

**Atlas de los
biocombustibles
líquidos
2022 - 2023**



Atlas de los biocombustibles líquidos
2022-2023

Autores: Agustín Torroba
Ricardo Orozco

San José, Costa Rica

2023



Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2023



Atlas de los biocombustibles Líquidos 2022-2023
por IICA se encuentra publicado bajo
Licencia Creative Commons Reconocimiento-Compartir
igual 3.0 IGO (CC-BY-SA 3.0 IGO)
(<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/igo/>)
Creado a partir de la obra en www.iica.int

El Instituto promueve el uso justo de este documento. Se solicita que sea citado apropiadamente cuando corresponda.

Esta publicación también está disponible en formato electrónico (PDF) en el sitio web institucional en <https://www.iica.int>.

Coordinación editorial: Agustín Torroba

Corrección de estilo: Unidad de idiomas IICA

Diagramado: Santiago Bastidas

Diseño de portada: Santiago Bastidas

Atlas de los biocombustibles Líquidos 2022-2023/ Agustín Torroba; y
Ricardo Orozco- San José, C.R.: IICA, 2023.

15 p ; 21 x 16 cm.

ISBN: 978-92-9273-093-2

1. Biocarburante 2. Biodiesel 3. Aviación Agrícola
 4. Bioetanol 5. Biocombustibles 6. Combustibles sostenibles de aviación 7. Aceites vegetales hidrotratados I. IICA
- II. TÍTULO

Las ideas, las formas de expresión y los planteamientos de este documento son propios del autor (o autores), por lo que no necesariamente representan la opinión del IICA ni juicio alguno de su parte sobre las situaciones o condiciones planteadas.

San José, Costa Rica

2023

Contenido

1. Introducción.....	6
2. Producción.....	9
3. Consumo	13
4. Mandatos de biocombustibles.....	17
5. Comercio exterior.....	21
6. Materias primas.....	24
Anexo I. Producción de biocombustibles (en miles de m ³).	27
Anexo II. Consumo de biocombustibles (en miles de m ³).	27
Anexo III. Mandatos de biodiésel y bioetanol por país, volumen en volumen (salvo aclaraciones) en 2022.....	28

Índice de figuras

Figura 1. Evolución de la producción y el consumo de biocombustibles líquidos (en miles de m ³).	6
Figura 2. Evolución de la producción de combustibles sostenibles de aviación (en miles de m ³).....	7
Figura 3. Variación interanual porcentual, tendencia y producción total (en miles de m ³) de biocombustibles líquidos en el mundo	9
Figura 4. Distribución porcentual de la producción de biocombustibles líquidos en el mundo en 2022.....	9
Figura 5. Variación interanual porcentual, tendencia y producción total (en miles de m ³) de biodiésel (FAME y HVO) en el mundo.	10
Figura 6. Distribución porcentual de la producción de biodiésel en el mundo en 2022.	10
Figura 7. Variación interanual porcentual, tendencia y producción total (en miles de m ³) de bioetanol en el mundo.....	11
Figura 8. Distribución porcentual de la producción de bioetanol en el mundo en 2022.....	11
Figura 9. Variación interanual porcentual, tendencia y consumo total (en miles de m ³) de biocombustibles líquidos en el mundo	13
Figura 10. Distribución porcentual del consumo de biocombustibles líquidos en el mundo en 2022.	13
Figura 11. Variación interanual porcentual, tendencia y consumo total (en miles de m ³) de biodiésel (FAME y HVO) en el mundo.	14
Figura 12. Distribución porcentual del consumo de biodiésel en el mundo en 2022.	14
Figura 13. Variación interanual porcentual, tendencia y consumo total (en miles de m ³) de bioetanol en el mundo.....	15
Figura 14. Distribución porcentual del consumo de bioetanol en el mundo en 2022.....	15
Figura 15. Mandatos directos e indirectos de uso de bioetanol en la gasolina en 2022.....	18
Figura 16. Mandatos directos e indirectos de uso de biodiésel en el diésel fósil en 2022.....	19
Figura 17. Participación del mercado en las exportaciones mundiales de biodiésel en 2022.	21
Figura 18. Participación del mercado en las importaciones mundiales de biodiésel en 2022.	21
Figura 19. Participación del mercado en las exportaciones mundiales de bioetanol en 2022.....	22
Figura 20. Participación del mercado en las importaciones mundiales de bioetanol en 2022.....	22
Figura 21. Producción de bioetanol por tipo de materia prima utilizada en 2022.	24
Figura 22. Porcentaje de la producción mundial de maíz y caña de azúcar destinado a la elaboración de bioetanol.....	25
Figura 23. Producción de biodiésel por tipo de materia prima utilizado en 2022.....	25
Figura 24. Porcentaje de la producción mundial de aceite de palma, soja y colza destinado a la producción de biodiésel.	26

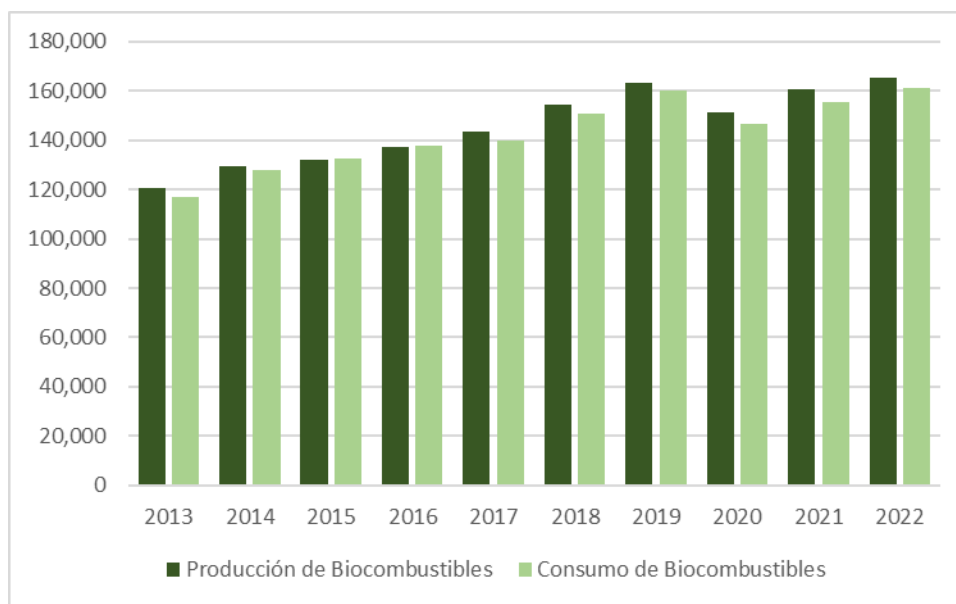


INTRODUCCIÓN

1. Introducción

En 2022 la producción y el consumo de biocombustibles líquidos mostraron un incremento de 3 % con respecto a 2021. En el último decenio los índices de crecimiento del consumo y la producción de biocombustibles fueron de 37 % y 38 %, respectivamente.

Figura 1. Evolución de la producción y el consumo de biocombustibles líquidos (en miles de m³).



Fuente: Elaborado con base en Torroba y Orozco 2022, OIA 2023 y USDA 2023a.

Los tradicionales mandatos de mezclas de biocombustibles siguen impulsando su producción y consumo en el mundo. En este sentido se destaca la India, cuyo consumo de bioetanol se ha ido incrementando año con año.

Además de las tradicionales políticas de mandatos de uso de biocombustibles, se están estableciendo nuevos esquemas de regulación, entre ellos, los estándares de combustible de bajo carbono (LCFS), mecanismos dirigidos a descarbonizar el sector del transporte mediante incentivos, con una visión agnóstica desde el punto de vista tecnológico. Uno de sus precursores ha sido California, entre otros estados de EE. UU. y Canadá.

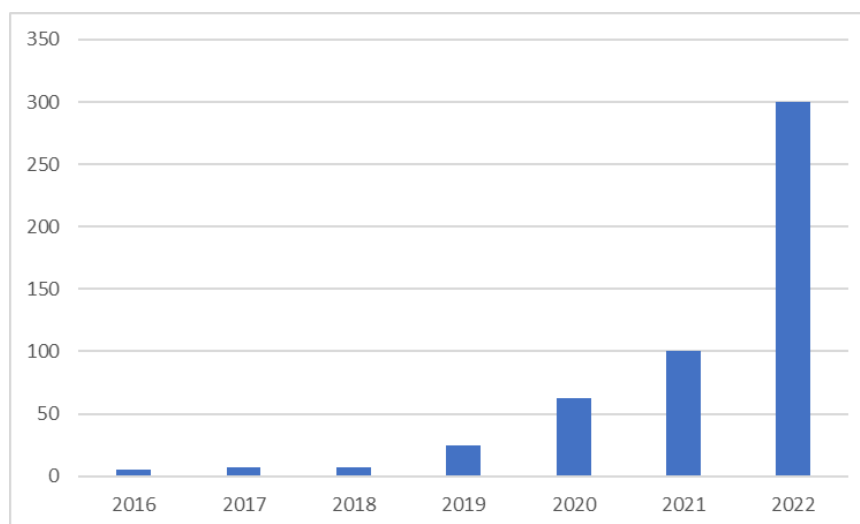
Entre los distintos tipos de biocombustibles líquidos se destaca el bioetanol, que constituye el de mayor producción (65 % del total), con un uso creciente del maíz como materia prima en los últimos 15 años, además del de la caña de azúcar, derivado de una importante tradición productiva, impulsada especialmente por Brasil a lo largo de varias décadas.

Por otra parte, en los últimos 20 años la producción y el consumo de biodiésel, un biocombustible generado por medio de la transesterificación, principalmente de aceite de palma, soja y colza con un alcohol, muestra una tasa de crecimiento superior a la del bioetanol, aunque parte de una base mucho menor. Esta producción es conocida como FAME, del inglés *fatty acid methyl ester* (éster metílico de ácido graso). A este proceso

productivo se ha sumado la producción de biodiésel a partir de aceite vegetal hidrotratado, comúnmente conocido como HVO (*hydrotreated vegetable oil*). En la última década la producción de HVO se ha incrementado 445 % para reemplazar al diésel y ya representa el 24 % del biodiésel total producido.

Asimismo, empezaron a surgir biocombustibles líquidos para la navegación, aún en estado muy incipiente, así como para la aviación. En 2007 el *biojet* mostró sus primeros consumos regulares (van Dyk y Saddler 2021), presentando en 2022 un crecimiento de la producción de 200 % respecto de la de 2021. Además, varios Estados comenzaron a aplicar políticas públicas para promover el uso de combustibles sostenibles de aviación¹.

Figura 2. Evolución de la producción de combustibles sostenibles de aviación (en miles de m³).



Nota: El dato sobre 2022 es un estimado.

Fuente: Elaborado con base en IATA 2023 y Torroba 2023.

En la actualidad el uso de los biocombustibles líquidos se sigue afianzando debido a una transición más limpia dentro de un paradigma de movilidad basado en la combustión interna. Mientras comienzan a desarrollarse nuevos paradigmas de movilidad (electromovilidad, propulsión por hidrógeno, etc.), cuyo tiempo de masificación es considerable, los biocombustibles constituyen una alternativa ambientalmente más sostenible que los combustibles fósiles e inmediatamente disponible, que no supone grandes cambios técnicos en los vehículos.

En el presente documento se brinda información estadística acerca de las principales variables (consumo, producción, comercio exterior y uso de materias primas) y del estado actual de las políticas públicas con respecto a los mandatos en materia de biocombustibles líquidos.

