

Energías renovables: generación de energía eléctrica a través de la Biomasa en el Ecuador.
Renewable energies: electricity generation through Biomass in Ecuador.

Andrade Medranda David Rodrigo, Celi Ordinola Juan Alfredo, Ing. Cárdenas Narváez Fausto Remigio.

DIMENSIÓN CIENTIFICA

Enero - junio, V°7-N°1; 2026

Recibido: 01-01-2026

Aceptado: 15-01-2026

Publicado: 30-06-2026

PAÍS

- Santo Domingo de los Tsachilas, Ecuador
- Santo Domingo de los Tsachilas, Ecuador
- Santo Domingo de los Tsachilas, Ecuador

INSTITUCION

- | | | |
|-------------------------------|----------|-------------|
| • Instituto Superior Tsachila | Superior | Tecnológico |
| • Instituto Superior Tsachila | Superior | Tecnológico |
| • Instituto Superior Tsachila | Superior | Tecnológico |

CORREO:

- ✉ davidandrademedranda@tsachila.edu.ec
- ✉ juanceliordinola@tsachila.edu.ec
- ✉ faustocardenas@tsachila.edu.ec

ORCID:

- ① <https://orcid.org/0009-0004-7989-2511>
- ② <http://orcid.org/0009-0003-6533-4319>
- ③ <https://orcid.org/0000-0002-9404-1510>

FORMATO DE CITA APA.

Andrade, D., Celi, J. & Cárdenas, F. (2026). *Energías renovables: generación de energía eléctrica a través de la Biomasa en el Ecuador*. Revista G-ner@ndo, V°7 (N°1.). P. 310 - 335.

Resumen

La investigación analizó el potencial de la biomasa como alternativa para la generación de energía eléctrica en el Ecuador, en el marco de la diversificación de la matriz energética y la transición hacia modelos sostenibles. Mediante una revisión documental de artículos científicos, informes técnicos y políticas nacionales, se identificó que el país dispone de una amplia disponibilidad de residuos agrícolas, forestales y urbanos con alto valor energético. Sin embargo, su aprovechamiento se mantiene limitado por barreras tecnológicas, económicas e institucionales. Los estudios desarrollados en provincias como Santo Domingo de los Tsáchilas, Los Ríos y Manabí demuestran que tecnologías como la gasificación y la digestión anaerobia pueden generar electricidad de manera eficiente, contribuyendo a la reducción de emisiones y al fortalecimiento de la economía circular. Los resultados evidencian que la biomasa representa una alternativa viable y estratégica para la seguridad energética del país, siempre que se fortalezcan los incentivos, la inversión tecnológica y la gestión coordinada entre Estado, sector privado y comunidades locales.

Palabras clave: Biomasa; Energías renovables; Generación eléctrica; Residuos agrícolas; Economía circular; Desarrollo sostenible; Tecnología energética; Política energética; Gestión ambiental; Matriz energética.

Abstract

The research analyzed the potential of biomass as an alternative for electricity generation in Ecuador, within the framework of energy matrix diversification and the transition to sustainable models. Through a documentary review of scientific articles, technical reports, and national policies, it was identified that the country has a wide availability of agricultural, forestry, and urban waste with high energy value. However, its use remains limited by technological, economic, and institutional barriers. Studies conducted in provinces such as Santo Domingo de los Tsáchilas, Los Ríos, and Manabí show that technologies such as gasification and anaerobic digestion can generate electricity efficiently, contributing to the reduction of emissions and the strengthening of the circular economy. The results show that biomass represents a viable and strategic alternative for the country's energy security, provided that incentives, technological investment, and coordinated management between the state, the private sector, and local communities are strengthened.

Keywords: Biomass; Renewable energy; Electricity generation; Agricultural waste; Circular economy; Sustainable development; Energy technology; Energy policy; Environmental management; Energy matrix



Introducción

En el contexto contemporáneo, la humanidad enfrenta una de las transiciones más urgentes de su historia: el reemplazo progresivo de los combustibles fósiles por fuentes renovables que garanticen un futuro energético sostenible. En este escenario, la biomasa se ha convertido en una alternativa prometedora para países en desarrollo como el Ecuador, donde la diversidad ecológica y la producción agrícola ofrecen un potencial significativo para la generación de energía limpia. La biomasa, entendida como el aprovechamiento de materia orgánica residuos agrícolas, forestales y urbanos para la producción de electricidad, representa una oportunidad real de combinar sostenibilidad ambiental con desarrollo económico y social. (Sandoval & Lozano, 2024)

En el Ecuador, la política energética nacional ha priorizado históricamente la generación hidroeléctrica; sin embargo, los cambios climáticos, la estacionalidad de los caudales y la vulnerabilidad de los embalses han evidenciado la necesidad de diversificar la matriz energética. En este sentido, la biomasa emerge como una fuente renovable de gran relevancia, especialmente en zonas rurales donde los residuos orgánicos se acumulan sin un uso eficiente. (Barahona y Santacruz, 2025) señalan que el aprovechamiento de la biomasa orgánica no solo contribuye a la reducción de la dependencia de los recursos fósiles, sino que además permite el manejo responsable de desechos, disminuyendo las emisiones de gases de efecto invernadero y generando nuevas oportunidades productivas para las comunidades locales.

