

Panorama Energético de los Biocombustibles en el Ecuador

Ramos Rivadeneira Antony Cristofer¹

ancris.2r@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0008-5443-7124>

Instituto Superior Central Técnico
Quito-Ecuador

Carrillo Castellanos Diego Santiago

diegoscc18@yahoo.com

<https://orcid.org/0009-0007-0050-9607>

Instituto Superior Central Técnico
Quito-Ecuador

Cedeño Cedeño Ricardo Javier

rjcedenoc@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0000-8406-6725>

Investigador Independiente
Quito-Ecuador

Ramos Rivadeneira Jissel Catalina

jiss_ra97@outlook.es

<https://orcid.org/0009-0007-4589-8538>

Investigador Independiente
Quito-Ecuador

RESUMEN

En el marco del crecimiento global hacia fuentes de energía más sostenibles, Ecuador emerge como un país con un potencial considerable en la producción y utilización de biocombustibles. Este estudio se sumerge en la evolución histórica y el potencial de los biocombustibles dentro del complejo contexto energético de Ecuador, una nación caracterizada tanto por su biodiversidad como por su creciente dependencia de las importaciones de derivados del petróleo. A través de una revisión exhaustiva de la literatura, se delinean las políticas gubernamentales y las colaboraciones interinstitucionales destinadas a fomentar la adopción de energías limpias. Se identifican y examinan detalladamente seis materias primas clave para la producción de biocombustibles, enfatizando en el balance entre explotación energética, soberanía alimentaria y sostenibilidad medioambiental. Los hallazgos del estudio revelan un compromiso palpable hacia las energías renovables. Sin embargo, también se destaca la imperiosa necesidad de políticas más consistentes, alianzas estratégicas y una planificación más robusta. A pesar de los avances, queda evidente que Ecuador aún tiene desafíos pendientes en su camino hacia una matriz energética más verde, y se recomienda la realización de investigaciones adicionales para profundizar en áreas no resueltas y descubrir nuevas oportunidades en el ámbito de los biocombustibles.

Palabras clave: *biocombustibles; energías; matriz; Ecuador*

¹ Autor principal

Correspondencia: ancris.2r@gmail.com

Energy Overview of Biofuels in Ecuador

ABSTRACT

Within the framework of global growth towards more sustainable energy sources, Ecuador emerges as a country with considerable potential in the production and use of biofuels. This study delves into the historical evolution and potential of biofuels within the complex energy context of Ecuador, a nation characterized by both its biodiversity and its growing dependence on imports of oil derivatives. Through an exhaustive review of the literature, government policies and inter-institutional collaborations aimed at promoting the adoption of clean energies are outlined. Six key raw materials for biofuel production are identified and examined in detail, emphasizing the balance between energy exploitation, food sovereignty, and environmental sustainability. The study's findings reveal a tangible commitment to renewable energies. However, the pressing need for more consistent policies, strategic alliances, and more robust planning is also highlighted. Despite progress, it is evident that Ecuador still faces challenges on its path to a greener energy matrix, and further research is recommended to delve into unresolved areas and uncover new opportunities in the field of biofuels.

Keywords: *biofuels; energies; matrix; Ecuador*

Artículo recibido 20 julio 2023

Aceptado para publicación: 26 agosto 2023

INTRODUCCIÓN

En medio del cambiante escenario energético global, que busca urgentemente soluciones sostenibles ante los desafíos medioambientales y económicos, surge el panorama de los biocombustibles en Ecuador como un tema crucial para analizar. No obstante, el auge del uso de biocombustibles tiene una naturaleza cíclica: irrumpen en la escena económica y académica con vigor, pero tienden a desvanecerse al alcanzar sus límites de aplicación práctica o reflexión teórica. Esta fluctuación es particularmente evidente cuando se intenta reemplazar costumbres y prácticas que están profundamente arraigadas en la sociedad (Cruel y Vernaza, 2022). Por ello, la adopción de biocombustibles no solo enfrenta desafíos tecnológicos y económicos, sino que también debe superar estereotipos y barreras socioculturales.

A pesar de la importancia creciente de los biocombustibles en el escenario energético mundial, en el Ecuador aún existe un mercado vacío en cuanto a la investigación y comprensión profunda de este tema. Mientras que otras naciones han avanzado en su estudio y aplicación de biocombustibles, consolidando políticas y estrategias claras, en el contexto ecuatoriano persiste una falta de información detallada, análisis y discusión que permita a los interesados, desde académicos hasta tomadores de decisiones, comprender plenamente sus potenciales beneficios, retos y repercusiones (Calderón Llor et al., 2017). Esta carencia no solo limita la posibilidad de adoptar biocombustibles como una alternativa energética viable, sino que también restringe el desarrollo de iniciativas locales y la potencial atracción de inversión en este sector. Es imperativo, por tanto, abordar esta laguna en el conocimiento para posicionar al Ecuador en una ruta hacia la sostenibilidad energética y la diversificación de su matriz energética.

En la actualidad, se ha vuelto crucial estudiar la temática de biocombustibles en el contexto ecuatoriano, especialmente al considerar la paradoja energética del país. Según Cullispuma y Nieto (2020), a pesar de que Ecuador es un exportador de petróleo, mantiene una dependencia significativa en la importación de sus derivados, siendo el sector transporte uno de los principales consumidores. La alarma se intensifica al proyectar que las reservas de petróleo del país podrían agotarse en 2035, lo que empuja a muchos gobiernos a proponer el uso de biocombustibles como una posible solución a la inminente crisis energética.

