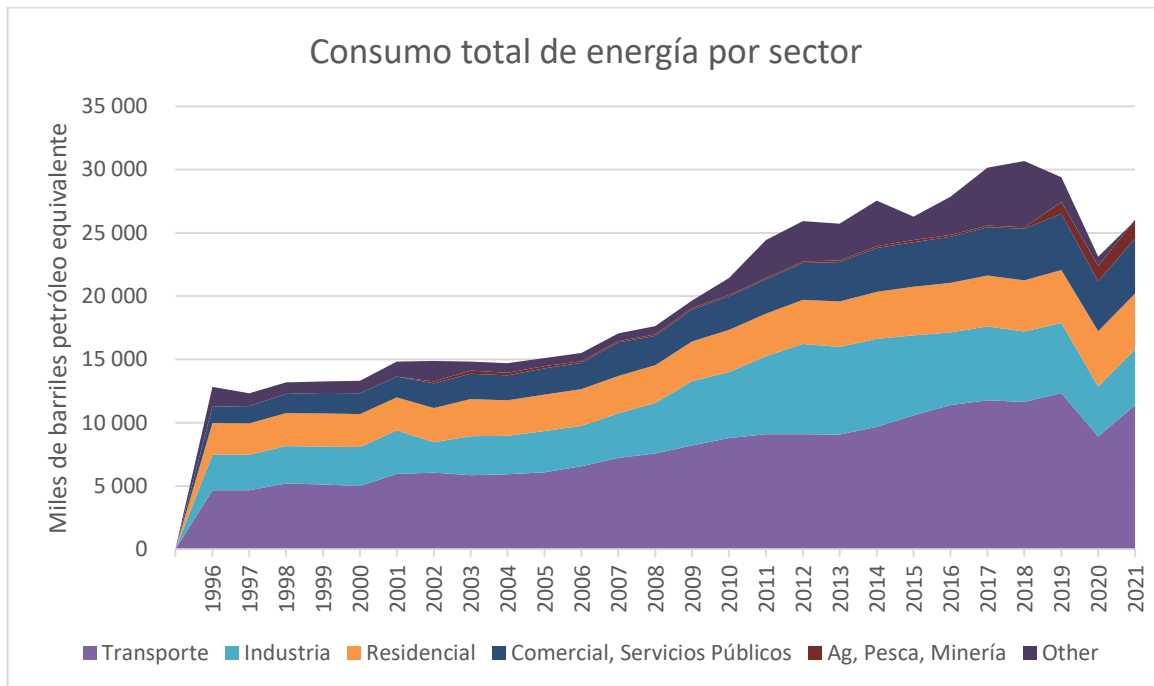


Figura 8. Consumo total de energía en Panamá desde 1996 hasta 2021. (Fuente: Autor con datos de SNE⁵³)

En 2021, el sector del transporte tuvo la mayor cuota del consumo total de energía, con alrededor del 44% (véase Figura 9). Los sectores industriales, residencial y servicios comerciales/públicos, fueron los siguientes grandes consumidores de energía, con aproximadamente un 17% cada uno.

⁵³ SNE (2025c). *Información sobre energía en Panamá*. – Secretaría Nacional de Energía de Panamá.

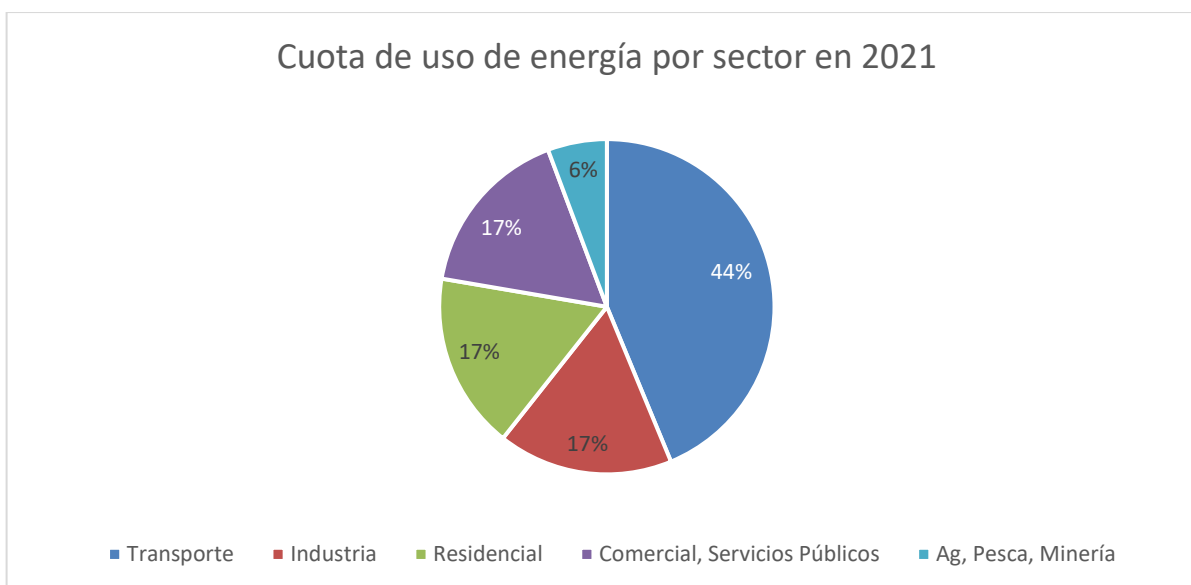


Figura 9. Cuota de consumo energético por sector. (Fuente: Autor con datos de SNE⁵⁴)

1.6.3 Estadísticas de consumo de combustible

Panamá es un importante centro de demanda de combustibles por carretera, aviación y transporte marino. El uso de combustible para transporte terrestre y aéreo en Panamá desde 2012 hasta 2024 se muestran en Figura 10. La línea Total (azul) muestra una tendencia general al alza hasta 2019, alcanzando su máximo en 2024. Sin embargo, en 2020 hubo una fuerte caída debido a las restricciones de la pandemia, que afectaron especialmente al combustible para aviones (verde). Posteriormente, el consumo total y el de los combustibles individuales (diésel en azul oscuro y gasolina en naranja) inician una recuperación notable a partir de 2021. Al final del periodo, el diésel seguía siendo el combustible individual más consumido, seguido de cerca por la gasolina, mientras que el combustible para aviones también recuperó una parte significativa del consumo perdido. El consumo en 2024 de diésel, gasolina y combustible para aviones fue de 346 millones de galones, 360 millones de galones y 264 millones de galones, respectivamente.

Los aumentos anuales de combustibles marinos en Panamá para el periodo 2012 a 2024 se muestran en la Figura 11. El consumo total de combustible marino (línea azul oscuro) mostró una tendencia ascendente significativa a partir de 2014, aumentando de forma constante desde aproximadamente 900 millones de galones hasta un máximo de unos 1 600 millones de galones en 2021.

La categoría dominante de combustible que impulsa esta tendencia es el bunker marino (línea púrpura), que refleja de cerca el patrón del consumo total. En cambio, el diésel marino (línea verde) se mantuvo relativamente estable y bajo, fluctuando entre aproximadamente 50 y 250 millones de galones durante todo el periodo, lo que indica que contribuye solo con una pequeña fracción del combustible total suministrado a los buques. Tras el pico de 2021, el consumo total experimentó una ligera caída antes de recuperarse algo en 2024.

⁵⁴ SNE (2025c). *Información sobre energía en Panamá*.

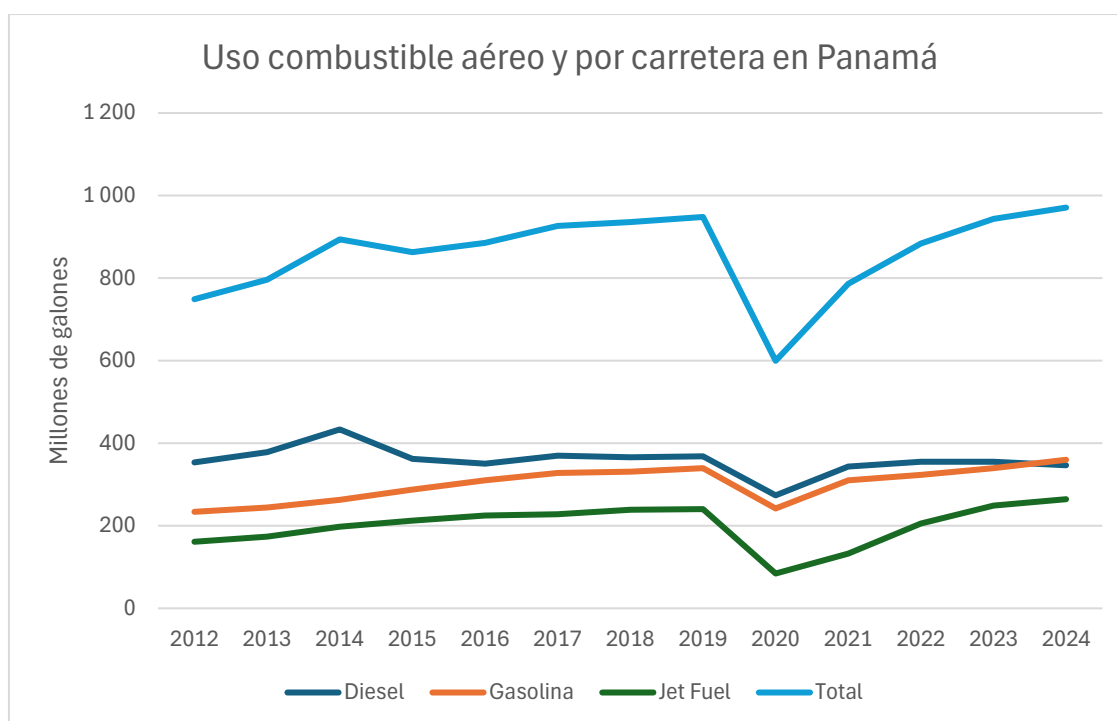


Figura 10. Estadísticas de uso de combustible de transporte terrestre y para aviones en Panamá. (Fuente: Autor con datos de SNE⁵⁵)

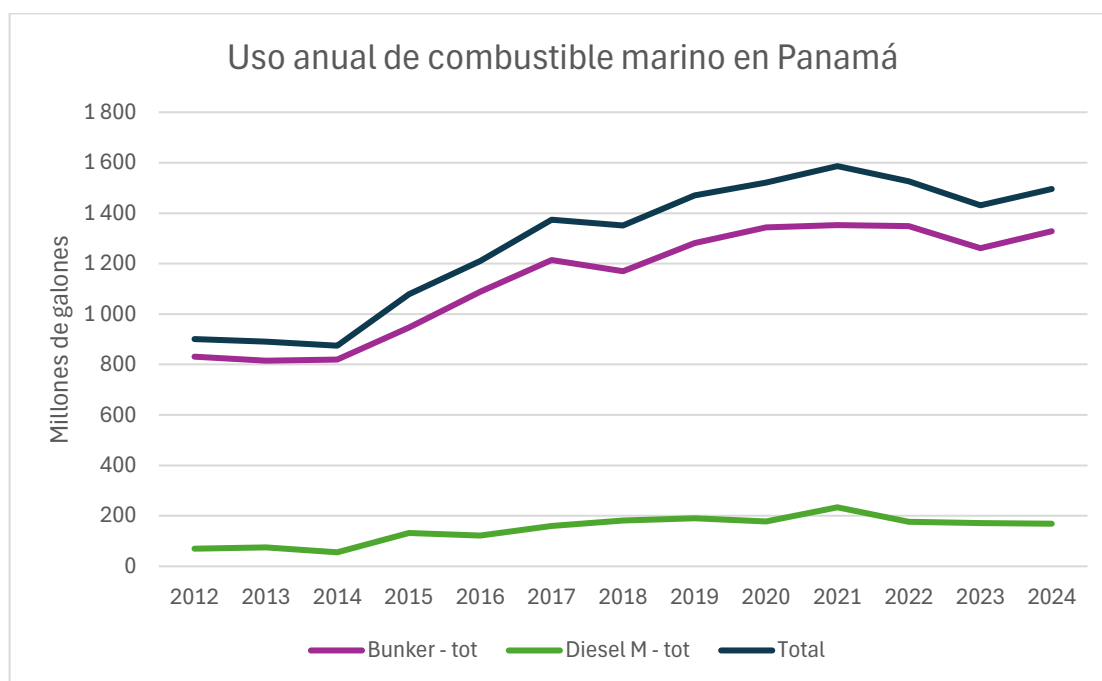


Figura 11. Estadísticas de consumo de combustible marino (bunker, diésel marino) en Panamá. (Fuente: Autor con datos de AMP⁵⁶)

⁵⁵ SNE (2025c). *Información sobre energía en Panamá*.

⁵⁶ AMP (2025). *Estadísticas*.

Existe una diferencia significativa en el consumo entre las costas del Pacífico y el Atlántico, como puede verse en la Figura 12. La costa del Pacífico domina el consumo de combustible, con bunker marino (línea azul oscuro) mostrando una fuerte tendencia al alza desde 2014, alcanzando un pico de alrededor de 1 180 millones de galones en 2021 antes de un ligero descenso y posterior recuperación. En contraste, el consumo del diésel marino en el Pacífico (línea naranja), en el Atlántico (línea verde oscura) y en el Atlántico (línea azul claro) se mantiene consistentemente mucho más bajo durante todo el período, generalmente por debajo de 250 millones de galones cada uno.

Cabe destacar que, aunque el consumo de combustible marino en el Pacífico es la categoría principal, el consumo en la Costa Atlántica, especialmente de diésel marino, ha mostrado un crecimiento modesto, aunque el Pacífico sigue siendo el lugar dominante para el abastecimiento de combustible marino.

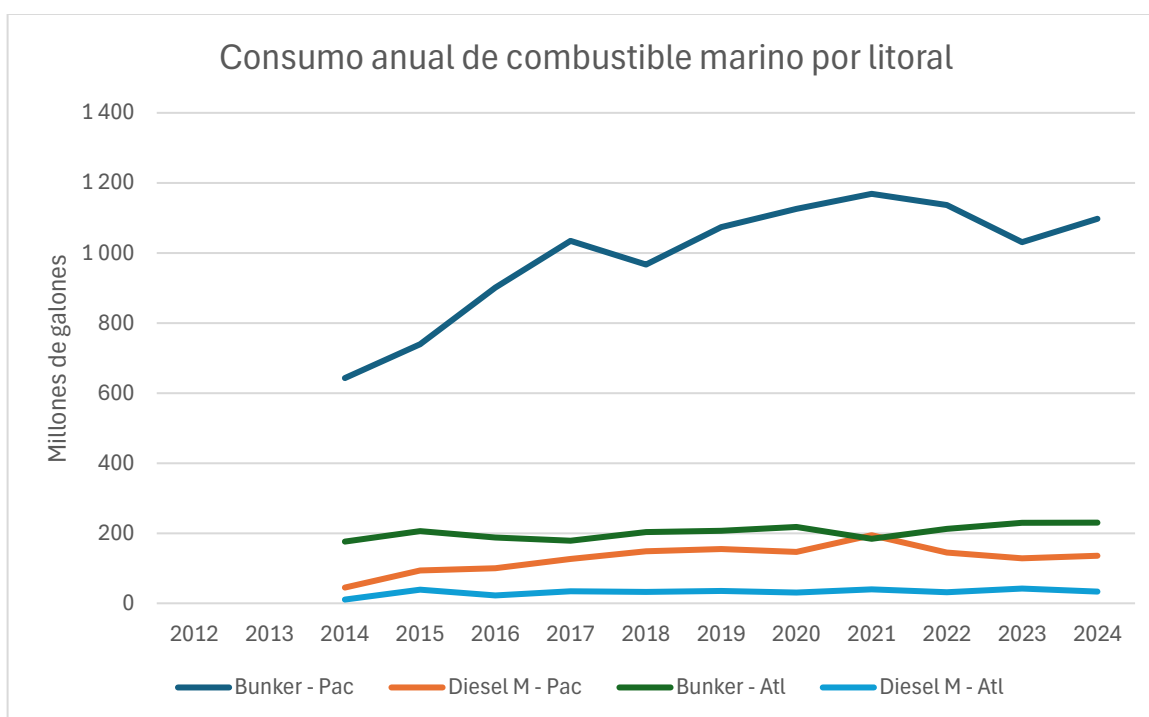


Figura 12. Estadísticas de consumo de combustible marino (bunker marino, diésel marino) por costa (Atlántico o Pacífico). (Fuente: Autor con datos de AMP⁵⁷)

1.6.4 Estadísticas de generación de energía

La generación total de electricidad aumentó de forma constante de aproximadamente 7 500 GWh en 2010 a casi 14 000 GWh en 2021 (véase Figura 13).

Durante este periodo, la hidroeléctrica (mostrada en azul) y la fósil (en rojo) han sido las dos fuentes dominantes, representando colectivamente la gran mayoría de la generación (los combustibles fósiles incluyen bunker, diésel, carbón y gas natural).

⁵⁷ AMP (2025). *Estadísticas*.

Mientras que la generación de energía fósil se mantuvo alta y relativamente estable hasta 2018 antes de caer y volver a subir, la generación hidroeléctrica mostró una tendencia más variable, con una caída notable en 2019 seguida de una fuerte recuperación. Mientras tanto, fuentes renovables como el viento (verde), la solar (púrpura) y el biogás (azul claro, apenas visible) empezaron a aportar pequeñas pero crecientes cantidades a la matriz energética, especialmente en los últimos años de la serie.

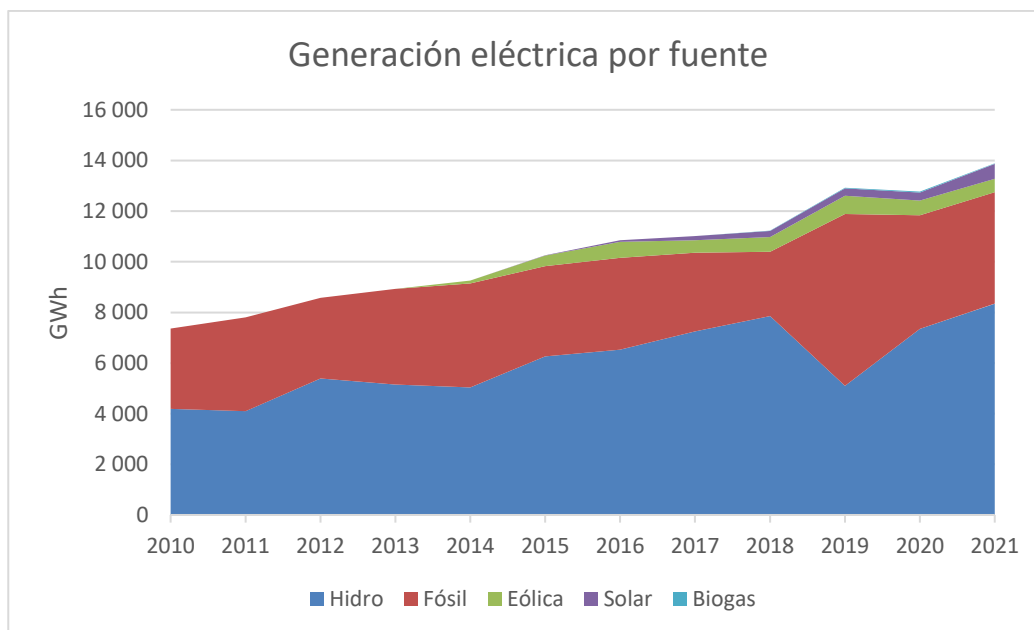


Figura 13. Generación de electricidad por fuente. (Fuente: Autor con datos de SNE⁵⁸)

En 2021, la energía hidroeléctrica fue la fuente principal de electricidad, representando el 60,1% de la generación total (véase Figura 14). Los combustibles fósiles representaron la segunda mayor contribución, con un 31,7%. La generación restante provino de fuentes renovables, con la energía eólica aportando un 4,2%, la solar un 3,8% y el biogás la menor cuota con un mínimo 0,2%. Esta distribución indica una fuerte dependencia de fuentes hidroeléctricas y de combustibles fósiles, con fuentes renovables representando menos del 10% de la matriz total de electricidad en 2021.

⁵⁸ SNE (2025c). Información sobre energía en Panamá.

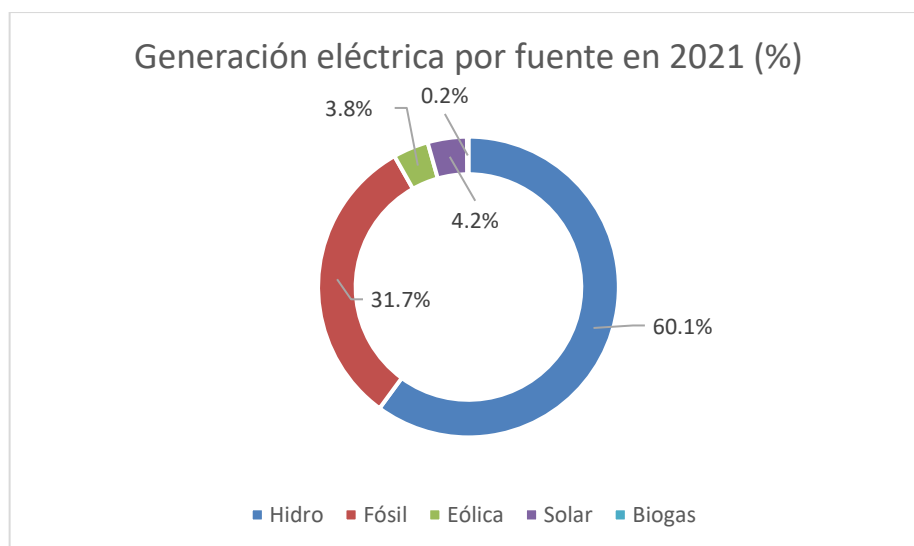


Figura 14. Cuota de generación eléctrica por fuente. (Fuente: Autor con datos de SNE⁵⁹)

La intensidad de carbono de la red eléctrica en Panamá, según estima la SNE en 2023, es de 197,1 gCO₂e/KWh⁶⁰. Este valor se calculó utilizando la *Herramienta Metodológica para Calcular el Factor de Emisión de un Sistema Eléctrico*⁶¹ desarrollada por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en el contexto del Mecanismo de Desarrollo Limpio (CDM).

1.6.5 Ley 42 de 2011, de biocombustibles

Como se menciona en la sección 1.2.3, una enmienda a la Ley 42 de 2011 que abarca biocombustibles está actualmente en discusión en la Asamblea Nacional. Esta ley es fundamental para el desarrollo del SAF en Panamá. Las principales características de esta ley se presentan a continuación:

- **Visión general**
 - La ley establece un mandato nacional que requiere una mezcla del 10% de etanol en gasolina, con flexibilidad para ajustar el porcentaje de mezcla (por ejemplo, al 7% o 9%) bajo circunstancias especiales.
 - Aunque inicialmente se centró en el etanol para vehículos, la ley es suficientemente amplia para permitir otros tipos de biocombustibles en el futuro, como el SAF.
- **Proceso de aprobación y plazos**
 - A finales de 2025, la ley estaba en la Asamblea Nacional para su aprobación. El proyecto tiene alta visibilidad y prioridad, con el presidente directamente involucrado y hablando sobre el tema semanalmente. La estimación para la implementación completa es entre finales de 2026 y 2027.
- **Producción y distribución de biocombustibles**
 - Producción local vs. importaciones
 - Inicialmente, se permitirá la importación de etanol mientras se desarrolla la producción local.
 - La producción local se basará principalmente en caña de azúcar, con aproximadamente 22 000 hectáreas disponibles en la actualidad.

⁵⁹ SNE (2025c). Información sobre energía en Panamá.

⁶⁰ SNE (2024). *Cálculo del Factor De Emisión de Co₂ del Sistema Interconectado Nacional 2023*. Ministerio de la Presidencia, Panamá.

⁶¹ UNFCCC (2018). *Tool07: Herramienta metodológica Herramienta para calcular el factor de emisión de un sistema eléctrico*. Versión 07.0.

- **Logística y mezcla**
 - La mezcla de etanol importado con gasolina se llevará a cabo en zonas francas para evitar altos aranceles a la importación. Una vez mezclado, el combustible saldrá de la zona franca como un solo producto, pagando los mismos impuestos que el combustible normal.
 - Se están realizando adaptaciones en las estaciones de servicio para manejar la mezcla de etanol, teniendo en cuenta los desafíos relacionados con la contaminación del agua.
- **Marco regulatorio y roles institucionales**
 - Entidades implicadas:
 - Secretaría Nacional de Energía (SNE): responsable de las políticas públicas, la regulación de zonas francas y los permisos para operaciones de almacenamiento y mezcla.
 - Autoridad de Protección y Competitividad del Consumidor (ACODECO): supervisa los derechos del consumidor y gestiona las reclamaciones relacionadas con el combustible.
 - Ministerio de Comercio e Industrias (MICI): colabora en el desarrollo del proyecto de biocombustibles.
 - Ministerio de Desarrollo Agrícola (MIDA): colabora con productores agrícolas para el desarrollo de cultivos de biocombustibles.
- **Normas y estándares**
 - Recientemente se ha establecido un estándar para la calidad del etanol. El estándar técnico para el proceso de mezcla de combustibles está actualmente en desarrollo (en el momento de realización de este estudio), y se están basando en los estándares centroamericanos.
- **Subsidios**
 - No se contemplan subvenciones para las gasolineras en la implementación del mandato del bioetanol.
- **Potencial del SAF en la ley de biocombustibles**
 - La legislación actual sobre biocombustibles es lo suficientemente amplia como para permitir la introducción de SAF sin necesidad de una nueva; sin embargo, puede ser necesario desarrollar regulaciones y procesos específicos para SAF antes de que estos puedan implementarse completamente.
 - La ampliación del marco regulatorio para integrar el SAF probablemente tendrá que esperar hasta que se implemente la ley de bioetanol, lo que podría significar esperar hasta 2027 o 2028.

1.6.6 Proyectos de biocombustibles en Panamá

Actualmente no existe producción nacional de biocombustibles en Panamá. Aunque hubo intentos de producir bioetanol para el transporte por carretera en el pasado, ninguno se llegó a consolidar en plantas de producción comercial. En 2022, SGP BioEnergy anunció planes para la construcción de una nueva biorrefinería de combustibles renovables llamada "Ciudad Dorada" en la zona de Coco Solo, en la Zona Franca de Colón, Panamá⁶². SGP BioEnergy planeaba integrar las tecnologías HydroFlex™ y H2™ Bridge de Topsoe, utilizando carbono residual y subproductos de combustibles renovables del proceso de refinado para generar hidrógeno verde. Se anunció que el proyecto iba a comenzar la construcción física en 2023 e iniciar las operaciones de la Fase 1 en 2025. Una vez completada, se proyectó que la biorrefinería produciría un volumen considerable de combustible renovable, con un total de 180 000 barriles diarios (2 600 millones de galones al año), además de 405 000 toneladas métricas de hidrógeno verde anualmente. No ha habido actualizaciones recientes sobre el proyecto y su estado actual se desconoce.

1.6.7 Hidrógeno verde

La Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde y Derivados de Panamá (ENHIVE) es un componente clave de la Agenda de Transición Energética del país, diseñada para cumplir con los compromisos climáticos nacionales

⁶² ZOLICOL (2025). *SGP Bioenergy anuncia la construcción de una biorrefinería en la Zona Libre de Colón*.

e internacionales, incluyendo el Acuerdo de París y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU⁶³. La visión central de ENHIVE es aprovechar la posición geográfica de Panamá para consolidarse como la "Ruta Global del Hidrógeno Verde". Esta estrategia busca crear las condiciones necesarias para la implementación del hidrógeno verde mediante una hoja de ruta que considere los requisitos relacionados con la infraestructura, la cadena de suministro y la investigación y desarrollo en esta tecnología.

La estrategia está estructurada en torno a siete ejes fundamentales con el objetivo principal de transformar Panamá en un centro productor de hidrógeno verde, promoviendo simultáneamente el desarrollo de un mercado regional integrado y un mercado interno para el consumo de hidrógeno verde y sus derivados. La incorporación de este sector energético busca garantizar que el Sistema Nacional Interconectado siga siendo seguro y fiable mediante la integración de energías renovables y almacenamiento a gran escala. La ENHIVE también incluye estudios de prefactibilidad para derivados clave, como el amoníaco verde y el Power-to-Liquid (PtL) para la aviación, lo que subraya el objetivo del país de convertirse en un proveedor de servicios logísticos de bajas emisiones.

Para lograr su implementación, la ENHIVE se centra en desarrollar facilitadores cruciales, incluyendo la modernización del marco regulatorio y legal para incentivar la producción de hidrógeno verde y sus derivados. Otros ejes clave se centran en la creación de infraestructuras para la cadena de suministro (como almacenamiento y producción), el desarrollo del capital humano y la aceptación social, y el fortalecimiento de la gobernanza. El objetivo final es utilizar hidrógeno verde para diversificar fuentes de energía primaria, aumentar la seguridad energética y generar cientos de nuevos empleos de calidad en el marco de la transición energética de Panamá.

La estrategia incluye varios elementos relacionados con el transporte aéreo, entre ellos un objetivo de que el 30% de los combustibles de aviación sean producidos a partir de hidrógeno verde o derivados para 2050. También menciona varios estudios y análisis tecno-económicos para apoyar la producción, importación, exportación y suministro de PtL para la aviación.

1.6.8 País con emisiones negativas de carbono

Panamá se distingue como una de las pocas naciones clasificadas como de carbono negativo,⁶⁴ un estatus alcanzado gracias a su amplia cobertura forestal, que se sitúa en aproximadamente el 65,4% del territorio nacional⁶⁵. La preservación de estas selvas tropicales es vital, ya que absorben más carbono del que produce la nación, facilitando efectivamente su estatus de carbono negativo.

Sobre la base de este logro, Panamá aumentó significativamente su ambición de mitigación dentro de su actualización de Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC). Estableció objetivos específicos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en sectores clave. El compromiso incluye una reducción del 24% en las emisiones totales del sector energético para 2050 (con un objetivo provisional del 11,5% para 2030) en comparación con la línea base. Además, el NDC incluye el compromiso de restaurar 50 000 hectáreas de bosque en todo el país para 2050, consolidando aún más el papel del sector forestal en la estrategia climática a largo plazo del país⁶⁶.

⁶³ SNE (2023). *Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde y Derivados de Panamá -- Versión para consulta pública*. Disponible en: <https://www.energia.gob.pa/wp-content/uploads/2024/07/Resoluci%C3%B3n-de-Gabinete-N.%C2%B070-de-11-de-julio-de-2023-Estrategia-Nacional-de-Hidr%C3%B3geno-Verde-y-derivados.pdf>

⁶⁴ Monitor de Energía (2025). *¿Qué países ya están en emisiones netas cero?*

⁶⁵ Coalición por el Clima y el Aire Limpio (2025). *Panamá*.

⁶⁶ PNUD (2025). *Panamá*.

1.7 AVIACIÓN Y CADENA DE SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE PARA AVIACIÓN

1.7.1 Descripción general del sector de la aviación en Panamá

El sector aeronáutico de Panamá es un pilar fundamental de su economía, aprovechando la posición geográfica única del país para servir como el "Hub de las Américas". Este sector se define por su papel como punto de tránsito vital, contribuyendo significativamente a la economía y al empleo del país.

Las principales características del sector aeronáutico panameño incluyen:

- **Aeropuerto Internacional de Tocumen (PTY):** es el activo insignia y el aeropuerto más grande y concurrido de Centroamérica. PTY sirve como un importante centro regional para América, conectando Norteamérica, Central y Sudamérica, y ofreciendo rutas hacia Europa. Gestiona a más de 12 millones de pasajeros al año, con un alto porcentaje (aprox. 60%) de pasajeros que son viajeros de tránsito internacional. Ofrece rutas directas a aproximadamente 90 destinos. Tocumen cuenta con dos terminales (T1 y la nueva T2) y dos pistas.
- **Aerolínea y aerolíneas nacionales:** Copa Airlines es la aerolínea nacional y el principal actor del concepto de "Hub de las Américas" en PTY, ofreciendo una conectividad amplia. PTY también es atendida por grandes aerolíneas globales de Norteamérica y Europa (por ejemplo, United Airlines, American Airlines, Delta Airlines, KLM, Air France, Iberia).
- **Impacto económico:** la industria del transporte aéreo, junto con el turismo apoyado por la aviación, es un motor económico enorme. Emplea a miles de personas y contribuye con miles de millones de USD a la economía nacional.
- **Organismo regulador:** el sector está supervisado por la Autoridad Aeronáutica Civil (AAC), que regula la seguridad aeronáutica, aeropuertos, aeronaves y licencias en Panamá.
- **Otros aeropuertos:** además de PTY, Panamá cuenta con varios otros aeropuertos internacionales y nacionales que ofrecen conectividad regional y turismo, incluyendo el Aeropuerto Internacional Marcos A. Gelabert (Albrook) (PAC), el Aeropuerto Internacional de Panamá Pacífico (BLB), el Aeropuerto Internacional Enrique Malek (DAV) en David y el Aeropuerto Internacional Scarlett Martinez (RIH).

La Figura 15 muestra el número de operaciones en el Aeropuerto Internacional de Tocumen (PTY) en Panamá desde 2004 hasta 2024. La tendencia general muestra un crecimiento significativo y sostenido en las operaciones totales desde 2004 hasta un pico en 2019, alcanzando aproximadamente 148 000 operaciones al año, siendo la gran mayoría los vuelos de pasajeros. Este sólido crecimiento se vio interrumpido bruscamente en 2020 debido a la pandemia de COVID-19, lo que provocó que las operaciones totales cayeran a alrededor de 50 000.

A partir de 2021, el aeropuerto experimentó una recuperación fuerte y constante, con operaciones totales que aumentaron significativamente en 2021, 2022 y 2023, y para 2024, habiendo las operaciones totales superado los niveles previos a la pandemia de 2019, demostrando la fortaleza del aeropuerto y reafirmando su función como un importante centro de conectividad regional.