¹ En la industria de la aviación se emplea "combustibles sostenibles de aviación" como término genérico para referirse a un conjunto de combustibles, entre los cuales el *biojet* o biocombustible de aviación es el único que se produce actualmente.



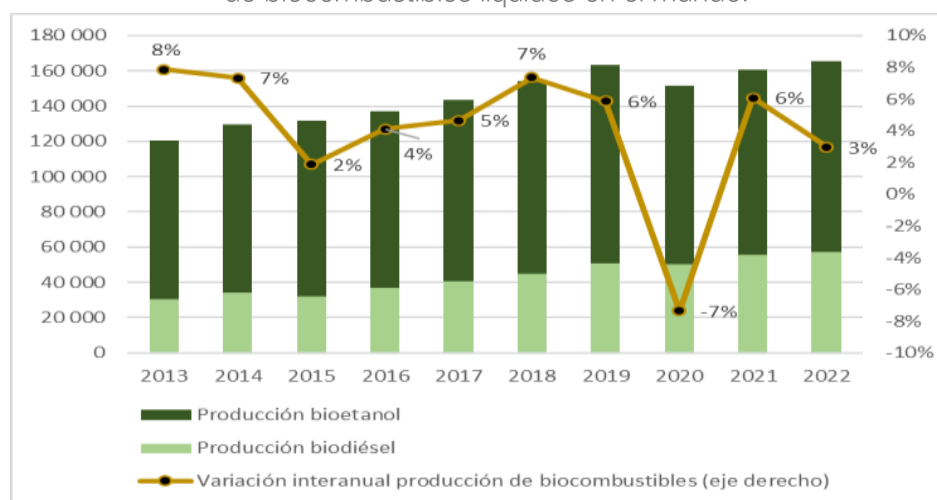
PRODUCCIÓN

2

2. Producción

En el último decenio (2013-2022) la producción mundial de biocombustibles líquidos mostró un crecimiento acumulado de 37 %. En este mismo período la tasa de variación interanual osciló entre -7 % y 8 %, con una clara tendencia alcista, con excepción de 2020, cuando esta cayó a los 151 377 000 m³ debido a los efectos de la crisis sanitaria global. En 2022, tras experimentar una recuperación de 6 % en 2021 en relación con la coyuntura anterior, los volúmenes internacionales de producción mostraron un crecimiento interanual de 3 %, ubicándose en torno a los 165 300 000 m³.

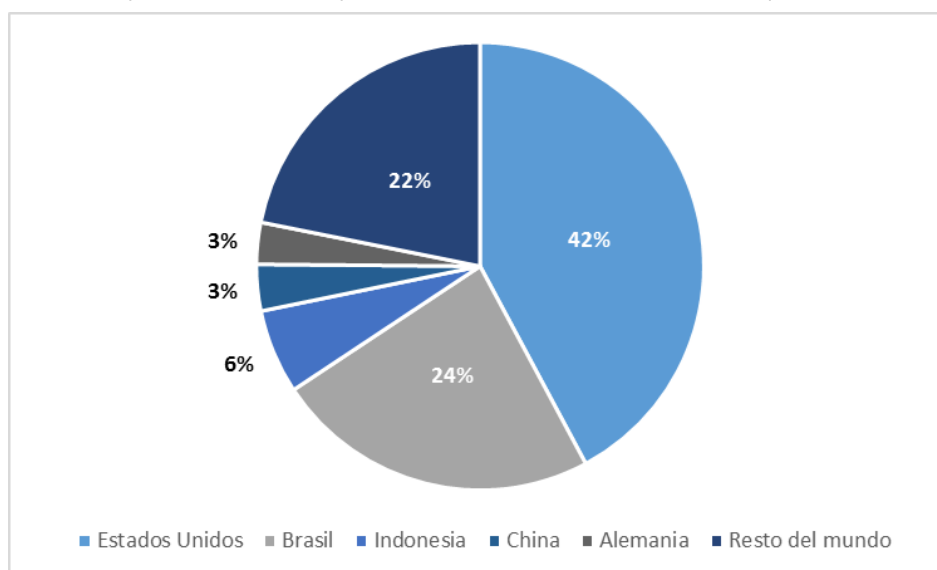
Figura 3. Variación interanual porcentual, tendencia y producción total (en miles de m³) de biocombustibles líquidos en el mundo.



Fuente: Elaborado con base en Torroba y Orozco 2022, OIA 2023 y USDA 2023a.

Los cinco principales productores de biocombustibles líquidos son Estados Unidos (42 %), Brasil (24 %), Indonesia (6 %), China (3 %) y Alemania (3 %). El 22 % restante de la producción se distribuye entre los demás países del mundo, con una participación destacada de Francia, India, Tailandia, Argentina, Países Bajos, España y Canadá.

Figura 4. Distribución porcentual de la producción de biocombustibles líquidos en el mundo en 2022.

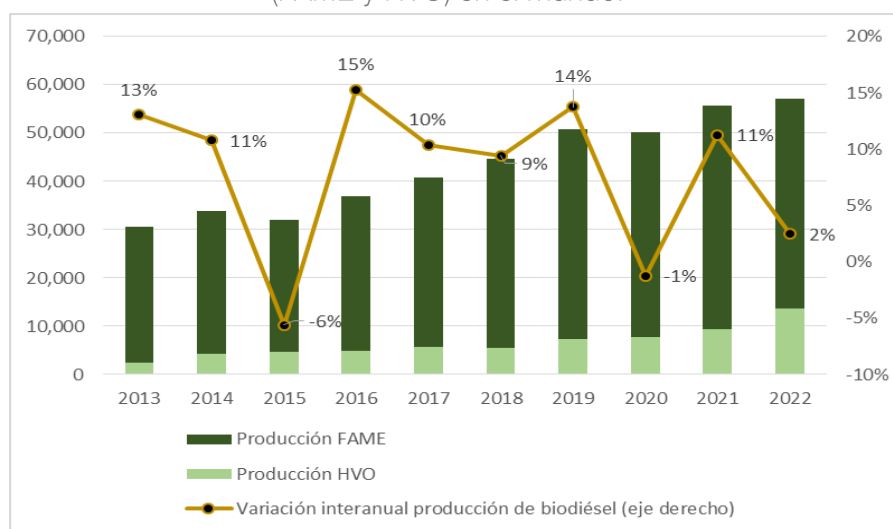


Fuente: Elaborado con base en Torroba y Orozco 2022, OIA 2023 y USDA 2023a.

En el último decenio (2013-2023) la producción mundial de biodiésel mostró un crecimiento acumulado de 87 %. La tasa de variación interanual se ubicó entre -6 % y 15 %, con una clara tendencia alcista, que en 2021 alcanzó los 55 784 000 m³. En 2022 la producción mostró un incremento interanual de 2 %, que superó por primera vez los 57 000 000 m³.

En los últimos 10 años la producción de HVO mostró un aumento en torno a 445 %. La variación interanual del último año fue de 44.5 %, alcanzando los casi 13 620 000 m³. En el caso del FAME, en la última década el incremento fue de 55 %, con una producción en 2022 que decreció de los 46 359 000 m³ a los 43 537 000 m³.

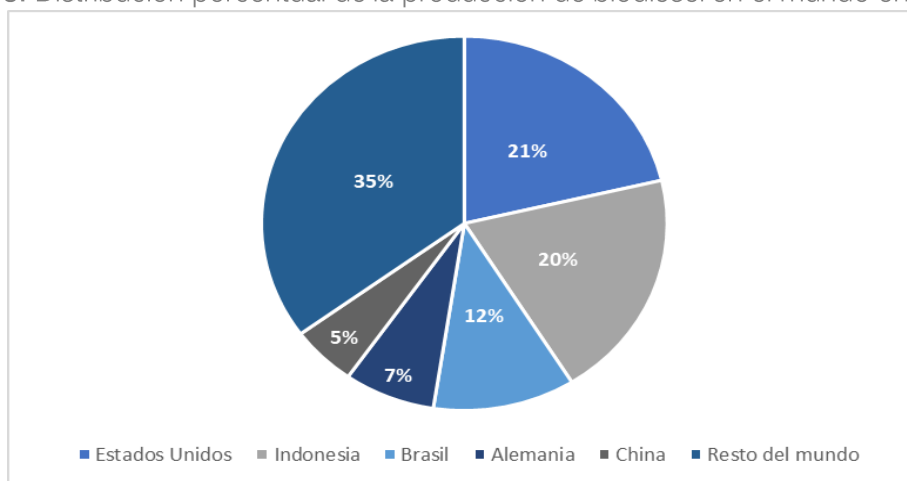
Figura 5. Variación interanual porcentual, tendencia y producción total (en miles de m³) de biodiésel (FAME y HVO) en el mundo.



Fuente: Elaborado con base en Torroba y Orozco 2022 y USDA 2023a.

Los cinco principales productores de biodiésel en el mundo son Estados Unidos (21 %), Indonesia (20 %), Brasil (12 %), Alemania (7 %) y China (5 %). El 35 % restante de la producción se distribuye entre el resto de países del mundo, con una participación destacada de Países Bajos, Argentina, Francia, España, China, Tailandia y Singapur.

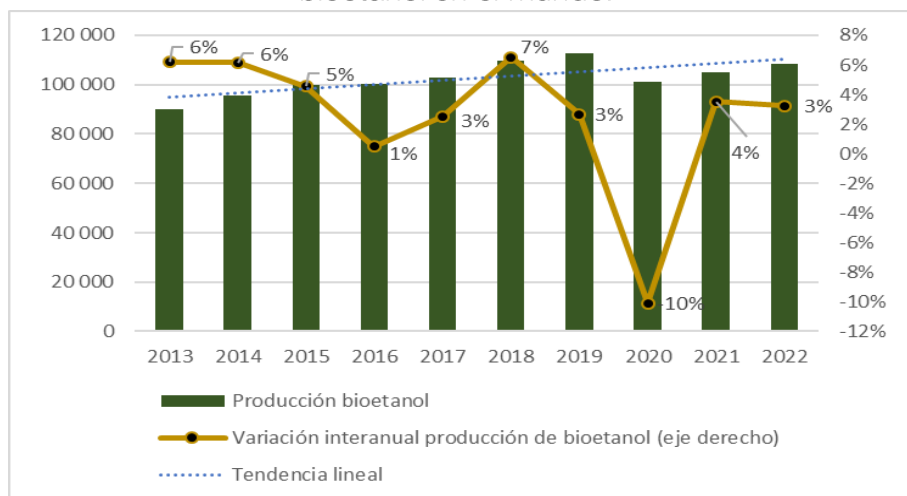
Figura 6. Distribución porcentual de la producción de biodiésel en el mundo en 2022.



Fuente: Elaborado con base en Torroba y Orozco 2022 y USDA 2023a.

En el último decenio (2013-2022) la producción mundial de bioetanol mostró un crecimiento acumulado de 20 %. La tasa de variación interanual osciló entre -10 % y 7 %, con una clara tendencia creciente de la producción, con excepción de 2020, cuando esta cayó hasta los 101 249 000 m³ a raíz de la crisis sanitaria global. Tras recuperarse nuevamente en 2021, la producción de bioetanol mostró un incremento interanual de 3 % en 2022 en relación con el año anterior, ubicándose por encima de los 108 200 000 m³.