No obstante, la urgencia de esta transición no es solo una cuestión de recursos finitos. Pascual y Sanz (2022), destaca que el cambio de paradigma hacia un modelo energético más sostenible y la transición ecológica conllevan una serie de desafíos más amplios que van más allá de simplemente cuantificar emisiones. Se trata de una democratización y una soberanía energéticas, buscando una mayor participación de todos los sectores sociales. Esta transformación también implica la diseminación de centros de producción, la aparición de la figura del "prosumidor" (productor y consumidor) y, crucialmente, la electrificación del sector transporte. Todo ello requiere una profunda adaptación del sistema energético y pone el foco en distintos aspectos, que no solo afectan la infraestructura, sino también la economía y la cultura de la nación. Por tanto, abordar el estudio de los biocombustibles se convierte en un paso esencial en esta evolución hacia un futuro más sostenible y resiliente para Ecuador.

La creciente preocupación global por la sostenibilidad y la conservación medioambiental ha llevado a una reconsideración de las fuentes de energía tradicionalmente empleadas. En este contexto, los biocombustibles emergen como una opción potencialmente más sostenible y amigable con el medio ambiente. Gracia (2021) señala la significativa transformación que ha experimentado Ecuador en cuanto al uso y distribución de energías renovables, indicando que el país ha alcanzado una generación del 85% de su energía a partir de estas fuentes. Estos cambios estructurales demuestran un compromiso firme hacia el aprovechamiento de las fuentes de energía renovable y subrayan la capacidad del país para adaptarse y liderar en este ámbito.

Sin embargo, las implicaciones de los biocombustibles no se limitan únicamente al ámbito medioambiental. Según realizado por Paredes et al. (2020), referente a México, el potencial de producción de biocombustibles puede ofrecer no solo oportunidades para cumplir con estándares internacionales, sino también impulsar el desarrollo social de una manera respetuosa con el medio ambiente. Aunque los elementos macroambientales y sus impactos en el mercado de biocombustibles se presentan como desafiantes, estos pueden ser modificados de acuerdo con cómo los biocombustibles se integren en los mercados locales.

Extrapolando este conocimiento al contexto ecuatoriano, es evidente que el país no solo se beneficia medioambientalmente de la transición a los biocombustibles, sino que también tiene la

posibilidad de fortalecer su economía y fomentar el desarrollo social (Calderón Loor et al., 2017). No obstante, es crucial tener en cuenta las complejidades y desafíos asociados con la inserción de los biocombustibles en el mercado local y considerar factores como la adaptabilidad, la aceptación social y las políticas de implementación.

Los biocombustibles representan una opción prometedora en la búsqueda de alternativas energéticas más sostenibles y limpias. Sin embargo, su desarrollo y viabilidad dependen en gran medida de las materias primas utilizadas para su producción. Jiménez (2020), señala que, en la literatura existente, se ha identificado una distinción entre biocombustibles de primera y segunda generación, dependiendo de la materia prima de la que se derivan. En el contexto ecuatoriano, el aceite de Higuierilla y el de la Palma Africana emergen como las principales fuentes de obtención de biocombustibles, aludiendo a la biodiversidad y características geográficas del país que favorecen el cultivo de estas plantas. Estos aceites vegetales, cuando son procesados adecuadamente, pueden producir biocombustibles que tienen la capacidad de funcionar en motores tradicionales con mínimas modificaciones.

Sin embargo, es esencial considerar el panorama más amplio de Latinoamérica, donde otras materias primas, como el maíz, la caña de azúcar, las conchas de maní y café, también han sido identificadas como fuentes potenciales de biocombustibles. Estas variedades de materias primas reflejan la diversidad agrícola y los recursos naturales disponibles en la región, y su consideración es esencial para una estrategia regional de biocombustibles (William Jiménez, 2020).

El panorama de los biocombustibles ha sido objeto de estudios y análisis diversos, tanto en el contexto regional como global. Específicamente, en el ámbito de certificaciones de biocombustibles, un estudio realizado por Santos e Espitia (2023)

pone de manifiesto la importancia de establecer y comprender diferentes esquemas de certificación. Su trabajo se centró en identificar los beneficios y desafíos asociados a las normas de certificación, y en cómo estas pueden ser determinantes en diferenciar productos sustentables de aquellos que no lo son. Esta investigación concluyó que las certificaciones, además de ser un instrumento esencial para la diferenciación en el mercado de los biocombustibles, actúan como

incentivos para fomentar la producción sustentable, al tiempo que sugieren mejoras en el proceso de certificación, tomando como referencia el contexto mexicano.

Por otro lado, en el caso específico de Ecuador, la política fiscal y el cambio en la matriz productiva, analizado por Proaño y Pérez (2019), ofrece una perspectiva detallada sobre cómo el país ha evolucionado en su enfoque hacia la producción y diversificación energética. Este estudio resalta los logros en la diversificación productiva y en la generación de valor agregado, especialmente en sectores como los biocombustibles, refinería, y petroquímica. Además, se identifican los sectores estratégicos que podrían ser de interés para el futuro desarrollo económico de Ecuador. Sin embargo, pese a los avances logrados, el estudio concluye que, aunque la política de cambio de la matriz productiva fue adecuada, faltó una difusión más amplia y un mayor apoyo al emprendimiento en el país.

Estos estudios, en conjunto, proporcionan una visión integral sobre la situación de los biocombustibles, desde el proceso de certificación hasta la implementación de políticas a nivel nacional, y destacan la importancia de considerar múltiples dimensiones al abordar el desarrollo de este sector energético.

El contexto social, cultural y legal en Ecuador, reflejado en la disolución del Congreso y los cambios políticos, dejó en el olvido el proyecto de ley que buscaba impulsar la producción y uso de biocombustibles (Cruel y Vernaza, 2022). A nivel global, como indicó con Cullispuma y Nieto (2020), a pesar de los esfuerzos en muchos países para fomentar los biocombustibles, su participación en el mercado de transporte por carretera sigue siendo baja, lo que resalta la complejidad de la transición hacia fuentes de energía más sostenibles. Además, según los hallazgos de Molina y Velarde (2018), la factibilidad técnica y económica de producir biodiesel y bioetanol en Ecuador a partir de diversas materias primas es un aspecto importante para considerar en la formulación de políticas y estrategias de energía sostenible en el país.