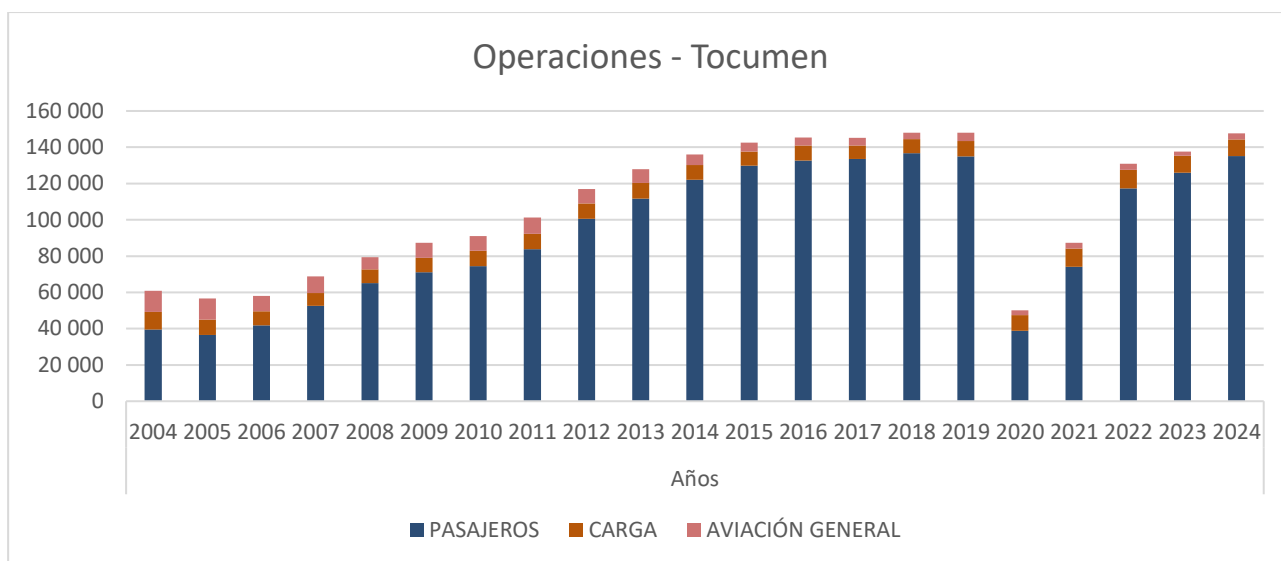


Figura 15. Número de operaciones por categoría en el Aeropuerto Internacional de Tocumen (PTY). (Fuente: Sección de Estadísticas Internacionales, Autoridad de Aviación Civil de Panamá)

La Figura 16 muestra el desglose de operaciones en PTY desde 2004 hasta 2024. Esta Figura destaca el papel dominante de los vuelos de pasajeros a lo largo de las dos décadas. La categoría de pasajeros (azul oscuro) representa de forma constante la gran mayoría de las operaciones, manteniendo generalmente una proporción superior al 80% desde 2008 en adelante, alcanzando su mayor proporción de aproximadamente 92% en 2023.

Por el contrario, las cuotas de las operaciones de Carga (naranja) y Aviación General (rosa) siguen siendo relativamente pequeñas en proporción al total, cada una representando normalmente menos del 10% de la actividad. Cabe destacar que la cuota de la Aviación General tiende a ser la más volátil, aunque su proporción sigue siendo la menor, mientras que la cuota de operaciones de Carga es ligeramente más constante.

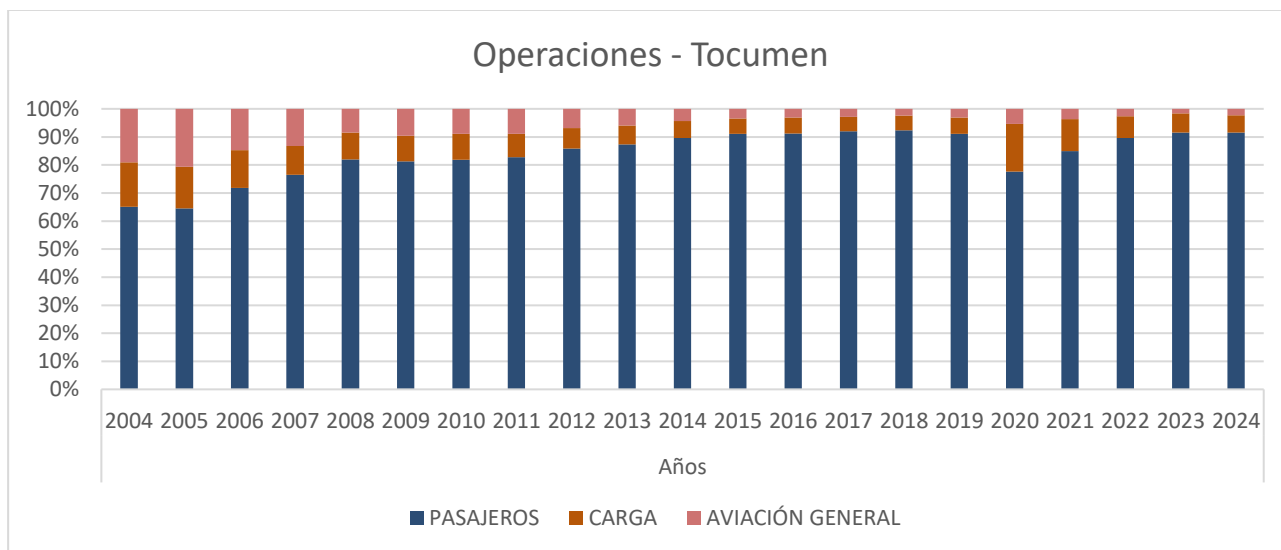


Figura 16. Desglose de operaciones por categoría en el Aeropuerto Internacional de Tocumen (PTY). (Fuente: Sección de Estadísticas Internacionales, Autoridad de Aviación Civil de Panamá)

El número de pasajeros por región en PTY desde 2004 hasta 2024 se muestra en la Figura 17. El tráfico total de pasajeros creció significativamente, pasando de menos de 3 millones en 2004 a un pico previo a la pandemia de más de 10 millones en 2019. El crecimiento se debió principalmente a Sudamérica (verde claro) y Norteamérica (azul oscuro), que juntas constituyen la mayor parte del tráfico de PTY. Esto refleja el papel de Tocumen como un centro intercontinental de conectividad.

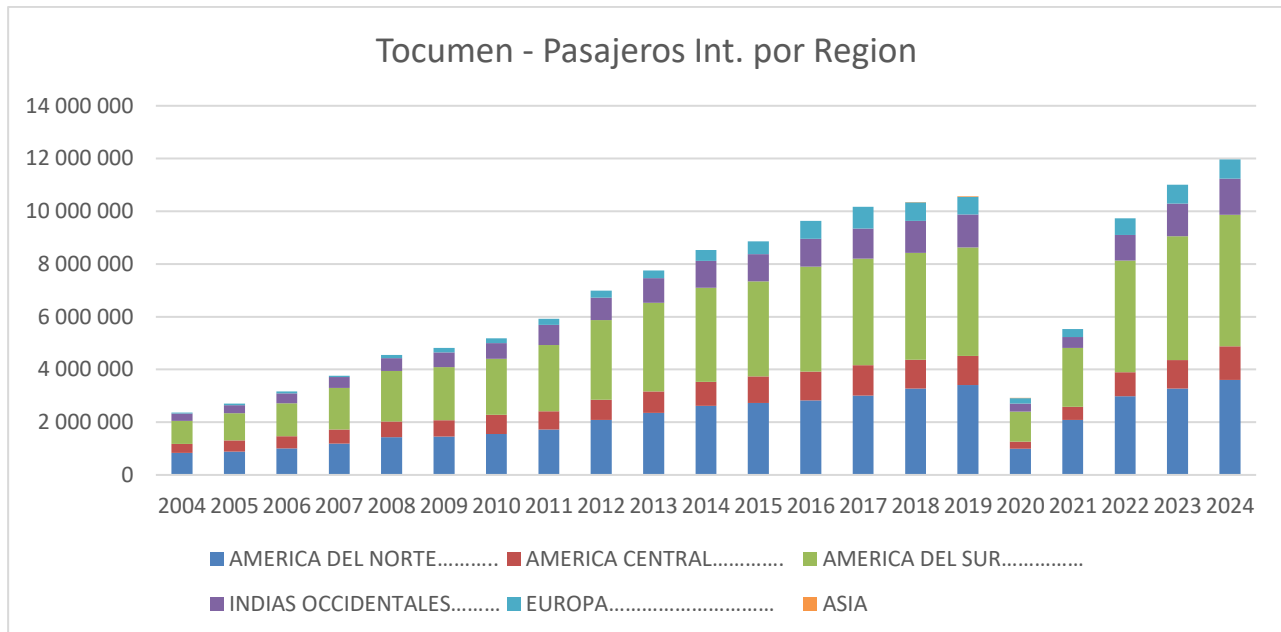


Figura 17. Pasajeros por región en el Aeropuerto Internacional de Tocumen (PTY).
(Fuente: Sección de Estadísticas Internacionales, Autoridad de Aviación Civil de Panamá)

El tráfico sufrió una fuerte caída en 2020 debido a las restricciones globales por la pandemia, cayendo a casi 2,9 millones, pero luego demostró una recuperación robusta en los años siguientes. En 2024, el volumen total de pasajeros superó el máximo de 2019, superando los 12 millones de pasajeros, consolidando el estatus de Tocumen como el "Hub de las Américas", con Sudamérica como la mayor fuente individual de tráfico.

La Figura 18 muestra la proporción de pasajeros por región de 2004 a 2024 en PTY. Durante el período, la Sudamérica (verde claro) dominó como principal región de partida de pasajeros, representando normalmente entre el 40% y el 50% de todo el tráfico, y alcanzando un pico de aproximadamente el 50% en 2007. Norteamérica (azul oscuro) fue la segunda mayor región de partida, representando generalmente entre el 30% y el 35% del tráfico de pasajeros.

Las cuotas de Centroamérica, las Indias Occidentales y Europa siguen siendo menores, pero relativamente estables durante las dos décadas, con una proporción combinada generalmente inferior al 20% del total. Un cambio proporcional notable ocurrió en 2021, cuando la proporción de pasajeros norteamericanos aumentó brevemente significativamente, para luego volver a su media a largo plazo poco después.

Una observación interesante con respecto al tráfico aéreo de pasajeros está relacionada con el origen de la aerolínea transportadora, como se muestra en Figura 19. Los datos muestran de forma consistente que la aerolínea nacional panameña Copa Airlines (azul oscuro) domina este transporte, representando normalmente más del 50% de todo el tráfico de pasajeros durante el periodo y alcanzando casi el 72% en 2023.

El tráfico de pasajeros restante se comparte entre otras regiones, siendo las aerolíneas de Sudamérica (púrpura) y de Norteamérica (verde claro) los dos siguientes componentes más grandes, mientras que las aerolíneas de Europa (rojo) mantienen una cuota menor, aunque relativamente estable. Esta tendencia a largo plazo subraya la función de Tocumen como hub para su aerolínea nacional, facilitando conexiones intrarregionales e intercontinentales principalmente a través de Copa Airlines.

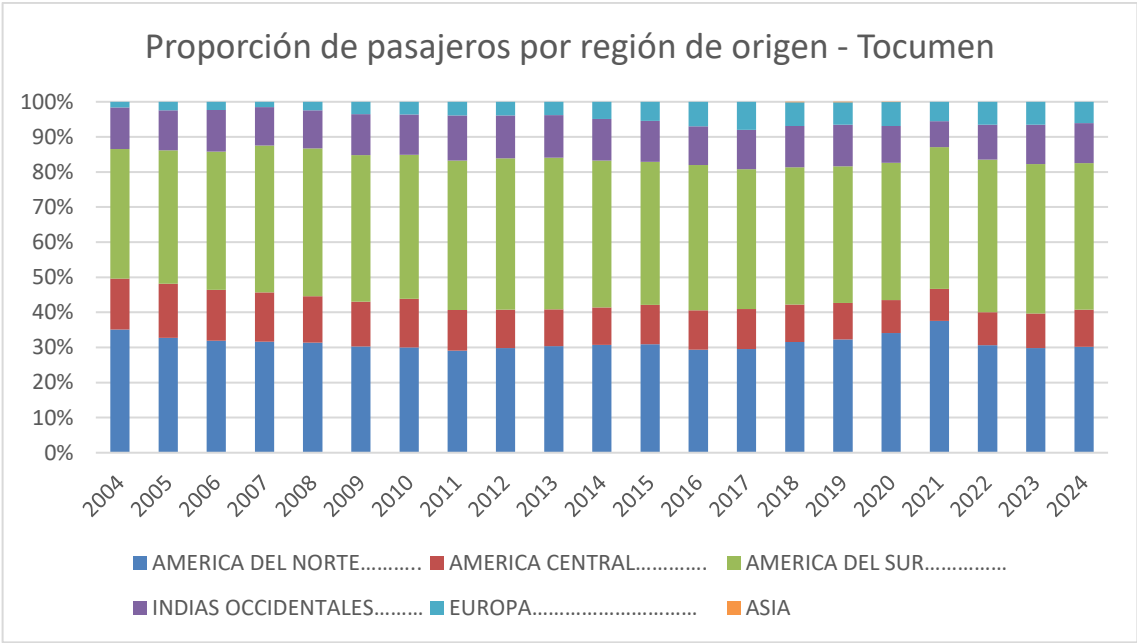


Figura 18. Proporción de pasajeros por región en el Aeropuerto Internacional de Tocumen (PTY). (Fuente: Sección de Estadísticas Internacionales, Autoridad de Aviación Civil de Panamá)

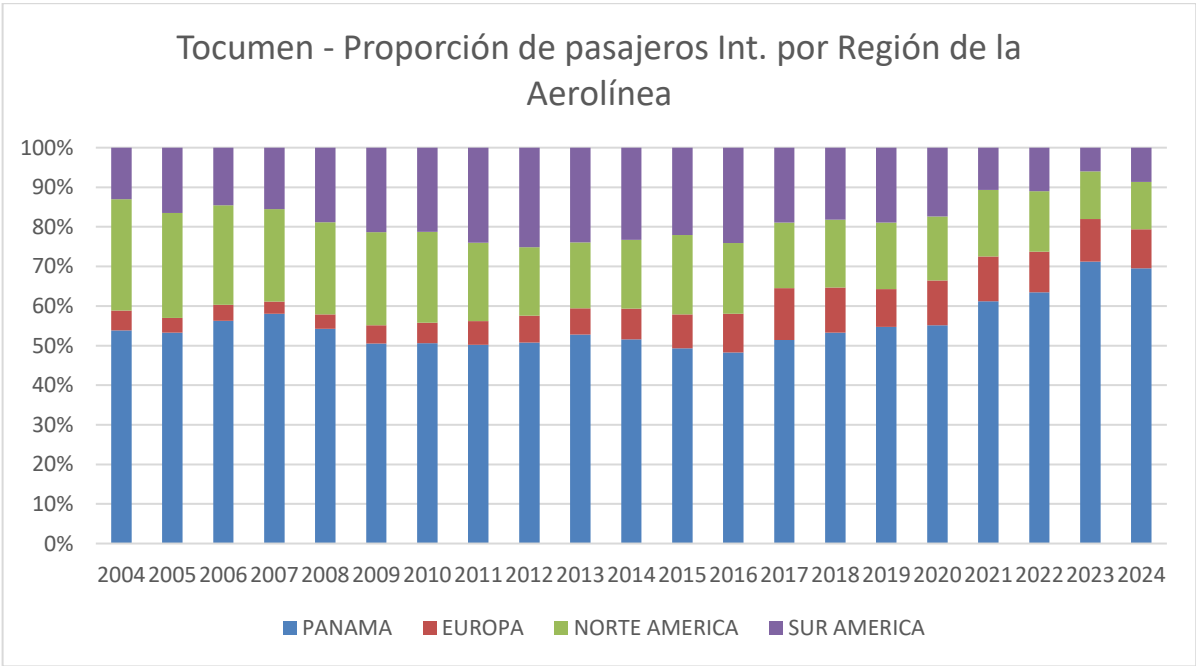


Figura 19. Proporción de pasajeros por origen de la aerolínea transportadora en el Aeropuerto Internacional de Tocumen (PTY). (Fuente: Sección de Estadísticas Internacionales, Autoridad de Aviación Civil de Panamá)

El volumen de carga internacional (en toneladas métricas) transportado a través de PTY por región entre 2005 y 2024 se muestra en la Figura 20. El volumen total de carga mostró una tendencia general al alza, desde aproximadamente 100 000 toneladas métricas en 2005 hasta un máximo previo a la pandemia de unas 120 000 en 2011, manteniendo un nivel relativamente estable y alto hasta 2019.

Norteamérica (azul oscuro) y Sudamérica (azul claro), consistentemente dominaron el mercado de carga aérea en PTY y juntas representan la gran mayoría del movimiento total, reflejando el papel del aeropuerto como un importante centro logístico regional. Tras una ligera caída en 2020, los volúmenes totales de carga se recuperaron bruscamente y alcanzaron nuevos récords en 2021 (alrededor de 140 000 toneladas métricas) y 2022, lo que indica la continua importancia estratégica de PTY para el transporte aéreo de mercancías en América.

Vale la pena comparar este aumento en la actividad de carga con el viaje de pasajeros que se muestra en Figura 17 para destacar el diferente impacto que la pandemia de COVID-19 tuvo sobre los dos segmentos de mercado. Aunque el tráfico de pasajeros sufrió una fuerte caída debido a la pandemia, la actividad de carga se mantuvo relativamente estable y se recuperó a un ritmo más rápido, superando los niveles prepandémicos en 2022.

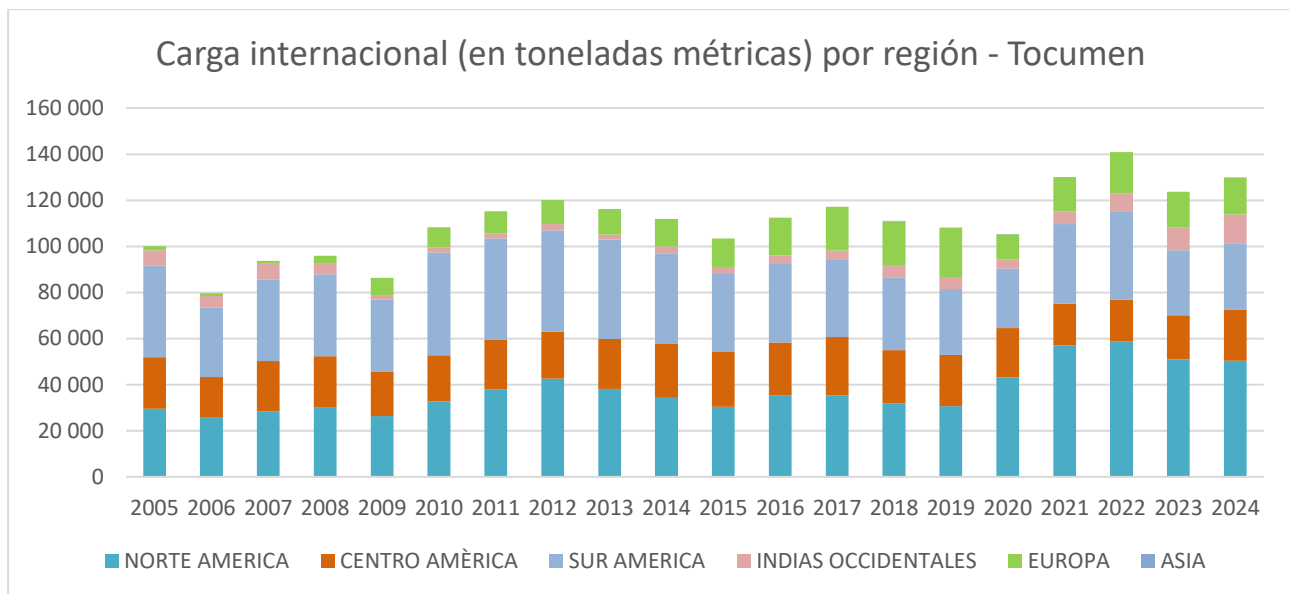


Figura 20. Carga internacional por región en el Aeropuerto Internacional de Tocumen (PTY). (Fuente: Sección de Estadísticas Internacionales, Autoridad de Aviación Civil de Panamá)

La proporción de carga internacional por región en PTY desde 2005 hasta 2024 se muestra en la Figura 21. El gráfico muestra intercambio equilibrado entre Norteamérica (azul oscuro) y Sudamérica (azul claro), con su cuota combinada representando consistentemente entre el 60% y el 75% de la carga internacional total. Cabe destacar que la cuota de Centroamérica (naranja) muestra una alta volatilidad, especialmente durante el periodo de interrupciones globales en las cadenas de suministro debido a la pandemia, donde su cuota alcanzó un máximo de alrededor del 25% en 2020 y 2021 antes de volver a acercarse a su media histórica. Por el contrario, la cuota combinada de Europa y Asia (verde claro y rosa, respectivamente) sigue siendo consistentemente pequeña, representando juntas generalmente menos del 15% de los volúmenes internacionales de carga.

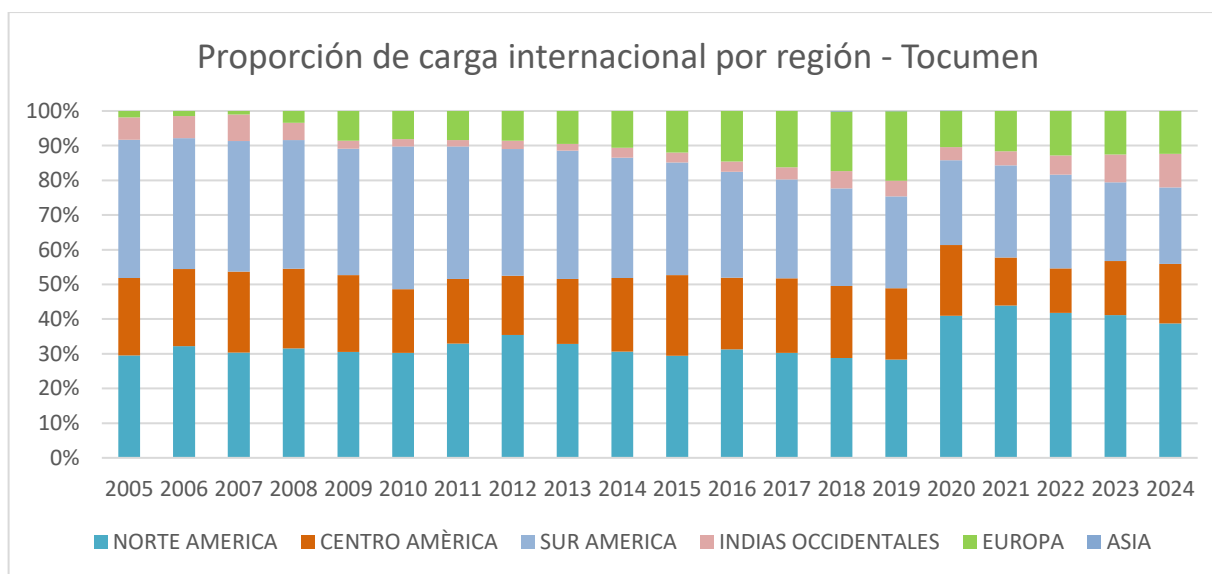


Figura 21. Proporción de la carga internacional por región en el Aeropuerto Internacional de Tocumen (PTY).
(Fuente: Sección de Estadísticas Internacionales, Autoridad de Aviación Civil de Panamá)

En cuanto a la aviación nacional en Panamá, la Figura 22 ilustra la gran disparidad en el tráfico aéreo entre varios aeropuertos panameños. Los datos de 2024 muestran una concentración extrema de movimientos nacionales en el aeropuerto Marcos A. Gelabert (Albrook), que gestionó más de 60 000 movimientos, dominando a todos los demás aeropuertos juntos. El siguiente nivel de aeropuertos, incluyendo Panamá Pacífico, Alex Bosquez y Enrique Malek, muestra niveles de tráfico significativamente más bajos, pero comparables, todos proyectados para menos de 10 000 movimientos cada uno. Los aeropuertos restantes, como Contadora, Bocas del Toro y Tocumen, registran un volumen similar y bajo de movimientos de aeronaves nacionales, lo que indica colectivamente que la red de aviación nacional está fuertemente centrada en torno al aeropuerto de Marcos A. Gelabert (Albrook).

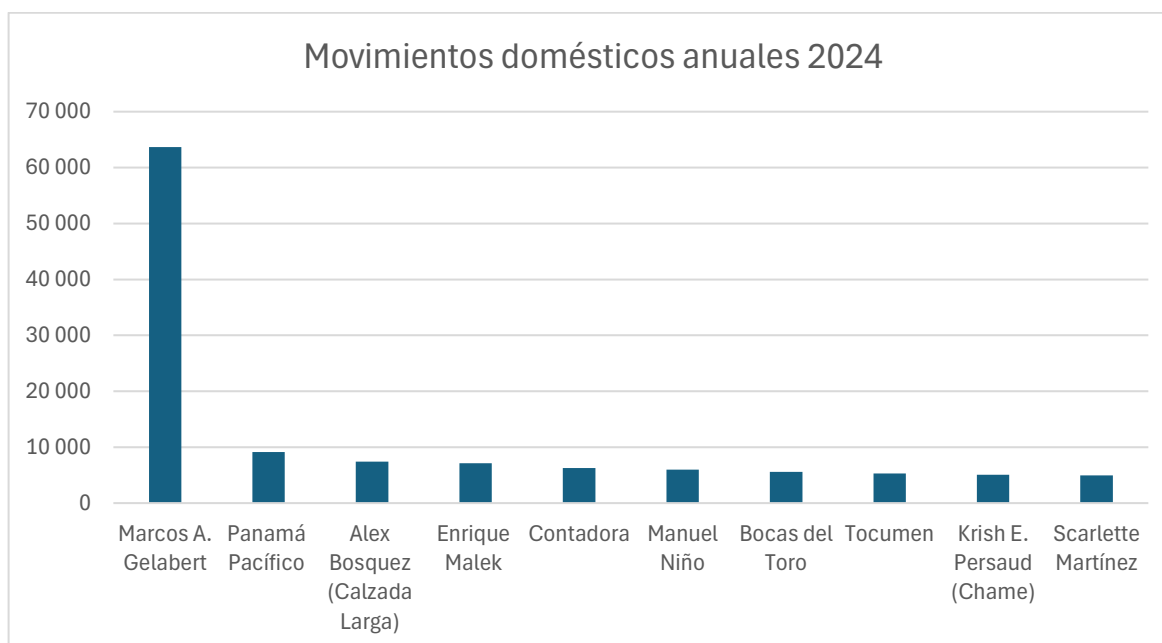


Figura 22. Número de movimientos de aeronaves nacionales en los 10 principales aeropuertos en 2024.
(Fuente: Departamento de Transporte Aéreo, Autoridad de Aviación Civil de Panamá)

Se destaca el papel central que desempeña el aeropuerto de Marcos A. Gelabert (Albrook) como conexión para los viajes nacionales en la Figura 23. Los principales destinos para los pasajeros nacionales que embarcan en Albrook son Chiriquí y Bocas del Toro, dos provincias distantes con una actividad económica significativa. La ciudad de David es la capital de Chiriquí y es la tercera ciudad más grande de Panamá, funcionando como centro socioeconómico de la provincia. Bocas del Toro es una zona remota con una importante industria de ecoturismo que depende del transporte aéreo para atraer visitantes nacionales e internacionales. El declive relativo del transporte aéreo nacional en general puede reflejar la mejora del acceso por carretera a otras regiones que antes dependían más del transporte aéreo para acceder.

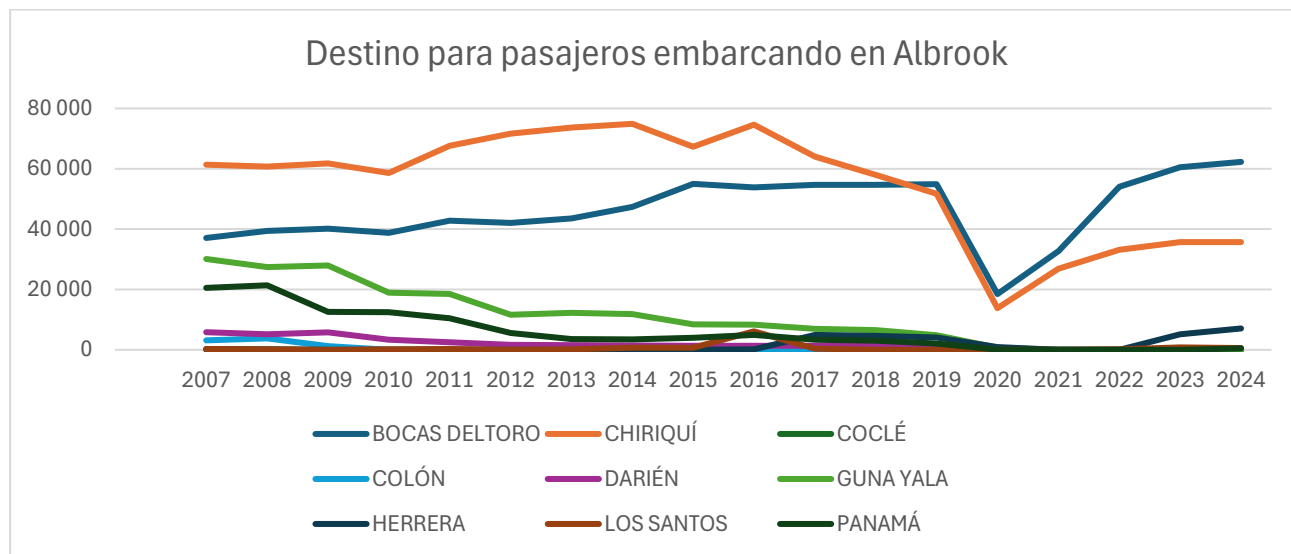


Figura 23. Provincia de destino para pasajeros que embarcan en el aeropuerto Marcos A. Gelabert (Albrook). (Fuente: Departamento de Transporte Aéreo, Autoridad de Aviación Civil de Panamá)

1.7.2 Cadena de suministro de combustible para aviones

Al igual que con los combustibles para el transporte por carretera, la cadena de suministro de combustible para aviones en Panamá es principalmente un sistema impulsado por la importación, aprovechando la posición estratégica del país como centro global de logística y tránsito, ya que Panamá carece de su propia capacidad de producción y refinación de crudo. Los principales componentes de la cadena de suministro son:

- **Logística de importación:** el combustible para aviones se importa como producto refinado, principalmente de la costa del Golfo de Estados Unidos. Este combustible llega al país mediante embarcaciones marinas hasta la principal terminal de almacenamiento Bahía Las Minas cerca de Colón, que también sirve al enorme sector de abastecimiento marítimo.
- **Almacenamiento y distribución a granel:** una vez importado, el combustible se almacena en la terminal de Bahía Las Minas. Desde aquí, se distribuye a los principales aeropuertos internacionales — especialmente el Aeropuerto Internacional de Tocumen (PTY) — y a otros aeródromos como Albrook, Panamá Pacífico y Enrique Malek mediante camiones cisterna. Se estima que entre 70 y 90 camiones cisterna al día transportan combustible para aviones hasta PTY.
- **Almacenamiento en PTY:** la granja de combustible original en el aeropuerto de Tocumen tiene siete tanques con capacidad de almacenamiento de 200 000 galones cada uno y sirve principalmente a la Terminal 1. Como parte de la construcción de la nueva Terminal 2, se construyó un nuevo depósito de combustible con tres depósitos de un millón de galones cada uno. La conexión entre las dos granjas de combustible no es óptima y es complicado transferir combustible de una a otra, lo que puede suponer desafíos operativos, especialmente si la demanda en un lado del aeropuerto supera el producto

disponible. El aeropuerto tiene un inventario de aproximadamente dos días, lo que puede llevar a dificultades de operación, especialmente si hay retrasos en las entregas de camiones desde Bahía Las Minas. El aeropuerto consume más de 700 000 galones de combustible para aviones al día. Exolum es el actual operador de la granja de combustible.

- **Abastecimiento en avión:** Exolum se encarga del suministro de combustibles a los aviones ("into-plane") en PTY, además de otros tres aeropuertos en Panamá: Scarlett Martínez, Panamá Pacífico y Marcos A. Gelabert.

Se está trabajando en una actualización del plan maestro para el aeropuerto de Tocumen. Este esfuerzo se supone que incluirá mejoras en la granja de combustible para aumentar la capacidad y la eficiencia. Este sería un momento oportuno para incorporar también elementos de diseño que permitan la mezcla y manejo de SAF en el futuro.

1.7.3 Plan de Acción Estatal para la reducción de CO₂ en la aviación (SAP)

Actualmente no existe un marco integral para la regulación de las emisiones en el sector aeronáutico en Panamá. El Estado sigue las directrices de la OACI para crear y mantener informes de emisiones, utiliza datos de tráfico y otros datos de las aerolíneas, así como de las tablas de la OACI basadas en aeronaves y tipos de motor. Sin embargo, estos informes se emiten con fines de monitorización e intercambio de información y no para regular las emisiones, ya que hoy no existen requisitos legales específicos para su reducción.

Uno de los principales informes relacionados con las emisiones de aviación y las opciones de mitigación emitidos por la ACC es el llamado Plan de Acción Estatal para la reducción de CO₂ en la aviación internacional (SAP por sus siglas en inglés, State Action Plan). La ACC ha publicado dos SAPs, una en 2018 y otra en 2021, y trabaja en actualizaciones periódicas según solicitado por OACI. Para la edición de 2021, la AAC utilizó datos de las aerolíneas con certificados de operación panameños y cuyo estado para notificaciones es la República de Panamá, que incluía Air Panamá, Copa Airlines y DHL Aero Expreso. A partir de estos datos, se calculan la evolución del consumo de combustible y las emisiones resultantes atribuidas al Estado panameño, junto con las proyecciones futuras de emisiones bajo dos escenarios, uno asumiendo ninguna medida de mitigación y otro asumiendo la implementación de varias medidas de mitigación hasta el 2030.

El desarrollo del SAP cuenta con el apoyo del Grupo de Trabajo de SAP o "Grupo de Trabajo para el Plan de Acción" (GTPA). El GTPA está compuesto por entidades públicas y privadas involucradas en la aviación, incluyendo la Autoridad de Aviación Civil, proveedores de servicios de navegación aérea, proveedores de combustible, operador aeroportuario, aerolíneas, el Ministerio de Medio Ambiente y la SNE, como se muestra en Figura 24.



Institución de Aviación

Autoridad de Aviación Civil, Departamento de Transporte Aéreo

Proveedores de Servicios de Navegación Aérea

Autoridad de Aviación Civil, Departamento de Navegación Aérea

Proveedores de combustible

LHC, 2018-ss

Aeropuertos

Tocumen, S.A.