La producción de energía eléctrica a partir de biomasa en el Ecuador se encuentra todavía en una etapa incipiente, aunque con avances significativos en proyectos experimentales y propuestas tecnológicas. (Herrea y Taco, 2025) destacan el caso de Santo Domingo de los Tsáchilas, donde se ha desarrollado un modelo de generación eléctrica a partir de residuos sólidos urbanos, demostrando que la conversión energética de desechos puede transformarse en una fuente estable, económica y ambientalmente favorable. Este tipo de experiencias no solo

reflejan el potencial técnico de la biomasa, sino también su dimensión social, al generar empleos verdes y fortalecer la economía circular en el país.

El análisis del aprovechamiento energético de la biomasa en el Ecuador cobra especial importancia ante el contexto global de cambio climático. Según el Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE, 2024) el país produce miles de toneladas de residuos agrícolas y urbanos cada año, que podrían transformarse en energía mediante procesos de gasificación, combustión o digestión anaerobia. No obstante, la falta de infraestructura tecnológica, políticas de incentivo y conocimiento técnico limita aún la expansión de esta fuente renovable. Por ello, el estudio de la biomasa como alternativa energética no solo busca exponer su viabilidad técnica, sino también su contribución a la transición hacia un modelo energético sostenible, resiliente y equitativo.

Además, el aprovechamiento de la biomasa puede contribuir directamente al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular al ODS 7, que promueve el acceso a una energía asequible, segura y no contaminante. En esta línea, investigaciones recientes sostienen que la biomasa puede integrarse de manera complementaria con otras fuentes renovables, como la energía solar y eólica, para fortalecer la independencia energética nacional ((Barahona y Santacruz, 2025); (Sandoval & Lozano, 2024)). De igual forma, los proyectos basados en residuos agrícolas y forestales pueden convertirse en ejes de innovación tecnológica, educación ambiental y sostenibilidad territorial, promoviendo un cambio cultural hacia el uso responsable de los recursos naturales.

La presente investigación se enmarca en este proceso de cambio estructural, con el propósito de analizar el potencial y las perspectivas de la generación de energía eléctrica a través de la biomasa en el Ecuador. Se busca comprender cómo esta alternativa puede integrarse a la matriz energética nacional, cuáles son sus limitaciones actuales y qué estrategias podrían fortalecer su implementación. Al mismo tiempo, este estudio pretende ofrecer una reflexión crítica y propositiva sobre el papel de la biomasa en la transición energética del país, destacando su

valor no solo como fuente de energía, sino como catalizador de desarrollo sostenible y bienestar social.

En definitiva, la biomasa se presenta como una respuesta viable y estratégica para diversificar la matriz energética ecuatoriana, reducir el impacto ambiental y generar beneficios sociales en territorios donde el acceso a la energía aún representa un desafío. Explorar su aplicación, potencial y sostenibilidad permitirá trazar un camino hacia un futuro energético más limpio, justo y resiliente.

Métodos y Materiales

El enfoque de esta investigación será cualitativo de tipo documental, porque busca comprender, más que medir. La intención no es contar datos o calcular porcentajes, sino leer con profundidad, reflexionar con criterio y construir sentido a partir de lo que ya se ha investigado sobre la generación de energía eléctrica mediante biomasa en el Ecuador. Este tipo de enfoque permite mirar los hechos desde su contexto y comprender cómo las ideas, políticas y tecnologías han ido evolucionando con el tiempo.

Como afirman (Sandoval & Lozano, 2024), estudiar el papel de la biomasa dentro de la transición energética ecuatoriana requiere una mirada analítica, capaz de vincular lo técnico con lo social y lo ambiental. No se trata de medir megavatios o toneladas de residuos, sino de entender qué representa ese cambio para el país, qué barreras existen y qué posibilidades emergen.

El método cualitativo se ajusta especialmente bien cuando el resultado final es un artículo científico de revisión, ya que permite reunir, comparar e interpretar los aportes de diferentes autores e instituciones, generando una visión integrada. Así lo sostienen (Herrea y Taco, 2025), quienes aplicaron una metodología similar en su estudio sobre biomasa residual urbana,

argumentando que la revisión crítica de literatura fortalece la validez del conocimiento al sintetizar evidencias dispersas.

Desde esta perspectiva, el enfoque cualitativo documental promueve la lectura interpretativa de los textos: busca patrones, tensiones, ideas recurrentes o vacíos de conocimiento. Es, en palabras simples, una forma de “conversar con las fuentes”, de escuchar lo que dicen los investigadores, los informes técnicos y las políticas públicas, para luego tejer un relato coherente que aporte al debate académico.

Este tipo de enfoque, como lo plantea (Creswell y Creswell, 2018), se centra en comprender el significado que las personas y las instituciones atribuyen a los fenómenos. En este caso, la biomasa no se estudia solo como recurso energético, sino como símbolo de sostenibilidad, innovación y cambio cultural en el Ecuador contemporáneo.