Por tanto, en este artículo, exploraremos a fondo el panorama energético de los biocombustibles en Ecuador, examinando tanto su estado actual como sus perspectivas futuras. Nuestra investigación se enfocará en aspectos clave, tales como la producción, regulación, impacto ambiental y el potencial de los biocombustibles para contribuir a la sostenibilidad energética en

el contexto ecuatoriano. A través de este análisis, buscamos proporcionar una visión comprehensiva que sirva como guía para académicos, tomadores de decisiones y todos los interesados en el futuro de la matriz energética de Ecuador.

METODOLOGÍA

En este apartado se espera que los autores desarrollen una descripción breve de la metodología utilizada: Por ejemplo, dando a conocer si el enfoque es cuantitativo o cualitativo, o quizás mixto.

El tipo de investigación, pudiendo ser exploratorio, descriptivo, relacional, explicativo, predictivo o aplicativo, o según sea la clasificación que utilice su autor de base.

También es importante exponer el diseño utilizado, si fue observacional o experimental; transversal o longitudinal; fenomenológico; constructivista, u otra.

Indicar la población de estudio, los informantes claves o la muestra y el sistema de muestreo según correspondan.

Las técnicas de recolección o producción de datos, por ejemplo, en lo cuantitativo se pudo dar valer del censo, la encuesta, la observación estructurada u otros. En lo cualitativo sobresalen las entrevistas, la revisión documental, la observación etnográfica, etc. Es importante recalcar, que se debe también mencionar el instrumento de recolección y/o los materiales de apoyos utilizados para la producción de datos en cada caso, como la guía de entrevista, de observación, la bitácora, entre otros.

Otros elementos que exponer en este apartado son las Consideraciones éticas, los Criterios de Inclusión y Exclusión; y las limitaciones si fuese el caso.

Estos elementos sugeridos permitirán a los lectores conocer las estrategias metodológicas, además de valorar su rigor y coherencia, así como la replicabilidad de los procedimientos y del estudio.

La metodología empleada en este estudio se basó en una investigación documental que se enfocó en el estudio de publicaciones científicas, documentos institucionales y reportes relacionados con el panorama energético de los biocombustibles en Ecuador. Este enfoque permitió fijar el estado del arte y abordar las principales problemáticas en debate. La investigación documental se caracterizó por su enfoque descriptivo y analítico, centrándose en la revisión exhaustiva y sistemática de la literatura existente sobre biocombustibles en Ecuador.

Las fuentes de datos utilizadas abarcaron una amplia gama de documentos, incluyendo publicaciones científicas, documentos emitidos por organismos gubernamentales, informes técnicos de la industria y estadísticas de producción y consumo. La recopilación de datos se llevó a cabo mediante búsquedas en bases de datos académicas y bibliotecas digitales, utilizando palabras clave específicas relacionadas con los biocombustibles en el contexto ecuatoriano.

Una vez recopilados los documentos, se procedió a un análisis crítico y sistemático de la información. Se identificaron patrones, tendencias y temas recurrentes en la literatura y los documentos revisados, con un enfoque en los desafíos, oportunidades y limitaciones relacionados con los biocombustibles en Ecuador. La consideración ética se centró en la correcta atribución y citación de las fuentes utilizadas, ya que esta investigación se basó en la revisión de documentos previamente publicados y no involucró la participación de sujetos humanos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dentro del ámbito energético global, los biocombustibles han emergido como una alternativa sostenible y ecológica a los combustibles fósiles (FAO, 2020). Ecuador, siendo parte de América Latina, no ha sido ajeno a este movimiento, y ha explorado diversas posibilidades en este campo sociedad (Cruel y Vernaza, 2022). En el siguiente apartado, se realizará una revisión exhaustiva de la literatura existente relacionada con los biocombustibles en el contexto ecuatoriano, lo que permitirá presentar un panorama global.

Sin embargo, es relevante subrayar una paradoja que se observa en el entorno energético ecuatoriano. A pesar de que Ecuador es un país exportador de petróleo, su suministro interno depende cada vez más de las importaciones de derivados del petróleo, debido a su limitada capacidad de refinación (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2020). Este panorama coloca a Ecuador en una posición crítica, donde es imperativo explorar y adoptar soluciones energéticas alternativas, entre las cuales, los biocombustibles se presentan como una opción prometedora.

De acuerdo con el IIGE (2019), el sector de transporte en Ecuador desempeña un papel crucial en el escenario energético del país. Es altamente dependiente de energía fósil, consumiendo el 49% de la energía secundaria total. Dentro de este porcentaje, el transporte terrestre destaca por su

predominio, representando el 94% de dicho consumo. Esta alta dependencia refleja una contradicción importante: aunque Ecuador es un productor de petróleo, enfrenta un déficit en la producción de sus derivados. Esta situación le obliga a importar hasta el 57% de la gasolina que se consume internamente.

La evolución reciente de esta dinámica ha despertado preocupaciones serias. Se ha observado una disminución progresiva en el índice de autarquía entre 2011 y 2019. De continuar esta tendencia, las proyecciones sugieren que Ecuador podría transformarse en un importador neto de derivados del petróleo para 2030 (IIGE, 2019; Cruel y Vernaza, 2022). Este escenario posible resalta la urgencia de adoptar medidas alternativas y estrategias que reduzcan la dependencia de los combustibles fósiles, siendo los biocombustibles una de las alternativas más viables para abordar esta preocupación.

La situación energética en Ecuador es compleja. Según Ministerio de Energía y Minas (2022), a pesar de que el país genera 225 millones de BEP de energía primaria y exporta el 65% de la misma, el volumen producido es insuficiente para cubrir la demanda interna. Esta realidad ha obligado Ecuador a depender de las importaciones, especialmente en lo que se refiere a diésel, gasolinas y gas licuado. En el año 2018, por ejemplo, las importaciones representaron cerca del 40% del consumo total. Además, se observa una tendencia creciente, ya que estas importaciones aumentaron un 16,8% en los primeros ocho meses de 2019 en comparación con el mismo período del año anterior.