Autoridad de Aviación Civil, Departamento de Gestión Aeroportuaria

Líneas aéreas

Air Panama, COPA, DHL Aero Expreso

Instituciones medioambientales

Ministerio de Medio Ambiente, Departamento de Cambio Climático

Secretaría Nacional de Energía, Departamento de Electricidad e Hidrocarburos

Figura 24. Miembros del Grupo de Trabajo para el Plan de Acción (GTPA). (Fuente: AAC 2021)

Para el SAP de 2021, la ACC determinó sus emisiones base utilizando la definición de vuelo internacional y el método de cálculo de modelos y emisiones según lo recomendado por la OACI en el Doc. 9988.

Para reflejar adecuadamente el impacto del COVID-19 en las proyecciones hasta 2030, se realizaron varias adaptaciones a las previsiones a largo plazo de la edición anterior de 2018. Se realizaron ajustes utilizando datos históricos de 2021, y la proyección de carga se gestionó por separado de la del tráfico de pasajeros. Esto fue necesario porque el tráfico de carga y pasajeros fue diferente durante los años de la pandemia, como se menciona en la sección 1.7.1. Por ejemplo, el tráfico de carga aumentó un 28,2% entre 2019 y 2021, mientras que el tráfico de pasajeros disminuyó un 45%. Los resultados se muestran en Figura 25.

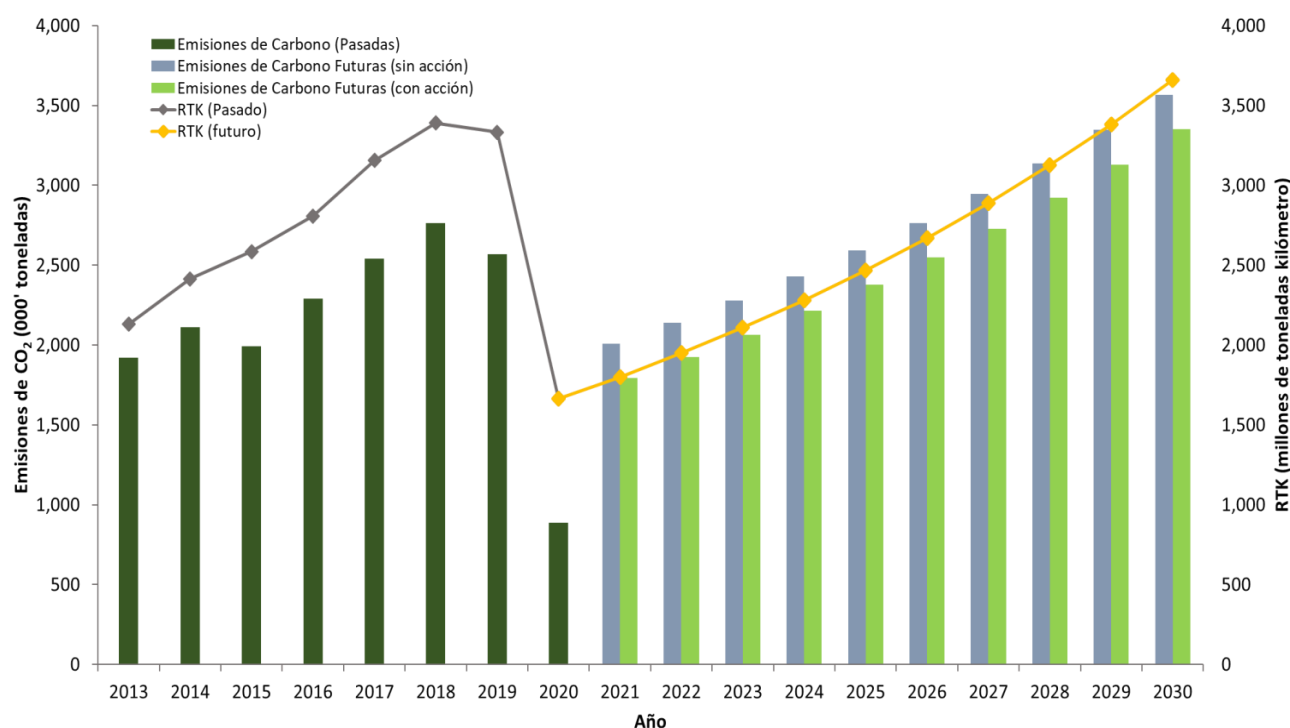


Figura 25. Emisiones estimadas de la aviación internacional para el periodo 2013 a 2030. (Fuente: AAC 2021)

La Tabla 6 muestra una lista de medidas que contempla el SAP para reducir las emisiones de la aviación.

Tabla 6. Ejemplo de medidas para reducir las emisiones de aviación incluidas en el SAP. (Fuente: AAC 2021)

Area	Medida
1) Mejoras operacionales	Procedimientos de PBN, CDO, CCO
	Carreteo (taxi) con sólo un motor
2) Tecnología aeronáutica	Cambio de remolcadores de tierra para operar con energía renovable
	Rejuvenecimiento de la flota, especialmente la inclusión de 737MAX
3) Medidas basada en el mercado	Uso de winglets
	Incorporación de CORSIA dentro de la aviación nacional
4) Combustibles de aviación sostenibles (SAF)	Implementación de CORSIA y su proceso MRV

Aunque importantes, las medidas descritas anteriormente deben complementarse con más iniciativas para lograr una mayor reducción de las emisiones proyectadas. Como se puede ver en la Figura 25, las mejoras estimadas con la actual lista de medidas solo conducirían a una reducción de emisiones de alrededor del 5%. Por ello, el SAP solicita asistencia en las siguientes áreas:

1. Cooperación técnica y económica para implementar proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio (CDM) como remolcadores eléctricos y energía solar para las mangas de contacto
2. Apoyo técnico para implementar mejoras operativas adicionales
3. Cooperación técnica para aumentar el uso de energías renovables en los aeropuertos nacionales
4. Cooperación técnica para apoyar la introducción de combustibles de aviación sostenibles (SAF)

1.8 CANAL DE PANAMÁ

1.8.1 Historia y principales características del Canal de Panamá

Dada su importancia fundamental para la economía, la sociedad y el medio ambiente del país, resulta útil ofrecer información de contexto adicional sobre el Canal de Panamá. Éste se extiende aproximadamente 80 kilómetros entre los océanos Atlántico y Pacífico y está situado en el istmo de Panamá (véase Figura 26).

Fue construido entre 1903 y 1913 por Estados Unidos mediante un acuerdo con el gobierno panameño. El Canal estuvo bajo la administración de Estados Unidos hasta 1979, cuando un nuevo tratado entre EE. UU. y Panamá dio paso a una estructura de administración conjunta durante 20 años. Al final de ese periodo, el 31 de diciembre de 1999, Panamá asumió el control total de la administración, operación y mantenimiento del Canal. Desde entonces, esta responsabilidad la ejerce una entidad gubernamental autónoma, la Autoridad del Canal de Panamá (ACP), establecida por la Constitución y la Ley 19 de 1997⁶⁷.

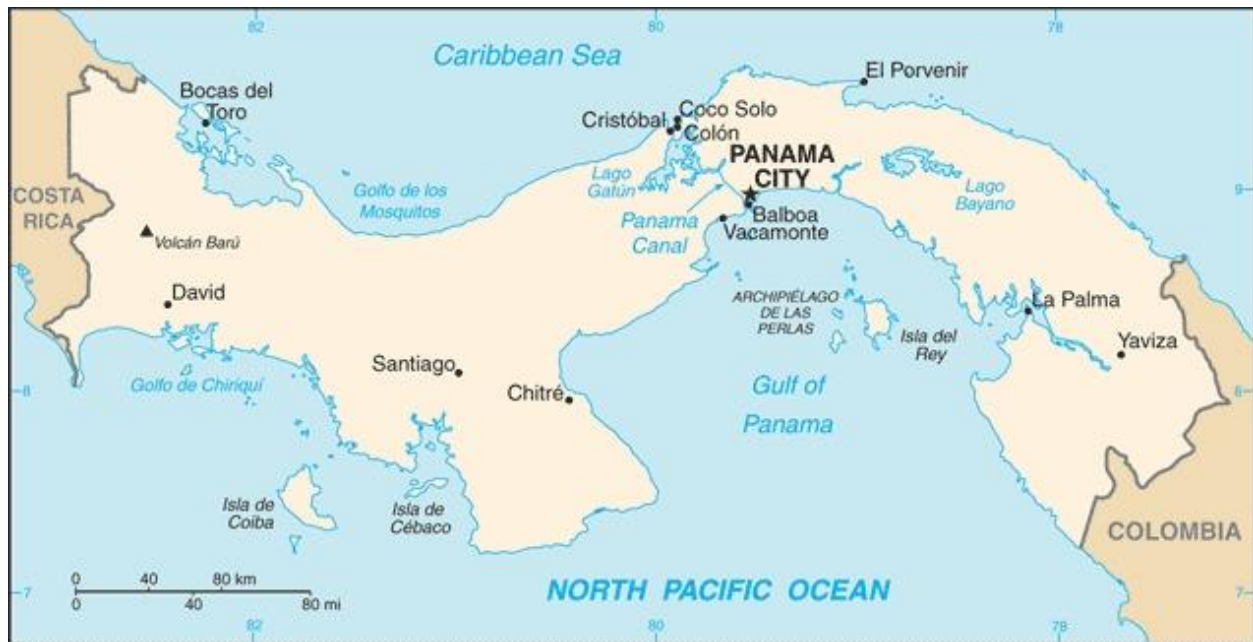


Figura 26. El Canal de Panamá conecta los océanos Pacífico y Atlántico. (Fuente: EIA⁶⁸)

El Canal de Panamá opera mediante un sistema de esclusas que funcionan como elevadores de agua⁶⁹. Dado que la vía fluvial central del canal, el lago Gatún, se encuentra a 26 metros sobre el nivel del mar, las esclusas elevan a las embarcaciones que llegan desde el nivel del océano hasta el nivel del lago, permitiéndoles atravesar la brecha continental.

El Canal original comprende un conjunto de tres esclusas: Gatún en el lado atlántico, y Pedro Miguel y Miraflores en el lado del Pacífico. Estas esclusas utilizan el enorme volumen de agua del lago Gatún, canalizado por gravedad a través de un sistema complejo de alcantarillas y cámaras para elevar y bajar barcos sin necesidad de bombas (véase Figura 27).

⁶⁷ ACP (2025e) *Conoce la historia del Canal de Panamá*.

⁶⁸ EIA (2024). *Puntos de estrangulamiento del tránsito mundial del petróleo*. Disponible en: https://www.eia.gov/international/analysis/special-topics/World_Oil_Transit_Chokepoints.

⁶⁹ ACP (2025f). *Descubre el Canal Ampliado*.

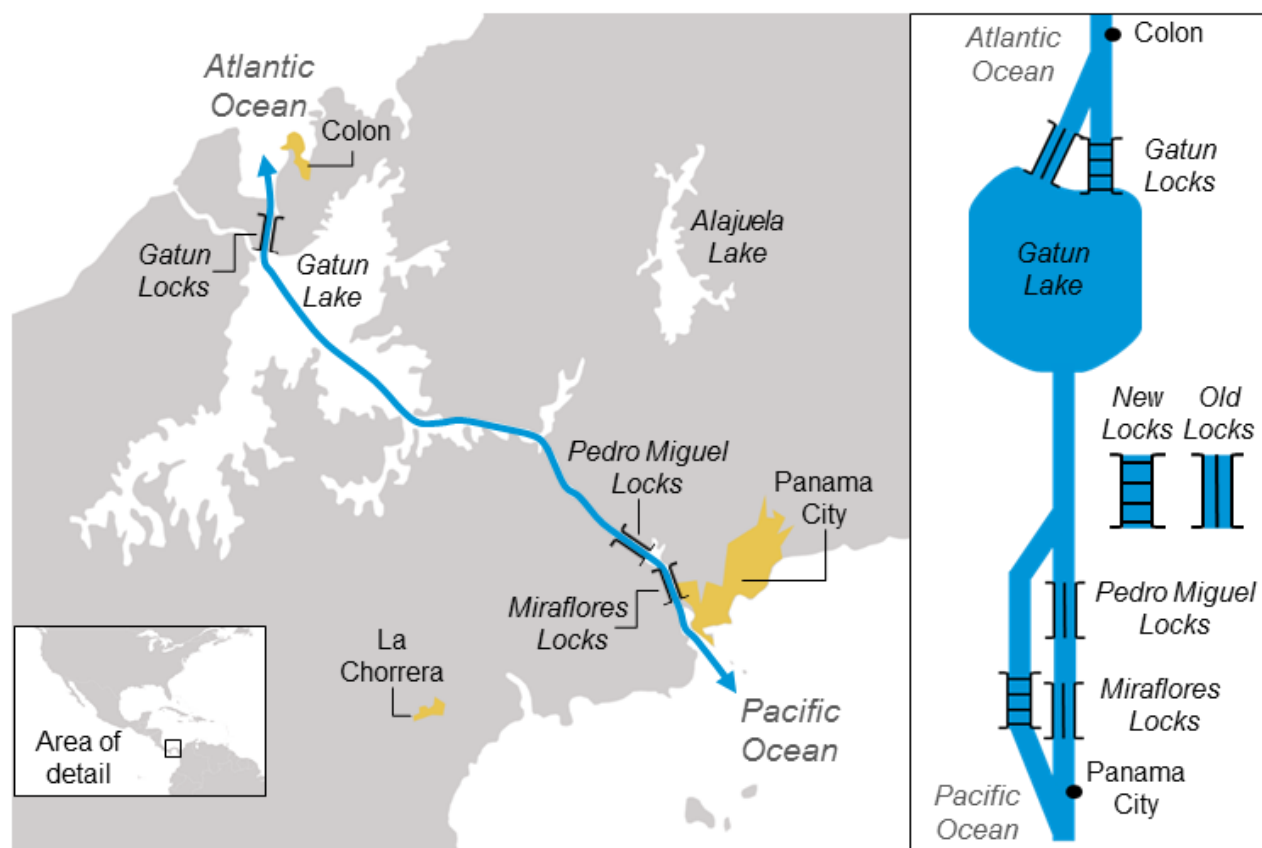


Figura 27. El Canal de Panamá tiene tres esclusas: Gatún en el Atlántico y Miraflores y Pedro Miguel en el lado del Pacífico. (Fuente: EIA⁷⁰)

El Canal de Panamá se amplió en 2017 construyendo un tercer carril de tráfico con nuevas esclusas más grandes tanto en el lado Atlántico como en el Pacífico. Su expansión, que costó 5 250 millones de USD, permite la operación de barcos más grandes (Neopanamax) que transporten 12 000 contenedores (en comparación con el límite de 5 000 contenedores bajo la infraestructura antigua)⁷¹.

Además, el proyecto incluyó la creación del Pacific Access Channel y la mejora de los canales de navegación existentes y del suministro de agua, instalando nuevas esclusas que pueden reciclar hasta el 60% del agua por tránsito⁷².

Esta arteria global funciona las 24 horas del día, 365 días al año, con el trabajo de aproximadamente 9 000 empleados⁷³. Como eslabón crucial en el comercio mundial, el Canal gestiona entre 13 000 y 14 000 tránsitos anuales, dando servicio a aproximadamente 180 rutas marítimas y conectando más de 170 países con casi 2 000 puertos en todo el mundo (véase Figura 28). La ACP garantiza que los servicios de tránsito se ofrezcan a buques de todas las naciones sin discriminación, velando así por su estándar de alta facilitación del comercio

⁷⁰ EIA (2024). Puntos de estrangulamiento del tránsito mundial del petróleo. Disponible en: https://www.eia.gov/international/analysis/special-topics/World_Oil_Transit_Chokepoints.

⁷¹ ITA (2025). *Panamá – Resumen del mercado*. Disponible en: Panamá - Resumen del mercado.

⁷² Embajada de EE.UU. en Panamá (2025). *El Canal de Panamá ampliado*. Disponible en: El Canal de Panamá Ampliado - Embajada de EE.UU. en Panamá.

⁷³ ACP (2025f). Descubre el Canal Ampliado. Available at: Descubre el Canal Ampliado - Autoridad del Canal de Panamá.

global. El Canal de Panamá, a través de los ingresos por peajes y servicios relacionados, contribuye con aproximadamente el 6% del producto interno bruto (PIB) del país⁷⁴.

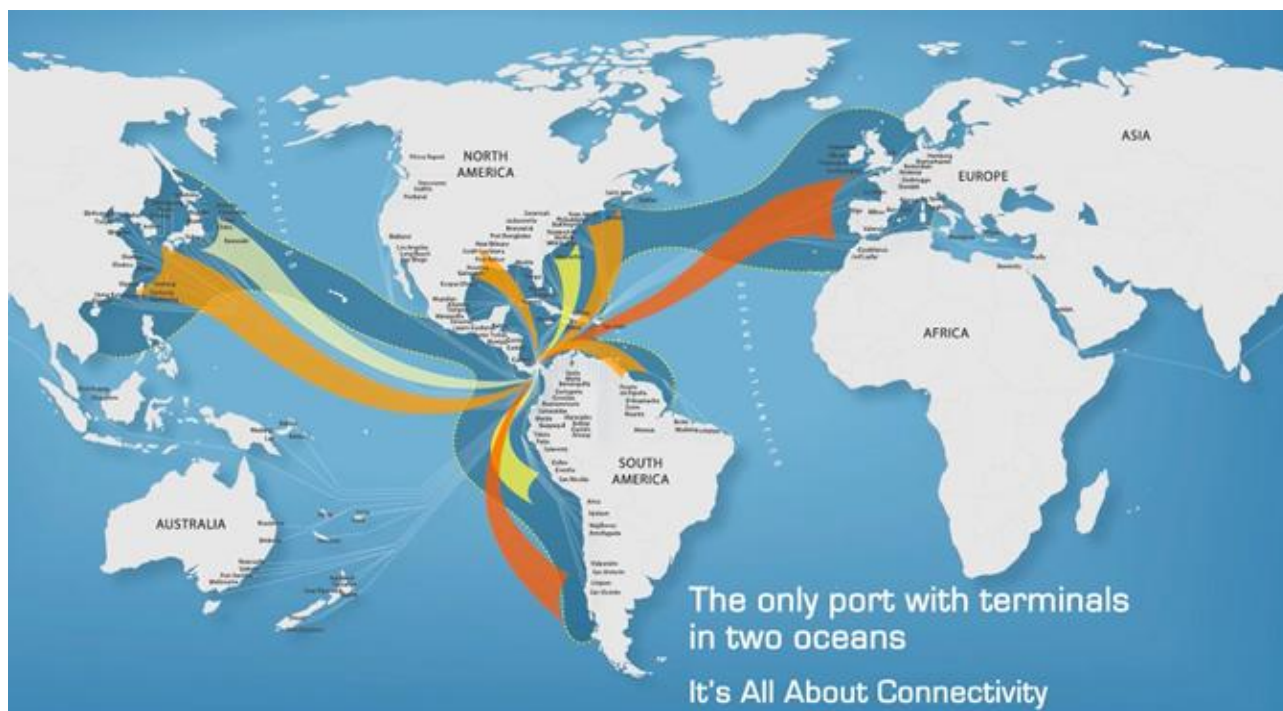


Figura 28. El Canal de Panamá es un nodo clave en el transporte marítimo global. (Fuente: ACP⁷⁵)

El Canal de Panamá es especialmente importante para los productos derivados del petróleo y el gas natural licuado (LNG por sus siglas en inglés, “liquefied natural gas”) que se trasladan desde la costa del Golfo de EE. UU. hacia destinos en el oeste de Sudamérica y Asia. Aunque el Canal gestionó solo el 3% del total de flujos marítimos globales de petróleo en 2023, el crudo, los productos derivados del petróleo y el LNG representaron colectivamente 48% de todas las mercancías que transitaban por el Canal desde el Atlántico hasta el Pacífico durante el año fiscal 2023.

Esta alta proporción está impulsada en gran medida por productos refinados, ya que casi todo el crudo global se transporta en buques demasiado grandes para navegar incluso el canal ampliado; sin embargo, los productos refinados y líquidos asociados se movieron a un ritmo de casi 2,1 millones de barriles diarios (B/d) en el año fiscal 2023⁷⁶.

Además, el canal es crucial para la expansión de las exportaciones de LNG estadounidense, que comenzó en 2016. Para las cargas de LNG estadounidense que proceden de la Costa del Golfo y se destinan a mercados asiáticos, el Canal de Panamá ofrece la ruta más rápida y económica. Esto convierte a esta vía fluvial en un enlace logístico indispensable para los productores estadounidenses de energía que buscan acceder a los principales mercados consumidores de Asia, consolidando el papel del canal no solo en el comercio general, sino específicamente en el floreciente comercio internacional de gas natural y combustibles refinados.

⁷⁴ Focus Economics (2025). *Datos y proyecciones económicas de Panamá*. Disponible en: Panamá Economía: PIB, Inflación, IPC y Tipos de interés - FocusEconomics.

⁷⁵ Rutas comerciales ACP (2025g). Disponible en: <https://pancanal.com/en/maritime-services/trade-routes/>.

⁷⁶ EIA (2024). Puntos de estrangulamiento del tránsito mundial del petróleo. Disponible en: https://www.eia.gov/international/analysis/special-topics/World_Oil_Transit_Chokepoints.

1.8.2 Sostenibilidad y el Canal de Panamá

El Canal de Panamá está implementando una estrategia integral centrada en la descarbonización, la resiliencia climática y la adaptación para transformar sus operaciones y alinearse con los estándares internacionales, con el objetivo de alcanzar emisiones netas cero para el año 2050⁷⁷. Esta iniciativa comenzó con una evaluación de riesgos climáticos para identificar vulnerabilidades operativas y relacionadas con el agua, y está directamente vinculada al desarrollo de medidas clave de adaptación, como el proyecto del lago Río Indio, diseñado para aumentar la capacidad hídrica en beneficio tanto de la población panameña como de la operación del Canal. La sostenibilidad se ha elevado a un pilar central de la gestión, integrando aspectos medioambientales, sociales y de gobernanza (ESG por sus siglas en inglés, Environmental, Social, and Governance) en todos los niveles ejecutivos para garantizar la continuidad a largo plazo de esta visión.

En el ámbito de la descarbonización, el Canal impulsa activamente la reducción de gases de efecto invernadero (GEI) y el uso de combustibles bajos en carbono en el sector marítimo. Entre sus acciones tangibles más recientes se encuentran la preparación de un inventario anual de GEI (Ámbitos 1, 2 y 3), la adjudicación de un contrato para una planta fotovoltaica (que cubrirá aproximadamente el 15% de su consumo energético anual), la adquisición de diez remolcadores híbridos y la compra de vehículos eléctricos para su flota. El ACP también llevó a cabo un proyecto piloto para probar el uso de diésel renovable en su remolcador.

Además, el Canal está fortaleciendo alianzas internacionales para iniciativas como el desarrollo de corredores marítimos verdes. El Canal y la Unión Europea colaboran para apoyar corredores marítimos verdes y la eficiencia energética en los puertos como parte de la iniciativa Global Gateway de la UE⁷⁸. De manera similar, Colombia, Panamá y la UE han entablado un diálogo estratégico para fomentar la descarbonización del sector marítimo aprovechando el potencial de Colombia para producir hidrógeno verde con electricidad solar y eólica, y el de Panamá como un lugar clave global de abastecimiento marino⁷⁹.

El Canal de Panamá ha lanzado la iniciativa Net Zero Slot, destinada a acelerar la descarbonización del transporte marítimo. Esta oportunidad semanal de reserva busca incentivar a los clientes de los buques Neopanamax a invertir en eficiencia energética y adoptar combustibles de bajas emisiones, en línea con el compromiso del Canal de alcanzar emisiones netas cero para el año 2050.

Desde el 3 de octubre de 2025, los buques participantes pueden competir por un espacio dedicado a Neopanamax cada semana a través del Sistema de Reservas de Tránsito, obteniendo beneficios como un tránsito garantizado las 24 horas, el servicio Just-In-Time (JIT) incluido y flexibilidad para intercambios o sustituciones con buques que cumplan las mismas condiciones. En esta primera fase, el programa de Net Zero Slots estará abierta a buques con motor de doble combustible capaces de operar con combustibles cuya intensidad de carbono sea de 75 gCO₂e/MJ o menos, como LNG, metanol y amoníaco, reconociendo así las primeras inversiones en tecnologías bajas en carbono incluso antes de que estos combustibles estén ampliamente disponibles⁸⁰.

1.8.3 Zonas de Libre Comercio (ZLC)

El estatus de Panamá como centro logístico global se complementa con su red de doce zonas francas o zonas de libre comercio (ZLC) con seis más en desarrollo. La mayoría se concentran en la costa caribeña cerca de la

⁷⁷ ACP (2025h). *Nuestro Compromiso con la Sostenibilidad*. Available at: Nuestro compromiso con la sostenibilidad - Autoridad del Canal de Panamá.

⁷⁸ Panamá - Asociaciones Internacionales - Comisión Europea

⁷⁹ Panamá y Colombia impulsan un corredor marítimo verde entre América Latina y Europa | EEAS

⁸⁰ ACP (2025i) *Canal de Panamá anuncia la implementación del NetZero Slot para impulsar la descarbonización del transporte marítimo*.

ciudad de Colón o en la costa del Pacífico cerca de la Ciudad de Panamá (véase Figura 29); sin embargo, pueden establecerse en casi cualquier parte del país⁸¹.

La Zona Libre de Colón (Zolicol) es la segunda más grande del mundo, cuenta con más de 2 500 empresas y emplea a unas 30 000 personas⁸².

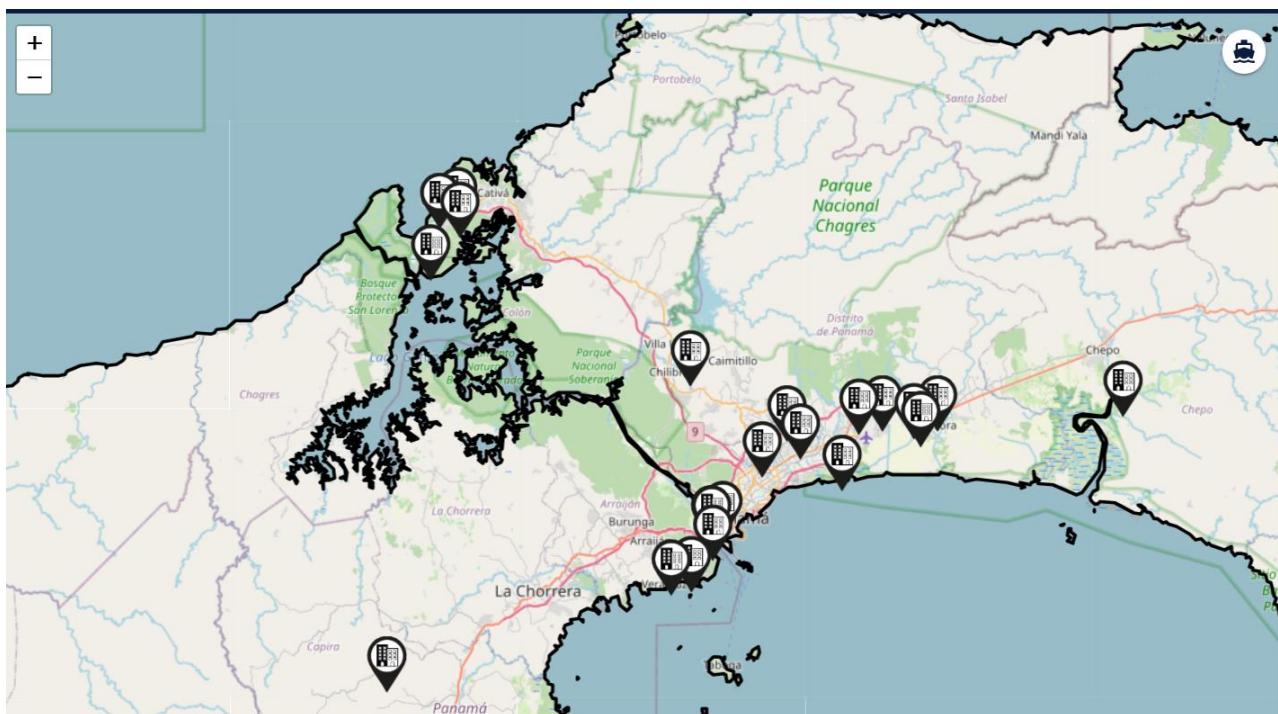


Figura 29. Zonas de Libre Comercio (ZLC) en Panamá. (Fuente: INEC⁸³)

Los instrumentos legales clave que rigen las Zonas de Libre Comercio en Panamá son la Ley 32 del 5 de abril de 2011 y la Orden Ejecutiva nº 62 del 11 de abril de 2017. Las ZLC tienen varias ventajas, entre ellas⁸⁴:

1. Exención de impuestos y derechos de importación sobre materiales, bienes y servicios requeridos para la operación de las actividades en la ZLC
2. Los promotores están exentos de impuesto sobre la renta en arrendamientos y subarrendamientos de instalaciones
3. Permiso de Residencia Permanente para inversores
4. Permiso de residencia temporal para personal de confianza, ejecutivos, expertos y/o técnicos, válido durante la duración del contrato
5. Flexibilidad en los diferentes tipos de estructuras de propiedad, incluyendo pública, privada y mixta público/privada

Las Zonas de Libre Comercio pueden ser una herramienta importante para el desarrollo de proyectos de SAF en Panamá. Éstas pueden funcionar como terminales de importación para insumos clave y terminales de exportación para productos terminados, especialmente por estar cerca del Canal de Panamá y sus instalaciones portuarias. Además, podrían alojar instalaciones de producción con las ventajas fiscales y otras facilidades mencionadas anteriormente.

⁸¹ ProPanama (2025). *Zonas Francas*. Disponible en: <https://www.propanama.gob.pa/zonas-francas/>.

⁸² ITA (2025). Panamá – Resumen del mercado.

⁸³ INEC (2025). *Mapa Logístico*. Disponible en: <https://www.inec.gob.pa/mapl/map>.

⁸⁴ ProPanama (2025). *Zonas Francas*. Disponible en: <https://www.propanama.gob.pa/zonas-francas/>.

SECCIÓN 2. EVALUACIÓN DE MATERIAS PRIMAS Y PROCESOS DE CONVERSIÓN PARA SAF

2.1 RESUMEN DE MATERIAS PRIMAS EVALUADAS

La Tabla 7 muestra un resumen de las principales materias primas evaluadas para este Estudio de Factibilidad.

Tabla 7. Resumen de materias primas evaluadas.

Materia prima considerada	Vía de conversión	Evaluación de materia prima (oferta)	Evaluación de sostenibilidad	Evaluación económica/de mercado	En general
Etanol de caña de azúcar	Alcohol-a-Jet (ATJ)	Oferta doméstica actual limitada	Se requiere una planificación cuidadosa para cumplir con los requisitos de sostenibilidad, especialmente si se está ampliando la producción	ATJ SAF debe competir con el bioetanol para carretera por el suministro nacional de caña de azúcar, lo que puede hacer que la obtención de materias primas sea cara	Potencial atractivo si la industria de la caña de azúcar se expande y los incentivos apoyan la ATJ en comparación con el bioetanol para uso en carretera
Aceite vegetal – Palma	HEFA	Oferta doméstica actual limitada	Se requiere una planificación cuidadosa para cumplir con los requisitos de sostenibilidad, especialmente si se está ampliando la producción	La producción de aceite de palma está actualmente totalmente asignada, por lo tanto, la materia prima puede ser costosa de obtener si no se identifica un suministro adicional	Potencial atractivo con suficiente apoyo para incentivar una producción adicional y si se abordan las preocupaciones de sostenibilidad
Residuos Sólidos Municipales (RSU)	Gasificación y FT	Potencial para una pequeña planta de SAF	No se identificaron desafíos significativos	La gran inversión de capital podría compensarse con un bajo costo de materia prima	Debería considerarse como una opción potencial
Materias primas importadas a través del Canal de Panamá	Principalmente HEFA y ATJ, pero potencialmente muchos otros	Escala comercial mediante importaciones marítimas	No se identificaron desafíos significativos	La capacidad de adquirir de múltiples fuentes aumenta la competencia y reduce los costos	Un potencial de crecimiento significativo a considerar

2.2 PROCESOS DE CONVERSIÓN SAF

Los combustibles sostenibles para aviación (SAF) pueden producirse a partir de una variedad de materias primas y mediante varios procesos de conversión. Las principales rutas disponibles hoy en día se muestran en la Figura 30.

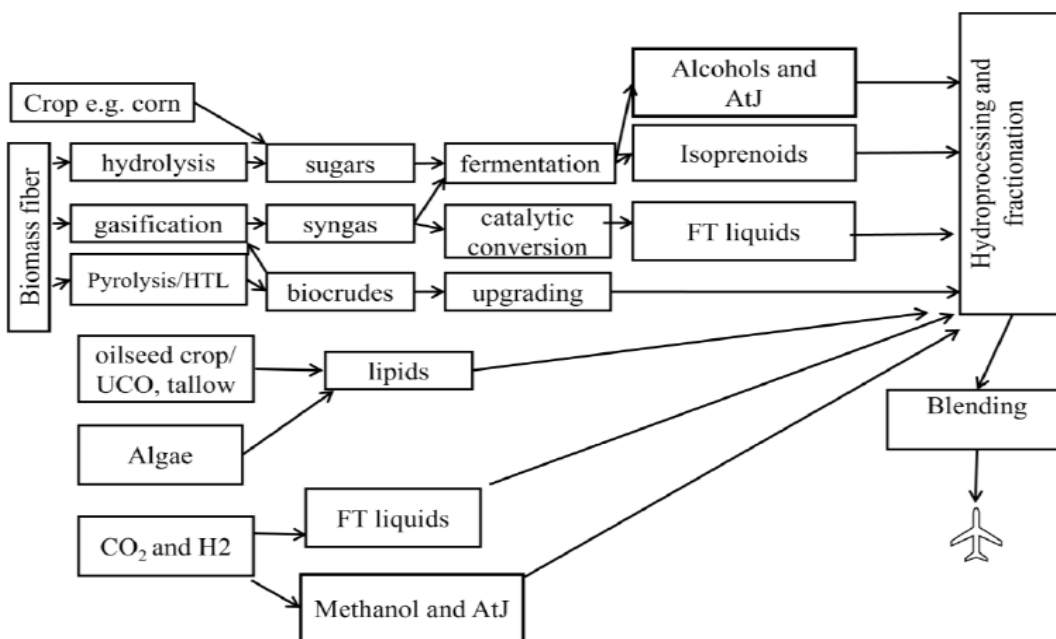


Figura 30. Principales vías para la producción de SAF. (Fuente: OACI 2025⁸⁵)

Todos los combustibles para aviación incluyendo keroseno (jet fuel) y SAF deben cumplir con estrictas especificaciones de calidad antes de poder entrar en la infraestructura de distribución y almacenamiento de combustible existente y ser utilizados en aeronaves. Dichas especificaciones son desarrolladas por diferentes entidades, entre las que se cuenta ASTM International, una organización sin fines de lucro que desarrolla, entre otras, especificaciones que regulan la calidad de los combustibles de aviación.