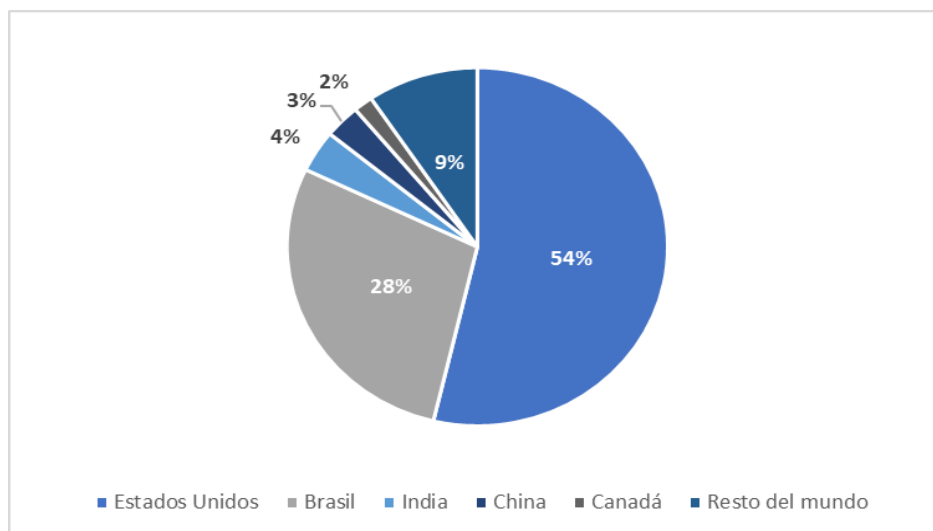
Figura 7. Variación interanual porcentual, tendencia y producción total (en miles de m³) de bioetanol en el mundo.



Fuente: Elaborado con base en Torroba y Orozco 2022, OIA 2023 y USDA 2023a.

Los cinco principales productores de bioetanol son Estados Unidos (54 %), Brasil (28 %), India (4 %), China (3 %) y Canadá (2 %). El 9 % restante de la producción se distribuye entre los demás países del mundo, con una participación destacada de Tailandia, Argentina, Alemania y Francia.

Figura 8. Distribución porcentual de la producción de bioetanol en el mundo en 2022.



Fuente: Elaborado con base en Torroba y Orozco 2022, OIA 2023 y USDA 2023a.

NATURAL
95

bio
DIESEL

Bezolovnatý automobilový benzín
Super BA - 95
Vyrobení vyhovuje ČSN EN 228

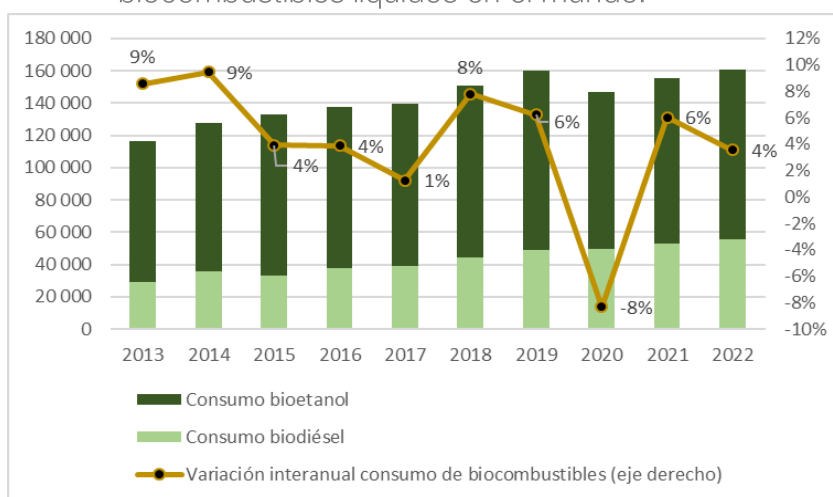
CONSUMO

3

3. Consumo

En el último decenio (2013-2022) el consumo mundial de biocombustibles líquidos tuvo un crecimiento acumulado de 38 %, con una tasa de variación interanual que osciló entre -8 % y 9 %. Tras una caída en 2020 como resultado de la crisis sanitaria global, los volúmenes de biocombustibles consumidos crecieron nuevamente en 2021 y 2022. En este último año el crecimiento interanual se enmarcó en el 4 %, siendo el consumo internacional de biocombustibles de poco más de 161 000 000 m³.

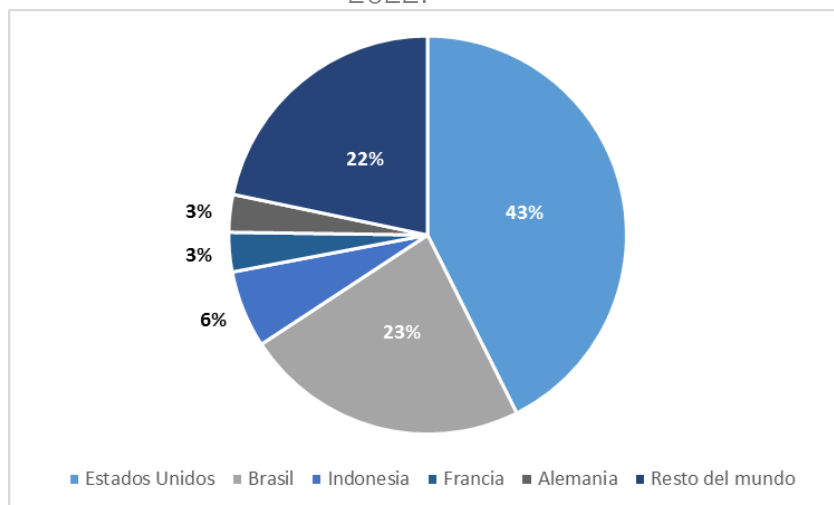
Figura 9. Variación interanual porcentual, tendencia y consumo total (en miles de m³) de biocombustibles líquidos en el mundo.



Fuente: Elaborado con base en Torroba y Orozco 2022, OIA 2023 y USDA 2023a.

El consumo de biocombustibles líquidos se concentra significativamente en dos países: Estados Unidos (43 % del total) y Brasil (23 % del total). Le siguen Indonesia (6 %), Francia (3 %) y Alemania (3 %). El 22 % restante se distribuye entre los demás países del mundo, con una participación importante de Canadá, India, Tailandia, China, Reino Unido, España, Argentina y Suecia.

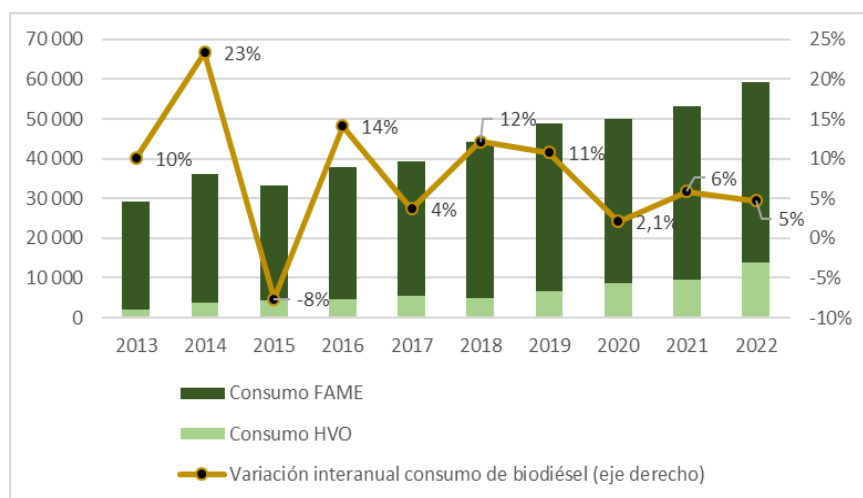
Figura 10. Distribución porcentual del consumo de biocombustibles líquidos en el mundo en 2022.



Fuente: Elaborado con base en Torroba y Orozco 2022, OIA 2023 y USDA 2023a.

Por otra parte, en el último decenio (2013-2022) el consumo mundial de biodiésel mostró un crecimiento acumulado de 89 %, con una tasa de variación interanual que osciló entre -8 % y 23 %, que en 2022 superó los 55 367 000 m³. En cuanto al consumo de HVO, en los últimos 10 años aumentó 646 %, mientras que en 2022 presentó un crecimiento de 46.2 %.

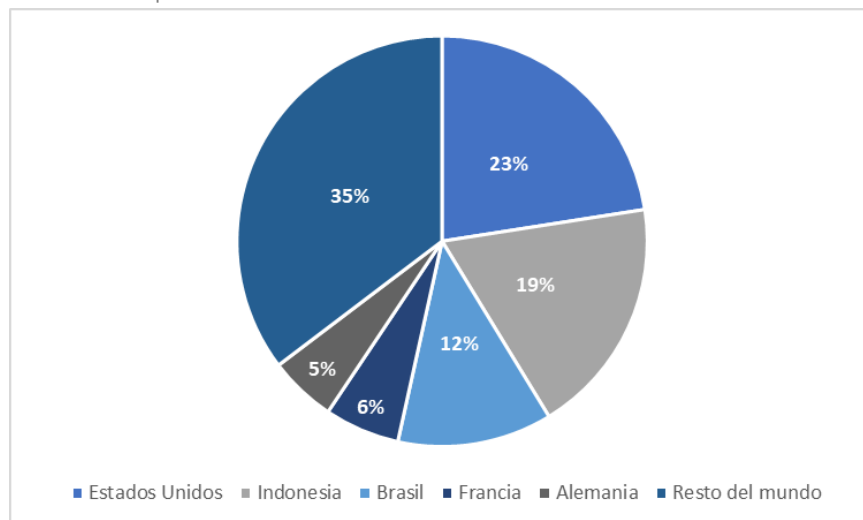
Figura 11. Variación interanual porcentual, tendencia y consumo total (en miles de m³) de biodiésel (FAME y HVO) en el mundo.



Fuente: Elaborado con base en Torroba y Orozco 2022.

El consumo de biodiésel presenta una participación relativamente desconcentrada, en comparación con el del bioetanol: Estados Unidos, Indonesia, Brasil, Francia y Alemania consumen 23 %, 19 %, 12 %, 6 % y 5 % del total mundial, respectivamente. El 35 % restante se distribuye entre los demás países del mundo, con una participación importante de España, Suecia, Tailandia, Reino Unido e Italia.

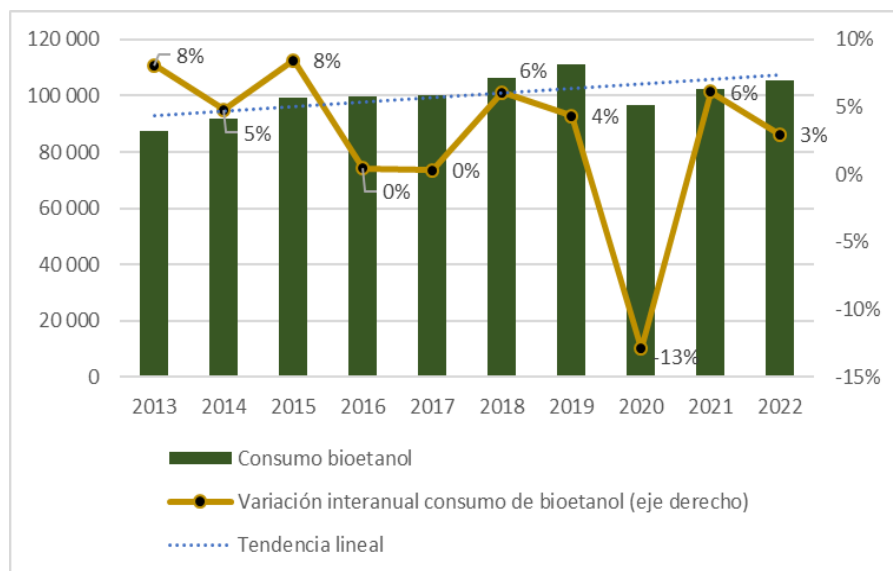
Figura 12. Distribución porcentual del consumo de biodiésel en el mundo en 2022.