Frente a estos desafíos, el gobierno ecuatoriano ha buscado alternativas para reducir la dependencia de las importaciones de combustibles fósiles. Una de estas iniciativas ha sido el fomento de los agrocombustibles como opción viable y ecológica. Así lo subraya el Plan de Agrocombustibles, en el cual se pone de manifiesto la voluntad del país de diversificar su matriz energética y apostar por fuentes más sostenibles (Banerjee et al.). Es evidente que, para Ecuador, la transición hacia una energía más limpia y sostenible es no solo deseable, sino también necesaria dada la situación actual.

En la búsqueda de alternativas más sostenibles y ecológicas, Ecuador ha demostrado un creciente interés en la producción de biocombustibles. Según informes de Martínez y Carmona (2019), el

país comenzó su travesía en la producción de biodiesel a partir de palma africana ya en 2005. Durante los primeros años, hasta 2012, todo el biodiesel producido estaba destinado a la exportación. Sin embargo, en 2013, un hito importante se alcanzó con la producción de 140 millones de litros de biodiesel, y a través del Decreto Ejecutivo 1303, se estableció una normativa que regulaba la mezcla de biodiesel en B5, con expectativas de ir aumentando esta proporción gradualmente hasta alcanzar B15.

Paralelamente, en 2012, Ecuador introdujo al mercado la gasolina Ecopaís, la cual contenía hasta un 10% de etanol anhidro en su composición. Hoy en día, la versión comercializada de la gasolina Ecopaís mantiene un porcentaje de 5% v/v de bioetanol. Es crucial señalar que el devenir del biodiesel en el país está vinculado a las decisiones y políticas que se adopten en términos de distribución en el futuro cercano. Además, Ecuador ha mostrado innovación y adaptabilidad al explorar otras formas de energías limpias, como son las iniciativas piloto de generación de electricidad a partir de aceite vegetal. Ejemplos notables de esto son el proyecto "Combustibles Fósiles Cero para Galápagos" y la alianza entre la Fundación Juan José Castelló Zambrano y Termopichincha (Martínez, 2017). Ambas iniciativas reflejan el compromiso de Ecuador con la sostenibilidad energética y la diversificación de sus fuentes de energía.

En un esfuerzo por impulsar la industria de agrocombustibles y optimizar el uso de terrenos agrícolas, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (2020), propuso una transición interesante. El plan sugerido implicaba transformar alrededor de 300 km² de tierras que actualmente se dedican al cultivo de arroz, pero que presentan una rentabilidad limitada, y redirigir este espacio para el cultivo de plantas específicas para la producción energética. Esta iniciativa, según Pública FM (2019), no solo tiene el potencial de fortalecer la producción nacional de biocombustibles, sino que también podría revitalizar sectores agrícolas que enfrentan dificultades económicas. Así, se subraya el enfoque del gobierno ecuatoriano en combinar sostenibilidad ambiental con desarrollo económico, aprovechando al máximo los recursos disponibles en el país.

Dentro del panorama energético de Ecuador, la incursión y consolidación de los biocombustibles juegan un papel preponderante, ya que responden a dos desafíos fundamentales que enfrenta el país. Por un lado, el empleo de la biomasa como fuente de energía se alinea con la imperativa

necesidad global de combatir el cambio climático, ya que esta utiliza carbono que proviene directamente de la atmósfera a través de la fotosíntesis, contribuyendo así a una reducción neta en la emisión de gases de efecto invernadero (Cruel y Vernaza, 2022).

Por otro lado, en el plano económico y estratégico, el desarrollo de biocombustibles en el país podría ser una palanca para disminuir su dependencia de las importaciones de combustibles fósiles. La reducción de estas importaciones no solo tendría un impacto favorable en la balanza comercial, sino que, al fomentar la producción local de biocombustibles, se impulsa paralelamente la agricultura nacional, diversificando la economía y creando empleo en zonas rurales (Cullispuma y Nieto, 2020; Cruel y Vernaza, 2022).

En este contexto, resulta particularmente interesante observar el potencial del etanol producido a partir de la caña de azúcar. Con un TRE (Tasa de Retorno Energético) destacable de 1,796, el etanol emerge como una opción energética viable y eficiente. Si se extrapolan estos datos, es posible visualizar un escenario en el que la gasolina Ecopaís podría responder significativamente a la demanda nacional. Concretamente, si se buscara atender toda la demanda con este biocombustible, el mercado del etanol anhidro se elevaría a niveles equivalentes a 1.300 kBOE (8.000.000 MJ). Esta cifra, más allá de su impresión numérica, destaca la oportunidad que los biocombustibles, en especial el etanol, representan para el futuro energético de Ecuador (Chiriboga et al., 2020).

Dentro del marco energético y minero de Ecuador, se destaca la actuación de diversas instituciones y empresas. El MERNNR es la principal entidad encargada de la gestión de recursos energéticos no renovables y minería. Para garantizar el respeto al medio ambiente, las licencias ambientales son gestionadas por el Ministerio del Ambiente y Agua, y en circunstancias que involucren fuentes hídricas, se requieren autorizaciones adicionales. Si bien el registro minero ha estado cerrado desde 2018, el MERNNR sigue siendo el organismo de referencia para los permisos de minería. En términos de regulación, la ARCERNNR supervisa y controla tanto los proyectos energéticos como las operaciones mineras. Por otro lado, el MEER se encarga del suministro eléctrico en Ecuador, con un enfoque en energías renovables. EP Petroecuador, como la principal empresa petrolera nacional, gestiona aspectos clave del petróleo, desde su transporte

hasta su comercialización. Finalmente, la ENAMI y la CELEC EP son actores fundamentales en la minería y en el sector eléctrico, respectivamente, desempeñando roles centrales en el desarrollo energético del país (Global Energy Monitor, 2022).