Este organismo está compuesto por diversos expertos de la industria aeronáutica, incluidos fabricantes de aviones, motores y equipos de sistemas de combustible, así como productores, proveedores y consumidores de combustible. Estos expertos se reúnen regularmente para crear, mantener y actualizar continuamente las especificaciones necesarias de calidad de combustible y los métodos de prueba estandarizados. *La Especificación Estándar ASTM D1655 para Combustibles de Turbina de Aviación* es una de las principales normas utilizadas a nivel mundial por la industria de la aviación para definir los combustibles que son permitidos para su uso en aeronaves e infraestructuras de abastecimiento de combustible⁸⁶.

El proceso para aprobar e integrar SAF en la estructura de calidad de combustible se gestiona bajo la norma ASTM D7566 *Especificación estándar para combustible de turbinas de aviación que contienen hidrocarburos sintetizados*. Los combustibles sintéticos, que incluyen todas las formas aprobadas de SAF, son componentes de mezcla de combustibles para aviones no derivados del petróleo⁸⁷.

⁸⁵ OACI (2025) *Estudio de Viabilidad sobre el Uso de Combustibles de Aviación Sostenibles en India*. Preparado por Susan van Dyk y Ajay Deshpande.

⁸⁶ Moriarty, K., y McCormick, R. (2024). *Mezcla sostenible de combustibles y logística para aviación*. Golden, CO: Laboratorio Nacional de Energías Renovables. NREL/TP-5400-90979. <https://www.nrel.gov/docs/fy24osti/90979.pdf>

⁸⁷ Moriarty, K., y McCormick, R. (2024). *Mezcla sostenible de combustibles y logística para aviación*. Golden, CO: Laboratorio Nacional de Energías Renovables. NREL/TP-5400-90979. <https://www.nrel.gov/docs/fy24osti/90979.pdf>

Actualmente, se ha aprobado la mezcla de estos componentes con combustible convencional para aviones hasta un máximo del 50% en volumen. ASTM D7566 es exhaustivo, incorporando todos los requisitos básicos de D1655 que además añade requisitos específicos y más estrictos que deben cumplir estas mezclas semisintéticas. Una vez que un combustible D7566 se mezcla con combustible para aviones según la especificación D1655, la mezcla resultante cumple con los requisitos D1655 y está certificada para su uso en el sistema de distribución de combustible normal.

El proceso de aprobación comenzó en 2009 con la inclusión de combustibles Fischer-Tropsch (FT), que pueden derivarse de biomasa. La lista de vías aprobadas bajo ASTM D7566 se muestra en Tabla 8.

Tabla 8. Vías para la producción de SAF puro según lo aprobado en la especificación ASTM D7566.
(Fuente: Autor con datos de la OACI ⁸⁸)

Anexo	Proceso de conversión	Abreviatura	Posibles materias primas	Relación máxima de mezcla
A1	Queroseno parafínico sintetizado hidroprocesado de Fischer-Tropsch	FT-SPK	Carbón, gas natural, biomasa	50%
A2	Queroseno parafínico sintetizado a partir de ésteres hidroprocesados y ácidos grasos	HEFA	Aceites vegetales, grasas animales, aceites de cocina usados	50%
A3	Isoparafinas sintetizadas a partir de azúcares fermentados hidroprocesados	SIP	Biomasa utilizada para la producción de azúcar	10%
A4	Queroseno sintetizado con aromáticos derivados por alquilación de aromáticos ligeros de fuentes no petrolíferas	FT-SKA	Carbón, gas natural, biomasa	50%
A5	Queroseno parafínico sintetizado a partir de alcoholes	ATJ-SPK	Etanol, isobutanol e isobuteno de biomasa	50%
A6	Combustible para aviones por hidrotermólisis catalítica	CHJ	Aceites vegetales, grasas animales, aceites de cocina usados	50%
A7	Queroseno parafínico sintetizado a partir de ésteres hidroprocesados y ácidos grasos hidroprocesados	HC-HEFA-SPK	Algas	10%
A8	Queroseno parafinico sintético con aromáticos	ATJ-SKA	Alcoholes C2-C5 de biomasa	50%

El anexo de especificaciones D7566 contiene todas las vías aprobadas de tecnología de producción SAF y sus respectivos requisitos de prueba. ASTM impone límites de mezcla para cada vía basados en el tipo de

⁸⁸ OACI (2025b). *Procesos de conversión de SAF*. Disponible en: Procesos de conversión SAF. Consultado: nov 2025.

moléculas de combustible producidas, señalando que los porcentajes indicados de mezcla son máximos y que las propiedades de un lote específico pueden requerir una mezcla a un nivel más bajo.

Además de las vías aprobadas bajo ASTM D7566, otra forma de introducir materias primas no tradicionales para la producción de combustible para aviación es la vía de coprocesamiento dentro de ASTM D1655. El coprocesamiento se refiere a la práctica de mezclar materias primas petrolíferas y no petrolíferas dentro de una refinería tradicional para la producción de combustibles y otros productos. Hasta la fecha se han aprobado tres vías de coprocesamiento, como se muestra en Tabla 9, mientras que otras rutas han sido propuestas y están en proceso de evaluación.

Tabla 9. Vías de coprocesamiento para la producción de SAF según lo aprobado en la especificación ASTM D1655. (Fuente: Autor con datos de la OACI ⁸⁹)

Anexo	Proceso de conversión	Abreviatura	Posibles materias primas	Relación máxima de mezcla
A1	Cohidroprocesamiento de ésteres y ácidos grasos en una refinería convencional de petróleo	N/A	Aceites vegetales, grasas animales, aceites de cocina	5%
A1	Cohidroprocesamiento de hidrocarburos Fischer-Tropsch en una refinería convencional de petróleo	N/A	Hidrocarburos Fischer-Tropsch	5%
A1	Coprocesamiento de HEFA	N/A	Ésteres/ácidos grasos hidroprocesados de biomasa	24%

Otra vía para producir SAF es el llamado Power-to-Liquid (PtL) también conocido como e-SAF. Con esta vía, hidrógeno verde producido a partir de electricidad renovable se combina con CO₂ para producir SAF⁹⁰. Si el CO₂ proviene de fuentes biogénicas o de residuos industriales o se captura directamente del aire mediante la Captura Directa de Aire (Direct Air Capture, DAC), el potencial de reducción de gases de efecto invernadero de los combustibles PtL puede ser significativo.

La implementación a gran escala de esta tecnología es difícil debido a los altos costos, especialmente la electricidad renovable para producir las grandes cantidades de hidrógeno verde necesarias y para la DAC. La mayoría de las rutas PtL utilizan el proceso Fischer-Tropsch, por lo que estarían incluidas en el Anexo ASTM D7566 A1.

A la fecha de redacción de este informe, se ha logrado la producción comercial de SAF para HEFA, coprocesamiento y, muy recientemente, ATJ. Se espera que otras vías alcancen la madurez comercial en los próximos años.

2.3 CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD

La OACI ha establecido una serie de criterios de sostenibilidad que deben cumplir los combustibles renovables para ser clasificados como combustibles elegibles bajo CORSIA (CEF por su nombre en inglés, CORSIA eligible

⁸⁹ OACI (2025b). Procesos de conversión de SAF. Disponible en: SAF Conversion processes.

⁹⁰ Roth, A., y Schmidt, P. (2017). "Potencia a líquidos: Un nuevo camino hacia el combustible de avión renovable". *Seminario de la OACI sobre Combustibles Alternativos*. Disponible en: https://www.icao.int/sites/default/files/environmental-protection/Meetings/2017%20Alternative%20Fuels%20Seminar/20170208_ROTH_V1-0_submitted.pdf

fuels) y ser reconocidos dentro del marco de CORSIA. Se muestra un resumen de los temas de sostenibilidad en Figura 31 y todos los detalles pueden encontrarse en la página web de la CEF de la OACI⁹¹.

Sustainability Themes
1. Greenhouse Gases (GHG)
2. Carbon stock
3. GHG reduction permanence
4. Water
5. Soil
6. Air
7. Conservation
8. Waste and Chemicals
9. Seismic and Vibrational Impacts (only for LCAF)
10. Human and labour rights
11. Land use rights and land use
12. Water use rights
13. Local and social development
14. Food security

Figura 31. Criterios de sostenibilidad para los combustibles elegibles de CORSIA (CEF). (Fuente: OACI⁹²)

El primer principio sobre GEI exige que los CEF reduzcan las emisiones netas de GEI en un 10% en comparación con una línea base fósil en términos de emisiones de ciclo de vida (LCA, life-cycle análisis). El valor de emisiones LCA para los CEF se calcula de la siguiente manera:

$$L_{CEF} = \text{Valor Básico LCA} + \text{Valor ILUC} - \text{Créditos de emisiones}$$

Tanto el Valor Básico LCA como el Valor ILUC (Indirect Land Use Change o Cambio Indirecto de Uso del Suelo) pueden calcularse utilizando cifras predeterminadas proporcionados por la OACI o se pueden calcular con metodologías específicas de la OACI⁹³.

Cabe destacar que el valor predeterminado de ILUC solo se aplica a materias primas procedentes de tierras convertidas antes del 1 de enero de 2008. Para materias primas producidas en tierras convertidas después de esa fecha, el operador debe calcular las emisiones de Cambio Directo de Uso del Suelo (DLUC), y este valor DLUC reemplazará al valor predeterminado de ILUC si es superior.

Alternativamente, se puede utilizar un valor ILUC de cero si se implementan prácticas de bajo riesgo de cambio de uso del suelo o si la materia prima es un residuo, coproducto o subproducto, como se detalla en los documentos metodológicos de la OACI. La metodología para calcular los créditos de emisiones se proporciona en la *Metodología CORSIA para el Cálculo de Valores Reales de Emisiones del Ciclo de Vida*⁹⁴.

⁹¹ <https://www.icao.int/CORSIA/corsia-eligible-fuels>

⁹² OACI (2023). *Sostenibilidad e informes bajo CORSIA*. Disponible en: https://www.icao.int/sites/default/files/environmental-protection/Documents/ICAO_EU_II/Session-4-SAF-Sustainability-and-Reporting-under-CORSIA.pdf.

⁹³ Ver: Combustibles elegibles para CORSIA

⁹⁴ OACI (2025c). *Metodología CORSIA para calcular valores reales de emisiones durante el ciclo de vida*. Disponible en: documento de la OACI "Metodología CORSIA para el cálculo de valores reales de emisiones del ciclo de vida".

2.4 ETANOL DE CAÑA DE AZÚCAR

2.4.1 Información relacionada con materias primas

La caña de azúcar es uno de los principales cultivos agrícolas en Panamá, con aproximadamente un 10% de la tierra cultivable dedicada a este cultivo. En el año de cosecha 2024-2025, se plantaron unas 23 662 hectáreas (ha) con caña de azúcar y se cosecharon 1 794 818 toneladas. Esto supone una disminución de aproximadamente un 10% respecto al año de cosecha 2020-2021, como se puede ver en Tabla 10. Cabe indicar que el número de productores pasó de 5 en 2021-2022 a 290 en 2024-2025. Esto se debe a la metodología de recogida de datos: en los primeros años solo se contabilizaban los principales ingenios de caña de azúcar, mientras que en los últimos años también se incluyeron pequeños propietarios.

Tabla 10. Estadísticas de caña de azúcar. (Fuente: Autor con datos de MIDA (2025)⁹⁵)

Indicador	Unidad	2020-21	2021-22	2022-23*	2023-24*	2024-25
Producción	tonelada	2 013 496	1 842 958	325 611	804 828	1 794 818
Superficie cultivada	ha	24 663	24 444	4 664	10 845	23 662
Área cosechada	ha	24 663	23 956	4 664	10 845	23 424
Rendimiento	ton/ha	82	76,9	69,8	74,2	76,6
Productores	Número	5	5	40	261	290

*Las estadísticas oficiales de 2022-23 y 2023-24 solo se informaron para dos provincias⁹⁶.

La producción de caña de azúcar se concentra en cuatro provincias: Chiriquí, Veraguas, Herrera y Coclé, como se muestran en

Tabla 11. Principales provincias productoras de caña de azúcar. (Fuente: Autor con datos de MIDA (2025) y la Figura 32. Coclé concentra la mayor parte de la tierra cosechada dedicada a este cultivo. Aunque Chiriquí produce solo aproximadamente una cuarta parte de la producción total, tiene los mayores rendimientos de las cuatro regiones productoras, con 90 toneladas/ha.

Tabla 11. Principales provincias productoras de caña de azúcar. (Fuente: Autor con datos de MIDA (2025))

Región	Nº de productores	Área cultivada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
Chiriquí	40	3 955	355 976	90
Veraguas	242	4 969	328 842	66,2
Herrera	3	2 000	160 000	80
Coclé	5	12 500	950 000	76
Total	290	23 424	1 794 818	76,6

⁹⁵ MIDA (2025) <https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2025/07/CIERRE-AGRICOLA-2024-2025.pdf>

⁹⁶ Panama America (2024). *Caña de azúcar mantiene niveles de producción* Disponible en: <https://www.panamaamerica.com.pa/economia/cana-de-azucar-mantiene-niveles-de-produccion-1244456#:~:text=En%20el%20per%C3%ADodo%202022%2D2023,Foto:%20Cortes%C3%ADa.>



Figura 32. Zonas de cultivo de caña de azúcar en Panamá.

(Fuente: Autor con datos de MIDA y mapa de Wikipedia Commons⁹⁷)

Panamá cuenta solamente con pocos ingenios azucareros en el país, a saber: Central Azucarera La Victoria (Santiago, Veraguas), Azucarera Nacional también conocida como Ingenio Santa Rosa (Coclé), Hacienda La Estrella Grupo Calesa (Coclé) y Central Azucarero de Alanje (Chiriquí). La Victoria, el mayor ingenio azucarero del país, obtuvo la certificación Bonsucro en 2020⁹⁸. Estos ingenios procesan la caña de azúcar principalmente en azúcares para el mercado nacional e internacional, y en etanol para bebidas. Actualmente no existe producción industrial de etanol para uso en biocombustibles. Además, todos los residuos de la producción de caña de azúcar generados en el país, como el bagazo y la melaza, se utilizan actualmente para la generación de energía.

Panamá tiene una ley que exige la mezcla de etanol en el suministro de gasolina, como se menciona en la sección 1.6.5. El objetivo de la ley es lograr un objetivo de mezcla del 10%, con un periodo de incorporación que se espera que dure varios años. Dado que actualmente no se produce etanol para uso de biocombustibles en el país, sería necesario importar etanol de otros lugares. La ley permite la importación de etanol, pero proporciona salvaguardas para el etanol producido localmente.

Dado que toda la cosecha de caña de azúcar en la actualidad ya es consumida en su totalidad, la producción de etanol con materia prima nacional requerirá la ampliación de las zonas de cultivo de caña de azúcar o la desviación del cultivo azucarero existente para la fabricación de biocombustibles.

Puede haber oportunidades para que la producción de caña de azúcar se expanda a otros lugares en Panamá. Por ejemplo, la industria arrocerá está actualmente en crisis debido a los altos costos, los impactos climáticos y la eliminación de subvenciones gubernamentales, que incluso han impulsado la importación de arroz desde Brasil⁹⁹.

Es posible que algunos agricultores cambien de arroz a la producción de caña de azúcar. Recordemos que el cultivo de arroz es el mayor usuario de tierras agrícolas en Panamá, con aproximadamente el 41% de la tierra

⁹⁷ https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mapa_de_Panam%C3%A1.svg#Licensing

⁹⁸ Bonsucro (2020). *Primera certificación Bonsucro en Panamá*. Disponible en: <https://bonsucro.com/first-bonsucro-certification-in-panama/#:~:text=In%20the%201970s%2C%20the%20government,was%20one%20of%20these%20mills>

⁹⁹ Sandoval, Yolanda (2025). *Crisis del arroz en Panamá: productores advierten pérdidas, Mulino confirma fin del subsidio y el IMA recurre a importaciones*. Disponible en: <https://www.prensa.com/economia/crisis-del-arroz-en-panama-productores-advienten-pérdidas-mulino-confirma-fin-del-subsidio-y-el-ima-recurre-a-importaciones/>

cultivable total, o 95 000 ha, como se muestra en Tabla 4 (ver anteriormente). Además, la producción de caña de azúcar puede expandirse a superficies agrícolas abandonadas o marginales que quizá no estén actualmente en producción.

2.4.2 Consideraciones de sostenibilidad, incluidas las emisiones de gases de efecto invernadero

Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)

Los valores por defecto de emisiones del ciclo de vida para los combustibles elegibles CORSIA (CEF) hechos a partir de caña de azúcar se muestran en Tabla 12. La tabla incluye tanto los valores básicos de LCA como los valores ILUC que deben sumarse para calcular el Valor LCA total.

Cabe señalar que actualmente existen tres vías de conversión reconocidas por ASTM que utilizan la caña de azúcar como materia prima: ATJ a partir de isobutanol, ATJ a partir de etanol e isoparafina sintetizada (SIP). Los valores por defecto también distinguen entre dos casos para la conversión ATJ: independiente o integrado. Esto se refiere a la conexión del módulo ATJ que convierte el etanol en SAF a la planta de etanol, ya que el ATJ puede existir por sí solo en una ubicación diferente (independiente) o formar parte del complejo de la planta de etanol y compartir utilidades como vapor (integrado). Por último, hay que observar que hay dos conjuntos de valores ILUC dependiendo de dónde se cultive la caña de azúcar: Brasil y en cualquier otro lugar del mundo (Global).

Tabla 12. Valores por defecto CORSIA de emisiones del ciclo de vida de combustibles CEF a partir de caña. (Fuente: Autor con datos de la OACI (2025d)¹⁰⁰)

Proceso	Especificaciones del proceso	Región	Valor Básico LCA por defecto (gCO _{2e} /MJ)	ILUC (gCO _{2e} /MJ)	L _{CEF} total (gCO _{2e} /MJ)
ATJ-SPK desde la conversión a isobutanol	Independiente o integrado	Brasil	24	9,2	33,2
		Global	24	9,9	33,9
ATJ-SPK a partir de la conversión al etanol	Integrado	Brasil	24,1	8,7	32,8
		Global	24,1	8,5	32,6
	Independiente: +6,4 si es transporte internacional	Brasil	41	11	52
		Global	41	11,9	52,9
Conversión de isoparafina sintetizada (SIP)	Si H ₂ procede del carbón: +7,4 gCO _{2e} /MJ	Brasil	32,8	14,9	47,7
		Global	32,8	19,8	52,6

Desde la perspectiva de la reducción de emisiones de GEI, existen múltiples alternativas para que la caña de azúcar pueda calificar como CEF, como se muestra en Tabla 12. Todas las vías mostradas en la tabla cumplen el umbral mínimo del 10% de reducción de emisiones de GEI.

¹⁰⁰ OACI (2025c). *Combustibles elegibles para CORSIA*. Disponible en: <https://www.icao.int/CORSIA/corsia-eligible-fuels>.

Temas medioambientales

Como país de la región tropical, Panamá disfruta de condiciones meteorológicas favorables para las actividades agrícolas, incluyendo abundante luz solar y lluvias. La disponibilidad de agua para la agricultura no es una preocupación crítica hoy en día, aunque los cambios climáticos están afectando a los patrones normales de lluvia y esto supone un riesgo para el sector en un futuro previsible. Cabe señalar que la Central Azucarera La Victoria, uno de los mayores ingenios azucareros del país, obtuvo la certificación de sostenibilidad por Bonsucro en 2020¹⁰¹, como se mencionó previamente.

Como se mencionó antes, la producción actual de caña de azúcar está destinada al consumo local o a la exportación principalmente de azúcar y algunas bebidas alcohólicas. Cualquier uso de caña de azúcar doméstica para la producción nacional de etanol y biocombustibles requeriría la expansión de plantaciones de caña o la desviación de la producción de azúcar existente. Si esto último ocurriera, el azúcar desviado de los usos actuales tendría que ser reemplazado por importaciones, áreas cosechadas adicionales, o habría un déficit. Cualquier expansión de superficie cultivada deberá hacerse teniendo en cuenta los criterios de sostenibilidad en Figura 31.

Temas socioeconómicos

Debido a que la producción actual de caña de azúcar se consume en su totalidad, cualquier azúcar adicional necesario para el etanol requeriría nuevas tierras dedicadas al cultivo de la caña de azúcar. Esta posible expansión plantea preocupaciones importantes, principalmente en torno a la seguridad alimentaria, si estas nuevas tierras se toman de tierras cultivables existentes. Además, esta adquisición de tierras corre el riesgo de tomar tierras a las poblaciones indígenas y podría poner en peligro el sustento de los agricultores existentes, creando complejos desafíos socioeconómicos y éticos que deben considerarse para que el SAF sean elegible bajo CORSIA.

2.4.3 Consideraciones económicas y de mercado

Es útil consultar estadísticas comparativas de producción en Panamá y países vecinos para entender la competitividad relativa panameña para la posible producción de caña de azúcar para biocombustibles, etanol y SAF en Panamá. La Figura 33 muestra los rendimientos medios de caña de azúcar para 2017-2023 en Panamá y otros países en comparación con la media de Centroamérica. En general, Panamá tuvo el rendimiento relativo más bajo, con un -18% en comparación con la media centroamericana. Guatemala y Nicaragua tuvieron los mayores rendimientos relativos en este grupo, con un 38% y un 19%, respectivamente. Esta diferencia en los rendimientos sugiere que la caña de azúcar en Panamá puede tener una desventaja de productividad en comparación con otros países, lo que puede resultar en mayores costos para el etanol o el SAF elaborados a partir de cultivos locales.

¹⁰¹ Bonsucro (2020). Primera certificación Bonsucro en Panamá. Disponible en: <https://bonsucro.com/first-bonsucro-certification-in-panama/#:~:text=In%20the%201970s%2C%20the%20government,was%20one%20of%20these%20mills.>

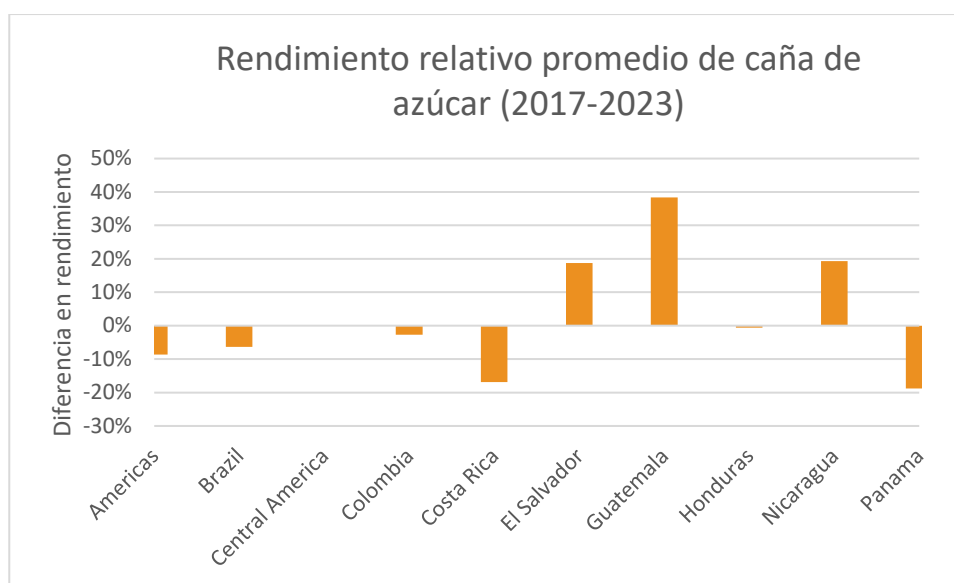


Figura 33. Rendimientos promedios de la producción de caña de azúcar en relación con el promedio de Centroamérica para 2017-2023. (Fuente: Autor con datos de la FAO¹⁰²)

La producción potencial estimada de SAF ATJ utilizando etanol de caña de azúcar en Panamá se muestra en Tabla 13. Estos cálculos se basan en la cantidad de caña de azúcar y la superficie utilizada para el cultivo en Panamá durante los años de cosecha 2019-2020 a 2023-2024 y en la media de esos cinco años. Los cálculos asumen un rendimiento de 80 litros de etanol por tonelada de caña de azúcar¹⁰³ y una densidad estándar de etanol de 0,789 g/mL¹⁰⁴.

Tabla 13. Ejemplos de cálculos para la posible producción de SAF ATJ a partir de etanol de caña de azúcar en Panamá.

Año	Caña de azúcar (t)	Área cultivo (ha)	Rendimiento (t/ha)	Rto. Etanol (t/ha)	Rto. Destilado (t/t Ethanol)	Rto. ATJ (t/t)	ATJ (t/ha)	Superf. (ha) por 10MGY	Superf. (ha) por 30MGY	Superf. (ha) por 100MGY
23-24	804 828	10 845	74,2	4,68	0,6	0,7	649	15 403	46 208	154 027
22-23	325 611	4 664	69,8	4,41	0,6	0,7	611	16 373	49 119	163 730
21-22	1 842 958	23 956	76,9	4,86	0,6	0,7	673	14 858	44 575	148 583
20-21	2 013 496	24 663	81,6	5,15	0,7	0,6	714	14 001	42 004	140 012
19-20	2 222 575	29 427	75,5	4,77	0,7	0,6	661	15 134	45 403	151 342
Media 19-24	1 441 894	18 711	75,6	4,77	0,7	0,6	662	15 154	45 462	151 539
Fuente	MIDA (2025)	MIDA (2025)	MIDA (2025)		OACI (2025d)	OACI (2025d)				

Según estas estimaciones aproximadas, una planta que produzca 10 millones de galones al año (MGY por sus siglas en inglés, million gallons per year) de SAF requeriría entre 15 000 y 16 000 ha de tierra. Esto representa aproximadamente el 80% del suelo promedio total utilizado para la producción de caña de azúcar en el

¹⁰² FAO (2025). *Cultivos y productos ganaderos*. Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>.

¹⁰³ Colussi, J., N. Paulson, G. Schnitkey y J. Baltz. "Brasil emerge como productor de etanol de maíz con la expansión del maíz de segunda cosecha." *Farmdoc Daily* (13): 120, Departamento de Economía Agrícola y del Consumidor, Universidad de Illinois en Urbana-Champaign, 30 de junio de 2023.

¹⁰⁴ Haynes, W.M. (ed.). *Manual de Química y Física del CRC*. 95ª edición. CRC Press LLC, Boca Ratón: FL 2014-2015, p. 3-246

periodo 2019-2024. Una planta para producir 30 MGY requeriría unos 45 000 ha y una planta de 100 MGY aproximadamente 150 000 ha. Estas plantas también producirían una cantidad similar de diésel renovable junto con el SAF.

Aunque teóricamente es posible que Panamá utilice las tierras existentes dedicadas a la caña de azúcar para la producción de SAF y suministrar una planta de 10 o 20 MGY, existen limitaciones a considerar. Primero, la producción actual de caña de azúcar se utiliza para abastecer el mercado local principalmente de azúcar y bebidas alcohólicas, es decir, el país necesitaría importar estos productos. En segundo lugar, como se ha comentado anteriormente, pronto entrará en vigor un mandato sobre el etanol para biocombustibles y el escenario más probable es que cualquier etanol producido en el país se utilice primero para cumplir con dicho mandato. Este escenario podría cambiar dependiendo de posibles incentivos u otros instrumentos que se puedan aplicar al SAF en lugar de los combustibles para transporte por carretera, pero sería necesario desarrollar dichos incentivos.

Existe la posibilidad de expandir la producción de caña de azúcar hacia tierras marginales o abandonadas. Algunas de estas tierras podrían ser aptas para la producción de caña de azúcar y podrían traer empleos y oportunidades económicas a estas zonas. El gobierno panameño anunció en septiembre de 2025 que suspenderá la subvención de pago directo a los agricultores de arroz a partir de 2026¹⁰⁵. Esto podría suponer una oportunidad para que los actuales agricultores de arroz cambien a la producción de caña de azúcar.

Otra opción para aumentar la disponibilidad de caña de azúcar es mediante una mejora en los rendimientos. Tal como se presenta en Figura 33, los rendimientos medios de la producción de caña de azúcar en Panamá son aproximadamente un 18% inferiores a la media centroamericana. Así, si los rendimientos pudieran mejorarse hasta esta media, el cultivo de caña de azúcar disponible podría aumentar teóricamente en esta misma cantidad.

2.4.4 Valoración general

La oportunidad para producir SAF utilizando la vía ATJ a partir de bioetanol de caña de azúcar es mixta. Por un lado, Panamá cuenta con una industria de caña de azúcar existente y consolidada y existe un mandato para la producción de bioetanol. Por otro lado, toda la caña de azúcar producida en el país ya se consume a nivel nacional o se exporta, por lo que cualquier caña de azúcar para ATJ tendría que provenir de una expansión adicional de los cultivos de caña o se desviaría del consumo de los mercados actuales existentes.

Además, el mandato actual del bioetanol es para la mezcla con gasolina, lo que significa que la aviación tendría que competir con el transporte por carretera para acceder al bioetanol.

En resumen, el ATJ a partir de la caña de azúcar es posible, pero requeriría un mayor desarrollo de la industria de la caña y probablemente incentivos gubernamentales para poner el ATJ en igualdad de condiciones con el bioetanol para el transporte por carretera. Del mismo modo, todos los residuos de la producción de caña de azúcar —como el bagazo y la melaza— que se generan actualmente en el país ya se utilizan para la generación de energía. En consecuencia, en este momento no se consideran materias primas fácilmente disponibles para una producción adicional de SAF.

2.5 ACEITES VEGETALES (PALMA)

2.5.1 Información relacionada con materias primas

La palma aceitera es uno de los principales cultivos agrícolas de Panamá, con aproximadamente un 10% de la tierra cultivable dedicada a este cultivo. En el año de cosecha 2024-2025, se plantaron unas 21 947 ha con palma aceitera y se cosecharon 365 625 toneladas. Esto supone un aumento de aproximadamente un 30%

¹⁰⁵ TVN2 (2025). *Ministro Linares reitera fin del subsidio a arroceros y reorientación de fondos a tecnología*. Disponible en: https://www.tvn-2.com/nacionales/ministro-linares-anuncia-subsidio-arroceros_1_2205624.html.

respecto al año de cosecha 2020-2021, como se puede ver en Tabla 14. La superficie cultivada y la superficie cosechada también han mostrado un aumento de aproximadamente un 13% cada una, mientras que los rendimientos medios han incrementado alrededor de un 14% en el mismo periodo. El número de productores se ha mantenido relativamente constante.

Tabla 14. Estadísticas de la palma aceitera. (Fuente: Autor con datos de MIDA (2025)¹⁰⁶)

Indicador	Unidad	2020-21	2021-22	2022-23	2023-24	2024-25
Producción	Tonelada	282 575	268 958	325 421	369 189	365 625
Superficie cultivada	ha	20 107	21 102	20 892	21 005	22 775
Área cosechada	ha	19 368	19 057	20 763	20 910	21 947
Rendimiento	Ton/ha	15	14	16	18	17
Productores	Número	710	698	716	719	712

La producción de aceite de palma se concentra en la provincia de Chiriquí con contribuciones mínimas de Veraguas y Bocas del Toro, como se muestran en Tabla 15 y en la Figura 34.

Chiriquí concentra alrededor del 98% de los productores y áreas cultivadas y tiene los rendimientos más altos, medidos en toneladas de producción por hectárea.

Tabla 15. Principales provincias productoras de aceite de palma. (Fuente: Autor con datos de MIDA (2025))

	Productores	Superficie cultivada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
Chiriquí	703	21 490	361 106	17
Veraguas	4	60	229	3.82
Bocas del Toro	5	397	4 289	11
Total	712	21 947	365 625	17

¹⁰⁶ MIDA (2025) <https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2025/07/CIERRE-AGRICOLA-2024-2025.pdf>



Figura 34. Zonas de cultivo de palma aceitera en Panamá.

(Fuente: Autor con datos de MIDA y mapa de Wikipedia Commons¹⁰⁷)

Aunque el aceite de palma está actualmente muy concentrado en Chiriquí y cerca de la frontera con Costa Rica, existen posibilidades de expansión en la vecina provincia de Veraguas. Otra posibilidad es la provincia de Darién, aunque la logística de transporte sería un reto dada su lejanía. Existen antiguas plantaciones de banano en la costa atlántica que podrían ofrecer oportunidades de conversión para la producción de aceite de palma.

Dada la proximidad de plantaciones de aceite de palma en la vecina Costa Rica, también podría ser posible importar aceite de palma para su procesamiento en Panamá.

Crear nuevas plantaciones de aceite de palma requiere tiempo e inversión a largo plazo. Las plantas típicamente necesitan unos tres años antes de empezar a producir; sin embargo, una vez establecida, una palma de aceite puede producir durante treinta a cuarenta años, tras los cuales las plantas tendrían que ser taladas y nuevas plantas plantadas para comenzar el ciclo de nuevo.

Las plantaciones en Panamá varían en tamaño, desde pequeños hasta medianos y grandes productores. Algunos de los grandes procesadores de aceite de palma son dueños de parte de su producción y compran el resto a productores independientes. Panamá cuenta con cuatro plantas de procesamiento de aceite de palma, con una quinta en desarrollo por la empresa Industrias Panama Boston (PABO), como parte de un complejo agroindustrial de 30 millones de USD en la provincia de Chiriquí¹⁰⁸.

2.5.2 Consideraciones de sostenibilidad, incluidas las emisiones de gases de efecto invernadero

Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)

Los valores por defecto de emisiones del ciclo de vida para los combustibles elegibles CORSIA (CEF) fabricados a partir de materiales derivados del aceite de palma se muestran en la Tabla 16. La tabla incluye tanto Valor Básico LCA como el Valor ILUC que deben sumarse para calcular el Valor LCA total.