Fuente: Elaborado con base en Torroba y Orozco 2022.

En los últimos diez años (2012-2022) el consumo mundial de bioetanol mostró un crecimiento acumulado de 21 %, con una tasa de variación interanual de entre -13 % y 8 %. En 2022 la variación interanual en relación con 2021 fue de 3 % y se aproximó a los 105 642 000 m³.

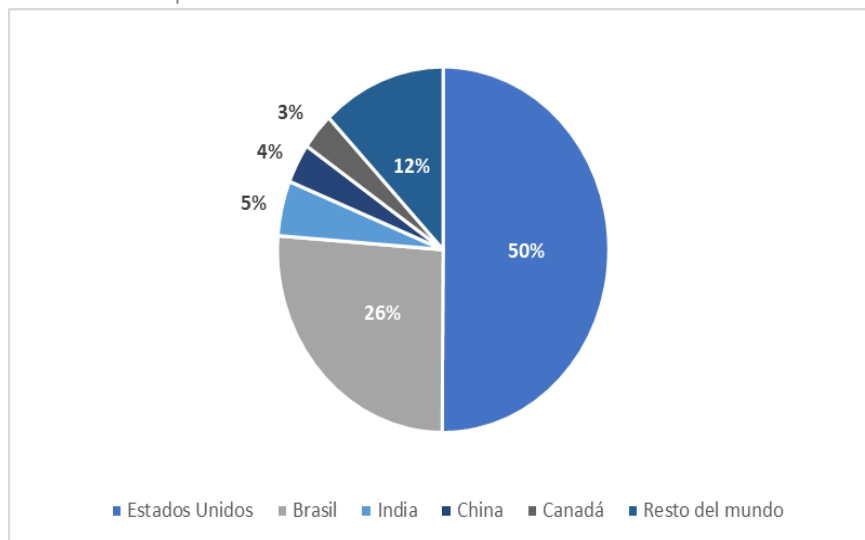
Figura 13. Variación interanual porcentual, tendencia y consumo total (en miles de m³) de bioetanol en el mundo.



Fuente: Elaborado con base en Torroba y Orozco 2022, OIA 2023 y USDA 2023a.

El consumo de bioetanol se concentra principalmente en Estados Unidos, con el 50 % del total, y en Brasil, con el 26 %. Les siguen India (5 %), China (4 %) y Canadá (3 %). El 12 % restante se distribuye entre los demás países del mundo, con una participación destacada de Tailandia, Alemania, Francia, Reino Unido, Japón y Argentina.

Figura 14. Distribución porcentual del consumo de bioetanol en el mundo en 2022.



Fuente: Elaborado con base en Torroba y Orozco 2022, OIA 2023 y USDA 2023a.



4

**MANDATOS DE
BIOCOMBUSTIBLES**

4. Mandatos de biocombustibles

De acuerdo con Torroba (2021), la obligación de mezclar biocombustibles con combustibles fósiles se cumple a través de diferentes mecanismos. El más difundido es el “mandato de mezcla obligatoria” de bioetanol con gasolinas y de biodiésel con diésel fósil. Dichas mezclas suelen expresarse en unidades volumétricas (mezclas volumen/volumen) o como unidades energéticas (mezclas de energía/energía).

La obligatoriedad de usar biocombustibles también se establece mediante “mandatos generales” de mezcla de biocombustibles con combustibles fósiles. Dichas obligaciones se cumplen en forma agregada, independientemente del tipo de biocombustible utilizado.

Un mecanismo adicional consiste en fijar metas de reducción de gases de efecto invernadero (GEI) y, en forma asociada, promover el uso de biocombustibles para cumplirlas. Los LCFS se incluyen en este tipo de mecanismos, en cuya aplicación, como ya se mencionó, se destaca el estado de California.

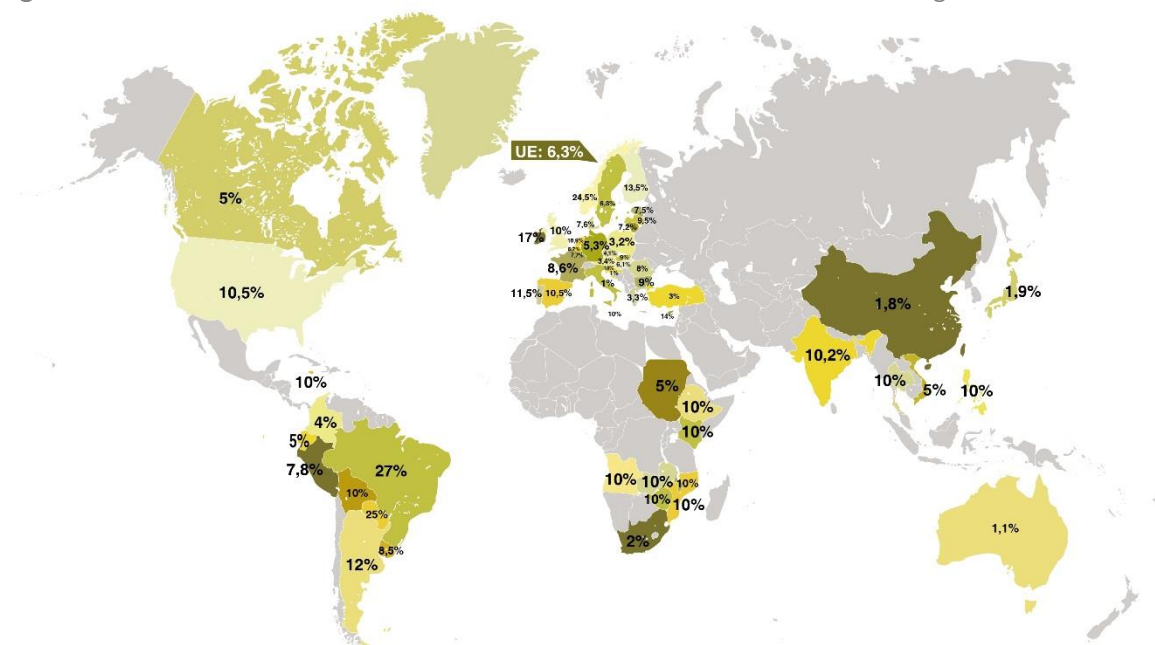
Se han contabilizado 58 países con obligaciones de uso de bioetanol² establecidas por medio de estos tres mecanismos. Brasil se destaca en los “mandatos de mezcla obligatoria”, con la aplicación de una de 27 % de bioetanol en gasolinas. El segundo lugar lo ocupa Paraguay, con un mandato obligatorio de 25 %³. En el tercer lugar se posiciona Argentina, con una mezcla de 12 %, seguido por una larga lista de países con un mandato obligatorio de 10 %, que es el más utilizado en el mundo. Un caso interesante a destacar es el de India, país que recientemente comenzó a mezclar bioetanol y en 2022 alcanzó una mezcla promedio del 10.4 % y tiene como objetivo ampliarla al 20 % en el 2025.

Por fuera de los “mandatos de mezcla obligatoria” de bioetanol se destacan Noruega (24.5 %), los Países Bajos (18.9 %) y Finlandia (13.5 %) con “mandatos generales”, que en la práctica no siempre llegan a cumplirse ya que son de aplicación agregada para todo el transporte terrestre.

² Se excluyen del conteo países con rangos desde 0 % que no utilizan el bioetanol o países que, a pesar de tener mandatos, los incumplen. Se incluyen países donde en 2021 se suspendieron temporalmente los mandatos a raíz de la coyuntura sanitaria y geopolítica, pero que de todas maneras han utilizado el bioetanol.

³ En Paraguay se aplican las siguientes especificaciones de calidad en las naftas (gasolinas) y sus mezclas con bioetanol:

- a) Nafta RON 85, RON 90 y RON 95: de 24 % a 27 % de alcohol anhidro (de conformidad con la Resolución n.º 385/2018).
- b) Nafta RON 97: 10 % de alcohol anhidro (según la Resolución n.º 770/2017).
- c) Nafta E85: 85 % de alcohol anhidro (de acuerdo con el Decreto n.º 4652/15).
- d) Alcohol carburante: 100 % de alcohol hidratado.

Figura 15. Mandatos directos e indirectos de uso de bioetanol en la gasolina⁴ en 2022.

Nota: Mandatos obligatorios y generales y uso promedio de biocombustibles en países con metas de reducción de GEI. En aquellos países con mandatos subnacionales se toma como referencia la mezcla (v/v) con gasolina efectiva en el plano nacional. Se excluyen las mezclas voluntarias o los rangos de mandatos que parten desde 0 % y en la práctica no presentan consumo de biocombustible. Al respecto, véase la información detallada que se presenta en el anexo III.

Fuente: Elaborado con base en Torroba 2021, OIA 2023, The Digest's biofuels mandates around the world 2023 y USDA 2023a y 2023b.

Por otra parte, en 2022 se contabilizaron 48 países con obligación de uso de biodiésel⁵ a través de los tres mecanismos descritos anteriormente.

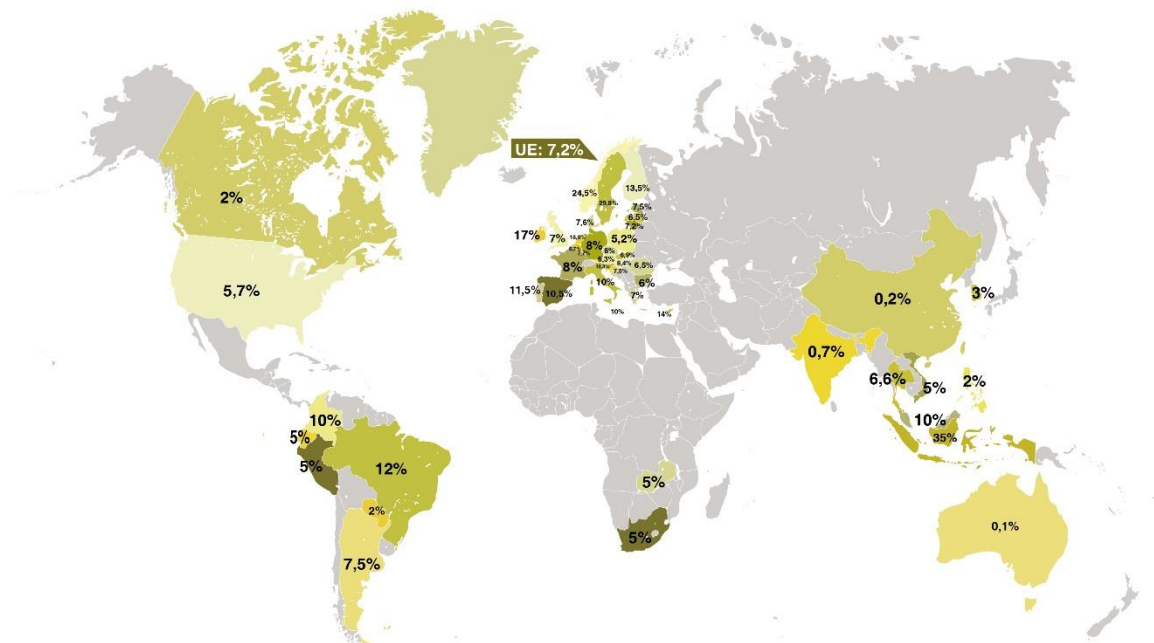
Entre los países con mecanismos de “mandatos de mezcla obligatoria” se destaca Indonesia, con una mezcla de 35 % (en 2022), que el Gobierno planea ampliar a 40 %. El segundo lugar lo ocupa Brasil⁶, con un mandato obligatorio de 12 % y, el tercero, dos países con mandatos obligatorios de 10 %: Colombia y Malasia.