En 2012, mediante el Decreto Ejecutivo No. 1303, Ecuador sentó las bases para fomentar la producción y aplicación de biocombustibles, resaltando su potencial como aditivos y sus ventajas para la seguridad energética y el desarrollo agrícola. A pesar de la derogación de este decreto en 2015, la Constitución (2008), ya había establecido fundamentos legales para la producción y utilización de biocombustibles. El artículo 413 es un claro reflejo de ello, ya que promueve el impulso de tecnologías limpias, eficiencia energética y energías renovables, siempre equilibrando la soberanía alimentaria y el respeto ecológico (Cruel y Vernaza, 2022). En la misma línea, con el propósito de potenciar la producción de biocombustibles, el gobierno ecuatoriano, en alianza con organizaciones como MCPEC y MAGAP, ha identificado seis recursos viables para la producción: rechazo de banano, caña de azúcar y sorgo dulce para etanol; y palma africana para glicerina, así como piñón y colza destinados a biodiesel (Pazmiño et al., 20).

En el contexto ecuatoriano, se ha realizado una evaluación teórica de la biomasa agrícola residual con un enfoque en la identificación y cuantificación de los residuos generados por diez cultivos cruciales. Estos cultivos incluyen arroz, banano, cacao, café, caña de azúcar, maíz, palma aceitera, plátano, piña y palmito (Posso et al., 2020). Este análisis es fundamental para comprender el potencial de estos residuos como materia prima para la producción de biocombustibles y otros usos sostenibles en el contexto ecuatoriano.

Ecuador, con su rica biodiversidad y ubicación estratégica, se encuentra en una posición favorable para la producción de biocombustibles. Con el propósito de diversificar su matriz energética y disminuir la dependencia de los combustibles fósiles importados, el gobierno ha emprendido acciones significativas para impulsar la producción de bioetanol (Pacheco, 2022). Un paso destacado en esta dirección ha sido la decisión de reemplazar cultivos de arroz por caña de azúcar en una extensa área. Según datos del Ministerio de Agricultura (2020), se implementó el Plan de Agrocombustibles, con el objetivo de transformar 30,000 hectáreas de campos de arroz en cultivos de caña de azúcar para la producción de bioetanol (El Comercio, 2019). Esta iniciativa busca no

solo aumentar la producción local de biocombustibles, sino también otorgar a Ecuador mayor autosuficiencia energética y, al mismo tiempo, estimular la economía del sector agrícola.

Además, Ecuador, en su empeño por diversificar sus fuentes de energía, tiene previsto impulsar la producción de biodiesel. Según el Ministerio de Agricultura (2020), se proyecta incorporar anualmente 140 millones de litros de aceite de palma africana para la producción de biodiesel al 15% (B15). Esta iniciativa refleja la intención del país de aprovechar sus recursos agrícolas y fortalecer la producción y el consumo de biocombustibles (Prestes, 2022).

En el contexto de los biocombustibles en Ecuador, un estudio realizado por Posso (2020), examinó la posibilidad de utilizar la biomasa como una fuente para la producción de hidrógeno (H₂). A través de la recopilación de datos de cultivos a nivel provincial, este estudio investigó diversas vías de producción de hidrógeno, incluyendo procesos termoquímicos, bioquímicos y electroquímicos. Los resultados revelaron un potencial estimado de 1.6 millones de toneladas de H₂ al año, lo que representa una cantidad significativa.

Este volumen de hidrógeno podría atender hasta el 38% de la demanda energética del país según los datos de 2017. Además de su contribución a la matriz energética, el hidrógeno generado a partir de biomasa también presenta aplicaciones valiosas, como la hidrogenación de grasas y la producción de compuestos nitrogenados, lo que amplía aún más su potencial impacto en la industria y la economía del país. Este estudio resalta la importancia de explorar enfoques innovadores y sostenibles para el suministro de energía en Ecuador, aprovechando su abundante biomasa como recurso estratégico (Posso et al., 2020).

Dentro del contexto de la producción y el consumo de biocombustibles en Ecuador, es importante destacar que la biomasa tiene una presencia relativamente limitada en la matriz energética del país, constituyendo menos del 3%. Su principal aplicación se centra en la cocción de alimentos y en la generación de electricidad. Sin embargo, también se destaca la producción significativa de etanol anhidro, que se utiliza en el marco del proyecto "Gasolina Ecopaís" (Posso et al., 2020; Martínez, 2017). Según información proporcionada por Petroecuador en 2018, se estima que se producen aproximadamente 100 millones de litros de etanol anualmente para este proyecto específico. Esta cifra subraya el compromiso de Ecuador en la promoción de biocombustibles, en

este caso, a través de la incorporación de etanol en la gasolina como parte de su estrategia para diversificar su matriz energética y reducir su dependencia de los combustibles fósiles.

En el contexto de los biocombustibles en Ecuador el gobierno implementó una tasa de mezcla de etanol del 10% en áreas específicas. En la actualidad, "ECOPAIS", una gasolina que contiene etanol se encuentra disponible en las regiones bajas y costeras al mismo precio que la gasolina "EXTRA" de 85 octanos. Se están llevando a cabo esfuerzos para expandir esta mezcla de etanol a nivel nacional (Posso et al., 2020). En caso de que se logre esta expansión, los productores de caña de azúcar podrían incrementar su producción y se abriría la posibilidad de importar etanol para cubrir cualquier déficit que pudiera surgir en el suministro.

Estas medidas reflejan el compromiso continuo del gobierno ecuatoriano en promover el uso de biocombustibles como parte de su estrategia para diversificar y fortalecer su matriz energética, lo que a su vez podría tener un impacto positivo en la economía del país y en la reducción de su dependencia de los combustibles fósiles (Espinosa, 2023).