Es importante señalar que actualmente solo dos materiales derivados del aceite de palma están incluidos en la tabla de valores por defecto LCA de CORSIA: destilado de ácidos grasos de palma (PFAD) y racimos de fruta fresca de palma. El PFAD se considera un subproducto y, por tanto, tiene un valor ILUC de cero. Para los

¹⁰⁷ https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mapa_de_Panam%C3%A1.svg#Licensing

¹⁰⁸ La Estrella de Panama (2024). *Pabo instala extractora de palma apoyada en cuestionable consulta ciudadana*. Disponible en: <https://www.laestrella.com.pa/panama/ver-video-pabo-instala-extractora-de-palma-apoyada-en-cuestionable-consulta-ciudadana-YK9815540>.

racimos de fruta fresca de palma, existen dos valores para el Valor Básico LCA por defecto dependiendo de cuánto biogás del efluente de aceite de palma (POME) tratado en estanques anaeróbicos se capture y oxide. Esta vía tiene un valor ILUC de 36,6 gCO2e/MJ y es aplicable a Malasia e Indonesia.

Tabla 16. Valores por defecto de emisiones del ciclo de vida de CORSIA para combustibles CEF hechos a partir de palma de aceite. (Fuente: Autor con datos de la OACI (2025d)¹⁰⁹)

Materia prima	Proceso	Especificaciones del proceso	Región	Valor Básico LCA por defecto (gCO2e/MJ)	ILUC (gCO2e/MJ)	L _{CEF} total (gCO2e/MJ)
Destilado de ácidos grasos de palma (PFADs)	HEFA	Si H ₂ procede del carbón: +6,7 gCO2e/MJ	Global	20,7	0	20,7
Racimos de fruta fresca de palma	HEFA	En la fase de extracción del aceite, >= 85% del biogás liberado del Efluente de Molino de Palma (POME) tratado en estanques anaeróbicos es capturado y oxidado. Si H ₂ procede del carbón: + 5,7 gCO2e/MJ	Malasia e Indonesia	37,4	36,6	74
		En la fase de extracción del petróleo, < 85% del biogás liberado del efluente de la planta de aceite de palma (POME) tratado en estanques anaeróbicos es capturado y oxidado. Si H ₂ procede del carbón: + 5,7 gCO2e/MJ	Malasia e Indonesia	60	36,6	96,6

Desde la perspectiva de la reducción de emisiones de GEI, existen dos alternativas para que los materiales derivados del aceite de palma puedan calificar como CEF. Uno es a través de la vía HEFA utilizando PFADs y el otro es a través de la vía HEFA utilizando racimos de fruta fresca de palma, siempre que el 85% del biogás

¹⁰⁹ OACI (2025d). Combustibles elegibles para CORSIA. Disponible en: <https://www.icao.int/CORSIA/corsia-eligible-fuels>. Consultado: nov 2025

liberado por el Efluente de Aceite de Palma (POME) tratado en estanques anaeróbicos sea capturado y oxidado.

Cabe señalar que, si se captura menos del 85% del biogás, la puntuación combinada de LCA Central e ILUC sería de 96,6 gCO₂e/MJ, lo que haría que este SAF no pudiera calificarse como CEF.

La implicación de la información en Tabla 16 para el aceite de palma cultivado en Panamá es que la calificación como CEF solo podría hacerse hoy en día para SAF fabricados a partir de racimos de fruta fresca de palma certificados según la metodología “Low LUC” de la OACI, de bajo riesgo en cambios en el uso del suelo (LUC, por Land-Use Change en inglés) o de PFADs, que son un residuo y que en ambos casos se asigna un valor ILUC cero.

Aunque cualquier productor de CEF en Panamá podría solicitar un valor LCA básico a través de la *Metodología CORSIA para calcular valores reales de emisiones del ciclo de vida*¹¹⁰, el productor de CEF seguiría necesitando un valor ILUC a menos que el CEF esté formado por un residuo, residuo o subproducto, como los PFAD, o certificado “low LUC”, que tienen un valor ILUC de cero.

Actualmente, Colombia ha solicitado el cálculo del valor ILUC del aceite de palma cultivado en ese país y se espera que ese valor se incorpore pronto. Dada la proximidad de Panamá a Colombia, es posible que Panamá solicite ser incluido en ese valor ILUC como parte de la misma región o que Panamá siga un camino similar al de Colombia y solicite su propio valor ILUC para el aceite de palma.

Temas medioambientales

Como se discutió en el contexto de la caña de azúcar, Panamá disfruta de condiciones meteorológicas favorables para las actividades agrícolas, incluyendo abundante luz solar y lluvias. La disponibilidad de agua para la agricultura no es una preocupación crítica, aunque los cambios climáticos están afectando a los patrones normales de lluvia y esto supone un riesgo para el sector. Los productores de aceite de palma pueden participar en el programa de certificación Mesa Redonda para el Aceite de Palma Sostenible (RSPO).

Por ejemplo, Foresta Foods, una filial de AgroAmerica, tiene operaciones de procesamiento y refinado de aceite de palma en Panamá, Guatemala y México, y sus operaciones están alineadas con los estándares de la RSPO para la economía circular¹¹¹. De manera similar, Industrias Panamá Boston (PABO) afirma que su plantación de 2 500 hectáreas en Chiriquí ha sido certificada por la RSPO^{112, 113}.

La producción actual de aceite de palma está destinada al consumo local o a la exportación. Cualquier aceite de palma doméstico para la producción de SAF requeriría la expansión de plantaciones o la desviación de la producción existente de aceite de palma. En el pasado, la expansión de las plantaciones de aceite de palma ha sido controvertida y ha generado una fuerte oposición a su uso como materia prima para biocombustibles.¹¹⁴ Cualquier expansión de las áreas cultivadas debería hacerse teniendo en cuenta los criterios de sostenibilidad en Figura 31.

¹¹⁰OACI (2025c). Metodología CORSIA para calcular valores reales de emisiones durante el ciclo de vida. Disponible en: documento de la OACI "Metodología CORSIA para el cálculo de valores reales de emisiones del ciclo de vida. Consultado: nov 2025

¹¹¹ Foresta Foods (2024). *Planeta 2024*. Disponible en: https://forestafoods.com/wp-content/uploads/2025/09/ReporteDeSost_ForestaFoods.pdf. Consultado: nov 2025

¹¹² Inversiones y Negocios (2022). *Industrias PABO desarrollará moderno complejo agroindustrial en Chiriquí*. Available at: <https://www.revistainversionesynegocios.com/industrias-pabo-desarrollara-moderno-complejo-agroindustrial-en-chiriqui/>. Consultado: nov 2025

¹¹³ SNIP Noticias (2023). *Panamá certifica una finca productora de palma aceitera sostenible*. Available at: <https://www.pabopanama.com/novedades/panama-certifica-una-finca-productora-palma-aceitera-sostenible/>. Consultado: nov 2025

¹¹⁴ SPOC (2025). *Deforestación y aceite de palma*. Disponible en: <https://www.sustainablepalmoilchoice.eu/deforestation-palm-oil/>. Consultado: nov 2025

Temas socioeconómicos

Dado que el consumo actual de aceite de palma está completamente abarcado, cualquier aceite de palma doméstico adicional para la producción de SAF tendría que provenir de mayor productividad (uno de los casos para la certificación de “low LUC” bajo CORSIA), otras zonas cultivadas o complementarse con importaciones de otros países.

Como en el caso de la caña de azúcar, esta posible expansión plantea preocupaciones significativas, principalmente en torno a la seguridad alimentaria, si esta nueva tierra está tomando tierras cultivables existentes. Además, esta adquisición de tierras corre el riesgo de tomar tierras a las poblaciones indígenas y podría poner en peligro el sustento de los agricultores existentes, creando complejos desafíos socioeconómicos y éticos que deben considerarse para que el SAF sea elegible bajo CORSIA, señalando que el marco CORSIA permite que algunas de estas cuestiones se aborden con una certificación nacional de Panamá (“national attestation”).

2.5.3 Consideraciones económicas y de mercado

Como en el caso de la caña de azúcar, es útil considerar la producción de aceite de palma en Panamá y países vecinos para entender la competitividad relativa de la posible producción de aceite de palma para SAF en Panamá.

La Figura 35 compara los rendimientos promedio de aceite de palma para 2017-2023 en Panamá y otros países con la media de Centroamérica. En general, Panamá tuvo el segundo rendimiento relativo más bajo, con -20% en comparación con la media centroamericana (el más bajo fue Honduras, con -30%). Colombia y Costa Rica tuvieron los mayores rendimientos relativos en este grupo, con un 30% y un 26,5%, respectivamente. Malasia e Indonesia, dos de los principales productores mundiales, tuvieron los mayores rendimientos relativos de este grupo, con un 45,7% y un 33,3% respectivamente. Esta diferencia en los rendimientos sugiere que el aceite de palma en Panamá tiene una desventaja significativa en productividad en comparación con otros países, lo que puede resultar en mayores costos para el SAF.

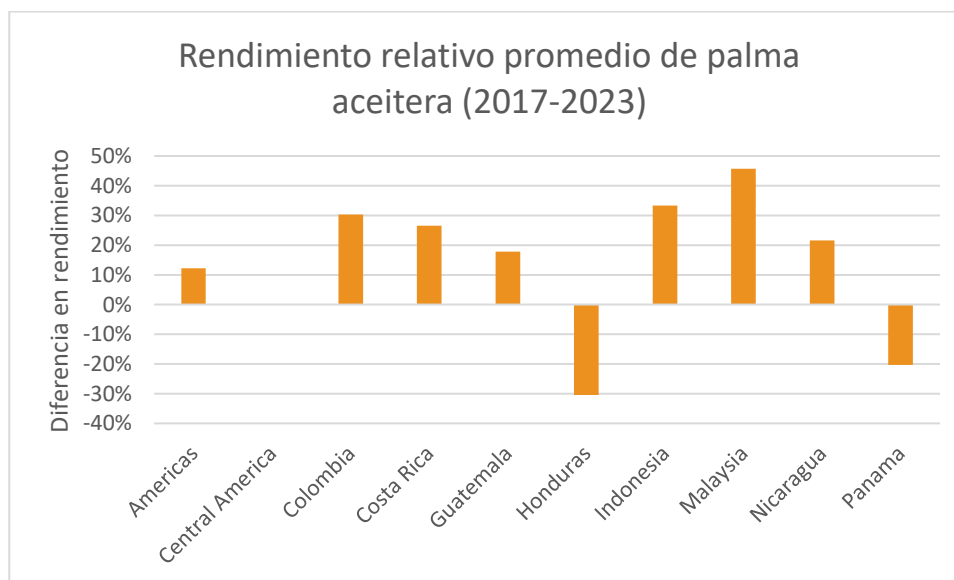


Figura 35. Rendimientos promedios de la producción de palma aceitera en relación con el total de Centroamérica para 2017-2023. (Fuente: Autor con datos de la FAO ¹¹⁵)

¹¹⁵ FAO (2025). Cultivos y productos ganaderos. Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Consultado: oct 2025

Es interesante considerar la gran discrepancia en los rendimientos entre Costa Rica y Panamá, especialmente porque la principal región productora de aceite de palma de Panamá, la provincia de Chiriquí, limita con Costa Rica. Esto indica que teóricamente podría ser posible aumentar los rendimientos en Panamá mediante mejores técnicas agrícolas. Suponiendo que los rendimientos en Panamá pudieran alcanzar la media de Centroamérica, esto implicaría un aumento del 20% en la producción sin necesidad de tierra adicional. Si los rendimientos pudieran alcanzar la media costarricense, el aumento sería del orden del 58%. La oportunidad particular en este caso radica en que dicho aumento de la producción tiene el potencial de ser certificado bajo la metodología CORSIA de bajo ILUC y, por consiguiente, implicar un valor de ILUC cero. Por lo tanto, el productor podría calcular el valor básico LCA, aun cuando todavía no exista un valor por defecto.

La producción potencial estimada de HEFA SAF utilizando aceite de palma en Panamá se muestra en Tabla 17. Estos cálculos se basan en la cantidad de fruta de palma aceitera y en la superficie utilizada para el cultivo en Panamá en los años de cosecha 2019-2020 a 2023-2024, así como en la media de esos cinco años. Los cálculos asumen una tasa de extracción de aceite del 21%¹¹⁶.

Tabla 17. Ejemplos de cálculos para la posible producción de HEFA a partir de aceite de palma en Panamá.

Año de cosecha	Producción de fruta de palma de aceite (t)	Área de cosecha (ha)	Fruto de la palma de aceite (t/ha)	Aceite de palma (t/ha)	Rend. destilado (t _{dest} /t _{aceite})	Rend. HEFA (t _{HEFA} /t _{dist})	HEFA (t/ha)	Superficie para 10 MGY (ha)	Superficie para 30 MGY (ha)	Superficie para 100 MGY (ha)
23-24	369 189	20 910	17,7	5,25	0,83	0,55	559	12 644	37 932	126 440
22-23	325 421	20 763	15,7	3,15	0,83	0,55	496	21 073	63 220	210 734
21-22	268 958	19 057	14,1	3,71	0,83	0,55	446	17 903	53 710	179 032
20-21	282 575	19 368	14,6	3,29	0,83	0,55	462	20 168	60 505	201 684
19-20	252 651	19 546	12,9	2,96	0,83	0,55	409	22 397	67 192	223 973
Prom. 19-24	299 759	19 929	15,0	3,06	0,83	0,55	474	21 666	64 998	216 659
Fuente	MIDA (2025)	MIDA (2025)	MIDA (2025)		OACI (2025d)	OACI (2025d)				

Según estas estimaciones aproximadas, una planta que produzca 10 millones de galones al año (MGY) de HEFA SAF requeriría entre 13 000 y 22 000 ha de tierra, dependiendo de los rendimientos de la producción de aceite de palma. Esto representa aproximadamente el 60-100% del suelo promedio total utilizado para la producción de aceite de palma en el periodo 2019-2024. Una planta para producir 30 MGY requeriría entre 37 000 y 65 000 ha y una planta de 100 MGY necesitaría aproximadamente entre 12 000 y 216 000 ha.

Cabe señalar que, además de la producción de SAF, una planta HEFA también produce cantidades significativas de diésel renovable. Por ejemplo, una planta HEFA de 10 MGY produce aproximadamente 5 MGY de diésel renovable y una planta HEFA de 30 MGY podría producir 14 MGY de diésel renovable.

Aunque teóricamente es posible que Panamá utilice las tierras existentes dedicadas a la palma de aceite para la producción de SAF y suministre una planta de 10 millones de galones de SAF, este escenario enfrenta los mismos desafíos identificados para la caña de azúcar. En primer lugar, la producción actual de aceite de palma

¹¹⁶ Basado en la aportación de la industria y la FAO (2025)

se utiliza para abastecer el mercado local o para exportaciones, por lo que las importaciones serían necesarias para el consumo local y se perderían ingresos por exportación.

En segundo lugar, usando los rendimientos relativos como indicador de posible rentabilidad, dado que los rendimientos de palma de aceite en Panamá son significativamente inferiores a los de la mayor parte de Centroamérica o Colombia, el aceite de palma panameño puede ser más caro que importarlo de esas regiones.

Finalmente, existe la posibilidad de ampliar la producción de palma de aceite hacia tierras marginales o abandonadas. Algunas de estas tierras pueden ser aptas para la producción, especialmente en antiguas plantaciones de bananeros, y podrían traer empleos y oportunidades económicas a estas zonas. Esta es otra práctica agrícola potencialmente elegible bajo el enfoque de certificación CORSIA de bajo ILUC.

Como se mencionó antes, el gobierno panameño anunció en septiembre de 2025 que suspenderá la subvención de pago directo a los agricultores de arroz a partir de 2026¹¹⁷. Esto puede suponer una oportunidad para que los actuales agricultores de arroz cambien a la producción de palma aceitera, siempre que esas tierras sean adecuadas para ese cultivo.

Una observación adicional se refiere a los rendimientos relativamente menores en Panamá en comparación con otros países cercanos. Suponiendo que esta brecha pudiera reducirse con inversiones, por ejemplo, en nuevas tecnologías, mecanización o mejores prácticas agrícolas, existe un potencial real para aumentar la producción de aceite de palma sin requerir tierras adicionales. Al aumentar los rendimientos hasta la media centroamericana, la producción de aceite de palma podría incrementarse un 25%, y al aumentar los rendimientos a niveles similares a los de la vecina Costa Rica, la producción podría aumentar más del 50%.

2.5.4 Valoración general

La oportunidad de producir SAF a partir de aceite de palma utilizando la vía HEFA es mixta. Panamá tiene una industria de palma ya existente y consolidada, pero todo el aceite de palma producido en el país ya se consume o exporta a nivel nacional, por lo que cualquier aceite de palma para la producción HEFA tendría que provenir de una producción adicional o se desviaría del consumo existente.

Desde la perspectiva de la aprobación de CORSIA, actualmente no se acepta el uso directo de aceite de palma para la producción de SAF, ya que no existe un valor aplicable de ILUC, a menos que esté certificado bajo el enfoque de bajo ILUC. Cualquier otra producción tendría que basarse en PFADs o racimos frescos de fruta de palma. Otra posibilidad sería solicitar un valor ILUC para el aceite de palma cultivado en Panamá.

En resumen, es posible que se haga HEFA a partir del aceite de palma, pero requeriría un mayor desarrollo de la industria de la palma aceitera y una resolución a la clasificación como CEF.

2.6 RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES (RSU)

2.6.1 Información relacionada con materias primas

La situación de los residuos sólidos urbanos (RSU) en Panamá presenta un desafío significativo, caracterizado por una alta generación de residuos, infraestructuras de gestión inadecuadas y crecientes preocupaciones ambientales y de salud pública. Se estima que en el país se generaron aproximadamente 1,8 millones de toneladas de RSU en el 2016¹¹⁸.

¹¹⁷ TVN2 (2025b). https://www.tvn-2.com/nacionales/ministro-linares-anuncia-subsidio-arroceros_1_2205624.html.

¹¹⁸ Ineco (2017a). <https://www.aaud.gob.pa/plangestion/PNGIR.pdf>

Las estimaciones de un estudio exhaustivo realizado en 2017 por la consultora INECO en nombre de la Autoridad de Salud de Panamá (Autoridad de Aseo) proyectaban que esa cantidad aumentaría a 2,3 millones de toneladas/año para 2026 si no se tomaban medidas correctivas o que disminuiría a 1,7 millones de toneladas/año en 2026 si se promulgara un plan integral.

La generación de RSU está fuertemente correlacionada con la población. No es de extrañar que alrededor del 57% del RSU del país se genere en las provincias de Panamá y Oeste de Panamá, donde vive un gran porcentaje de la población. Chiriquí es la segunda provincia con mayor número de generación de RSU, con aproximadamente el 11% del total¹¹⁹.

Aunque Panamá y Panamá Oeste generan más RSU, solo cuentan con tres vertederos. Uno de estos es el Cerro Patacón, que es el más grande del país y gestiona aproximadamente el 50% del RSU del país. Así, aunque el país cuenta con muchos vertederos dispersos por todo su territorio (véase Figura 36), la mayoría son pequeños en comparación con Cerro Patacón.

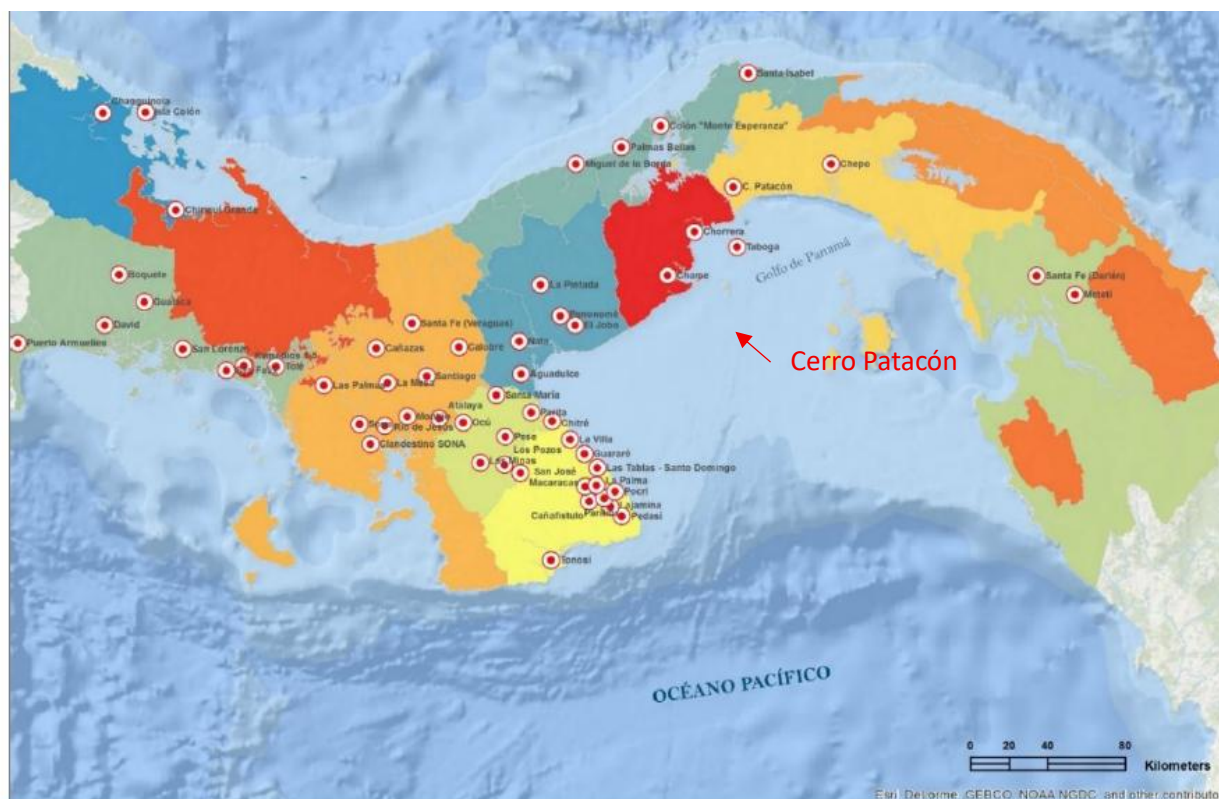


Figura 36. Vertederos en Panamá. (Fuente: Autor con datos de INECO (2017a))

La mayor parte del RSU se genera en hogares (alrededor del 89,6%), mientras que el resto proviene de la industria (9,6%) y hospitales (<1%)¹²⁰.

La composición del RSU a fecha de 2017, cuando se realizó el último gran estudio, se muestra en Tabla 18. En general, las principales categorías para los RSU de origen doméstico son orgánicos (por ejemplo, residuos alimenticios), plásticos y cartón. Para la industria, las principales categorías son cartón, plásticos y productos orgánicos.

¹¹⁹ Ineco (2017b).

[https://www.aaud.gob.pa/plangestion/ANEXOS/20170731_E%201.4.6.3_%20PNGIR%20DIAGNOSTICO%20\(Tomo%201\)_V3.pdf](https://www.aaud.gob.pa/plangestion/ANEXOS/20170731_E%201.4.6.3_%20PNGIR%20DIAGNOSTICO%20(Tomo%201)_V3.pdf)

¹²⁰ Ineco 2017b

Tabla 18. Composición de RSU en Panamá. (Fuente: INECO 2017b)

Categoría	Doméstico (%)	Industrial (%)
Orgánicos	33	17,7
Celulósico/Papel	9,4	7,5
Madera	2,1	4,6
Cartón	13,7	27
Embalaje	1,9	1,4
Textiles	6,3	3,1
Cuero	0,1	0,2
Plásticos	17,2	22,2
Vidrio	3	2,1
Metales	4,5	3,8
Electrónicos	1,3	0,9
Tóxicos	1	1,8
Inerte	3,4	3,7
Bulto	1	2,9
Misceláneo	2,1	1,2

El RSU puede ser materia prima para la producción de SAF mediante la gasificación y el proceso Fischer-Tropsch (FT). Esta vía consiste en gasificar el RSU en un gas de síntesis (syngas) que luego se convierte en crudo sintético (biocrudo) mediante la reacción de FT. Este biocrudo puede luego refinarse en combustibles de transporte como el SAF y el diésel renovable.

Es fundamental para el paso de gasificación elegir materiales con bajo contenido de humedad y alto contenido de carbono, como el cartón, el celulósico/papel, los textiles y el cuero. Los residuos orgánicos como los restos de comida tienen un alto contenido de carbono, pero también un alto contenido de humedad, que requiere energía adicional para eliminarlo.

Por último, los plásticos tienen un alto contenido energético y pueden producir cantidades significativas de biocrudo; sin embargo, dado que los plásticos se derivan en su mayoría del petróleo, tienden a reducir los beneficios de reducción de emisiones de ciclo de vida de GEI.

2.6.2 Cuestiones relacionadas con la sostenibilidad, incluidas las emisiones de gases de efecto invernadero

Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)

Los valores por defecto de emisiones del ciclo de vida para los combustibles elegibles CORSIA (CEF) fabricados a partir de RSU se muestran en Tabla 19. . La principal diferencia en los valores presentados proviene de

diferentes supuestos respecto al contenido de material no biogénico en el RSU (“non-biogenic content” o NBC), especialmente plásticos de origen fósil.

Suponiendo que la materia prima RSU no tenga ningún contenido de plásticos u otros contenidos no biogénicos, el L_{CEF} para esta vía sería 5,2 gCO₂e/MJ. Basándonos en la información de Tabla 18, la concentración media de plásticos puede asumirse en aproximadamente el 20%. Usando este valor como NBC, el L_{CEF} para RSU que incluye el 20% de los plásticos puede estimarse en 39,3 gCO₂e/MJ.

Tabla 19. Valores por defecto de emisiones del ciclo de vida de CORSIA para combustibles CEF obtenidos a partir de residuos sólidos urbanos (RSU). (Fuente: Autor con datos de la OACI (2025d)¹²¹)

Especificaciones de la vía	Región	Valor básico por defecto de LCA (gCO ₂ e/MJ)	Valor ILUC (gCO ₂ e/MJ)	L_{CEF} total (gCO ₂ e/MJ)
0% carbono no biogénico (NBC)*	Cualquiera	5,2	0	5,2
20% % carbono no biogénico (NBC)*	Cualquiera	39,3	0	39,3

**Debe considerarse que, en la versión actual de este documento, los plásticos no están incluidos en la lista de residuos, residuos o subproductos aprobados por la OACI para producir residuos de carbono y declarar reducciones de emisiones bajo CORSIA. Bajo RSU, los plásticos se considerarán contenido no biogénico.*

Esta vía también sería elegible para el Crédito de Emisiones de Vertederos (“Landfill Emissions Credits”, LEC) y el Crédito por Emisiones por Reciclaje (“Recycling Emissions Credits”, REC), para los cuales existe una metodología aprobada en el *Metodología CORSIA para el cálculo de los valores reales de emisiones del ciclo de vida*¹²². Los valores de LEC y REC reducirían aún más la puntuación total de L_{CEF} para estos combustibles. En este momento, no hay suficiente información específica para calcular estos valores de LEC o REC para el caso de Panamá; Sin embargo, incluso sin esos créditos, cualquiera de los casos mostrados en Tabla 19. reducirían las emisiones de ciclo de vida GEI en más del 10% en comparación con la línea base de CORSIA y, por tanto, cumplirían los criterios de elegibilidad para ser considerados CEF.

Temas medioambientales

Como material de desecho, hay pocas preocupaciones respecto a temas medioambientales. De hecho, encontrar usos alternativos para el RSU que de otro modo acabarían en un vertedero o quedarían sin tratamiento supondría beneficios ambientales adicionales para Panamá.

Temas socioeconómicos

Al igual que los temas medioambientales, el RSU no presenta grandes riesgos inherentes respecto a los temas socioeconómicos. En general, encontrar otro uso para material que de otro modo estaría en vertedero o sin tratar es beneficioso. Al mismo tiempo, es importante destacar que los proyectos relacionados con RSU tienden a generar oposición por parte de las comunidades locales, que temen el aumento del tráfico de camiones, los olores y otras consecuencias negativas. Por ello, se recomienda a los desarrolladores de proyectos realizar un esfuerzo integral de divulgación y consulta comunitaria al explorar oportunidades con RSU.

2.6.3 Cuestiones económicas/de mercado

Una consideración principal para el éxito de los proyectos SAF relacionados con RSU es la disponibilidad y composición de la materia prima. La cantidad de RSU es una función de la población, por lo que, para países pequeños como Panamá, la disponibilidad total de RSU para un proyecto de gasificación debe considerarse

¹²¹ OACI (2025d)

¹²² OACI (2025c)

cuidadosamente. Un cálculo de muestra del potencial para producir SAF a partir de RSU en Panamá se presenta en Tabla 20.

Tabla 20. Ejemplos de cálculos para la posible producción de SAF a partir de gasificación-FT de RSU en Panamá.

Escenario	RSU en Bruto (t/año)	Tasa de recuperación	RSU recuperado (t/año)	Rendimiento destilado (t/t)	Rendimiento SAF (t/t)	SAF (Gal/año)
2016	1 828 554	33%	591 695	0,31	0,4	24 212 173
2026 - BAU	2 301 209	33%	744 640	0,31	0,4	30 470 665
2026 Intervención	1 737 127	33%	562 111	0,31	0,4	23 001 564
Fuente	Ineco (2017)	Ineco (2017)		OACI (2025d)	OACI (2025d)	

Los tres escenarios mostrados en la tabla se basan en información del estudio Ineco de 2017¹²³. Aquí, los consultores estimaron la cantidad total de RSU generados en el país en 2016 y proyectaron dos escenarios futuros, uno asumiendo prácticas de gestión de residuos de tipo negocio como siempre (“Business-as-usual”, BAU) y otro asumiendo intervenciones para reducir la cantidad de RSU. Otro supuesto es la proporción de residuos adecuada para la gasificación (tasa de recuperación) – en general, los materiales biogénicos con bajo contenido de humedad como el papel, el cartón, los textiles, la madera y el cuero son los mejores. Según los datos de la Tabla 18, aproximadamente el 33% de los residuos en Panamá cumple con esta composición.

Según las suposiciones del párrafo anterior, se podrían producir entre 23 y 30 millones de galones al año (MGY) de SAF, teniendo en cuenta que una planta así produciría una cantidad similar de diésel renovable (RD por sus siglas en inglés).

Sin embargo, estos valores probablemente sean optimistas porque la tasa real de recuperación aún se desconoce y requeriría estudios de composición detallados. Además, hay que tener en cuenta que estas estimaciones corresponden al total de los residuos disponibles en el país, que no se van a recopilar de forma realista para un solo proyecto. En este sentido, es más probable que se localice un proyecto de SAF cerca del vertedero de Cerro Patacón, que ya recibe alrededor del 50% del RSU generado en Panamá.

Así, un proyecto con una estimación más realista en tal ubicación podría esperarse que produjera entre 12 y 15 MGY de SAF (y cantidades similares de RD). También hay que tener en cuenta que mejoras en las prácticas de gestión de residuos reducirían la cantidad de RSU que llegan al vertedero y, por ende, la cantidad de materia prima para producir SAF. Por lo tanto, a medida que el país avance en una mejor gestión de los residuos, la materia prima disponible para la planta de SAF disminuiría.

Desde una perspectiva económica, la ventaja de usar RSU es el bajo (o nulo) costo de la materia prima. En algunos casos, el proyecto SAF incluso puede generar ingresos a partir de residuos que de otro modo tendrían que ser gestionados. Por otro lado, la gasificación y los proyectos de FT suelen requerir mucho capital. Además, dado que el país no dispone de instalaciones de clasificación o preprocesamiento, será necesario construir una o dos, lo que aumentará aún más los gastos de capital. Por lo tanto, aunque los costos de materia prima de un proyecto así pueden ser muy bajos, es importante equilibrar eso con la inversión inicial de capital requerida.

¹²³ Ineco 2017

2.6.4 Valoración general

La oportunidad de producir SAF a partir de RSU a través de la vía de gasificación-FT en Panamá debería formar parte de las opciones a considerar. Parece haber suficientes RSU generados en el país para sostener al menos una pequeña planta de SAF, especialmente si esta está situada cerca o dentro del vertedero del vertedero de Cerro Patacón.

Aunque una planta así requeriría una inversión inicial considerable de capital, bajos costos recurrentes de materias primas pueden hacer atractiva la rentabilidad. Por consiguiente, como en cualquier proyecto relacionado con el RSU, un programa integral de consulta a la comunidad y de difusión pública debería formar parte esencial de la planificación del proyecto, a fin de abordar las inquietudes locales y fomentar la aceptación pública.

2.7 MATERIAS PRIMAS IMPORTADAS A TRAVÉS DEL CANAL DE PANAMÁ

2.7.1 Información relacionada con materias primas

El Canal de Panamá es un centro logístico para el comercio internacional global a través del cual fluyen cientos de millones de toneladas de carga cada año. Una parte significativa de esta carga son productos agrícolas, como los que se muestran en Tabla 21.

Tabla 21. Muestra de productos de origen agrícola transportados a través del Canal de Panamá.
(Fuente: Autor con datos de la Autoridad del Canal de Panamá ¹²⁴)

	Mercancía	2024		2025	
		Dirección norte (MT)	Dirección sur (MT)		
Aceites y grasas animales / vegetales	Aceite, verduras, misceláneos	687 312	161 775	Aceites y grasas animales / vegetales	Aceite, verduras, misceláneos
	Aceite, coco	63 130	-		Aceite, coco
	Semillas oleaginosas	103 644	5 000		Semillas oleaginosas
	Sebo	9 987	27 658		Sebo
Granos	Maíz	247 565	4 266 988	Granos	Maíz
	Soya	-	2 258 102		Soya
Otros productos agrícolas	Azúcar	371 029	32 999	Otros productos agrícolas	Azúcar

Varios de estos productos, como aceites vegetales y sebo, podrían usarse para producir cantidades significativas de SAF. Por ejemplo, en 2025, aproximadamente un millón de toneladas de aceites vegetales diversos cruzaron el Canal, lo que sería suficiente para producir unos 150 millones de galones de SAF y 70 millones de galones de diésel renovable.