Con “mezclas generales” de biodiésel se destacan Noruega (24.5 %), los Países Bajos (18.9 %) y Finlandia (13.5 %). Otro caso relevante es el de Suecia, que se plantea metas significativas de reducción de GEI, por lo que ha logrado una penetración del biodiésel (con un alto porcentaje de HVO) de 29.79 %.

⁴ Para obtener más información, véase el anexo III.

⁵ Se excluyen países con rangos desde 0 % y que no utilizan biodiésel.

⁶ En el caso de Brasil, el mandato de 12 % se hizo efectivo a partir de enero de 2021 y, luego de algunas modificaciones a lo largo del año, se implementó nuevamente en septiembre.

Figura 16. Mandatos directos e indirectos de uso de biodiésel en el diésel fósil⁷ en 2022.

Nota: Mandatos obligatorios y generales y uso promedio de biocombustibles en países con metas de reducción de GEI. En aquellos países con mandatos subnacionales se toma como referencia la mezcla (v/v) con gasolina efectiva en el plano nacional. Se excluyen mezclas voluntarias o rangos de mandatos desde 0 % y sin consumo de biocombustible.

Fuente: Elaborado con base en Torroba y Orozco 2022, OIA 2023, The Digest's biofuels mandates around the world 2023 y USDA 2023a y 2023b.

⁷ Para obtener más información, véase el anexo III.



5

COMERCIO

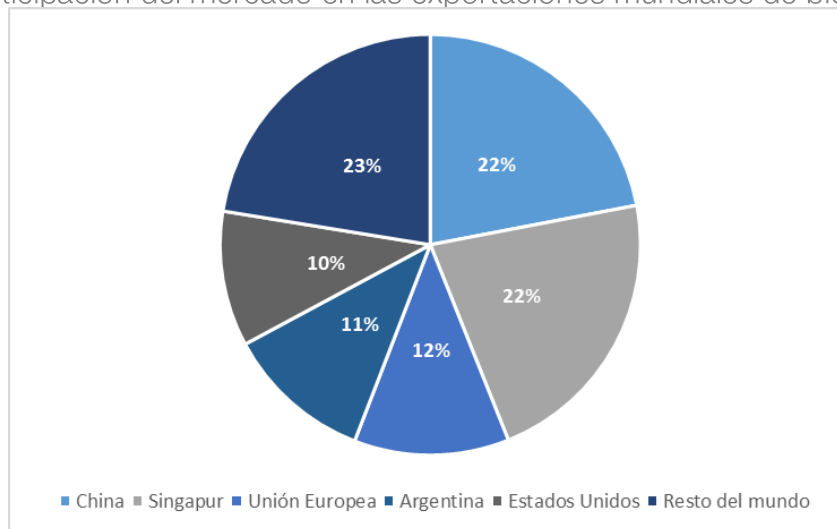
EXTERIOR

5. Comercio exterior

El comercio exterior de biodiésel representa el 19.75 % del consumo mundial, con un volumen que supera los 10 900 000 m³.

En relación con las exportaciones de biodiésel, China y Singapur concentran el mayor porcentaje (22 %), seguido por la UE (12 %), Argentina (11 %) y Estados Unidos (10 %). El restante 23 % se concentra en otros países del mundo, con una participación destacada de Indonesia, Reino Unido y Malasia.

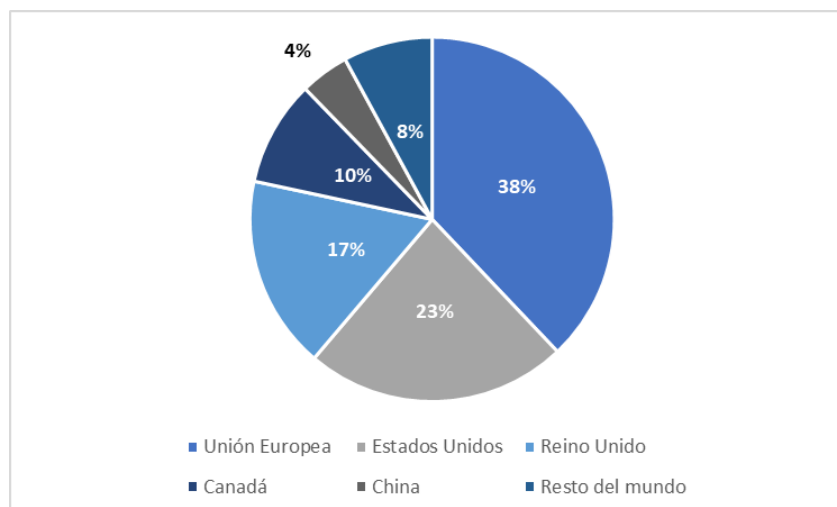
Figura 17. Participación del mercado en las exportaciones mundiales de biodiésel en 2022.



Fuente: Elaborado con base en Torroba y Orozco 2022 y USDA 2023a.

Con respecto a las importaciones de biodiésel, la UE se destaca como importadora neta (38 %), seguida por Estados Unidos (23 %), Reino Unido (17 %), Canadá (10 %) y China (4 %). El 8 % restante se distribuye entre los demás países del mundo, con una participación importante de Noruega y Suiza.

Figura 18. Participación del mercado en las importaciones mundiales de biodiésel en 2022.

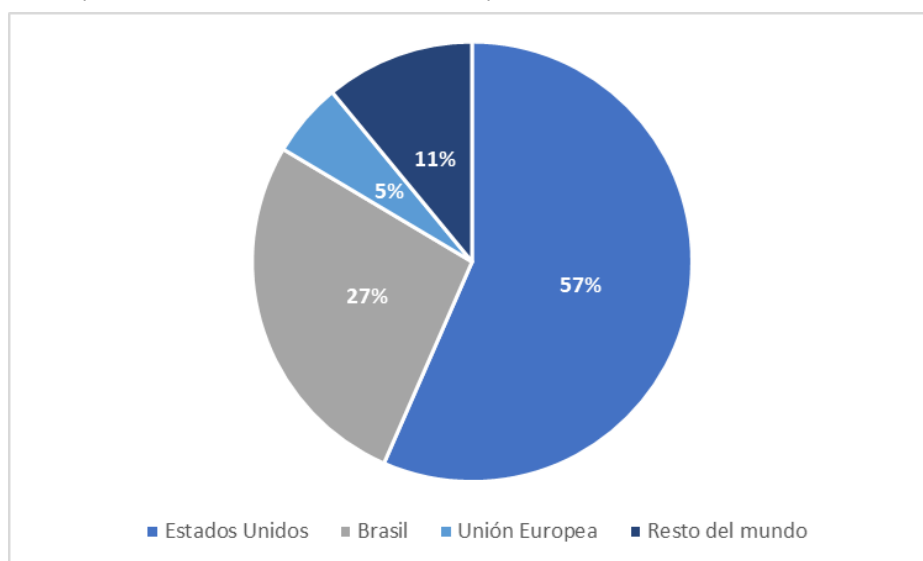


Fuente: Elaborado con base en Torroba y Orozco 2022 y USDA 2023a.

El comercio exterior de bioetanol representa el 8.08 % del consumo mundial, con un volumen en torno a los 8 540 000 m³.

En cuanto a las exportaciones, Estados Unidos realiza el 57 % de ellas, seguido por Brasil (27 %) y la UE (5 %). El restante 11 % se distribuye entre los demás países del mundo, entre los cuales se destacan India, Paraguay y Perú.

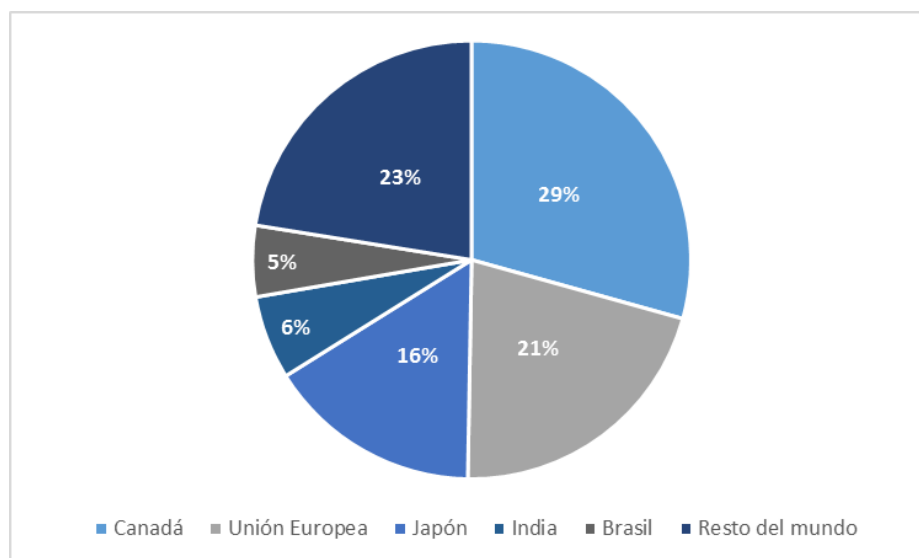
Figura 19. Participación del mercado en las exportaciones mundiales de bioetanol en 2022.




Fuente: Elaborado con base en Torroba y Orozco 2022, OIA 2023 y USDA 2023a.

En lo que respecta a las importaciones de bioetanol, Canadá y la UE son los actores que concentran la mayor cuota de mercado, con 29 % y 21 %, respectivamente, seguidos por Japón (16 %), India (6 %) y Brasil (5 %). El restante 23 % de dichas importaciones se concentra en los demás países del mundo.

Figura 20. Participación del mercado en las importaciones mundiales de bioetanol en 2022.



Fuente: Elaborado con base en Torroba y Orozco 2022, OIA 2023 y USDA 2023a.



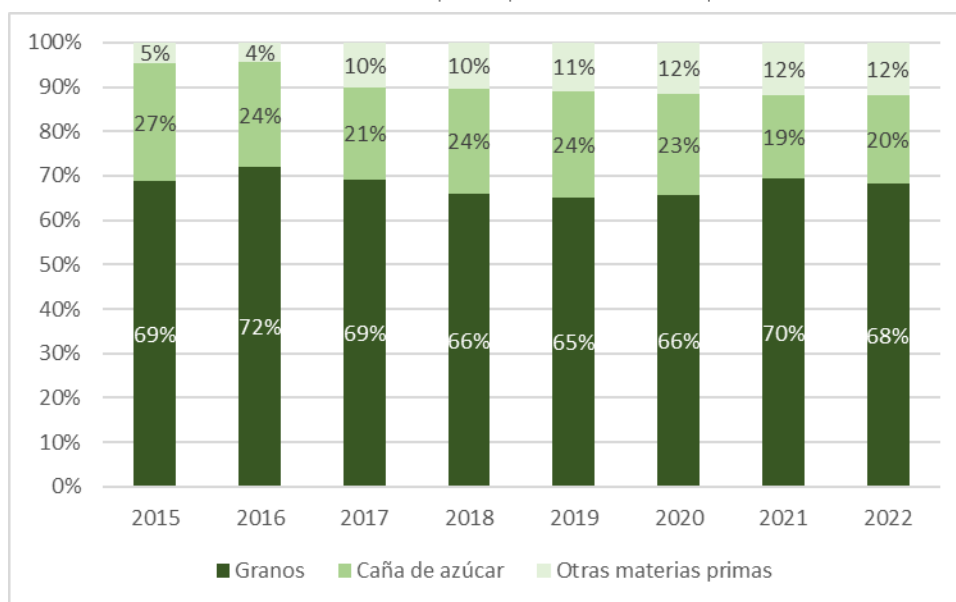
**MATERIAS
PRIMAS**

6

6. Materias primas

En 2022 los granos y la caña de azúcar fueron las materias primas más utilizadas en la producción final de bioetanol, con una participación de 68 % y 20 %, respectivamente. En el caso de los granos, se emplearon 176 200 000 t, siendo el maíz el más utilizado. En Estados Unidos, China, Canadá, Argentina y varias naciones de la UE esta materia prima se usa en forma masiva y, en Brasil, donde se emplea tradicionalmente la caña de azúcar, la utilización del maíz está comenzando a tomar impulso. Con respecto a la caña de azúcar, se destinaron más de 304 000 000 t de este cultivo⁸ a la elaboración de bioetanol, principalmente en Brasil, Colombia, Paraguay, Argentina y la India. El 12 % restante se produce a base de otras materias primas, entre ellas, la remolacha azucarera y la melaza de caña.