Dentro del contexto de la producción y el consumo de biocombustibles en Ecuador, un estudio realizado por Escobar et al. (2021), resalta una oportunidad significativa para reducir las importaciones de diésel. La estrategia propuesta implica sustituir hasta el 15% del diésel utilizado, equivalente a 4.88 millones de barriles, con biodiesel derivado del excedente de aceite de palma africana y una expansión sustancial en el cultivo de piñón.

Esta sustitución potencial podría tener un impacto positivo al reducir considerablemente las emisiones de CO₂, estimadas en 611,303 toneladas al año. A pesar de que el costo del biodiesel en Ecuador supera en un 53% al del diésel convencional, es fundamental considerar los beneficios sociales y económicos que esta transición podría generar para los productores de piñón en el país. Para mejorar la competitividad del biodiesel de piñón, es esencial explorar la optimización de su rendimiento mediante tecnologías avanzadas (Almeida et al., 2022). Además, se podría evaluar la posibilidad de incorporar otras fuentes de materia prima, como los residuos lignocelulósicos, para diversificar aún más la producción de biocombustibles y garantizar su sostenibilidad a largo plazo (Cruel y Vernaza, 2022). Estas iniciativas podrían representar un paso significativo hacia una matriz energética más limpia y sostenible en Ecuador.

En un informe proporcionado por Swissinfo (2022), se destaca que Petroecuador introdujo la Ecoplus de 89 octanos en Ecuador. Esta nueva gasolina tenía un precio que variaba según las fluctuaciones del mercado y comenzaba en 3,89 dólares por galón. Esta introducción representó un contraste significativo con respecto a la Extra o Ecopaís de 85 octanos, que hasta ese momento se mantenía a un precio fijo y subsidiado de 2,40 dólares por galón.

Además, según la Asociación de Biocombustibles del Ecuador (2020), se espera que la demanda de etanol, un combustible derivado de la caña de azúcar registre un aumento marginal del 0,5% para el año 2022, alcanzando un total de 65,4 millones de litros. A pesar de que esta cifra representa un ligero incremento con respecto a los 65,1 millones de litros registrados en 2019, aún se encuentra por debajo del objetivo anual de 97 millones de litros.

El etanol fue introducido en Ecuador en 2010 y se incorporó en la gasolina Ecopaís, que se comercializó inicialmente en la región costera del país y, posteriormente, se expandió a provincias como Azuay y Loja, entre otras. Esta gasolina, con un índice de octano de 85, está compuesta por un 97% de naftas y un 3% de etanol. Para mantener su precio en 2,40 USD por galón, el Estado ha aplicado un subsidio desde octubre de 2021. Estas medidas buscan incentivar el uso de biocombustibles en Ecuador y reducir la dependencia de los combustibles fósiles importados (Pacheco, 2022). A pesar del aumento esperado en la demanda de etanol en 2022, todavía queda trabajo por hacer para alcanzar los objetivos anuales de producción y consumo de biocombustibles en el país.

Dentro del contexto de la producción de biocombustibles en Ecuador, se ha observado que la producción de etanol ha planteado preocupaciones relacionadas con la seguridad alimentaria. De acuerdo con Cullispuma y Nieto (2020), la producción de etanol requería considerables cantidades de agua en zonas que ya eran vulnerables en términos de recursos hídricos y presentaba riesgos de contaminación de acuíferos. Es importante destacar que Ecuador no es autosuficiente en la producción de maíz ni trigo, dos alimentos esenciales, a pesar de destinar vastas áreas agrícolas a la producción de etanol.

Estas tierras agrícolas podrían haberse utilizado para cultivar maíz u otros alimentos básicos que podrían haber contribuido a mitigar el déficit de maíz en 2019 y, en última instancia, fortalecer la

seguridad alimentaria en el país. Estas preocupaciones subrayan la necesidad de un equilibrio cuidadoso entre la producción de biocombustibles y la seguridad alimentaria, y la importancia de evaluar los impactos ambientales y sociales de estas actividades para garantizar un desarrollo sostenible en Ecuador (FAO, 2020)

En el marco teórico del desarrollo bioenergético de Ecuador, en 2017, el MEER junto con el Ministerio de Coordinación de Productividad, Empleo y Competitividad presentaron el “Atlas Bioenergético del Ecuador”. Este documento es una cartografía detallada que evidencia la distribución y potencialidad de la biomasa a nivel nacional, centrándose en la biomasa residual de diez cultivos claves —como plátano, arroz, cacao, entre otros— y en residuos forestales (Escobar et al., 2021). Esta herramienta es esencial para comprender y aprovechar la riqueza bioenergética del país.

Desde una perspectiva teórica Escobar (2021), se apoyan en el estudio de Posso et al. (2020), para destacar la abundancia de residuos forestales y agrícolas en Ecuador. Con cifras aproximadas de 216,157 t/año de residuos forestales y 17,603,374 t/año de residuos agrícolas, se identifica una alta concentración de estos en ciertas provincias. En particular, Cotopaxi, Imbabura y Los Ríos albergan el 61% de los residuos forestales, mientras que Guayas, Los Ríos y Esmeraldas concentran el 72% de los residuos agrícolas. Notablemente, Los Ríos emerge como una provincia estratégica, reuniendo el 25% de residuos agrícolas y el 21% de residuos forestales del país. Esta distribución sugiere un potencial significativo para el establecimiento de biorrefinerías de segunda generación en Los Ríos, abriendo camino para impulsar la bioeconomía circular en Ecuador.

Desde un enfoque teórico, Almeida (2022), resalta la prominencia de la producción de biodiesel en Ecuador, siendo el aceite de palma africana la materia prima principal. Ecuador alberga una infraestructura significativa en este sector, con una de las mayores plantas de biodiesel de palma africana en América Latina, específicamente en la ciudad de Manta, provincia de Manabí. Los datos del 2006 indican una producción total de 340,000 toneladas de aceite de palma africana, lo que se traduce en una contribución del 15,2% al PIB agrícola y un 1,4% al PIB total del país.