¹²⁴ ACP (2025j) <https://pancanal.com/en/statistics/>

La oportunidad para la producción de SAF en Panamá sería importar materias primas suficientes a través de la infraestructura portuaria alrededor del Canal. Esto tiene varias ventajas:

1. Acceder a cantidades suficientes de materia prima para alimentar instalaciones comerciales de gran tamaño que reduzcan el costo por unidad del combustible mediante economías de escala
2. Acceso inmediato al suministro de materias primas, especialmente si se requieren nuevas áreas de cultivo
3. Flexibilidad para que el suministro nacional potencial se integre en la cadena de suministro de materias primas a medida que se alcanza la madurez comercial
4. Flexibilidad para adquirir materias primas de múltiples fuentes, lo que puede facilitar mejores precios y otros términos y condiciones mediante la competencia
5. Oportunidad de aprovechar las Zonas de Libre Comercio a lo largo del canal para establecer instalaciones de producción de combustible

Aunque hoy en día algunas materias primas no cruzan el Canal de Panamá, la ubicación del país a lo largo de las principales rutas marítimas y la infraestructura portuaria desarrollada facilitan la importación de muchos tipos de materias primas. Por ejemplo, el Canal de Panamá no es una vía de circulación principal para el movimiento global de etanol (véase Figura 37). Los principales productores de etanol son Estados Unidos y Brasil, y los principales mercados de exportación están en Europa y Asia, que se abastecen por rutas atlánticas sin cruzar el Canal. Sin embargo, no sería difícil importar etanol estadounidense de la costa del Golfo de EE. UU. ni etanol brasileño de la costa atlántica brasileña.

Top Exporting Countries and Their Key Import Partners (2024)

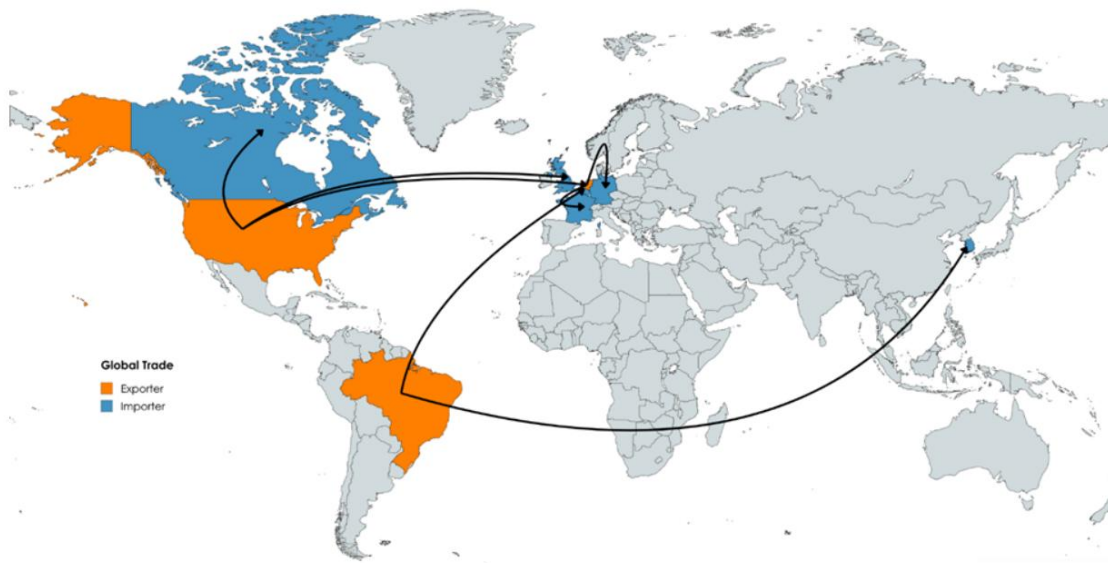


Figura 37. Principales rutas comerciales globales de etanol. (Fuente: Chemanalyst (2025))

2.7.2 Cuestiones relacionadas con la sostenibilidad, incluidas las emisiones de gases de efecto invernadero

Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)

Los valores por defecto de emisiones del ciclo de vida para los combustibles elegibles CORSIA (CEF) obtenidos a partir de una selección de materias primas potencialmente importadas se muestran en Tabla 22. La tabla incluye tanto el valor básico de LCA como de ILUC que deben sumarse para calcular la puntuación total.

Nótese que existen diferentes valores ILUC dependiendo de dónde se cultive la materia prima (por ejemplo, Brasil, India, EE. UU., Global) o si el material es un residuo, residuo o subproducto, en cuyo caso el valor ILUC es cero.

Esta tabla no incluye etanol ni aceite de palma porque estos ya se han discutido anteriormente; sin embargo, estas son materias primas que también podrían importarse a Panamá. Téngase en cuenta que, si se importa etanol de caña de azúcar, pueden ser necesarios ajustes L_{CEF} debido al transporte internacional.

Tabla 22. Valores por defecto de emisiones del ciclo de vida de CORSIA para combustibles CEF obtenidos a partir de una selección de materias primas importadas. (Fuente: Autor con datos de la OACI (2025d)¹²⁵)

Materia	Proceso	Especificaciones del proceso	Región	Valor Básico LCA por defecto (gCO _{2e} /MJ)	ILUC (gCO _{2e} /MJ)	L_{CEF} total (gCO _{2e} /MJ)
Sebo de res	HEFA	Si H ₂ procede de carbón: +6,0 CO _{2e} /MJ Si energía de proceso de carbón: +6,4 gCO _{2e} /MJ	Global	29,7	0	29,7
Grasa de ave	HEFA	Si H ₂ procede de carbón: +7,4 CO _{2e} /MJ Si energía de proceso de carbón: +6,0 gCO _{2e} /MJ	Global	33,7	0	33,7
Grasa de puercos	HEFA	Si H ₂ procede del carbón: +6,7 CO _{2e} /MJ Si energía de proceso de carbón: +5,0 gCO _{2e} /MJ	Global	27,8	0	27,8
Grasas animales mixtas	HEFA	Si H ₂ procede de carbón: +6,6 CO _{2e} /MJ Si energía de proceso de carbón: +5,3 gCO _{2e} /MJ	Global	28,6	0	28,6
Aceite de cocina usado (UCO)	HEFA	Si H ₂ procede de carbón: +5,7 CO _{2e} /MJ Si energía de proceso de carbón: +4,9 gCO _{2e} /MJ	Global	13,9	0	13,9
Aceite de maíz	HEFA	Molinos de etanol secos Si H ₂ de carbón: +5,6 gCO _{2e} /MJ	Global	17,2	0	17,2
Brassica carinata	HEFA	Si H ₂ procede del carbón: +5,7 CO _{2e} /MJ Si energía de proceso de carbón: +4,4 gCO _{2e} /MJ	Brasil	34,4	-14,6	19,8
			EE.UU.	34,4	-16,1	18,3
			Global	34,4	-10,8	23,6

¹²⁵ OACI (2025d)

Materia	Proceso	Especificaciones del proceso	Región	Valor Básico LCA por defecto (gCO _{2e} /MJ)	ILUC (gCO _{2e} /MJ)	L _{CEF} total (gCO _{2e} /MJ)
Camelina	HEFA	Si energía de proceso de carbón: +7,7 gCO _{2e} /MJ	Global	42	-11,5	30,5
Jatrofa	HEFA	Harina utilizada como fertilizante o insumo para electricidad Si el calor del proceso procede de carbón: +7,7 gCO _{2e} /MJ	India	46,9	-25,6	21,3
Jatrofa	HEFA	Harina utilizada como alimento para animales tras la desintoxicación Si el calor del proceso de carbón: +7,7 gCO _{2e} /MJ	India	46,8	-39,2	7,6
Cocos no estándar	HEFA	Si el calor del proceso procede de carbón: +5,2 gCO _{2e} /MJ	Global	26,9	0	26,9

La importación de materiales permitiría a un proyecto en Panamá buscar oportunidades para obtener materias primas con bajos valores de L_{CEF}. Por ejemplo, existen varios materiales con L_{CEF} inferior a 20 gCO_{2e}/MJ que podrían importarse, como el aceite de cocina usado (UCO), aceite de maíz, carinata (EE. UU. o Brasil) y aceite de jatrofa cuando se usa harina como alimento animal tras la desintoxicación.

Dependiendo de la configuración del proyecto, en particular las capacidades de pretratamiento, se podría utilizar una mezcla de materias primas que aumentaría la flexibilidad y potencialmente reduciría los costos del SAF producido en dicha instalación.

Temas medioambientales

Para las materias primas importadas a Panamá, un proceso robusto de certificación de sostenibilidad sería de gran importancia para garantizar que el material cumpla con los requisitos de sostenibilidad de CORSIA. La materia prima deberá ser certificada por un Esquema de Certificación de Sostenibilidad (SCS) aprobado y también se requeriría un sistema fiable de monitorización, informes y verificación. Esto puede ser especialmente importante para materiales como el aceite de cocina usado, que puede proceder de cientos, si no miles, de productores individuales.

Temas socioeconómicos

Al igual que con los temas medioambientales, se requiere un proceso sólido de certificación de sostenibilidad para que las materias primas importadas cumplan con CORSIA. Desde la perspectiva del país, importar materias primas no supondría encadenamientos a sectores como la agricultura desde el proyecto SAF y, por tanto, limitaría las oportunidades de creación de empleo adicionales a las asociadas a la planta de producción.

No obstante, si apoyar la actividad socioeconómica en la agricultura es un objetivo importante para el gobierno, el proyecto del SAF podría utilizar una combinación de materias primas nacionales e importadas. Un enfoque dual de este tipo traería múltiples beneficios tanto al país como al proyecto.

2.7.3 Cuestiones económicas/de mercado

La decisión estratégica de importar materias primas puede ser crucial para cualquier proyecto de SAF en Panamá, principalmente al otorgar acceso a cantidades a escala comercial que la producción nacional no podría igualar, al menos a corto plazo. Esta disponibilidad inmediata permite plazos cortos de los proyectos y permite una rápida puesta en marcha de las plantas de producción, evitando retrasos asociados al desarrollo local de materias primas. La importación también ofrece una variedad crucial de opciones en tipo de materia prima (por ejemplo, aceite de cocina usado, sebo animal o aceite de soya) y origen, lo que fomenta la presión a la baja de precios mediante la competencia global entre múltiples proveedores. Lo más importante es que el abastecimiento de múltiples proveedores en diferentes regiones geográficas mejora significativamente la robustez de la cadena de suministro, protegiendo la operación frente a fallos locales en las cosechas, cambios en las políticas regionales o interrupciones logísticas por parte de un solo proveedor, asegurando así una operación fiable y sostenida.

Aunque las materias primas importadas ofrecen muchas ventajas, también presentan varios desafíos que deben gestionarse. Los más significativos son los costos logísticos potencialmente altos y volátiles asociados al envío y almacenamiento, que pueden afectar la economía del proyecto y aumentar la incertidumbre. Además, el abastecimiento de mercados extranjeros expone al proyecto a riesgos geopolíticos y fluctuaciones cambiarias, haciendo que el costo a largo plazo de las materias primas pueda ser impredecible a menos que el proyecto consiga acuerdos a largo plazo. También existe la complejidad del cumplimiento normativo, ya que las materias primas importadas deben cumplir con estrictos requisitos aduaneros y otros permisos del gobierno de Panamá. Por último, la huella de carbono del combustible puede verse afectada negativamente por el transporte a larga distancia, lo que podría socavar los beneficios de reducción de gases de efecto invernadero.

2.7.4 Valoración general

La oportunidad de producir SAF a partir de materias primas importadas a Panamá debe considerarse seriamente. Aunque existen varios desafíos potenciales, dada la posición privilegiada del país como cruce de caminos del comercio global a través del Canal de Panamá y su infraestructura de importación/exportación, existen varias ventajas críticas para apoyar un posible proyecto de SAF, como reducir el riesgo de materias primas aprovechando las cadenas de suministro establecidas, acelerar los plazos al no tener que esperar a que se desarrollen las fuentes de materias primas, presión a la baja sobre los precios debido a la competencia, la diversificación de riesgos y las oportunidades para reducir la intensidad de carbono mediante la obtención de materiales de baja intensidad de carbono.

SECCIÓN 3. APOYO A LA IMPLEMENTACIÓN Y FINANCIACIÓN

3.1 ESTIMACIÓN DE LOS POSIBLES REQUERIMIENTOS DE CAPITAL

Estimar los requisitos de capital proyectados para las instalaciones de SAF es difícil porque no hay dos proyectos iguales y existen muchas incertidumbres relacionadas con la elección de materia prima, la tecnología de conversión, la infraestructura disponible, las leyes y regulaciones, etcétera. Sin embargo, es posible hacer algunas observaciones generales para ilustrar los principales factores que pueden afectar la rentabilidad potencial de este tipo de proyectos.

Los principales factores de costo para las plantas de SAF pueden clasificarse en dos áreas principales: Gasto Operativo (OPEX), dominado por los costos de materias primas, y Gasto de Capital (CAPEX), que varía significativamente según la tecnología de conversión utilizada. La elección de la tecnología de conversión también puede afectar la importancia relativa de OPEX en relación con CAPEX, como se explica a continuación.

Gasto operativo (OPEX)

En general, los OPEX pueden dividirse en las siguientes categorías principales:

- **Materia prima:** las materias primas son un elemento de costo significativo y, para algunas vías, como HEFA, el costo de la materia prima puede llegar hasta el 70% del costo total de producción del combustible. En el caso de HEFA, por ejemplo, los altos costos de materias primas pueden asociarse con una alta demanda de aceite de cocina usado (UCO) y grasas animales, que son muy atractivas debido a su baja intensidad de carbono lo cual atrae un alto valor de crédito regulatorio. Además, materias primas más tradicionales para plantas HEFA, como los aceites vegetales, se comercializan en mercados internacionales y, por tanto, están sujetas a volatilidad de precios y a precios elevados, dependiendo de las condiciones del mercado global. Una exposición similar al precio y la disponibilidad se comparten con insumos como el etanol para las plantas ATJ. En el otro extremo, los materiales de desecho como los RSU tienen costos mucho más bajos, pero pueden ser difíciles de agregar y de manejar.
- **Hidrógeno y servicios públicos:** el hidrógeno es un insumo clave en cualquier proceso de refinación, incluidas las biorrefinerías que producen SAF. Aunque no es tan alto como el de la materia prima, el costo del hidrógeno puede ser un componente significativo de OPEX, especialmente si se desea hidrógeno verde para menor intensidad de carbono. Además, las biorrefinerías también necesitan cantidades sustanciales de electricidad, gas natural y tratamiento de aguas residuales.
- **Catalizador y productos químicos:** catalizadores especializados y otros productos químicos son clave en muchos de los procesos de conversión y, aunque no necesariamente suponen un costo exagerado, pueden ser un componente importante del OPEX. Además del costo, la vida útil del catalizador es un factor clave, ya que puede determinar con qué frecuencia la planta debe ponerse fuera de operación para reemplazar el catalizador.

Gasto de capital (CAPEX)

El costo inicial de construir una biorrefinería varía drásticamente según la madurez y complejidad de la vía tecnológica y la ubicación de la planta:

- **Complejidad de las vías tecnológicas:**

- **HEFA:** Esta es la vía más madura comercialmente. El CAPEX suele ser inferior al de otras tecnologías menos maduras; sin embargo, la construcción de una planta HEFA a gran escala en terreno nuevo sigue siendo una inversión significativa.
- **ATJ y gasificación-FT:** Vías como ATJ y gasificación-FT tienen un CAPEX significativamente mayor que las plantas HEFA porque estas tecnologías aún están en fase de progreso hacia su madurez industrial. La asociada necesidad de ingeniería y cadenas de suministro complejas y no probadas a escala, conlleva un costo premium y un mayor riesgo de inversión.
- **Power-to-Liquids (PtL):** Los llamados PtL, que combinan hidrógeno verde, captura de CO₂ y síntesis de FT, son típicamente incluso más caros que la gasificación de FT porque, además del reactor de FT, el equipo de electrólisis para producir hidrógeno y la captura de CO₂ añaden un costo considerable al proyecto.

- **Ubicación del lugar:**

- **Requerimientos de infraestructura:** Las biorrefinerías necesitan acceso a servicios públicos (por ejemplo, electricidad, gas natural, agua), tratamiento de aguas residuales, terrenos suficientes y acceso a instalaciones de transporte eficientes. En la medida en que no estén disponibles, los costos del proyecto pueden aumentar significativamente.
- **Instalaciones existentes:** En la medida en que la biorrefinería pueda ubicarse en una zona industrial existente, el proyecto puede aprovechar al menos en parte las instalaciones disponibles. Una situación ideal podría ser ubicarse junto a una instalación operativa (por ejemplo, una refinería) o reconvertir una refinería de petróleo existente. Además, ubicarse en una zona industrial existente puede facilitar el proceso de permisos, que, aunque no necesariamente es costoso, puede llevar mucho tiempo, lo que incrementa el riesgo y el costo del proyecto.

Se muestran estimaciones de costos para los proyectos SAF en Tabla 23 abajo. Como se puede ver en la tabla, los costos varían mucho de un proyecto a otro y pueden oscilar entre varios cientos de millones de USD estadounidenses y más de mil millones de USD, dependiendo de la ruta tecnológica, escala del proyecto y características del emplazamiento.

La tabla muestra ejemplos de cómo se pueden mitigar los costos de capital utilizando infraestructuras existentes. Por ejemplo, el proyecto Phillips 66 para convertir una refinería de petróleo existente en una planta de combustibles renovables que produzca 800 MGY de biocombustibles por una inversión de 850 millones de USD es altamente eficiente en capital comparado con la construcción de una instalación avanzada en campo nuevo de tamaño comparable.

De forma similar, la actualización Valero/Diamond Green Diesel (DGD) para producir un 50% de SAF requiere solo 315 millones de USD para una instalación de 470 MGY, demostrando que las mejoras incrementales en las plantas HEFA ya establecidas son una forma rentable de aumentar la producción de SAF a corto plazo.

En contraste, el proyecto LanzaJet, con 10 MGY por 300 millones de dólares, es más representativo de una instalación de demostración comercial o pionera en su tipo, que busca demostrar la viabilidad técnica antes de realizar una inversión a mayor escala y multimillonaria.

Tabla 23. Ejemplos recientes de costos de proyectos SAF.

Compañía	Proceso	Ubicación	Capacidad	Inversión (USD MM)	Fuente
Montana Renewables	HEFA de aceites vegetales, grasas y grasas	Great Falls, Montana	Expansión a 300 MGY	1 440	S&P Global (2024) ¹²⁶
Phillips 66	HEFA procedente de aceites residuales, grasas, grasas y aceites vegetales	Rodeo, California	Adaptación a 800 MGY	850	Phillips 66 (2022) ¹²⁷
Valero Energy, Darling Ingredients (Diamond Green Diesel, DGD)	HEFA de aceite de cocina usado, grasas animales no comestibles y aceite de maíz de grado combustible	Port Arthur, Texas	Actualizar la instalación de 470MGY para fabricar un 50% de SAF	315	Valero (2023) ¹²⁸
Gevo	ATJ con etanol de maíz	Preston, Dakota del Sur	60 MGY	1 460	S&P Global (2024)
Lanzajet	ATJ con etanol	Soperton, Georgia	10 MGY	300	Biofuels International (2025) ¹²⁹

3.2 ESTIMACIÓN DE LOS POSIBLES COSTOS DEL SAF

El costo del SAF hoy es superior al del combustible convencional para aviones y se espera que continúe siéndolo en un futuro cercano (ICCT 2025).¹³⁰ Como el del SAF sigue siendo un mercado nuevo con muchas vías tecnológicas aún en desarrollo, no hay mucha información disponible sobre precios de mercado. La Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA) publicó recientemente una lista de precios de referencia de SAF

¹²⁶ S&P Global (2024). *El DOE de EE. UU. aprueba préstamos para proyectos SAF de Gevo, Montana.*

¹²⁷ Phillips 66 (2022). *Phillips 66 toma la decisión final de inversión para convertir la refinería de San Francisco en una planta de combustibles renovables.* Disponible en: <https://investor.phillips66.com/financial-information/news-releases/news-release-details/2022/Phillips-66-Makes-Final-Investment-Decision-to-Convert-San-Francisco-Refinery-to-a-Renewable-Fuels-Facility/default.aspx>.

¹²⁸ Valero (2023). *Diamond Green Diesel (DGD) aprueba un proyecto de combustible de aviación sostenible en Port Arthur, Texas.*

¹²⁹ Biocombustibles Internacional (2025). *LanzaJet produce con éxito combustible para aviones a partir de etanol en el sitio de Freedom Pines.*

¹³⁰ ICCT (2025) *Por qué y cómo reducir el costo de SAF.* Disponible en: *Por qué y cómo reducir el costo de SAF - Consejo Internacional para el Transporte Limpio.* Consultado: nov 2025

que representa una visión razonable de la economía de la producción de estos combustibles (EASA 2025).¹³¹ Un resumen de este informe se muestra en Tabla 24.

Tabla 24. Precios de referencia de la EASA para diferentes combustibles de aviación. (Fuente: EASA 2025)

Categoría	Ejemplos de materia prima	Ahorro mínimo de GEI	Precio de mercado (USD/litro)	Estimación del costo de producción (USD/litro)
Biocombustibles para aviación	• Aceite de cocina usado • Grasas animales • Cultivos dañados que no son aptos para su uso en la cadena alimentaria o de piensos • Aguas residuales municipales y derivados distintos de lodos de aguas residuales	65%	2,00	1,40
Biocombustibles avanzados para aviación	• Algas • Fracción de biomasa de residuos municipales mixtos • Efluentes de molino de palma y racimos vacíos de frutas de palma • Bagazo • Cultivos intermedios • Los cultivos en tierras severamente degradadas, excepto los cultivos alimentarios y de forraje, utilizados para la producción de biocombustibles para el sector aeronáutico	65%	N/D	2,60
Combustibles sintéticos para aviación	Combustibles líquidos o gaseosos que se utilizan en el sector del transporte distintos a biocombustibles o biogás, cuyo contenido energético proviene de fuentes renovables distintas a la biomasa	70%	N/D	7,38
Combustibles de aviación convencionales	Petróleo	N/D	0,70	N/D

Todas las actuales rutas tecnológicas de SAF tienen costos de producción significativamente más altos que el combustible convencional para aviones, con una clara escalada basada en la complejidad de la tecnología:

- **Los biocombustibles de aviación** (por ejemplo, HEFA de aceite usado) son los SAF más competitivos en costo, con un costo de producción de aproximadamente 1,40 USD por litro, aproximadamente el doble de precio que el combustible convencional para aviones

¹³¹ EASA (2025). *NOTA DE PRENSA DE LA EASA 2025: Precios de referencia de combustibles de aviación 2024 para ReFuelEU Aviation.*

- **Los biocombustibles avanzados** (por ejemplo, RSU, racimos vacíos de palma) tienen un costo de producción de aproximadamente 2,60 USD por litro, casi 4 veces el costo del combustible convencional para aviones
- **Los combustibles sintéticos para aviación** (los llamados combustibles Power-to-Liquid hechos de hidrógeno verde) son los más caros, estimados en 7,38 USD por litro, un costo extremadamente alto que es más de 10 veces superior al del combustible convencional para aviones

La primera categoría, biocombustibles de Aviación, ofrece una visión interesante de cómo los proyectos de SAF alcanzan la viabilidad comercial hoy en día. El costo estimado de producción es de 5,31 USD por galón, pero el precio de mercado figura en 1,40 USD por litro. La diferencia de 2,00 galones por litro entre el costo de producción y el precio de mercado forma parte de la llamada "prima verde" o el valor de los créditos regulatorios y los incentivos gubernamentales. Esta prima verde se basa en los beneficios medioambientales y otros asociados al biocombustible (por ejemplo, el ahorro en GEI) y es esencial porque ayuda a cubrir la diferencia entre el costo del combustible convencional para aviones y el SAF.

Otra notable observación de los datos presentados en Tabla 24 es la ausencia de un precio publicado de mercado para los biocombustibles avanzados y combustibles sintéticos. Esto indica que estas tecnologías o bien aún están en las primeras fases de comercialización, o su oferta es demasiado limitada para disponer de un mercado transparente. En su lugar, sus precios se determinan seguramente mediante acuerdos privados en lugar de un mercado abierto. Esta falta de un precio de mercado transparente pone de manifiesto otra fuente adicional de incertidumbre y riesgo financiero asociado para escalar estos procesos tecnológicos.

3.3 APOYO A LA IMPLEMENTACIÓN

A pesar de su probada viabilidad técnica, la adopción de SAF enfrenta barreras comerciales significativas. Dos desafíos principales son los mayores costos de producción del SAF en comparación con el combustible convencional para aviones y los elevados requisitos de capital y riesgos asociados a la construcción de instalaciones de SAF. Estos obstáculos requieren un apoyo político continuo y sólido para incentivar y promover la producción de SAF.

Para asistir a sus Estados miembros, la OACI ha elaborado una guía como recurso para explorar diversos mecanismos regulatorios y de políticas públicas que catalicen su producción y cadenas de suministro. Un resumen de esta información se presenta en Tabla 25.

Un marco político de apoyo está presente en los pocos países que han comenzado la producción de SAF, como en Brasil, EE. UU., India, Japón, Reino Unido, Singapur, la Unión Europea y otros.

Para los países que buscan fomentar una industria nacional de SAF, es importante establecer un marco integral de políticas adaptadas a sus condiciones nacionales particulares. Dicho marco debería tener en consideración factores como los sistemas agrícolas, los recursos existentes y la infraestructura disponible, que tenga en cuenta sus contexto político, estructuras regulatorias y circunstancias económicas.

En el caso de Panamá y basándose en la información presentada en Tabla 25, se sugieren las siguientes políticas y opciones para su consideración.

Tabla 25. Resumen de las directrices políticas para apoyar el desarrollo de SAF. (Fuente: OACI 2024 ¹³²)

Categoría de política	Enfoque / objetivo
1: Financiación pública para el desarrollo, demostración y despliegue de investigación de SAF (RDD&D)	Acelerar el conocimiento y reducir costos a lo largo de la cadena de suministro de SAF.
2: Incentivos fiscales específicos para ampliar la infraestructura de suministro de SAF	Reducir el riesgo financiero y la carga fiscal sobre los proyectos del SAF para atraer capital del sector privado.
3: Incentivos fiscales específicos para apoyar la operación de las instalaciones de SAF	Reducir la brecha de costos entre SAF y el combustible fósil para aviones para apoyar la producción de SAF.
4: Reconocimiento y valoración de los beneficios medioambientales de SAF	Crear un valor económico para los beneficios medioambientales y los servicios ecosistémicos de SAF.
5: Introducción de mandatos de SAF	Aumentar la demanda de SAF exigiendo su uso como parte del suministro de combustibles para el transporte.
6: Actualizar las políticas existentes para incorporar SAF	Adaptar las políticas nacionales o subnacionales actuales de incentivos a combustibles alternativos para incluir SAF.
7: Demostrar liderazgo gubernamental y señalización de mercado	Generar una señal de demanda fuerte y aumentar la producción y uso de SAF mediante una intención y compromiso claros.
8: Actividades de apoyo al mercado	Aportar claridad y certeza a los mercados de SAF para asegurar que funcionen de manera óptima.

3.3.1 Financiación pública para la investigación, desarrollo, demostración e implementación (RDD&D) de SAF

Panamá cuenta con varias instituciones de investigación y universidades, así como conexiones con entidades reconocidas globalmente que pueden aprovecharse para producir conocimiento y desarrollar la fuerza laboral necesaria para apoyar una industria de SAF en el país. Dos opciones de política a considerar incluyen:

- Financiación pública para investigación y desarrollo (por ejemplo, investigación gubernamental para superar barreras, acelerar curvas de aprendizaje, especialmente en sistemas agrícolas y procesos de conversión)
- Financiación pública para demostraciones e implementación (por ejemplo, financiación para reducir riesgos en nuevas tecnologías, apoyar a agricultores/productores de materia prima y desarrolladores de proyectos en la ampliación de su producción)

3.3.2 Incentivos fiscales específicos para ampliar la infraestructura de suministro de SAF

Como se menciona en la sección 1.2.1, la economía de Panamá está experimentando algunos obstáculos con un crecimiento del PIB no tan rápido como en años anteriores y una situación fiscal que ha hecho que el gobierno se centre en reducir déficits. En estas circunstancias, el apoyo directo del gobierno a las facilidades

¹³² OACI (2024) *Guía de la OACI sobre medidas políticas para el desarrollo y despliegue de SAF.*

de SAF como subvenciones de capital, programas de garantía de préstamos o bonos exentos de impuestos probablemente no sea realista, pero existen varias otras opciones a considerar:

- Elegibilidad para el estatus de empresa con ventajas fiscales, por ejemplo, mediante estructuras corporativas especializadas con ventajas fiscales, como las ya disponibles a través del marco de las Zonas de Libre Comercio
- Depreciación acelerada o 'adicional', por ejemplo, una convalidación contable más rápida o mayor de inversión de capital
- Créditos fiscales tales como
 - Créditos Fiscales por Inversión (por ejemplo, deducción de costos de construcción y puesta en marcha del impuesto sobre la renta)
 - Créditos fiscales basados en el desempeño (por ejemplo, crédito basado en el cumplimiento de ciertas condiciones, como la reducción de los GEI)
- Proceso acelerado de aprobación para permisos gubernamentales

3.3.3 Incentivos fiscales específicos para apoyar la operación de las instalaciones de SAF

Otra herramienta política comúnmente utilizada es ofrecer incentivos para la producción de SAF en forma de créditos fiscales. De nuevo, dadas las finanzas del gobierno de Panamá, habría que evaluar detenidamente hasta qué punto esta puede o no ser una opción realista. Algunas de las opciones más utilizadas incluyen:

- Crédito Fiscal al Productor o Crédito Fiscal al Comercializador
- Crédito fiscal especial para SAF (por ejemplo, reducción o eliminación del impuesto sobre el combustible de avión en proporción al SAF consumido)
- Apoyo a la producción agrícola (por ejemplo, subvenciones o seguros para promover que los agricultores establezcan nuevos cultivos para producir SAF)
- Incentivo al consumo (por ejemplo, apoyo financiero dirigido a las aerolíneas para promover la adquisición de SAF y reducir la diferencia de costos).

3.3.4 Reconocimiento y valoración de los beneficios medioambientales de SAF

Esta categoría de directrices es más eficaz cuando ya existe un marco para gestionar las emisiones de carbono, como un sistema de intercambio de emisiones. Como Panamá no dispone actualmente de dicho programa, esta opción no es práctica a corto plazo. Sin embargo, puede tenerse en cuenta en caso de que un programa más amplio de gestión del carbono se convierta en una posibilidad. Las opciones potenciales dentro de esta categoría incluyen:

- Reconocimiento de los beneficios del SAF bajo la tributación al carbono (por ejemplo, una tasa impositiva reducida proporcional al beneficio de GEI durante el ciclo de vida)
- Reconocimiento de los beneficios de SAF bajo sistemas regulación de emisiones de carbono (por ejemplo, los usuarios están exentos o se reducen sus obligaciones)
- Reconocimiento de los beneficios del SAF aparte del CO₂: mejoras en la calidad del aire (por ejemplo, valorar los beneficios de calidad del aire en la cercanía de los aeropuertos)
- Reconocimiento de los beneficios SAF no relacionados con CO₂: reducción de estelas de condensación (por ejemplo, valorar los beneficios a medida que evoluciona la ciencia)

Cabe señalar que CORSIA es un buen ejemplo de marco de emisiones de carbono donde el uso de los SAF elegibles bajo el esquema -referidos como CEFs (CORSIA Eligible Fuels)-ofrece el beneficio de reducir la obligación de compensación de carbono las aerolíneas.

3.3.5 Creación de mandatos de SAF

Los mandatos se cuentan entre los instrumentos de política más utilizados para fomentar el uso de combustibles renovables. Aunque tradicionalmente se han aplicado en muchas jurisdicciones principalmente

para el transporte por carretera, estos también se están aplicando cada vez más para promover el desarrollo de SAF. En Panamá, la ley de biocombustibles descrita en la sección 1.6.5 es un ejemplo de mandato de mezcla de bioetanol en el suministro de gasolina para el transporte por carretera. Las opciones más comunes de mandatos de combustible incluyen:

- Exigir los requisitos de volumen de combustible renovable, por ejemplo, mediante la obligación para los proveedores de combustible de aumentar la proporción de mezcla de SAF en la oferta de combustible para aviones
- Obligar a reducir la intensidad de carbono del suministro de combustible, por ejemplo, obligando a los proveedores de combustible a reducir la intensidad de emisiones de GEI durante el ciclo de vida de del combustible para aviones mediante la adquisición de SAF con menos intensidad de carbono
- Obligar a reducir la intensidad de carbono de combustible por parte de los operadores de aeronaves, por ejemplo, mediante la obligación a las aerolíneas de reducir la intensidad de carbono en su operativa
- Requerir que los usuarios finales apoyen el uso de SAF, por ejemplo, mediante un impuesto a los usuarios del transporte aéreo para financiar la adquisición de SAF

3.3.6 Actualizar las políticas existentes para incorporar SAF

En la medida en que ya existan políticas aplicables, extenderlas para la inclusión de SAF es el siguiente paso lógico. En el caso de Panamá, la ley de biocombustibles que exige la mezcla de bioetanol con la gasolina para transporte por carretera podría, con el tiempo, ampliarse eventualmente para incluir, por ejemplo, al SAF.

3.3.7 Demostrar liderazgo gubernamental

Las metas y actividades oficiales del gobierno con apoyo explícito al SAF pueden ser una señal valiosa para catalizar a otros actores a participar en los proyectos de SAF. Algunas opciones incluyen:

- Emitir una declaración de política para establecer una directriz clara, por ejemplo, mediante el establecimiento de objetivos aspiracionales para la producción y uso de SAF
- Demostrar el compromiso gubernamental con el uso de SAF, por ejemplo, mediante la exigencia de la adquisición de SAF para uso oficial del gobierno o el ejército donde fuese viable

Un ejemplo relevante de esta opción política es el ambicioso plan de la ACP para alcanzar la neutralidad neta de carbono para 2050 mediante varias medidas, incluidos combustibles bajos en carbono. Este compromiso envía una señal clara a inversores, a la cadena de suministro de combustible, y otras partes interesadas, para apoyar el desarrollo y la adquisición de combustibles bajos en carbono.