Figura 21. Producción de bioetanol por tipo de materia prima utilizada en 2022.



Nota: La melaza de caña de azúcar se incluye entre las “otras materias primas” empleadas en la producción de bioetanol.

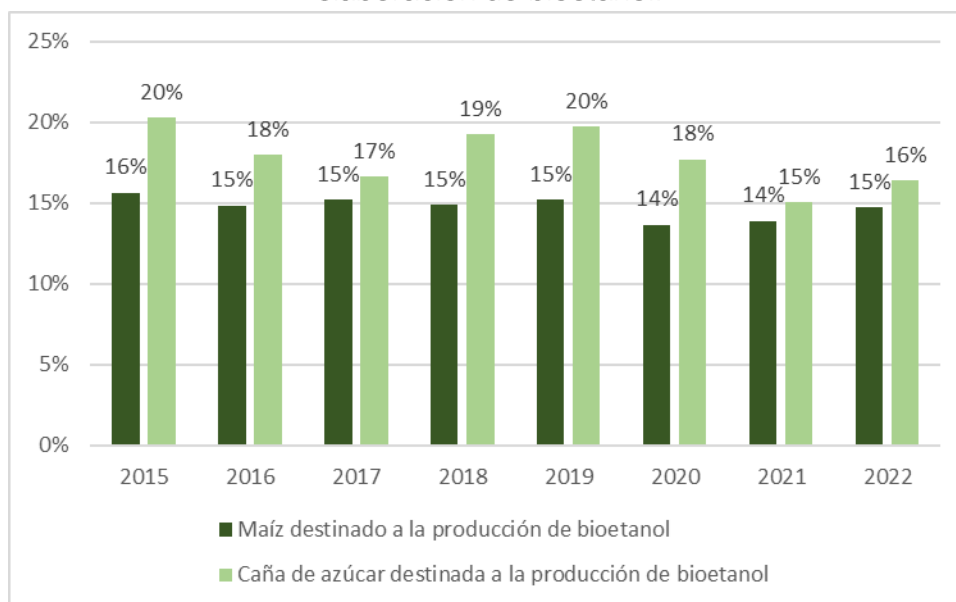
Fuente: Elaborado con base en Torroba y Orozco 2022 y OIA 2023.

Durante el período 2021-2022 el 15 % de la cosecha de maíz⁹ y el 16 % de la de caña de azúcar procesada se utilizaron en la producción de bioetanol.

⁸ Esta producción comprende solo el proceso de obtención por jugo directo; por lo tanto, no se incluye la melaza entre las materias primas.

⁹ De cada 1000 kg de maíz procesados para producir bioetanol se obtienen aproximadamente las siguientes cantidades de coproductos: a) 900 kg de burlanda húmeda o 320 kg de burlanda seca, conocida internacionalmente como DDGS/WDGS8 (*distiller's dried/wet grains with solubles*, granos de destilería secos/húmedos con solubles); b) 0.3 t de vinaza (agua incluida); y c) 300 kg de CO₂. Esta es la razón por la cual gran parte del maíz destinado a la producción de bioetanol da origen a una multiplicidad de productos alimenticios. En términos volumétricos, con menos de la mitad del maíz producido se genera bioetanol.

Figura 22. Porcentaje de la producción mundial de maíz y caña de azúcar destinado a la elaboración de bioetanol.

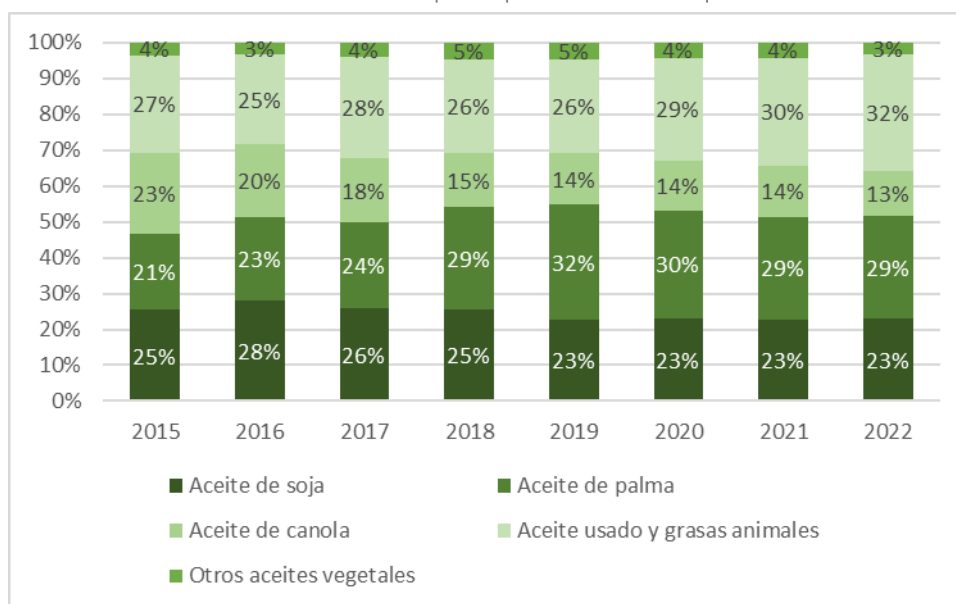


Nota: Se atribuye al maíz la totalidad de la participación en la producción de bioetanol, sin excluir la de los subproductos.

Fuente: Elaborado con base en Torroba y Orozco 2022, AMIS 2023 y USDA 2023c.

En 2022 las materias primas más utilizadas en la producción de biodiésel fueron los aceites vegetales, entre los cuales se destacan el de palma (29 %), el de soja (23 %) y el de canola (13 %). Asimismo, los aceites usados y las grasas animales ya representan el 32 % de las materias primas más utilizadas.

Figura 23. Producción de biodiésel por tipo de materia prima utilizado en 2022.

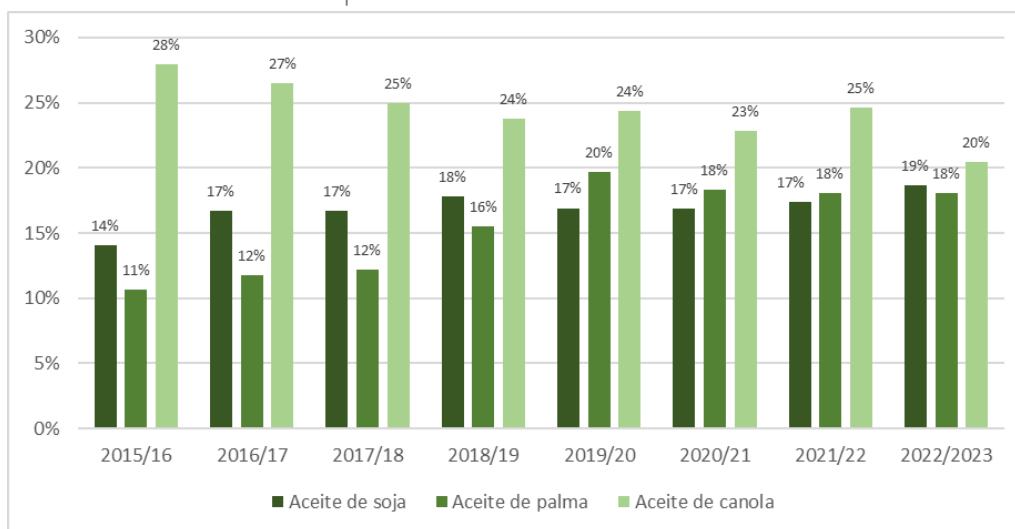


Fuente: Elaborado con base en Torroba y Orozco 2022.

Los países que producen biodiésel principalmente a partir de aceite de soja son Estados Unidos, Argentina, Brasil y los de la UE. El aceite de canola, como insumo para su elaboración, se encuentra muy difundido en la UE, mientras que el de palma es muy utilizado en Colombia, Indonesia y el resto del sudeste asiático.

En 2022 el 20 % de la producción mundial de aceite de canola, así como el 19 % del de aceite de soja y el 18 % del de aceite de palma se destinaron a la producción de biodiésel¹⁰.

Figura 24. Porcentaje de la producción mundial de aceite de palma, soja y colza destinado a la producción de biodiésel.



Fuente: Elaborado con base en Torroba y Orozco 2022 y USDA 2023c.

¹⁰ Se estima que aproximadamente el 80 % de los aceites usados recuperados se destinan a la producción de biodiésel.

Anexo I. Producción de biocombustibles (en miles de m³).

Año	Producción de biodiésel	Producción de bioetanol	Producción de biocombustibles
2013	30 623	90 019	120 641
2014	33 927	95 558	129 485
2015	32 020	99 896	131 916
2016	36 920	100 404	137 324
2017	40 764	102 954	143 718
2018	44 617	109 677	154 294
2019	50 751	112 619	163 370
2020	50 128	101 249	151 377
2021	55 784	104 815	160 599
2022	57 157	108 210	165 367

Anexo II. Consumo de biocombustibles (en miles de m³).

Año	Consumo de biodiésel	Consumo de bioetanol	Consumo de biocombustibles
2013	29 220	87 482	116 702
2014	36 055	91 687	127 742
2015	33 296	99 450	132 746
2016	37 987	99 922	137 909
2017	39 396	100 262	139 658
2018	44 182	106 363	150 545
2019	48 929	110 981	159 911
2020	49 943	96 662	146 605
2021	52 888	102 585	155 473
2022	55 367	105 642	161 009

Anexo III. Mandatos de biodiésel y bioetanol por país, volumen en volumen (salvo aclaraciones) en 2022.