Estas cifras posicionan a Ecuador como un actor notable en la industria global del biodiesel, contribuyendo con cerca del 1% de la producción mundial de aceite de palma africana.

El mercado de bioetanol en Ecuador, con un valor estimado en 94 millones de dólares, representó el 45% de las ventas totales en el año 2019, según Chiriboga (2020), a pesar de su presencia en 10 provincias del país, el Ministerio de Energía ha planteado dudas sobre su rentabilidad desde el año 2018, sugiriendo que la importación de etanol podría resultar más económica debido a los altos costos asociados a la producción local.

No obstante, el proyecto de bioetanol en Ecuador ha mantenido aproximadamente 3,000 empleos, lo que ha generado un debate significativo sobre si este factor laboral justifica la continuidad de la producción local (Chiriboga et al., 2020). Esta discusión ilustra los desafíos y las consideraciones en juego en la toma de decisiones relacionadas con la producción y el consumo de biocombustibles en el país, donde se deben sopesar los aspectos económicos, ambientales y sociales para determinar la mejor estrategia a seguir.

Según Almeida (2022), en Ecuador, la falta de una legislación clara y políticas definidas en relación con los biocombustibles plantea desafíos significativos a la rentabilidad de los proyectos en este sector. La ausencia de marcos regulatorios y políticas específicas puede generar incertidumbre para los inversionistas y dificultar la planificación a largo plazo en la industria de biocombustibles. Esta situación resalta la importancia de establecer un marco legal y político sólido que fomente el desarrollo sostenible de la producción y el consumo de biocombustibles en Ecuador, al tiempo que aborda las preocupaciones ambientales, económicas y sociales relacionadas con esta industria emergente.

Según Chiriboga (2020), Ecuador debe analizar el verdadero impacto energético de los biocombustibles y su capacidad adaptativa ante variaciones en procesos y tecnologías productivas.

Debido al impacto sin precedentes del COVID-19 en los mercados petroleros, países exportadores como Ecuador han sufrido económicamente. Se espera que los precios del petróleo aumenten a medio plazo, elevando así el coste de sus derivados. Dado el actual clima social en Ecuador, es improbable que se eliminen los subsidios, presionando al gobierno a buscar estrategias de

diversificación energética para contrarrestar el déficit fiscal resultante de estos subsidios (Pazmiño et al., 20).

Orejuela (2018), destaca la necesidad de una colaboración estrecha entre la academia, la comunidad y la industria para impulsar la productividad y rentabilidad de los agronegocios en Ecuador. Esta sinergia busca fomentar tecnologías verdes emergentes y orientar a la sociedad ecuatoriana hacia biorrefinerías y mercados sustentables. Al comercializar productos ecológicos, se prevé un aumento en los ingresos de las familias en zonas rurales y urbanas y una mayor productividad para las agroindustrias del país.

Barragán y Llanes (2022), enfatizan en la necesidad de una transición en la matriz energética de Ecuador hacia una menor dependencia de los combustibles fósiles. Esta transformación no solo implica una inversión financiera, sino también la implementación de un plan estratégico a nivel nacional centrado en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Para alcanzar tal objetivo, es esencial la participación y colaboración de todos los sectores, incluso de aquellos que son tradicionalmente contaminantes, como el sector petrolero. En este contexto, la generación de energía eléctrica mediante fuentes renovables emerge como una herramienta clave para impulsar el desarrollo industrial sostenible en Ecuador.

Finalmente, debe subrayarse la novedad científica, lo controversial, las perspectivas y prospectivas teóricas, las aplicaciones prácticas y la pertinencia del trabajo en relación a la línea de investigación.

CONCLUSIONES

La adopción y evolución de los biocombustibles en el panorama energético de Ecuador es una estrategia clave que busca abordar desafíos ambientales y reducir la dependencia de importaciones petroleras, aunque existen retos en la autarquía energética. Las políticas estatales, a pesar de sus variaciones a lo largo del tiempo, subrayan un compromiso con las energías limpias, siendo fundamental que sean consistentes y duraderas para una transición energética sostenible. La diversidad de materias primas identificadas para los biocombustibles resalta el potencial ecológico de Ecuador, aunque es esencial equilibrar la explotación con la soberanía alimentaria y la sostenibilidad ambiental.

La cooperación interinstitucional ha sido crucial para el avance en biocombustibles, pero hay oportunidades para establecer alianzas más sólidas que robustezcan la investigación y producción en el sector. Si bien este estudio ha proporcionado una visión integral sobre los biocombustibles en el contexto ecuatoriano, quedan preguntas sin resolver que invitan a futuras investigaciones, tales como los impactos a largo plazo en el agro y la exploración de otras materias primas potenciales, abriendo la puerta a investigaciones colaborativas más profundas en el futuro.

LISTA DE REFERENCIAS

- Global Energy Monitor. (2022). *Perfil energético: Ecuador 2022*.
https://www.gem.wiki/Perfil_energ%C3%A9tico:_Ecuador
- Almeida, C., Jácome, E., y Soria, R. (2022). Biodiesel market share in Ecuador: Current situation and perspectives. 49.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785321058466>
- APELE. (2020). Asociación de Biocombustibles del Ecuador- APALE . <https://apale.org>
- Asamblea Nacional Constituyente. (2008). *Constitución de la República del Ecuador* .
https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf
- Banerjee, R., Kaushik, S., y Tomar, R. (s.f.). Global scenario of biofuel production: Past, present and future. *Prospects of Renewable Bioprocessing in Future Energy Systems*,.
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-14463-0_18
- Barragán, R., y Llanes, E. (2022). Transición energética Ecuador. *Universidad Internacional SEK Instituto Superior Tecnológico Guaranda 2022*.
- Calderón Loor, M. A., Lizarzaburu, L., y Masache, M. (2017). Valoración económica de los cobeneficios del aprovechamiento energético de los residuos agrícolas en el Ecuador. *Repositorio Digital BETA*. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/41830-valoracion-economica-cobeneficios-aprovechamiento-energetico-residuos-agricolas>
- Chiriboga, G., Rosa, A. D., Molina, C., y Velarde, S. (2020). Energy return on investment (EROI) and life cycle analysis (LCA) of biofuels in Ecuador. *Heliyon*, 6(6).