3.3.8 Actividades de apoyo al mercado

Esta categoría de política puede ser muy eficaz para estimular la industria de SAF con una cantidad relativamente baja de recursos. El objetivo principal es aportar claridad a los marcos que ayuden a definir y aprovechar los beneficios del SAF y fomentar la creación de grupos de partes interesadas. Las opciones de políticas bajo esta categoría incluyen:

- Adoptar estándares claros y reconocidos de sostenibilidad y métodos de emisiones de GEI durante el ciclo de vida, por ejemplo, el reconocimiento mutuo de los estándares existentes de la industria para la certificación
 - Todos los Estados de la OACI acordaron en 2023 (Marco Global de la OACI para los SAF, los LCAF y otras energías más limpias para la aviación; adoptado por la CAAF/3 el 24 de noviembre de 2023, párrafo 12) que, *con el fin de proporcionar transparencia regulatoria, certidumbre, estabilidad y garantías de integridad ambiental a los productores de materias primas, a los productores de combustibles y a las instituciones financieras, los criterios de sostenibilidad del CORSIA, la certificación de sostenibilidad y la metodología para la evaluación de las emisiones del ciclo de vida —utilizados para los «combustibles elegibles para el CORSIA»— deberían emplearse*

como base aceptada para la elegibilidad de los SAF, los LCAF y otras energías más limpias para la aviación utilizadas en la aviación internacional.

- Apoyar el desarrollo y reconocimiento de sistemas para la propiedad y transferencia de atributos medioambientales, por ejemplo, sistemas estandarizados de contabilidad (“book-and-claim”)
- Apoyar iniciativas de las partes interesadas de SAF, por ejemplo, apoyar a grupos que alinean a diversos actores de la cadena de suministro

Un ejemplo reciente de esta última opción es la creación de las llamadas Hojas de Ruta de SAF, como el "Vuelo Limpio" de Chile^{133 134} y el "Cielos Limpios" de Colombia¹³⁵. Estas iniciativas tienen como objetivo coordinar a los actores públicos y privados en la creación de planes de acción para apoyar el desarrollo de SAF desde una perspectiva integral nacional.

3.3.9 Políticas clave para apoyar proyectos de SAF en Panamá

Siguiendo el análisis anterior, las políticas recomendadas para apoyar los proyectos de SAF en Panamá pueden resumirse en los siguientes cuatro grupos (ver Tabla 27).

- **Promocionar incentivos fiscales específicos y no monetarios**
 - Como se mencionó anteriormente, la situación fiscal en Panamá es limitada y la creación de subvenciones directas en efectivo para la producción de SAF no son realistas a corto plazo; sin embargo, existen otras formas de incentivar este tipo de proyectos, por ejemplo, mediante el uso de Zonas de Libre Comercio y los beneficios fiscales asociados a las mismas. De manera similar, también podrían considerarse los créditos fiscales para inversión o los créditos fiscales para producción.
- **Apoyo a actividades que puedan beneficiar a los proyectos de SAF**
 - En la medida en que ya exista apoyo gubernamental en áreas como RDD&D, producción de materias primas o formación de la fuerza laboral, valdría la pena ampliar ese apoyo existente para incluir también proyectos de SAF.
- **Aprovechar las leyes y marcos de apoyo gubernamental existentes**
 - Las leyes existentes, como la Ley 42 de 2011, que regula el apoyo al bioetanol para el transporte por carretera, podrían ampliarse para promover el uso de SAF. Esto aceleraría cualquier implementación de legislación relacionada con las SAF, ya que no tendrían que crearse nuevas leyes desde cero.
 - Los proyectos de SAF en Panamá también deberían considerar la posibilidad de servir a los mercados extranjeros, dada la excelente logística y las conexiones comerciales globales que proporciona el Canal de Panamá. Por lo tanto, los proyectos en Panamá podrían venderse a jurisdicciones con fuertes incentivos como EE. UU., Reino Unido o la Unión Europea. También podría haber un enfoque híbrido en el que parte de la producción se quede en Panamá y el resto se venda en mercados internacionales.
- **Demostrar liderazgo gubernamental**
 - El gobierno puede proporcionar un apoyo significativo a posibles proyectos de SAF asegurando que el entorno regulatorio sea coherente con las normas internacionales. Por ejemplo, el gobierno debería seguir apoyando marcos como CORSIA y garantizar que las prácticas

¹³³ Junta de Aeronáutica Civil (JAC) (2024). LANZAMIENTO DE LA HOJA DE RUTA SAF 2050: UN HITO HACIA LA AVIACIÓN SOSTENIBLE. .

¹³⁴ Vuelo Limpio – Vuelo Limpio

¹³⁵ Cielos Limpios: Aviación para la vida

recomendadas reconocidas y aceptadas internacionalmente sigan siendo adoptadas y difundidas el país.

- El gobierno también debería considerar crear una visión para el uso de SAF y la descarbonización de la aviación que pueda formar parte del *Plan Energético Nacional 2015-2050 (SNE 2015-2050, SNE 2016)* de la SNE¹³⁶.
- Finalmente, otra recomendación sería que el gobierno creara una mesa de trabajo multidisciplinaria para crear una Hoja de Ruta de SAF, similar a los esfuerzos mencionados anteriormente en Chile y Colombia. Dicho grupo de trabajo puede ayudar a establecer una visión, identificar partes dispuestas a colaborar, redactar e implementar un plan de acción que resulte en la producción de SAF.

Tabla 26. Resumen de políticas para apoyar proyectos SAF en Panamá.

Categoría de política	Enfoque / objetivo
1: Financiación pública para el desarrollo, demostración y despliegue de investigación de SAF (RDD&D)	Dirigir la financiación existente de RD&D a actividades que puedan apoyar las SAF
2: Incentivos fiscales para ampliar la infraestructura de suministro de SAF	Zonas de Libre Comercio
3: Incentivos fiscales para apoyar la operación de las instalaciones de SAF	En la medida en que ya existan subvenciones, considera dirigir las para apoyar las actividades de SAF
4: Reconocimiento y valoración de los beneficios medioambientales de SAF	Continuar participando en CORSIA
5: Creación de mandatos de SAF	Consideremos la ampliación de la ley sobre bioetanol a SAF
6: Actualizar las políticas existentes para incorporar SAF	Consideremos la ampliación de la ley sobre bioetanol a SAF
7: Demostrar liderazgo gubernamental	Generar una señal de demanda fuerte y aumentar la producción y uso de SAF mediante una intención y compromiso claros.
8: Actividades que facilitan el mercado	Promover claridad regulatoria coordinación de agentes nacionales y certeza a los mercados de SAF para facilitar inversiones y comercialización, asegurando que funcionen de manera óptima.

3.4 FINANCIACIÓN

Como se ha descrito anteriormente, los proyectos de SAF se enfrentan a varios desafíos, como altos costos de capital, riesgos tecnológicos asociados a algunas tecnologías que aún no son comerciales y el sobre costo de precio del SAF frente al combustible convencional para aviones. Además, estos proyectos requieren una inversión significativa para pasar del concepto a la comercialización. Por lo tanto, financiar los proyectos de SAF suele requerir una mezcla compleja de mecanismos de financiación públicos, privados e innovadores, como se describe en esta sección.

¹³⁶ Secretaría Nacional de Energía (2016). *Plan Energético Nacional 2015-2050*. Disponible en: energia.gob.pa/wp-content/uploads/2020/08/Plan-Energetico-Nacional-2015-2050-1_compressed-1.pdf

3.4.1 Fuentes privadas de financiación

El capital del sector privado suele asegurarse mediante una combinación de instrumentos de deuda y capital, cada uno con un propósito distinto en el ciclo de vida del proyecto. En la Tabla 28 se detallan los principales mecanismos de financiación privada, que van desde financiación de capital de alto riesgo utilizada para el desarrollo en fases iniciales hasta financiación de proyectos a largo plazo y bonos verdes que apoyan instalaciones a escala comercial. Estos mecanismos de financiación pueden ser a menudo reforzados por inversiones corporativas estratégicas que ayuden a garantizar la demanda.

Tabla 27. Fuentes privadas de financiación para proyectos de SAF.

Mecanismo	Descripción	Papel clave en el proyecto
Financiación con capital privado	Inversión directa de desarrolladores de proyectos, capital de riesgo (VC), firmas de capital privado (PE) y fondos especializados de infraestructuras.	Provee el capital privado dispuesto a soportar un mayor riesgo en las etapas iniciales de desarrollo del proyecto, con la expectativa de mayores rendimientos. Esencial para financiar estudios de factibilidad y otras actividades tempranas de desarrollo de proyectos necesarias para alcanzar la Decisión Final de Inversión (FID).
Financiación de proyectos	Deuda sin recurso o de recurso limitado donde el reembolso depende únicamente de los flujos de caja del proyecto, requiriendo un respaldo contractual sólido.	Principal fuente de deuda para instalaciones a escala comercial. Requiere contratos a largo plazo. Aplicable a tecnologías demostradas con bajo o ningún riesgo tecnológico. HEFA y coprocesamiento serían buenos candidatos.
Bonos Verdes y Financiación ESG	Emisión de bonos y otros mecanismos financieros específicamente destinados a proyectos ambientalmente sostenibles, atrayendo capital de inversores institucionales con mandatos de Medio Ambiente, Sociales y Gobernanza (ESG).	Puede ampliar el conjunto de capital disponible y mejorar el costo para proyectos maduros y a gran escala que puedan alcanzar ciertos objetivos medioambientales o de ESG.
Inversión Estratégica Corporativa	Inversiones directas o asociaciones comerciales (joint ventures) de aerolíneas, grandes compañías energéticas, proveedores tecnológicos u otros socios estratégicos.	Provee fuentes adicionales de capital privado que fortalece la credibilidad y la rentabilidad y bancabilidad del proyecto para los prestamistas. Los socios estratégicos pueden contribuir con experiencia técnica, acceso a los mercados y además, cuando proceda, acuerdos de compra a largo plazo que proporcionen garantía de la demanda.

Para los proyectos de SAF en Panamá, la condición del país como centro financiero y bancario internacional, ofrece una gran ventaja. La presencia de grandes bancos globales que pueden facilitar el acceso a capital, el fortalecimiento de las relaciones con posibles inversores y prestamistas, y el apoyo a la estructuración y financiación de proyectos de SAF.

3.4.2 Fuentes públicas de financiación

Normalmente se requiere algún tipo de financiación del sector público para los proyectos de SAF, ya que desempeña un papel clave en reducir riesgos y cerrar la brecha de costos con el combustible convencional para aviones. Estos mecanismos, que incluyen incentivos gubernamentales y apoyo de bancos multilaterales de desarrollo, están diseñados para crear un entorno de mercado estable, atraer inversión privada y garantizar la viabilidad a largo plazo. Se muestran varios ejemplos de fuentes públicas de financiación en la Tabla 28.

Tabla 28. Fuentes públicas de financiación para proyectos de SAF.

Mecanismo	Descripción	Papel clave en el proyecto
Créditos fiscales y subvenciones a la producción	Incentivos financieros directos para la producción y mezcla de SAF, reduciendo significativamente el costo neto	Mejorar la economía del proyecto para que los desarrolladores atraigan la financiación necesaria
Garantías de préstamos	Las agencias gubernamentales (por ejemplo, la Oficina de Programas de Préstamos del Departamento de Energía de EE. UU.) ofrecen garantías que cubren una parte del préstamo, protegiendo a los prestamistas comerciales del riesgo de impago	Reduce riesgos en la financiación por deuda, haciéndola más barata y accesible
Subvenciones de Investigación e Innovación	Fondos no reembolsables proporcionados por gobiernos (por ejemplo, el Fondo Avanzado de Combustible del Reino Unido, el Fondo de Innovación de la UE) para apoyar tecnologías de alto riesgo en fase inicial	Financia la investigación y desarrollo iniciales y la reducción de riesgos para instalaciones pioneras
Bancos Multilaterales de Desarrollo	Instituciones como el Banco Mundial o los bancos regionales de desarrollo proporcionan asistencia de deuda y técnica, especialmente en países en desarrollo	Cataliza la inversión en mercados emergentes mitigando riesgos a nivel de país y específicos de proyectos

En el contexto de Panamá, probablemente no es probable que se reciba un apoyo público significativo en forma de subsidios, garantías de préstamos o subvenciones, dado que existen otras prioridades más urgentes y un presupuesto gubernamental ajustado; sin embargo, el país está bien posicionado para atraer apoyo de bancos de desarrollo multilaterales, dado su buen historial con proyectos de magnitud mundial como la reciente expansión del Canal de Panamá.

3.4.3 Estructuras innovadoras de finanzas

Están surgiendo fuentes y mecanismos innovadores de financiación para superar los obstáculos financieros únicos de los proyectos de SAF. Estas estructuras creativas suelen centrarse en combinar capital público y privado o en reforzar los compromisos de compra de productos para reducir aún más el riesgo de los proyectos a niveles que puedan atraer a prestamistas tradicionales. Varios de estos mecanismos se muestran en la Tabla 29.

Como importante hub aéreo internacional, Panamá ciertamente tiene suficiente demanda de combustible para aviones como para sostener varias grandes instalaciones de SAF. La asequibilidad de SAF es quizás el principal desafío porque la disponibilidad de generosas subvenciones o mandatos gubernamentales como los de EE. UU., Reino Unido y la Unión Europea no está garantizada, y las aerolíneas pueden no ser capaces de cubrir la brecha de precios por sí mismas.

Tabla 29. Fuentes innovadoras de financiación para proyectos de SAF.

Mecanismo	Descripción	Papel clave en el proyecto
Finanzas mixtas	El uso estratégico de capital público o filantrópico (a menudo "primera pérdida" o capital junior) para absorber los riesgos iniciales y más altos, movilizand así un volumen mucho mayor de capital privado senior	Aumenta la rentabilidad de los proyectos en mercados emergentes y para tecnologías no probadas
Modelo de peaje	La planta de producción de SAF cobra una tasa fija de procesamiento (peaje) por la conversión de materia prima suministrada por el cliente (por ejemplo, una aerolínea)	Mitiga el riesgo de mercado (costo de materia prima y volatilidad del precio del SAF) garantizando un margen de procesamiento predecible. Mayormente limitado a instalaciones existentes o a tecnologías comerciales como HEFA
Acuerdos de Compra a Largo Plazo	Contratos vinculantes (a menudo 10+ años) en los que las aerolíneas o corporaciones se comprometen a comprar un volumen específico de SAF.	Un elemento clave para asegurar la deuda, ya que establece una fuente de ingresos estable. Un reto típico es encontrar una estructura de precios que permanezca viable para un período contractual tan largo
Mecanismos adicionales de ingresos	Permite a los clientes (a menudo grandes corporaciones) adquirir los atributos ambientales del SAF (la reducción de carbono), incluso si el combustible físico es utilizado por una aerolínea en otro lugar.	Crea fuentes adicionales de ingresos, particularmente durante el corto plazo del desarrollo del proyecto, lo que es útil para mejorar la rentabilidad y establecer una presencia comercial temprana

En ese sentido, fuentes adicionales de ingresos como la venta de atributos medioambientales serían una palanca clave. Otros actores potenciales para asegurar acuerdos a largo plazo podrían ser las casas comerciales de energía y las grandes compañías petroleras que puedan aprovechar la infraestructura de almacenamiento de combustible en Panamá y las excelentes conexiones de transporte a través del Canal de Panamá para comerciar a escala global.

3.4.4 Claves para atraer financiación

Las claves para atraer con éxito la financiación de proyectos de SAF en Panamá residen en una combinación de aprovechar las fortalezas del país con una combinación de estructuras innovadoras de financiación. Los principales factores para atraer capital incluyen:

- Estabilidad política mediante la implementación de incentivos duraderos y a largo plazo para las SAF, como beneficios fiscales mediante el uso, por ejemplo, de zonas francas. Estos incentivos deben ser transparentes y legalmente seguros para señalar un compromiso fiable en el mercado hacia los inversores.
- Simplificación regulatoria mediante la facilitación de procesos de permisos, licencias y certificación para proyectos SAF con el fin de reducir los plazos de desarrollo y los riesgos asociados.

- Participación de entidades multilaterales, como el Banco Mundial o el Banco Interamericano de Desarrollo, para participar en el proyecto. Su implicación proporciona un importante sello de aprobación para reducir riesgos y a menudo puede movilizar capital privado asumiendo una parte de la deuda de mayor riesgo (financiación mixta). Los bancos de desarrollo pueden ayudar a mitigar riesgos mediante herramientas de mejora crediticia, como garantías que protegen a los prestamistas en caso de riesgos específicos de cada país.
- Reducción de riesgos a los proyectos a través de dos elementos:
 - Priorizar tecnologías de producción de SAF que estén comercialmente maduras y certificadas (por ejemplo, HEFA usando aceite de cocina o grasas usadas) para reducir riesgos técnicos.
 - Asegurar el suministro fiable de materias primas favoreciendo materias primas disponibles en cantidades adecuadas de proveedores fuertes y confiables. Estas materias primas podrían obtenerse internacionalmente mientras se desarrollan fuentes nacionales.
- Aprovechamiento de las ventajas competitivas de Panamá dada su geografía y la presencia del Canal de Panamá a través de vías como:
 - Explorar el Nexo Marítimo-Aviación para abastecer no solo a la aviación, sino también al sector marítimo, dado que las plantas de SAF también producen diésel renovable que puede usarse en barcos y que el ACP tiene ambiciosos objetivos de emisiones netas cero para el Canal de Panamá.
 - Aprovechar las sinergias de infraestructuras integrando proyectos SAF con la logística, la infraestructura portuaria y las cadenas de suministro de combustible existentes para reducir el gasto de capital y los costos operativos.
- Aseguramiento de la demanda a largo plazo mediante acuerdos de compra a largo plazo con aerolíneas internacionales, grandes casas de comercio energético o grandes compañías petroleras. La posición estratégica de Panamá como centro logístico global puede aprovecharse para atraer estos compromisos.
- Desarrollo de fuentes de ingresos adicionales, como la venta de los atributos ambientales de la SAF a empresas no aeronáuticas de todo el mundo, para diversificar la fuente de ingresos y evitar depender únicamente de la venta física de combustible.

SECCIÓN 4. PLAN DE ACCIÓN

4.1 MARCO POLÍTICO Y REGULATORIO

4.1.1 Fomentando las cadenas de suministro de materias primas para la producción de SAF

Como se muestra en Tabla 7 en la SECCIÓN 2, las materias primas identificadas con mayor potencial para la producción de SAF en Panamá son la caña de azúcar, la palma de aceite, los residuos sólidos municipales (RSU) y las materias primas importadas. Estas materias primas presentan desafíos únicos y, por tanto, se beneficiarían de políticas específicas para la producción de SAF, como se explica a continuación.

Caña de azúcar y palma de aceite

Los principales productos agrícolas en Panamá hoy en día que podrían utilizarse como materias primas para la producción de SAF son la caña de azúcar y la palma aceitera. La caña de azúcar podría usarse para fabricar etanol para la vía ATJ y los derivados del aceite de palma podrían convertirse en SAF a través de la vía HEFA. Sin embargo, ambos cultivos presentan varios desafíos, entre ellos:

1. **Oferta limitada de materia prima:** ambos cultivos se utilizan principalmente para satisfacer el mercado interno, con una parte también destinada a la exportación. La desviación de cualquier producción existente para la producción de SAF requeriría importaciones para abastecer el mercado interno.
2. **Disponibilidad limitada de tierras para ampliar la producción:** Panamá es un país pequeño y dispone de tierras cultivables adicionales limitadas para apoyar la expansión de la producción agrícola. Podría haber oportunidades para reincorporar antiguas tierras cultivables a la producción o para cambiar la producción actual de arroz a caña de azúcar o palma de aceite en caso de que la producción disminuya. Si se ampliara la producción de caña de azúcar o palma de aceite, esto tendría que hacerse en cumplimiento de los requisitos de sostenibilidad de CORSIA para garantizar que el producto final cumpla los requisitos de CEF.
3. **Consideraciones relativas a su sostenibilidad:** el uso de cultivos alimentarios para la producción de SAF puede ser un tema delicado, especialmente en el caso de la palma de aceite. Aunque el uso de derivados de la palma de aceite como el destilado de ácidos grasos de palma (PFAD) o los racimos de fruta fresca y vacíos no es controvertido, el uso de aceite de palma virgen puede ser problemático. Una preocupación global principal con el aceite de palma es la deforestación para ampliar la producción. Por tanto, si se promoviera el aceite de palma, tendría que hacerse cumpliendo con estrictas salvaguardas de sostenibilidad para poder ser aceptado bajo CORSIA.

Para fomentar el desarrollo de cadenas de suministro para estos cultivos, podrían considerarse las siguientes políticas:

1. **Considerar importaciones para complementar la producción local:** el suministro doméstico limitado de caña de azúcar y aceite de palma podría complementarse mediante cantidades limitadas de importaciones. El objetivo sería asegurar el suministro tanto para la demanda interna actual como para un posible proyecto de SAF. Se podría dar preferencia a la producción nacional, tras lo cual se permitiría la importación de materias primas para asegurar que el mercado esté suficientemente cubierto.
2. **Provisión de asistencia técnica para mejorar los rendimientos:** Otra forma de aumentar la producción sin necesariamente expandir la superficie cultivada es mediante mejoras en los rendimientos de los cultivos. Como se discute en la sección SECCIÓN 2, los rendimientos de caña de azúcar y aceite de palma en Panamá son relativamente inferiores que en otras partes de Centroamérica. Es posible que esta diferencia se solucione con mejores técnicas agrícolas, semillas mejoradas, equipos más modernos u otros factores que el gobierno pueda ayudar a proporcionar mediante programas específicos destinados a que los cultivos sean más eficientes. Así, tal esfuerzo proporcionaría beneficios a los agricultores, incentivaría empleos agrícolas y generaría materia prima para una posible planta de SAF.

3. **Establecimiento de salvaguardas robustas de sostenibilidad mediante estándares sólidos:** Como se mencionó anteriormente, el uso de cultivos para la producción de SAF debe realizarse en estricta conformidad con los estándares de sostenibilidad. En este sentido, el gobierno panameño puede fomentar las cadenas de suministro adoptando o desarrollando sus propios estándares basados en mejores prácticas reconocidas internacionalmente. Dicho marco proporcionaría la claridad y seguridad necesarias a los participantes del mercado de que las materias primas serían elegibles para la producción de SAF.

Residuos Sólidos Urbanos (RSU)

El RSU podía utilizarse para su conversión en SAF mediante el proceso de gasificación-Fischer Tropsch (FT); Sin embargo, el desarrollo de este tipo de proyectos en Panamá presenta algunos desafíos significativos, entre ellos:

1. **Oferta limitada de materia prima:** la cantidad de RSU generada en Panamá sería suficiente para una pequeña planta de SAF que utilice el proceso de gasificación y FT. Este debería situarse cerca del vertedero de Cerro Patacón, donde actualmente se deposita una parte significativa del RSU generado en el país; de lo contrario, la logística de agregar y transportar pequeñas cantidades de RSU a una ubicación centralizada sería sumamente costosa.
2. **Altos costos de capital:** los proyectos de gasificación son más intensivos en capital que otras tecnologías como ATJ o HEFA. Además, dado que la cantidad de RSU solo podría soportar una planta pequeña, el proyecto no se beneficiaría de economías de escala.
3. **Falta de ejemplos actuales disponibles de proyectos exitosos a escala comercial:** Aunque los diferentes componentes de un proyecto de gasificación con FT han sido probados comercialmente, y habiendo actualmente varios proyectos en desarrollo, aún no existe (en el momento de publicación de este estudio) un ejemplo completamente integrado disponible en funcionamiento. Por lo tanto, un proyecto así asumiría riesgos técnicos que otras tecnologías más maduras no tienen.

Para fomentar el desarrollo de la cadena de suministro de un posible proyecto de RSU a SAF, podrían considerarse las siguientes opciones políticas:

1. **Reconocimiento y valoración de los beneficios adicionales del uso de RSU:** la gestión de RSU no es gratuita y operar un vertedero puede resultar costoso. Por lo tanto, para apoyar las finanzas del proyecto, el gobierno podría analizar los ahorros de costos y los beneficios para la salud de un proyecto que ayudaría a reducir los costos de manejo de residuos en Cerro Patacón y proponer un mecanismo para compartir parte de ese valor con el proyecto. El apoyo podría ser en términos de créditos u otros incentivos fiscales en lugar de apoyo directo en efectivo.
2. **Apoyo a la participación comunitaria:** Los proyectos relacionados con RSU pueden ser muy controvertidos, especialmente en lo que respecta a las comunidades cercanas. Se recomienda una planificación cuidadosa y un esfuerzo de participación comunitaria exhaustivo para evitar dificultades y generar un fuerte apoyo local. El gobierno puede ayudar a facilitar esos esfuerzos.
3. **Apoyo al desarrollo de infraestructuras habilitantes:** además del equipamiento de la planta, cualquier proyecto de SAF también requeriría acceso a infraestructuras como servicios públicos, tratamiento de aguas residuales y transporte. El gobierno puede apoyar la provisión de esa infraestructura mediante la participación directa en los esfuerzos para construirla o facilitando asociaciones público-privadas para proporcionarla. Además, el gobierno puede ayudar a agilizar y agilizar los permisos y otros requisitos regulatorios para la construcción y la operación.

Materias primas importadas

Dado la posición estratégica de Panamá y la excelente vía de transporte y conectividad global que ofrece el Canal de Panamá, importar materias primas para la producción de SAF resulta muy atractivo; Sin embargo, hay algunas consideraciones a tener en cuenta:

1. **Considerar el impacto en el suministro nacional:** importar materias primas que también podrían producirse en el país puede conllevar consecuencias negativas inesperadas para los productores locales. Por ello, es necesario un análisis cuidadoso y una consideración de posibles interacciones entre materiales importados y suministros nacionales.
2. **Evitar depender de fuentes únicas:** los proyectos de construcción que dependen de materiales importados pueden suponer un riesgo de suministro si esas fuentes ya no suministran el proyecto. Esto puede mitigarse diversificando las fuentes, lo que también puede traer beneficios como precios más bajos debido a la competencia.
3. **Costos adicionales de transporte y emisiones de GEI:** transportar materias primas desde otros países o continentes añade costos y emisiones de GEI que pueden afectar la rentabilidad y las emisiones del ciclo de vida del proyecto. Por tanto, es importante considerar cuidadosamente de dónde se obtendrán las materias primas y cómo se transportarán.

Para fomentar el desarrollo de la cadena de suministro de materias primas importadas, podrían considerarse las siguientes políticas:

1. **Acceso a las Zonas de Libre Comercio:** un elemento clave para el éxito de la producción de SAF con materias primas importadas es el acceso a las Zonas Francas con los beneficios fiscales que conllevarían. Además, las Zonas Francas situadas cerca o dentro de los puertos son fundamentales para facilitar el transporte de equipos para la planta y de las materias primas.
2. **Requisitos de permisos y normativa simplificados:** en la medida en que las materias primas importadas deban cumplir con permisos específicos y otros requisitos regulatorios, un proceso simplificado facilitaría enormemente la producción de SAF.
3. **Incentivos para el transporte bajo en carbono:** Transportar materias primas desde otros países aumentará su huella de carbono. Una forma de reducir esta huella de carbono sería incentivar el transporte con opciones marítimas bajas en carbono, como barcos que operen con combustibles de bajo carbono. La iniciativa Net Zero Slot de la ACP descrita en la sección 1.8.2 es un posible ejemplo.

4.1.2 Fomentando el uso de SAF

Hay tres consideraciones clave para fomentar el uso de SAF: hacer que el producto a) sea seguro para su uso, b) esté certificado como combustible elegible para CORSIA y c) sea asequible. Esta sección analiza políticas que pueden apoyar los tres aspectos.

Seguro para su uso

Como se describe en la sección SECCIÓN 2, el SAF está sujeto a los mismos estrictos procedimientos de calidad que el combustible para aviones derivado del petróleo. A partir de entrevistas y otros comentarios recogidos a través de este estudio, los principales actores a lo largo de la cadena de suministro de combustible para aviones en Panamá son conscientes y familiarizados con estos estándares de calidad. Muchos de estos actores forman parte de empresas internacionales que en el pasado han estado y actualmente están involucradas en el uso de SAF. Por tanto, existe una base sólida sobre la cual construir y la principal recomendación es que el gobierno continúe apoyando todos los esfuerzos relacionados con el mantenimiento y el crecimiento de las habilidades y la cultura de seguridad en torno al combustible para aviones y el manejo del SAF.

Certificado como elegible bajo CORSIA (CEF)

Garantizar que cualquier SAF producido esté certificado como combustible elegible para CORSIA (CEF) es fundamental por varias razones.

En primer lugar, el marco CORSIA es reconocido internacionalmente y las aerolíneas lo utilizan como medio para garantizar que cualquier SAF que compren no solo sea seguro de usar, sino también que cumpla con los estrictos requisitos de sostenibilidad que se han elaborado laboriosamente durante muchos años a través de la OACI. Que el SAF esté certificada por CORSIA ahorra a las aerolíneas y a otros interesados tiempo, dinero y otros recursos que de otro modo tendrían que invertir en verificar que la SAF cumple con sus requisitos.

En segundo lugar, CORSIA es el primer y, hasta ahora, el único marco global para que las aerolíneas cumplan con sus obligaciones de reducción de emisiones de carbono y fomenten el uso de SAF. Así, para los países que no disponen de sus propios marcos, CORSIA representa un mecanismo importante para participar en el mercado global de SAF. Panamá debe seguir participando en CORSIA y ayudar a sus aerolíneas, distribuidores de combustible, operadores aeroportuarios y otros actores a lo largo de la cadena de suministro para comprender los requisitos y asegurar que el país esté bien posicionado para participar plenamente en los mercados internacionales del SAF.

Asequible

1. **Incentivos fiscales y económicos alternativos:** El enfoque de los incentivos económicos debería basarse en el apoyo estructural y regulatorio que mejore permanentemente la economía del proyecto, en lugar de en subvenciones directas en efectivo, que son fiscalmente insostenibles y difíciles de mantener a largo plazo. Por lo tanto, se recomiendan políticas fiscales como exenciones fiscales (por ejemplo, sobre el IVA, derechos de importación por equipos), depreciación acelerada y reducción de cargas regulatorias dentro de las Zonas Francas. Estas medidas pueden reducir el gasto de capital (CapEx) y el gasto operativo (OpEx) para las instalaciones de SAF, disminuyendo directamente el precio final del combustible.
2. **Creación de mercado y agregación de demanda:**
 - Considerar ampliar la actual Ley de Biocombustibles 42 de 2011 para incluir específicamente el SAF como combustible elegible. Aunque es prematuro crear un mandato para el SAF, que se mencione en la legislación aportaría claridad a desarrolladores de proyectos e inversores de que el SAF es un combustible reconocido. Además, las disposiciones legales no tienen por qué incluir necesariamente un mandato, ya que existen otros medios para apoyar proyectos. Por ejemplo, la ley podría dejar explícito que los proyectos de SAF pueden disfrutar de los beneficios fiscales asociados a las zonas francas. Estas inclusiones pueden crear seguridad jurídica que ayuda a reducir el riesgo de mercado y contribuye a asegurar la financiación del proyecto.
 - Desarrollar asociaciones con consumidores nacionales estratégicos de combustible como la Autoridad del Canal de Panamá (ACP) u otras entidades para crear una demanda agregada, estable y multisectorial. Al coordinar la producción de SAF y diésel renovable en la misma instalación, el proyecto puede lograr mayores economías de escala y utilizar la infraestructura logística existente, reduciendo el costo de producción por unidad.
3. **Integración con los mercados internacionales:**
 - Aprovechar el acceso a los mercados internacionales: Aunque las subvenciones directas en efectivo en Panamá no son realistas a corto plazo, los productores de SAF pueden aprovechar el acceso del país al transporte marítimo global para enviar el producto a mercados premium como EE. UU., Reino Unido y la Unión Europea. Exportar a estas regiones, donde existen mandatos e incentivos sólidos, permitiría a los productores locales captar el precio más alto por su combustible, proporcionando un flujo de caja robusto para escalar la producción y, eventualmente, reducir los costos para el mercado interno. Esto requeriría alinear los estándares de certificación de SAF en Panamá con los de los mercados meta para asegurar que los combustibles fueran elegibles para participar.
 - Utilizar materias primas importadas para acelerar el desarrollo del mercado: Una estrategia para comenzar la producción a través de importaciones de productores globales establecidos y a gran escala puede tener múltiples beneficios, como impulsar la preparación operativa del mercado nacional (por ejemplo, mezcla, manipulación, certificación de sostenibilidad) y cerrar la brecha de oferta hasta que haya producción local de materias primas disponible. Además, el acceso a materias primas importadas podría permitir que la instalación sea mayor que si dependiera únicamente de materias primas disponibles localmente, disfrutando así de mayores economías de escala que reducirían el costo del producto final.

4.2 FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO

Los factores críticos de éxito para el uso de SAF en Panamá incluyen los siguientes.

4.2.1 Fortalecer la colaboración con el sector marítimo

Dadas las fuertes sinergias entre los sectores de la aviación y el marítimo para la producción de combustibles renovables en Panamá, se recomienda fortalecer la colaboración entre ambos. Específicamente, el AAC podría evaluar la creación de un memorando de entendimiento (MOU) o un vehículo similar para crear una iniciativa formal con entidades marítimas clave como el ACP y el AMP.

Formalizar un esfuerzo de colaboración a alto nivel institucional con estas entidades ayudaría con la asignación de recursos y la priorización de actividades relacionadas con el SAF y otros combustibles renovables. Además, esta colaboración podría extenderse a la participación del sector aeronáutico en las iniciativas del Corredor Verde en las que el ACP ya está activo. Un acuerdo formal entre la CAA y sus homólogos marítimos también podría ser la base para solicitar asistencia a organizaciones multilaterales y países donantes.

4.2.2 Establecer un grupo de trabajo multiactor para crear una Hoja de Ruta de SAF para Panamá

Los proyectos de SAF son complejos, multidisciplinarios y requieren los esfuerzos coordinados de múltiples partes, incluyendo gobierno, sector privado y organizaciones multilaterales. Como parte de sus esfuerzos en el Plan de Acción Estatal, la AAC ha establecido el GTPA (Grupo de Trabajo para el Plan de Acción), que consiste precisamente en reunir representantes de actores clave de ambos sectores público y privado. El GTPA está compuesto principalmente por entidades orientadas a la aviación. Se recomienda por tanto ampliar su composición para incluir representantes de otros sectores clave, como agricultura, transporte marítimo y finanzas. Cabe señalar que esto podría basarse en la colaboración entre la AAC y las entidades marítimas mencionada anteriormente.

Uno de los principales objetivos de este grupo de trabajo sería apoyar evaluaciones detalladas posteriores a este estudio de factibilidad para evaluar de forma más específica un plan de negocios concreto (un Estudio de Implementación Empresarial para el cual la OACI proporciona una plantilla) en particular en lo relativo a la posible importación de materias primas comercialmente disponibles. Estas evaluaciones son vitales para reducir riesgos en inversiones y determinar la escala y ubicación de producción más viables.