Estado	Mandato de bioetanol	Mandato de biodiésel	Comentario
Alemania	5.29 %	8 %	Su objetivo es lograr una reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del 8 %. Establecen un límite en el uso de biocombustibles convencionales de 4.4 %, un porcentaje de uso de biocombustibles a base de UCO y grasa animal de 1.9 % y otro de biocombustibles avanzados de 0.3 %. Se indica la mezcla efectiva de bioetanol y biodiésel para 2021.
Angola	10 %	0 %	
Argentina	12 %	7.5 %	Mediante la nueva Ley de Biocombustibles 27640, aprobada a mediados de 2021, se estableció una tasa de mezcla obligatoria para el bioetanol de 12 %, cuya mitad (6 %) sería suministrada por la industria de la caña de azúcar y la otra mitad (6 %), por la del maíz. Si el Gobierno lo considera necesario, la parte derivada del etanol de maíz se puede reducir hasta la mitad, es decir, hasta un mínimo de 3 %. Con respecto al biodiésel, se fijó una tasa de mezcla con el diésel de un mínimo de 5 %, que se puede reducir a 3 % cuando los precios de la materia prima aumenten, para considerar que distorsionan los precios de los combustibles. En junio de 2022 se aprobó una resolución que aumentó el mandato de mezcla a 7.5 %.
Australia	1.1 %	0.1 %	Se carece de un mandato de mezcla nacional; sin embargo, dos estados cuentan con una norma para ambos biocombustibles. Se expresa la tasa de mezcla efectiva actual.
<i>Australia (Nueva Gales del Sur)</i>	6 %	5 %	Se aplica una serie de excepciones, por lo que la mezcla efectiva es menor. En 2020 fue de 2.1 % para ambos biocombustibles.
<i>Australia (Queensland)</i>	4 %	0.5 %	En 2020 las mezclas efectivas fueron de 1.5 % para el bioetanol y de 0.1 % para el biodiésel.
Austria	3.4 %	6.3 %	Se expresa en porcentaje de energía contenida, con un objetivo de 0.2 % de biocombustibles avanzados y una reducción de intensidad de emisiones de GEI de los combustibles de -6 %. Establecen un límite en el uso de combustibles convencionales de 7 %.
Bélgica	5.7 %	5.7 %	Se expresa en porcentaje de energía contenida, con un objetivo general de 10.5 % y una doble contabilización de un máximo de 0.95 %

Bolivia	10 %	0 %	Aunque en el país se comercializan las gasolinas E12 y E8 y no existe ningún mandato en torno al etanol, se han implementado varias medidas para promover la producción y comercialización del combustible de etanol. En 2017 el Gobierno destacó los beneficios de una política nacional sobre dicho producto (una mezcla potencial del 15 % con gasolina) en términos de crecimiento económico, una menor importación de gasolina y la reducción de las emisiones de GEI.
Brasil	27 %	12 %	Con respecto al biodiésel, el mandato permanecía en B10 hasta la reciente modificación a B12 de abril de 2023.
Bulgaria	9 %	6 %	Se expresa en porcentaje volumétrico. Para el biodiésel se establece que el mandato de 6 % sea 5 % de biodiésel de primera generación y 1 % de biodiésel avanzado. Al mismo tiempo, se establece un límite de 7 % para biocombustibles convencionales y un mandato de 0.05 % para biocombustibles avanzados.
Canadá	5 %	2 %	Seis provincias establecen mandatos de biocombustibles, con rangos para el bioetanol de entre 5 % y 10 % y para el biodiésel de entre 2 % y 5 %.
<i>Canadá (Alberta)</i>	5 %	2 %	
<i>Canadá (Columbia Británica)</i>	5 %	4 %	
<i>Canadá (Manitoba)</i>	10 %	5 %	
<i>Canadá (Ontario)</i>	10 %	4 %	
<i>Canadá (Saskatchewan)</i>	7.5 %	2 %	
<i>Canadá (Quebec)</i>	10 %	3 %	
China	1.8 %	0.2 %	Existe un mandato de E10 sobre el papel; no obstante, permanece no oficialmente suspendido a raíz de la coyuntura de la pandemia global. En 2019 siete provincias y ciudades habían implementado por completo la mezcla E10, mientras que otras cinco habían implementado parcialmente la E10 en distintos niveles. Otras tres provincias lanzaron programas piloto en algunas ciudades, pero estos se redujeron o suspendieron. En el caso del biodiésel solo Shanghai implementa un programa de B5. Se indica la tasa de mezcla nacional estimada para 2022.

Chipre	14 %	14 %	En 2023 se eliminaron los mandatos expresados en porcentajes generales y en energía contenida. Se mantiene un objetivo de biocombustibles avanzados de 0.2 % y un objetivo de reducción de intensidad de los GEI de los combustibles de -6 %. Se indican los porcentajes generales vigentes a 2022.
Colombia	4 %	10 %	El 31 de marzo de 2021 el Gobierno colombiano emitió una resolución de emergencia para disminuir el mandato de mezcla de etanol de E10 a E4 a partir del 1 de abril y hasta junio de dicho año. Posteriormente, el mandato de mezcla debía aumentar de forma gradual hasta E10 a finales de 2021; sin embargo, el Ministerio de Minas y Energía ha emitido nuevas resoluciones para disminuir el mandato de mezcla de etanol que no ha vuelto a E10 desde marzo de 2021. El último mandato vigente fue de E4. El mandato del biodiésel se estableció en 10 % a partir de marzo de 2022.
Corea del Sur	0 %	3 %	
Costa Rica	8 %	5 %	El rango correspondiente al bioetanol es de 0 % a 8 %, mientras que el del biodiésel es de 0 % a 5 %. En 2020 el consumo de ambos biocombustibles fue de 0 % en combustibles fósiles. El país está trabajando para aplicar una mezcla de bioetanol en gasolinas del 10 %, tentativamente para 2024.
Croacia	1 %	7.49 %	Se expresa en porcentaje de energía contenida. Presenta un porcentaje general para biocombustibles de 8.81 %, una doble contabilización para biocombustibles avanzados y a base de residuos, un objetivo para los biocombustibles avanzados de 0.2 % y una reducción de intensidad de GEI de los combustibles de -6 %.
Dinamarca	7.6 %	7.6 %	En 2023 Dinamarca eliminó los porcentajes generales definidos en energía contenida. En la actualidad se establece un porcentaje de combustibles avanzados de 0.2 % y se prohíben los biocombustibles a base de palma y soja. El porcentaje de reducción de intensidad de GEI de los combustibles es de -3.4 %. Se presentan los porcentajes generales anteriores.
Ecuador	5 %	5 %	En Ecuador existe una mezcla de bioetanol del 5 %. La distribución y comercialización de la gasolina con etanol se basa en la oferta de etanol anhidro producido nacionalmente. En este caso, la más comercializada es la mezcla E5 en la gasolina denominada Ecopaís.

Eslovaquia	9 %	6.9 %	Se establecen como mezclas mínimas para ambos biocombustibles expresadas en porcentajes volumétricos, a la vez que se fija un porcentaje general de 8.6 %, expresado en porcentajes de energía contenida. El porcentaje para biocombustibles de segunda generación es de 0.5 %. También se efectúa una doble contabilización, en conjunto con un porcentaje de reducción de intensidad de GEI de los combustibles de -6 %.
Eslovenia	10.1 %	10.1 %	Se expresan como porcentajes generales de energía contenida. Se realiza una doble contabilización en los casos de biocombustibles a partir de desechos, residuos, materias celulósicas no alimentarias y materias lignocelulósicas. El límite para biocombustibles convencionales es de 7 % y el porcentaje de reducción de intensidad de GEI es de -6 %. Existe un objetivo para biocombustibles avanzados de 0.2 %.
España	10.5 %	10.5 %	Se trata de porcentajes generales. Se expresan en porcentaje de energía contenida. Se efectúa una doble contabilización y se establece un objetivo para biocombustibles avanzados de 0.3 %. El límite para biocombustibles convencionales es de 3.5 % y el porcentaje de reducción de intensidad de GEI es de -6 %.
Estados Unidos	10.5 %	5.67 %	El E10 es la mezcla más utilizada. También hay E15 y E85 en distintos lugares del país. Los estados subnacionales tienen distintos niveles de mezclas alternativas.
<i>Estados Unidos (Pensilvania)</i>	10 %	2 %	
<i>Estados Unidos (Luisiana)</i>	2 %	2 %	
<i>Estados Unidos (Massachusetts)</i>	0 %	15 %	El mínimo de 15 % de biodiésel se aplicará cuando la Oficina de Vehículos de la Mancomunidad y otras agencias especializadas en el tema determinen que dicho objetivo de mezcla es apropiado. Las agencias pueden solicitar exenciones en ciertos casos, por ejemplo, si demuestran que el combustible alternativo no se encuentra a una distancia apropiada, su precio es prohibitivo, etc.
<i>Estados Unidos (Minnesota)</i>	10 %	20 %	El mandato del biodiésel varía entre 5 % y 20 %, de acuerdo con la estación del año.
<i>Estados Unidos (Misuri)</i>	10 %	0 %	
<i>Estados Unidos (Nuevo México)</i>	0 %	5 %	

<i>Estados Unidos (Oregón)</i>	10 %	5 %	
<i>Estados Unidos (Washington)</i>	2 %	2 %	
Estonia	7.5 %	7.5 %	Se usan porcentajes generales de energía contenida. Está exento de obligaciones de mezcla. Se utiliza gasolina RON 98. El objetivo para los biocombustibles avanzados es de 0.5 % y el límite para los biocombustibles convencionales es de 2.5. El porcentaje de reducción de intensidad de GEI de los combustibles es de -6 %. Se efectúa una doble contabilización.
Etiopía	10 %	0 %	
Filipinas	10 %	2 %	
Finlandia	13.5 %	13.5 %	Se usan porcentajes generales de energía contenida. El objetivo para biocombustibles avanzados es de 2 % y el límite para biocombustibles convencionales es de 2.6 %.
Francia	8.6 %	8 %	Son objetivos expresados en porcentaje de energía contenida. Se realiza una doble contabilización para los biocombustibles celulósicos y elaborados a partir de desechos y de las materias primas enumeradas en el anexo IX de la Directiva 2009/28/EC, excepto el aceite de pino y la brea de aceite de pino. El objetivo de los biocombustibles avanzados en etanol fue de 1.2 %, mientras que el del biodiésel fue de 0.4 %. El porcentaje de reducción de intensidad de GEI de los combustibles es -10 %. El uso de mezcla E85 está muy difundida en el país.
Grecia	3.3 %	7 %	Se expresa como porcentaje de energía contenida en el caso del bioetanol y en porcentaje volumétrico, en el caso del biodiésel. Se establece un objetivo de biocombustibles avanzados de 0.2 % para el biodiésel.
Guatemala	5 %	0 %	El Gobierno aprobó una norma que fija una mezcla mínima de bioetanol del 5 % a partir de enero de 2025.
Hungría	6.1 %	8.4 %	Se expresa en porcentaje de energía contenida. Se realiza una doble contabilización para los biocombustibles elaborados a partir de residuos, aceite de cocina usado o grasa animal. El objetivo de los biocombustibles avanzados es de 0.2 %, mientras que la reducción de intensidad de GEI de los combustibles es de -6 %.

India	10.2 %	0.07 %	Dentro del Programa Ethanol Blended Petrol la Política de Biocombustibles fija un objetivo E20 tentativo para el 2025. En la actualidad está en vigor un objetivo de etanol de E10. El nivel de mezcla estimada para 2022 fue de 10.2 %. En el caso del biodiésel, se establece un objetivo de 5 % para 2030; no obstante, la mezcla final estimada en 2022 fue de tan solo 0.07 %.
Indonesia	0 %	35 %	Con respecto al biodiésel, en 2022 el porcentaje de mezcla aumentó a 35 %. El país posee mandatos de bioetanol de 5 % en el transporte de la Public Service Obligation (PSO) y del 10 % en el transporte no perteneciente a la PSO, pero aún no se han implementado.
Irlanda	17 %	17 %	Son porcentajes generales, expresados en porcentaje volumétrico del total de combustible utilizado. Se efectúa una doble contabilización en el caso de los biocombustibles elaborados a partir de aceite vegetal usado y grasa animal. El objetivo de los biocombustibles avanzados es de 0.3 %, mientras que el de reducción de intensidad de GEI de los combustibles es de -6 %.
Italia	0.5 %	10 %	Con respecto al bioetanol se definió un mandato de mezcla de 0.5 % para 2023, mientras que el biodiésel permanece bajo el régimen de porcentajes generales expresados en energía contenida, el cual es de 10 %. El objetivo de biocombustibles avanzados es de 3.4 %, del cual 2.3 % es de biometano avanzado. Se realiza una doble contabilización en el caso de los combustibles avanzados. La reducción de intensidad de GEI de los combustibles es de -6 %.
Jamaica	10 %	0 %	
Japón	1.9 %	0 %	El único compromiso de Japón en materia de biocombustibles para el transporte es un mandato <i>de facto</i> de 500 000 000 L de equivalente de petróleo crudo 1 (LOE) para el transporte por carretera, vigente hasta el año fiscal 2022. Para cumplir este objetivo, Japón utiliza el éter metil terbutílico (ETBE), derivado del bioetanol, que las refinerías de petróleo japonesas mezclan con la gasolina. La gasolina mezclada con bio-ETBE, distribuida ampliamente, se utiliza con mucho mayor frecuencia que la gasolina E3. Existen dos métodos para mezclar bioetanol con gasolina: la mezcla directa y el ETBE. La industria petrolera de Japón promueve el método ETBE. Se indica la mezcla final pronosticada para 2022.