- Cruel, M., y Vernaza, G. (2022). Uso de biocombustibles en Ecuador: Una mirada desde la protección de los derechos de la naturaleza. *Revista Venezolana de Gerencia*.
<https://doi.org/10.52080/rvgluz.27.7.31>
- Cullispuma, J., y Nieto, C. (2020). Estado del arte de la matriz energética y análisis de la conveniencia del Programa Nacional de Biocombustibles para Ecuador. *Título de Ingeniero Agrónomo*. Universidad Central del Ecuador.
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/22713>
- El Comercio. (2019). Ecuador marca su rumbo en la industria de los agrocombustibles .
<https://www.agricultura.gob.ec/ecuador-marca-su-rumbo-en-la-industria-de-los-agrocombustibles/>
- Escobar, L., Landázuri, A., y Goodell, B. (2021). Second generation biorefining in Ecuador: Circular bioeconomy, zero waste.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2369969821000050>
- Espinosa, E. (2023). Sugar Annual in Ecuador Global Agricultural Formation networker.
- FAO. (2020). La Bioenergía en América Latina y El Caribe. El estado de arte en países seleccionados. <http://www.fao.org/3/a-as112s.pdf>.
- Gracia, X. (2021). La Generación Distribuida y las Fuentes Renovables de energía en el Ecuador. *Dominio de las Ciencias*, 7(3). <https://doi.org/10.23857/dc.v7i3.1973>
- IIGE. (2019). *Balance-Energético-Nacional-2018.pdf*. <https://bit.ly/2WruJKY>.
- Martínez. (2017). *Análisis del uso de biocombustibles en Ecuador. Periodo 2010-2017* . Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/10407>
- Martínez, F., y Carmona, G. (2019). Aproximación al concepto de “Competencias Emprendedoras”: Valor social e implicaciones educativas. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*.
https://www.researchgate.net/publication/40496765_Aproximacion_al_Concepto_de_Competencias_Emprendedoras_Valor_Social_e_Implicaciones_Educativas

- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2020). *Ecuador marca su rumbo en la industria de los agrocombustibles*. <https://www.agricultura.gob.ec/ecuador-marca-su-rumbo-en-la-industria-de-los-agrocombustibles/>
- Ministerio de Energía y Minas. (2022). Balance Energético Nacional 2021.
- Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (2020). *Balance Energético Nacional 2019*. . <https://www.rekursyenergia.gob.ec/5900-2/>
- Molina, M., y Velarde, S. (2018). Determinación de la tasa de retorno energético de los biocombustibles en el Ecuador (Bachelor's thesis, Quito: UCE). *Ingeniero Químico*. . UCE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/16690/1/T-UCE-0017-IQU-013.pdf>
- Oreguera, C., De la Torre Hidalgo, T., y Ramírez Murillo, L. (2018). Análisis de las competencias para el emprendedurismo que se desarrollan en los cursos presenciales de las licenciaturas del área de negocios. *Red Internacional de Investigadores en Competitividad*, 18.
- Pacheco, M. (2022). La demanda de etanol registrará un alza leve en Ecuador 2022. <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/demanda-etanol-alza-leve-ecuador.html>
- Paredes, S., Barahona, L., Barroso, F., y Ponce, D. (2020). Biocombustibles y su potencial en el mercado energético mexicano. *Revista De Economía, Facultad De Economía, Universidad Autónoma De Yucatán*, , 37(94). <https://doi.org/10.33937/reveco.2020.128>
- Pascual, M., y Sanz, C. (2022). La conjunción del Derecho y la ciencia para la determinación de la sostenibilidad de las energías renovables en el futuro paradigma energético de Europa. *Bioderecho. es*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7904402>
- Pazmiño, J., Vargas, Y., y Dávila, J. (20). Perspectivas de las biorrefinerías y situación actual de los biocombustibles en Ecuador como país emergente. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/9370>
- Posso, Siguencia, y Narváez. (2020). Residual biomass-based hydrogen production: Potential and possible uses in Ecuador. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(26). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S03603>

- Prestes, M. (28 de 3 de 2022). Aceite de palma: ¿combustible sostenible o riesgo de deforestación? <https://dialogochino.net/es/clima-y-energia-es/52305-aceite-de-palma-para-biodiesel-en-la-amazonia-combustible-sostenible-o-riesgo-de-deforestacion/>
- Proaño, G., y Pérez, S. (2019). Aciertos y desaciertos de la matriz productiva en el Ecuador. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*(6). <https://www.eumed.net/rev/oel/2019/06/matriz-productiva-ecuador.html>
- Pública FM. (2019). *Ecuador fomentara ´ los agrocombustibles. Publica FM - Radio en vivo de Ecuador.* <http://www.publicafm.ec/noticias/actualidad/1/ecuador-fomenta-ra-agrocombustibles>
- Santos, Y., y Espitia, I. (2023). ESTRATEGIA DE CERTIFICACIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES PARA EL SECTOR ENERGÉTICO EN MÉXICO. . *INCEPTUM*, 11(21). <https://inceptum.umich.mx/index.php/inceptum/article/view/271>
- Swissinfo.ch. (225 de Agosto de 2022). Petroecuador lanza plan piloto para la venta de su nueva gasolina Ecoplus. https://www.swissinfo.ch/spa/ecuador-petr%C3%B3leo_petroecuador-lanza-plan-piloto-para-la-venta-de-su-nueva-gasolina-ecoplus-89/47854206
- William Jiménez, L. V.-M. (2020). Fuentes alternativas para la producción de biocombustibles. . *Polo del Conocimiento*, 5(10). <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/1799>