El objetivo último de este esfuerzo podría ser crear e implementar una Hoja de Ruta para SAF similar a la de otros países como Colombia¹³⁷ o Chile¹³⁸.

Una lista sugerida y no exhaustiva de participantes se muestra en Tabla 30.

Tabla 30. Lista inicial de participantes para el Grupo de Trabajo Multiactores basado en el GTPA existente.

Tipo	Sector	Entidad
Público	Aviación	AAC - Autoridad Aeronáutica Civil - líder
	Academia	Universidades
		SENACYT
	Agricultura	MIDA - Ministerio de Desarrollo Agropecuario
	Comercio	MICI - Ministerio de Comercio e Industrias

¹³⁷ https://www.aerocivil.gov.co/centro_pensamiento/publicaciones/3938/cielos-limpios-aviacion-para-la-vida/

¹³⁸ <https://vuelolimpio.cl/>

Tipo	Sector	Entidad
	Energía	SNE - Secretaría Nacional de Energía
	Medio ambiente	MiAmbiente - Ministerio de Ambiente
	Finanzas	Ministerio de Economía y Finanzas
	Marino	ACP - Autoridad del Canal de Panamá
		AMP - Autoridad Marítima de Panamá
	Residuos sólidos urbanos	AAUD - Autoridad de Aseo Urbano y Domiciliario
Privado	Aviación	Líneas aéreas
		Operadores aeroportuarios
		Fabricantes de equipo aeronáutico
	Energía	Proveedores de combustible
		Distribuidores de combustible
	Agricultura	Productores nacionales de materias primas
		Productores/comerciantes de materias primas extranjeras
Multilateral	Aviación	OACI, IATA, ALTA
	Finanzas	Bancos de desarrollo

4.2.3 Garantizar una sólida cooperación público-privada

Construir y formalizar activamente asociaciones público-privadas, ya que las inversiones a gran escala necesarias para crear un mercado de SAF requieren tanto el apoyo estatal como la participación activa del sector privado. Estas asociaciones podrían involucrar a actores clave como la Secretaría Nacional de Energía (SNE), operadores aéreos, la Autoridad del Canal de Panamá y entidades financieras multilaterales. Este esfuerzo puede facilitarse a través del ejercicio de la Hoja de Ruta mencionado anteriormente.

4.2.4 Identificar fuentes de materia prima y asegurar el suministro

Se requiere un esfuerzo dedicado para identificar las fuentes de materia prima, ya sean nacionales o importadas. Este esfuerzo debería identificar a posibles proveedores y crear un plan para asegurar la disponibilidad de suministro a corto, medio y largo plazo. Esta actividad también puede facilitarse a través del ejercicio de Hoja de Ruta.

4.2.5 Establecer un marco regulatorio estable y facilitador

Crear un marco legal y regulatorio estable, claro y adaptable que reconozca y facilite específicamente la producción y uso de diversas vías de SAF. Este marco podría incluirse o modelarse a partir de la legislación vigente sobre biocombustibles que apoya el bioetanol para el transporte por carretera. Además, este marco debe reducir los obstáculos burocráticos y ser capaz de adaptarse a los estándares internacionales en evolución.

4.2.6 Implementar incentivos financieros específicos

Diseñar mecanismos financieros que incentiven tanto la producción como el consumo. Estos mecanismos deben ir más allá de las subvenciones directas y centrarse en medidas alternativas como beneficios fiscales, créditos fiscales y acceso a las Zonas Francas para ayudar a cerrar la brecha de precios entre el SAF y el combustible convencional para aviones, y atraer inversión privada.

4.2.7 Priorizar la infraestructura de la cadena de suministro y logística

Fortalecer e invertir en la infraestructura necesaria para la producción y distribución de SAF. El proceso de plan maestro que está llevando a cabo actualmente el aeropuerto de Tocumen es una oportunidad clara para incorporar las mejoras aplicables en las instalaciones logísticas y de almacenamiento del aeropuerto, con el fin de gestionar eficientemente los servicios de mezcla, almacenamiento y embarcación.

4.2.8 Fomentar el capital humano y la experiencia tecnológica

Impulsar el desarrollo de la mano de obra cualificada necesaria para una industria nacional de SAF mediante la inversión en educación, formación laboral y programas de desarrollo de capacidades técnicas. Estas actividades deberían buscar desarrollar el capital humano necesario para operar, certificar y mantener la compleja cadena de suministro de SAF.

4.3 PLAN DE ACCIÓN

Las principales oportunidades y desafíos para establecer una cadena de suministro de SAF en Panamá se resumen en Tabla 31.

Tabla 31. Visión general de las oportunidades y desafíos para identificar y establecer cadenas de suministro viables de SAF en Panamá.

Oportunidades	Desafíos
• Fuerte liderazgo gubernamental, con un grupo altamente motivado y competente de agencias gubernamentales, liderado por la AAC, que puede consolidar e impulsar un proceso multiactor para apoyar el desarrollo de SAF. • Centro logístico estratégico geográfico con un sofisticado sistema de Zonas Francas que permite la importación de materias primas para complementar las fuentes nacionales y el establecimiento de instalaciones de producción en ubicaciones con costos ventajosos. • Un centro de transporte aéreo y marítimo que ofrece un mercado concentrado, de alto volumen y accesible para la distribución de SAF y otros combustibles renovables. • Acceso a mercados internacionales de exportación premium asegurando que SAF sea elegible para CORSIA y alineándose con los estándares de jurisdicciones clave como EE. UU., Reino Unido y la UE.	• Altos costo de producción, impulsado por grandes gastos de capital y materias primas costosas, pone en desafío la capacidad de SAF producido en Panamá para ser competitivos en precio frente al combustible fósil para aviones sin mecanismos sólidos de apoyo financiero. • Carencias regulatorias para abordar e incentivar específicamente la producción, certificación y comercialización de SAF, asegurando la alineación con las normas internacionales antes de que comience la producción. • Riesgo de financiación e inversión porque los proyectos de SAF requieren mucho capital y conllevan un alto riesgo percibido debido a la limitada disponibilidad de proyectos de SAF en todo el mundo, especialmente en vías distintas de HEFA. • Disponibilidad local limitada de infraestructura para la producción y manejo de SAF, especialmente para facilitar la mezcla, pruebas de calidad y distribución de SAF totalmente certificado.

Las acciones descritas en Tabla 32 se recomiendan como primer paso en la implementación de cadenas de suministro viables de SAF en Panamá. Estas acciones se centran en el futuro inmediato, considerando solo los próximos 12 a 36 meses, que son fundamentales para catalizar la acción y garantizar que exista un proceso que proporcione apoyo a largo plazo. El establecimiento de instalaciones operativas de SAF puede llevar muchos años, por lo que es importante crear las condiciones adecuadas y el entorno de apoyo desde el principio.

Tabla 32. Descripción de las acciones recomendadas para identificar y establecer cadenas de suministro viables de SAF en Panamá.

Acciones recomendadas	Línea de tiempo	Entidad potencial responsable
Objetivo 1: Fortalecer la colaboración con el sector marítimo		
Involucrar a entidades marítimas como la ACP y la AMP para obtener un posible interés en un acuerdo formal de colaboración	1º semestre 2026	AAC (líder), ACP, AMP, otros
Firmar el acuerdo de colaboración	1º semestre 2026	AAC (líder), por determinar
Explorar actividades conjuntas como la inclusión de la aviación en los Corredores Verdes y la obtención de apoyo de organizaciones multilaterales y países donantes	2º semestre 2026	AAC (líder), entidades marítimas, países donantes
Objetivo 2: Establecer un grupo multiactor		
Convocar un grupo multiactor comenzando con miembros de la GTPA y ampliando la membresía como se describe en Tabla 30	1º semestre 2026	AAC (líder)
Identificar a los miembros del comité directivo	1º semestre 2026	AAC (líder), otros por determinar
Definir un plan de acción detallado para crear una Hoja de Ruta para SAF en Panamá con líneas de trabajo, objetivos y miembros participantes claramente identificados	2º semestre 2026	AAC (líder), comité directivo
Desarrolla la Hoja de Ruta mediante talleres, reuniones puntuales y colaboración offline	2026-2027	AAC (líder), todos los participantes
Finalizar las recomendaciones y presentar públicamente la Hoja de Ruta	2º semestre 2027	AAC (líder), todos los participantes
Objetivo 3: Mapa de suministro de materias primas y evaluación de negocio		
Identificar posibles proveedores interesados en apoyar proyectos de SAF tanto nacionales como internacionales	2º semestre 2026	AAC (líder), MIDA, SNE, otros
Incluir a los posibles proveedores en el estudio de la Hoja de Ruta	2º semestre 2026	AAC (líder)

Acciones recomendadas	Línea de tiempo	Entidad potencial responsable
Identificar y evaluar posibles casos de negocio industriales a nivel nacional (un Estudio de Implementación Empresarial).	2027	AAC (líder)
Facilitar la presentación de posibles proveedores a desarrolladores de proyectos y otras entidades interesadas en desarrollar proyectos SAF	2027	TBD
Objetivo 4: Establecer un marco regulatorio estable y facilitador		
Colaborar con la SNE para entender el potencial de incluir al SAF dentro de la ley nacional de biocombustibles	1º semestre 2026	AAC (líder), SNE
Trabajar con la SNE y otras entidades para adoptar el SAF dentro de la vía legal adecuado	TBD	AAC, SNE, otros por determinar
Crear guías y ayudar a desarrolladores de proyectos, proveedores de materias primas y otros actores para asegurar que los proyectos puedan optar a incentivos en otros mercados objetivo (por ejemplo, EE.UU., Reino Unido, UE)	2027	CAA con apoyo de la OACI/IATA/organizaciones multilaterales, otros
Objetivo 5: Implementar incentivos financieros específicos		
Explorar la disponibilidad de incentivos financieros y requisitos para que los proyectos puedan calificar	2º semestre 2026	AAC (líder) con MICI, MEF, otros por determinar
Crear guías y ayudar a desarrolladores de proyectos, proveedores de materias primas y otros actores para asegurar que los proyectos puedan optar a incentivos financieros alternativos (considerar apoyo de la iniciativa Finvest de OACI)	2027	Por determinar, pero probablemente MICI o MEF con apoyo de AAC
Objetivo 6: Resolver las necesidades de infraestructura y cadena de suministro		
Identificar activos de infraestructura y cadena de suministro y posibles cuellos de botella	2º semestre 2026	AAC con apoyo de proveedores de combustible y proveedores logísticos
Asegurar que el plan maestro de Tocumen incluya los elementos necesarios para permitir el uso de SAF	TBD	AAC con el aeropuerto de Tocumen, proveedores de combustible
Elabora un plan detallado de seguimiento para resolver posibles limitaciones	TBD	TBD

Acciones recomendadas	Línea de tiempo	Entidad potencial responsable
Objetivo 7: Fomentar el capital humano y la experiencia tecnológica		
Realizar un análisis de brechas respecto al capital humano y la experiencia tecnológica necesarias para apoyar a una industria SAF con disponibilidad actual en el país	2º semestre 2026	Instituciones académicas con apoyo de la AAC
Identificar medidas recomendadas para cubrir las lagunas y proponer acciones específicas para lograr los resultados deseados	2027	Instituciones académicas con apoyo de la AAC

REFERENCIAS

- AAC (2021) Plan de Acción para la Reducción de Emisiones de CO₂ Provenientes de la Aviación Civil Internacional de la República de Panamá. Autoridad Aeronáutica Civil. Ciudad Panamá, Panamá. 2da edición.
- ACP (2023). Informe Anual 2022. ACP, 2023. Autoridad del Canal de Panamá, Panamá. Disponible en: <https://pancanal.com/wp-content/uploads/2023/02/Informe-2022-Eng.pdf>. Consultado: Nov. 2025
- ACP (2025). "Agua y el Canal." Disponible en: <https://pancanal.com/agua/>. Consultado en octubre de 2025
- ACP (2025b). "Estrategia hídrica y descarbonización: el futuro sostenible del Canal de Panamá." Available at: <https://panamaendirecto.com/estrategia-hidrica-y-descarbonizacion-el-futuro-sostenible-del-canal-de-panama/>. Consultado: Oct 2025
- ACP (2025c) "Acciones del Canal para un futuro sostenible del agua." Available at: <https://pancanal.com/acciones-del-canal-para-un-futuro-sostenible-del-agua/>. Consultado: Oct 2025
- ACP (2025d). "Estrategia hídrica y descarbonización: el futuro sostenible del Canal de Panamá." Available at: <https://panamaendirecto.com/estrategia-hidrica-y-descarbonizacion-el-futuro-sostenible-del-canal-de-panama/>. Consultado: Oct 2025
- ACP (2025e) Conoce la historia del Canal de Panamá. Available at: Conoce la historia del Canal de Panamá - Autoridad del Canal de Panamá. Consultado: Nov 2025
- ACP (2025f). Descubre el Canal Ampliado. Available at: Descubre el Canal Ampliado - Autoridad del Canal de Panamá. Consultado: Nov 2025
- Rutas comerciales ACP (2025g). Disponible en: <https://pancanal.com/en/maritime-services/trade-routes/>. Consultado nov. 2025
- ACP (2025h). Nuestro Compromiso con la Sostenibilidad. Available at: Nuestro compromiso con la sostenibilidad - Autoridad del Canal de Panamá. Consultado: Nov 2025
- ACP (2025i) Canal de Panamá anuncia la implementación del NetZero Slot para impulsar la descarbonización del transporte marítimo. Available at: Canal de Panamá anuncia la implementación del NetZero Slot para impulsar la descarbonización del transporte marítimo - Autoridad del Canal de Panamá. Consultado: Nov 2025
- ACP (2025j) Estadísticas. Disponible en: <https://pancanal.com/en/statistics/>. Consultado nov. 2025
- Allianz Trade (2024). "Panamá: ¿Qué profundidad tienen las aguas?" Informe de los países comerciales Allianz, 2024. Disponible en: https://www.allianz-trade.com/en_global/economic-research/country-reports/Panama.html. Consultado: oct 2025
- AMP (2025). Estadísticas. Available at: ESTADÍSTICAS | Autoridad Marítima De Panamá. Consultado: Nov 2025
- AS/COA (Sociedad de las Américas/Consejo de las Américas) (2024). "25 años desde la transferencia del Canal de Panamá." AS/COA Online, 2024. <https://www.as-coa.org/articles/25-years-transfer-panama-canal>. Consultado: noviembre de 2025
- Banco Mundial (2025). Panamá: Panorama General. Disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/country/panama/overview#2>. Consultado en octubre de 2025
- BID (2024). Gestión Sostenible Del Agua En Panamá. Available at: <https://capac.org/wp-content/uploads/2024/12/4-Gestion-Sostenible-del-Agua-PN.pdf>. Consultado: Oct 2025

- Biocombustibles Internacional (2025). LanzaJet produce con éxito combustible para aviones a partir de etanol en el sitio de Freedom Pines. Disponible en: LanzaJet produce con éxito combustible para aviones a partir de etanol en el sitio de Freedom Pines | Revista Internacional de Biocombustibles. Consultado nov. 2025
- Bonsucro (2020). Primera certificación Bonsucro en Panamá. Disponible en: <https://bonsucro.com/first-bonsucro-certification-in-panama/#:~:text=In%20the%201970s%2C%20the%20government,was%20one%20of%20these%20mills>. Consultado nov. 2025
- BTI (2024) Informe sobre el país de Panamá. Disponible en: <https://bti-project.org/en/reports/country-report/PAN>. Consultado nov. 2025
- Canal de Panamá (2025). Fundamentos Legales. Disponible en: <https://pancanal.com/fundamentos-legales/#:~:text=La%20Autoridad%20del%20Canal%20de,Canal%20de%20Panam%C3%A1%2C%20a s%C3%AD%20como>. Consultado nov. 2025
- Chemanalyst (2025). Cómo viaja el etanol por el mundo. Disponible en: <https://www.chemanalyst.com/NewsAndDeals/NewsDetails/how-ethanol-travels-the-world-a-deep-dive-into-its-global-supply-network-38243>. Consultado en octubre de 2025
- Colussi, J., N. Paulson, G. Schnitkey y J. Baltz. "Brasil emerge como productor de etanol de maíz con la expansión del segundo cultivo de maíz." *Farmdoc Daily* (13): 120, Departamento de Economía Agrícola y del Consumidor, Universidad de Illinois en Urbana-Champaign, 30 de junio de 2023.
- EASA (2025). NOTA DE PRENSA DE LA EASA 2025: Precios de referencia de combustibles de aviación 2024 para ReFuelEU Aviation. Disponible en: Precios de referencia de combustibles de aviación 2024 para ReFuelEU Aviation | EASA. Consultado nov. 2025
- Eco Jurisprudence Monitor (2025). Caso de la Corte Suprema de Panamá: la ley de derechos de la naturaleza y la mina de cobre de Cobre Panamá. Available at: <https://ecojurisprudence.org/es/iniciativas/panama-supreme-court-case-upholds-rights-of-nature-law-against-cobre-panama-copper-mine/>. Consultado: Oct 2025
- EIA (2024). Puntos de estrangulamiento del tránsito mundial del petróleo. Disponible en: https://www.eia.gov/international/analysis/special-topics/World_Oil_Transit_Chokepoints. Consultado nov. 2025
- Monitor de Energía (2025). ¿Qué países ya están en emisiones netas cero? Disponible en: Sumideros de carbono: ¿Qué países ya están en emisiones netas cero? - Monitor de energía. Consultado nov. 2025
- FAO (2025). Cultivos y productos ganaderos. Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Consultado en octubre de 2025
- Focus Economics (2025). Datos y proyecciones económicas de Panamá. Disponible en: Panamá Economía: PIB, Inflación, IPC y Tipos de interés - FocusEconomics. Consultado nov. 2025
- Foresta Foods (2024). Planeta 2024. Disponible en: https://forestafoods.com/wp-content/uploads/2025/09/ReporteDeSost_ForestaFoods.pdf. Consultado nov. 2025
- Haynes, W.M. (ed.). *Manual de Química y Física del CRC*. 95ª edición. CRC Press LLC, Boca Ratón: FL 2014-2015, p. 3-246
- OACI (2024) Guía de la OACI sobre medidas políticas para el desarrollo y despliegue de SAF. Disponible en: Guía de la OACI sobre medidas políticas para el desarrollo y despliegue de SAF
- OACI (2025) Estudio de Viabilidad sobre el Uso de Combustibles de Aviación Sostenibles en India. Preparado por Susan van Dyk y Ajay Deshpande. Disponible en: [Feasibility_Study_India.pdf](#)

- OACI (2025b). Procesos de conversión de SAF. Disponible en: Procesos de conversión SAF. Consultado en noviembre de 2025.
- OACI (2025c). Metodología CORSIA para calcular valores reales de emisiones durante el ciclo de vida. Disponible en: documento de la OACI "Metodología CORSIA para el cálculo de valores reales de emisiones del ciclo de vida. Consultado nov. 2025
- OACI (2025d). Combustibles elegibles para CORSIA. Disponible en: <https://www.icao.int/CORSIA/corsia-eligible-fuels>. Consultado nov. 2025
- OACI (2025e). Reglas generales. Disponible en: <https://www.icao.int/SAF/saf-rules-of-thumb>. Consultado en octubre de 2025
- ICCT (2025) Por qué y cómo reducir el costo de SAF. Disponible en: Por qué y cómo reducir el costo de SAF - Consejo Internacional para el Transporte Limpio. Consultado nov. 2025
- IDEA Internacional (2025). Panamá. Disponible en: <https://www.idea.int/es/country/panama>. Consultado: oct 2025
- IGNTG (2025). Nueva División Política Administrativa de la República de Panamá. Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia". Available at: <https://ignpanama.anati.gob.pa/index.php/2-uncategorised/268-galeria>. Consultado: SEP 2025
- INEC (2023). Panamá en Cifras: Años 2018-2022. Ciudad Panamá, Panamá. Available at: https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID_PUBLICACION=1318&ID_CATEGORIA=17&ID_SUBCATEGORIA=45
- INEC (2025). Mapa Logístico. Disponible en: <https://www.inec.gob.pa/mapl/map>. Consultado nov. 2025
- Ineco (2017) PLAN NACIONAL DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS 2017 -2027 Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos. TOMO I. Madrid, España. Available at: [https://www.aaud.gob.pa/plangestion/ANEXOS/20170731_E%201.4.6.3_%20PNGIR%20DIAGNOSTICO%20\(Tomo%201\)_V3.pdf](https://www.aaud.gob.pa/plangestion/ANEXOS/20170731_E%201.4.6.3_%20PNGIR%20DIAGNOSTICO%20(Tomo%201)_V3.pdf). Consultado: Nov 2025
- Ineco (2017b) PLAN NACIONAL DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS 2017 -2027 Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos. TOMO II. Madrid, España. Available at: <https://www.aaud.gob.pa/plangestion/PNGIR.pdf>. Consultado: Nov 2025"
- Fondo Monetario Internacional (FMI) (2024). "Construcción de resiliencia frente a desastres naturales y cambio climático en: FMI eLibrary (Consulta Artículo IV de Panamá)." <https://www.elibrary.imf.org/view/journals/002/2024/189/article-A002-en.xml>. Consultado: oct 2025
- Fondo Monetario Internacional (FMI) (2024b). "Redes de seguridad financiera en economías dolarizadas en: FMI eLibrary." Disponible en: <https://www.elibrary.imf.org/view/journals/002/2024/189/article-A003-en.xml>. Consultado: sep 2025
- Fondo Monetario Internacional (FMI) (2024c). "Construyendo resiliencia ante desastres naturales y cambio climático en: FMI eLibrary (Consulta Artículo IV de Panamá)." Disponible en: <https://www.elibrary.imf.org/view/journals/002/2024/189/article-A002-en.xml>. Consultado en octubre de 2025
- Fondo Monetario Internacional (FMI) (2024d). "Panamá: Programa de Evaluación del Sector Financiero - Nota técnica sobre Red de Seguridad Financiera, Resolución y Gestión de Crisis." Informe del FMI por país, 2024. Disponible en: <https://www.imf.org/-/media/Files/Publications/CR/2024/English/1PANEA2024005.ashx>

- Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) (2024). "El sector energético de Panamá: desafíos de adaptación al cambio climático." <https://www.irena.org/Publications/2024/Jul/The-energy-sector-of-Panama-Climate-change-adaptation-challenges>
- Administración de Comercio Internacional (2025). "Panamá - Sistemas Bancarios." Disponible en: <https://legacy.export.gov/article?id=Panama-banking-systems>. Consultado en septiembre de 2025
- Inversiones y Negocios (2022). Industrias PABO desarrollará moderno complejo agroindustrial en Chiriquí. Available at: <https://www.revistainversionesynegocios.com/industrias-pabo-desarrollara-moderno-complejo-agroindustrial-en-chiriqui/>. Consultado: Nov 2025
- ITA (2025). Panamá – Resumen del mercado. Disponible en: Panamá - Resumen del mercado. Consultado nov. 2025
- Junta de Aeronáutica Civil (JAC) (2024). LANZAMIENTO DE LA HOJA DE RUTA SAF 2050: UN HITO HACIA LA AVIACIÓN SOSTENIBLE. Available at: LANZAMIENTO DE LA HOJA DE RUTA SAF 2050: UN HITO HACIA LA AVIACIÓN SOSTENIBLE | JAC Chile. Consultado: Nov 2025
- La Estrella de Panamá (2024). Pabo instala extractora de palma apoyada en cuestionable consulta ciudadana. Available at: <https://www.laestrella.com.pa/panama/ver-video-pabo-instala-extractora-de-palma-apoyada-en-cuestionable-consulta-ciudadana-YK9815540>. Consultado: Nov 2025
- Clúster Logístico (2025). 3.1 Panamá Combustible. Disponible en: 3.1 Panamá Combustible | Evaluaciones digitales de capacidad logística. Consultado en octubre de 2025
- MIDA (2025) Cierre Agrícola – 2024-2025. República de Panamá, Santiago, Veraguas. Available at: <https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2025/07/CIERRE-AGRICOLA-2024-2025.pdf>
- Ministerio de la Presidencia (2025). Ministro Orillac presenta a la Asamblea proyecto de Ley para reactivar uso de biocombustibles. Available at: <https://www.presidencia.gob.pa/publicacion/ministro-orillac-presenta-a-la-asamblea-proyecto-de-ley-para-reactivar-uso-de-biocombustibles->. Consultado: Oct 2025
- Moreno-Villalaz, Juan Luis (2025). "La experiencia monetaria de Panamá." Cato Journal, Vol. 25, Nº 1, 2005. Disponible en: <http://cms-content.bates.edu/prebuilt/villalaz.pdf>. Consultado en septiembre de 2025
- Moriarty, Kristi y Robert McCormick. 2024. Mezcla sostenible de combustibles de aviación y logística. Golden, CO: Laboratorio Nacional de Energías Renovables. NREL/TP-5400-90979. <https://www.nrel.gov/docs/FY24OSTI/90979.pdf>
- Organization of American States (2009). Ficha Técnica: Elecciones Generales en Panamá. Available at: <https://www.oas.org/es/sap/deco/moe/panama09/ficha.asp>. Consultado: Sep 2025
- Instituto de Otredad y Pertenencia (UC Berkeley) (2025). Desplazamiento climático: Estudio de caso en Panamá. Disponible en: <https://belonging.berkeley.edu/climatedisplacement/case-studies/panama>. Consultado en octubre de 2025
- Panamá América (2024). Caña de azúcar mantiene niveles de producción <https://www.panamaamerica.com.pa/economia/cana-de-azucar-mantiene-niveles-de-produccion-1244456#:~:text=En%20el%20per%C3%ADodo%202022%2D2023,Foto:%20Cortes%C3%ADa>. Consultado: 10/28/2025
- Phillips 66 (2022). Phillips 66 toma la decisión final de inversión para convertir la refinería de San Francisco en una planta de combustibles renovables. Disponible en: <https://investor.phillips66.com/financial-information/news-releases/news-release-details/2022/Phillips-66-Makes-Final-Investment->

Decision-to-Convert-San-Francisco-Refinery-to-a-Renewable-Fuels-Facility/default.aspx. Consultado nov. 2025

Portal Logístico de Panamá (2025) Resumen. Disponible en: <https://logistics.gatech.pa/en/logistics-platform/logistics-assets/investment-regimes/investment-regimes/colon-free-zone/overview/#:~:text=Colon%20Free%20Zone%20is%20located,airport%20and%20a%20railroad%20terminal>. Accedido: sep 2025

Prado, R., Segura, B., & Mack, Y. (2024). Impacto del Cambio Climático en la Operatividad del Canal de Panamá. *Revista De Iniciación Científica*, 10(1), 65 - 70. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v10.1.4005>

ProPanama (2025). Zonas Francas. Disponible en: <https://www.propanama.gob.pa/zonas-francas/>. Consultado nov. 2025

Roth, A., y Schmidt, P. (2017). "Potencia a líquidos: Un nuevo camino hacia el combustible de avión renovable". Seminario de la OACI sobre Combustibles Alternativos. Disponible en: https://www.icao.int/sites/default/files/environmental-protection/Meetings/2017%20Alternative%20Fuels%20Seminar/20170208_ROTH_V1-0_submitted.pdf

S&P Global (2024). El DOE de EE. UU. aprueba préstamos para proyectos SAF de Gevo, Montana. Disponible en: El Departamento de Energía de EE. UU. aprueba Gevo, Montana Renovables préstamos para proyectos SAF | S&P Global. Consultado nov. 2025

Sandoval, Yolanda (2025). Crisis del arroz en Panamá: productores advierten pérdidas, Mulino confirma fin del subsidio y el IMA recurre a importaciones. <https://www.prensa.com/economia/crisis-del-arroz-en-panama-productores-advierten-perdidas-mulino-confirma-fin-del-subsidio-y-el-ima-recurre-a-importaciones/> Consultado: Oct 29, 2025

Secretaría Nacional de Energía (2016). Plan Energético Nacional 2015-2050. Available at: energia.gob.pa/wp-content/uploads/2020/08/Plan-Energetico-Nacional-2015-2050-1_compressed-1.pdf

SERTV (2025). Proyecto de ley obliga uso de bioetanol en la gasolina. Available at: <https://sertv.gob.pa/proyecto-de-ley-obliga-uso-de-bioetanol-en-la-gasolina/>. Consultado: Oct 2025

SNE (2023). Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde y Derivados de Panamá -- Versión para consulta pública. Available at: <https://www.energia.gob.pa/wp-content/uploads/2024/07/Resoluci%C3%B3n-de-Gabinete-N.%C2%B070-de-11-de-julio-de-2023-Estrategia-Nacional-de-Hidr%C3%B3geno-Verde-y-derivados.pdf>

SNE (2023b). Resolución de Gabinete No. 70 De 11 de Julio de 2023. Available at: <https://www.energia.gob.pa/wp-content/uploads/2024/07/Resoluci%C3%B3n-de-Gabinete-N.%C2%B070-de-11-de-julio-de-2023-Estrategia-Nacional-de-Hidr%C3%B3geno-Verde-y-derivados.pdf>. Consultado: Oct 2025

SNE (2024). Cálculo del Factor De Emisión de Co2 del Sistema Interconectado Nacional 2023. Ministerio de la Presidencia, Panamá. Available at: FACTOR-DE-EMISION-DEL-SIN-PANAMÁ-2023-V3-CR-07062024.pdf

SNE (2025). Referencias del Sector Energético. Available at: Secretaría Nacional de Energía de Panamá – La Secretaría Nacional de Energía adscrita a la Presidencia de República, tiene como misión establecer e impulsar la Política Energética de la República de Panamá. Consultado: Oct 2025

SNE (2025b). Resolución N° MIPRE-2025-0037160 De 1 de octubre de 2025. Disponible en: <https://www.energia.gob.pa/wp-content/uploads/2025/10/Resoluci%C3%B3n-N.%C2%B0MIPRE-2025-0037160-de-1-de-octubre-de-2025.pdf>. Consultado: oct 2025

- SNE (2025c). Información sobre energía en Panamá. Available at: CARPETAS DE ARCHIVOS – Secretaría Nacional de Energía de Panamá. Consultado: Nov 2025
- SNIP Noticias (2023). Panamá certifica una finca productora de palma aceitera sostenible. Available at: <https://www.pabopanama.com/novedades/panama-certifica-una-finca-productora-palma-aceitera-sostenible/>. Consultado: Nov 2025
- SPOC (2025). Deforestación y aceite de palma. Disponible en: <https://www.sustainablepalmoilchoice.eu/deforestation-palm-oil/>. Consultado nov. 2025
- TVN2 (2025). Ministro Linares reitera fin del subsidio a arroceros y reorientación de fondos a tecnología. Available at: https://www.tvn-2.com/nacionales/ministro-linares-anuncia-subsidio-arroceros_1_2205624.html. Consultado: Nov 2025
- Departamento de Estado de EE. UU. (2025). "Declaraciones sobre el clima de inversión 2024: Panamá." Disponible en: <https://www.state.gov/reports/2024-investment-climate-statements/panama>. Accedido: sep 2025
- PNUD (2025). Panamá. Disponible en: Panamá | Promesa climática. Consultado nov. 2025
- PNUMA (2023) "Panamá desarrollará el Plan Nacional de Adaptación al cambio climático." Disponible en: <https://www.unep.org/gan/news/press-release/panama-develop-national-adaptation-plan-climate-change>. Consultado en octubre de 2025
- UNFCCC (2018). Tool07: Herramienta metodológica Herramienta para calcular el factor de emisión de un sistema eléctrico. Versión 07.0. Disponible en: am-tool-07-v7.0.pdf
- Embajada de EE.UU. en Panamá (2025). El Canal de Panamá ampliado. Disponible en: El Canal de Panamá Ampliado - Embajada de EE.UU. en Panamá. Consultado nov. 2025
- Valero (2023). Diamond Green Diesel (DGD) aprueba un proyecto de combustible de aviación sostenible en Port Arthur, Texas. Disponible en: Valero Energy Corp. - Diamond Green Diesel (DGD) aprueba un proyecto de combustible sostenible para aviación en Port Arthur, Texas. Consultado noviembre de 2025
- Banco Mundial (2024) Perfil del país de riesgo climático: Panamá. Washington, DC. https://climateknowledgeportal.worldbank.org/sites/default/files/country-profiles/16805-WB_Panama%20Country%20Profile-WEB.pdf. Consultado en octubre de 2025
- Grupo Banco Mundial (2024). "PANAMÁ - Portal de Conocimiento sobre el Cambio Climático (Perfil del País sobre Riesgo Climático)." 22 de enero de 2024. https://climateknowledgeportal.worldbank.org/sites/default/files/country-profiles/16805-WB_Panama%20Country%20Profile-WEB.pdf. Consultado: oct 2025
- Grupo Banco Mundial (2025). "Resumen de Panamá: Noticias sobre desarrollo, investigación, datos." Disponible en: <https://www.worldbank.org/en/country/panama/overview>. Consultado en octubre de 2025
- World Economic Forum (WEF) (2023). "Desafíos sin precedentes: Cómo la sequía en el Canal de Panamá está afectando el comercio mundial." Available at: <https://es.weforum.org/stories/2023/08/desafios-sin-precedentes-como-la-sequia-en-el-canal-de-panama-esta-afectando-el-comercio-mundial/>. Consultado: Oct 2025
- ZOLICOL (2025). SGP Bioenergy anuncia la construcción de una biorrefinería en la Zona Libre de Colon. Disponible en: SGP BIOENERGY ANUNCIA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA BIORREFINERÍA EN LA ZONA LIBRE DE COLON – Inicio Consultado en noviembre de 2025

APÉNDICE: PARTICIPACIÓN DE LAS PARTES INTERESADAS

Interesado
AAC
Aeropuerto Internacional de Tocumen
Airbus
Autoridad del Canal de Panamá
Autoridad Marítima de Panama
Autoridad Nacional de Aduanas
AZUCALPA
Cámara de Comercio
Galón
Comisión de Energía y Combustible (APEDE)
DHL
EASA
Exolum
IATA
IICA
Ministerio de Ambiente
Ministerio de Comercio e Industria Panamá
Ministerio de Desarrollo Agropecuario
Ministerio de Economía y Finanzas
Ministerio de Relaciones Exteriores de Panamá
OACI
Pabo
Petróleos Delta
PUMA
Secretaria Nacional de Energía
SENACYT
TERPEL
Universidad de Panamá
Universidad Tecnológica de Panamá