Kenia	10 %	0 %	Se aplica un mandato E10 en la provincia de Kisumu.
Letonia	9.5 % y 5 %	6.5 %	Letonia suspendió las obligaciones de mezcla a partir de julio de 2022. Desde entonces, son voluntarias. La reducción de intensidad de GEI de los combustibles es de -6 %, mientras que el límite de biocombustibles convencionales es de 7 %. Se indican los mandatos de mezcla vigentes anteriormente.
Lituania	7.2 %	7.2 %	Se expresan en energía contenida. Existen un objetivo de biocombustibles avanzados de 0.4 %, un límite de biocombustibles convencionales de no más de 1 % por encima del total de 2020 y un límite de biocombustibles a base de aceite de cocina usado y grasas animales de 1.7 %. La reducción de intensidad de GEI de los combustibles es de -6 %.
Luxemburgo	7.7 %	7.7 %	Son porcentajes generales, expresados en energía contenida. Los porcentajes son 7.7 % antes del doble conteo y 9.7 % luego del doble conteo. Los biocombustibles avanzados deben ser de al menos 50 % después del doble conteo. El límite de biocombustibles convencionales es de 5 %. La reducción de intensidad de GEI de los combustibles es de -6 %.
Malasia	0 %	10 %	Se había planificado ampliar el mandato del biodiésel, a fin de lograr en el primer trimestre de 2020 una mezcla de 20 %; sin embargo, a consecuencia de la pandemia, dicho plan se retrasó.
Malawi	0 %	0 %	La aplicación del mandato depende de la disponibilidad.
Malta	10 %	10 %	Hasta 2023 no se ha establecido ningún mandato. El objetivo para biocombustibles avanzados es de 0.2 %. Se indican los porcentajes generales definidos previamente.
México	5.8 %	0 %	No son mandatorios.
Mozambique	10 %	0 %	
Noruega	24.5 %	24.5 %	Se trata de porcentajes generales de energía contenida, de los cuales el 9 % corresponde a avanzados. Los biocombustibles avanzados se contabilizan al doble de su volumen, creando una tasa de mezcla efectiva de 12.25 % a 15.5 %.
Nueva Zelanda	10 %	7 %	No son mandatorios. En el caso del biodiésel, se presenta un rango de entre 5 % y 7 %.

Países Bajos	18.9 %	18.9 %	Se trata de porcentajes generales de energía contenida. El porcentaje de avanzados es de 2.4 %. El límite para biocombustibles convencionales es de 1.4 % y de 0 % para aquellos derivados de la palma y la soja, salvo las certificaciones correspondientes. Se efectúa una doble contabilización, con la posibilidad de realizar un doble conteo de biocombustibles a partir de desechos y residuos. La reducción de la intensidad de GEI de los combustibles es de -6 %.
Paraguay	25 %	2 %	Con respecto al biodiésel, Paraguay estableció un objetivo de incremento gradual anual de 1 % a partir de 2020; sin embargo, esta resolución fue derogada.
Perú	7.8 %	5 %	
Polonia	3.2 %	5.2 %	Son porcentajes de energía contenida. Existe un mandato general de 8.9 % y se lleva a cabo una doble contabilización. El objetivo de biocombustibles avanzados es de 0.1 %.
Portugal	11.5 %	11.5 %	Se trata de porcentajes generales de energía contenida. El objetivo en torno a los biocombustibles avanzados es de 0.7 %. Se realiza una doble contabilización y se establece un límite de 7 % para los biocombustibles convencionales.
Reino Unido	10 %	7 %	El E10 constituye el grado estándar de bioetanol mezclado en la gasolina y comercializado en el ámbito local. No se ha establecido ningún mandato.
República Checa	4.1 %	6 %	República Checa implementó los mandatos de mezcla voluntarios desde 2022. La obligación de reducción de emisiones de GEI es de -6 %. Se efectúa una doble contabilización para los biocombustibles elaborados a base de aceite de cocina usado y grasas animales clasificadas en las categorías 1 y 2, de conformidad con el Reglamento (EC) n.º 1069/2009, considerando su bajo riesgo en cuanto al cambio en el uso de la tierra. Además, existe un objetivo de 0.22 % en biocombustibles avanzados derivados de biometano. Se indican los mandatos anteriores.
Rumanía	8 %	6.5 %	Se presenta un porcentaje general de 10 %. Se trata de porcentajes de energía contenida. Se realiza una doble contabilización.
Sudáfrica	2 %	5 %	En el caso del bioetanol, se establece un rango de 2 % a 10 %.
Sudán	5 %	0 %	
Suecia	6.34 %	29.79 %	La obligación de reducción de emisiones de GEI es de al menos 7.8 % para la gasolina y de 30.5 % para el diésel. Se indica la mezcla final de 2021.

Tailandia	10 %	10 %	No se estableció ninguna mezcla obligatoria de bioetanol, sino un objetivo de consumo de 2 700 000 000 L para 2037. Se utilizan tres tasas de mezcla: E10, E20 y E85. En el caso del biodiésel sí existe un mandato obligatorio, del que están excluidos el diésel utilizado en la industria y la agricultura. Aunque en 2021 el mandato permaneció en 10 %, en octubre se redujo a 5 % por medio de un mandato gubernamental.
Turquía	3 %	0 %	Hasta 2020 estuvo en vigencia un mandato del 3 %, que en 2021 fue suspendido debido a los efectos en el consumo de la pandemia.
Ucrania	7 %	0 %	La Ley sobre Tipos Alternativos de Combustible de 2000, modificada en 2014, establece objetivos para el sector del transporte (mezcla obligatoria de bioetanol de 7 % a partir de 2016). Actualmente estas disposiciones no se aplican. Ucrania ha empezado a utilizar el estándar de combustible Euro 5, en el que se prevé la adición de 5 % de biocombustible. Dicha norma incluye rangos de 0 % a 5 %. En la actualidad dicho combustible se vende casi sin bioaditivos.
Unión Europea	6.3 %	7.2 %	Se indica la mezcla final estimada para 2022.
Uruguay	8.5 %	0 %	El mandato vigente de biodiésel fue derogado en 2022.
Vietnam	5 %	0 %	Desde 2015, según una disposición normativa, se comercializan mezclas E5 en siete provincias. Se planteó un objetivo de E10 para 2017, pero aún no se ha ejecutado.
Zambia	10 %	5 %	
Zimbabue	10 %	0 %	Presenta un rango de 5 % a 20 %, de acuerdo con los niveles de producción locales.

Bibliografía de consulta

- AMIS (Agricultural Market Information System, Italia). 2023. Market Database (en línea). Roma. Consultado 30 sep. 2023. Disponible en <https://app.amis-outlook.org/#/market-database/supply-and-demand-overview>.
- DMRE (Departamento de Recursos Minerales y Energía, Sudáfrica). 2022. Ley n.º 1977: Ley de Productos del Petróleo (en línea). Consultado 10 oct. 2023. Disponible en https://www.gov.za/sites/default/files/gcis_document/202103/44265rg11257gon211.pdf.
- DOE (Departamento de Energía de los Estados Unidos). 2023. Alternative fuels and advanced vehicles (en línea). Washington D. C. Consultado 30 sep. 2023. Disponible en <https://afdc.energy.gov/fuels>.
- ePURE (European Renewable Ethanol, Bélgica). 2023. Overview of biofuels policies and markets across the EU (en línea). Bruselas. Consultado 10 oct. 2023. Disponible en <https://www.epure.org/wp-content/uploads/2023/02/230227-DEF-REP-Overview-of-biofuels-policies-and-markets-across-the-EU-February-2023-1.pdf>.
- IATA (Asociación Internacional de Transporte Aéreo, Canadá). 2023. IATA: chart of the week (en línea). Montreal. Consultado 20 oct. 2023. Disponible en <https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/sustainable-aviation-fuel-output-increases-but-volumes-still-low/>
- OIA (Organización Internacional del Azúcar, Reino Unido). 2023. Ethanol yearbook 2023 (en línea). Londres. Consultado 10 oct. 2023. Disponible en <https://www.isosugar.org/publication/341/iso-ethanol-yearbook-2023>.
- Sandquist, J. 2022. The status of biofuels in Norway and around the world, 2022 (en línea, blog). SINTEFblog. Consultado 10 oct. 2023. Disponible en <https://blog.sintef.com/sintefenergy/status-of-biofuels-in-norway-and-worldwide-2022/#:~:text=Norway%20ruled%20that%204.5%25%20of,fuels%20must%20be%20advanced%20biofuels>.
- The Digest's biofuels mandates around the world 2023 (en línea). 2023. The Daily Digest. Consultado 10 oct. 2023. Disponible en <https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2023/01/02/the-daily-digests-biofuels-mandates-around-the-world-2023/>.
- Torroba, A. 2021. Biocombustibles líquidos: institucionalidad y formulación de políticas públicas (en línea). San José, Costa Rica, IICA. 113 p. Consultado 10 oct. 2023. Disponible en <https://repositorio.iica.int/handle/11324/18566>.

- Torroba, A. 2023. Descarbonizando los cielos: biocombustibles sostenibles de aviación (en línea). San José, Costa Rica, IICA. 115 p. Consultado 10 oct. 2023. Disponible en <https://repositorio.iica.int/handle/11324/21441>.
- Torroba, A; Orozco, R. 2022. Atlas de los biocombustibles líquidos 2021-2022 (en línea). San José, Costa Rica, IICA. 44 p. Consultado 10 oct. 2023. Disponible en <https://repositorio.iica.int/handle/11324/21328>.
- USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos). 2023a. Biofuels: data and analysis (en línea). Washington D. C. Consultado 10 oct. 2023. Disponible en https://www.fas.usda.gov/data/search?reports%5B0%5D=report_commodities%3A5.
- USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos). 2023b. European Union: biofuel mandates in the EU by member state - 2023 (en línea). Berlín, Alemania. Consultado 10 oct. 2023. Disponible en <https://www.fas.usda.gov/data/european-union-biofuel-mandates-eu-member-state-2023>.
- USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos). 2023c. Oilseeds: world markets and trade (en línea). Washington D. C. Consultado 10 oct. 2023. Disponible en <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/oilseeds.pdf>.
- van Dyk, S; Saddler, J. 2021. Progress in commercialization of biojet/sustainable aviation fuels (SAF): technologies, potential and challenges (en línea). IEA Bioenergy. Consultado 2 sep. 2022. Disponible en <https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2021/06/IEA-Bioenergy-Task-39-Progress-in-the-commercialisation-of-biojet-fuels-May-2021-1.pdf>.