En suma, la investigación se desarrollará bajo un enfoque cualitativo y documental, sustentado en la revisión crítica y reflexiva de fuentes académicas, técnicas y oficiales. El propósito es construir una mirada profunda, integradora y humana sobre el papel de la biomasa en la generación eléctrica nacional, aportando una lectura científica que no se limite a describir, sino que también interprete y proponga.

Alcance de la investigación.

El alcance de la investigación se enmarca en un nivel exploratorio y descriptivo, adecuado para un trabajo de titulación que busca transformarse en un artículo científico de revisión. Este tipo de estudio pretende mirar más allá de los datos duros: entender las ideas, los contextos y las experiencias que se han generado en torno a la producción de energía eléctrica a partir de biomasa en el Ecuador.

Será exploratorio porque este tema, aunque relevante, aún se encuentra en construcción dentro del ámbito científico nacional. La generación eléctrica mediante biomasa no ha alcanzado

la madurez investigativa de otras fuentes como la hidráulica o la solar, y por eso resulta necesario examinar sus fundamentos, sus avances y sus limitaciones actuales. Como señala la (Agencia Internacional de Energía, 2022), el aprovechamiento de la biomasa todavía enfrenta barreras tecnológicas, económicas y sociales que requieren más análisis desde la investigación aplicada y documental. Este nivel exploratorio permitirá abrir nuevas rutas de estudio y detectar vacíos de conocimiento que puedan ser abordados en futuras investigaciones.

Asimismo, el estudio será descriptivo, porque busca caracterizar las dinámicas y particularidades del uso de la biomasa como fuente energética dentro del contexto ecuatoriano. Describir implica observar con detenimiento cómo se comportan los proyectos existentes, qué materiales se utilizan, cómo se gestionan los residuos orgánicos y cuál es la percepción de las comunidades frente a esta alternativa sostenible. Como lo expresa el (Balance Energético Nacional, 2023), comprender las fuentes de energía no convencionales requiere conocer no solo su capacidad técnica, sino también su relación con el territorio, la economía local y el bienestar social.

Este tipo de alcance permitirá reunir y analizar información secundaria proveniente de informes, artículos científicos y documentos técnicos emitidos por entidades como el Operador Nacional de Electricidad (CENACE) y el Ministerio de Energía y Minas del Ecuador. Así, se construirá una visión integral que no se limite a enumerar datos, sino que refleje cómo el país avanza (o se detiene) en su tránsito hacia fuentes renovables más limpias y sostenibles.

En otras palabras, este trabajo no buscará demostrar una hipótesis numérica, sino entender y explicar una realidad compleja en transformación. Al hacerlo, ofrecerá un retrato vivo del presente energético ecuatoriano y del papel que la biomasa puede jugar en la construcción de un futuro más verde y equitativo ((IEA, 2022); (CENACE, 2023); (Ministerio de Energía y Minas, 2024)).

Contexto de la investigación.

El contexto de la investigación se desarrollará en el Ecuador, un país que atraviesa una etapa decisiva en su transformación energética. Aunque la biomasa ha sido identificada como una de las fuentes con mayor potencial dentro de la categoría de energías renovables no convencionales, su participación en la matriz eléctrica nacional todavía es marginal, representando menos del 1 % de la generación total de electricidad (CENACE, 2024); (Ministerio de Energía y Minas, 2024)). Este escenario plantea la necesidad de comprender las condiciones técnicas, ambientales y sociales que influyen en su aprovechamiento sostenible.

El estudio se ubicará temporalmente entre octubre y diciembre de 2025, período en el que se realizará la revisión documental exhaustiva y el análisis de las fuentes disponibles. Esta delimitación permitirá trabajar con información reciente publicada por instituciones como el Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE), el Operador Nacional de Electricidad (CENACE) y el Ministerio de Energía y Minas (MEM), cuyas publicaciones constituyen las principales referencias oficiales sobre el tema. Además, se incluirán estudios académicos, artículos científicos y reportes técnicos emitidos en los últimos cinco años, asegurando así la pertinencia temporal de los hallazgos.

En el aspecto espacial, el trabajo abarcará el territorio nacional con especial énfasis en las zonas agrícolas e industriales que generan residuos orgánicos aprovechables, como las provincias de Los Ríos, Guayas, Manabí y Santo Domingo de los Tsáchilas. Estas regiones concentran altos volúmenes de biomasa residual proveniente de actividades agroindustriales, pecuarias y forestales, lo que las convierte en espacios idóneos para estudiar la factibilidad técnica y ambiental de la generación eléctrica a partir de este recurso. El Balance Energético Nacional 2023 y el Atlas del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2023 destacan que estas provincias tienen condiciones favorables para el desarrollo de proyectos de bioenergía, tanto por la

disponibilidad de materia prima como por su cercanía a redes de distribución eléctrica (ARCERNR, 2023); (IIGE, 2024)).

En cuanto al acceso a la información, se trabajará únicamente con fuentes públicas y verificables, disponibles en repositorios institucionales y bases de datos científicas. No será necesario gestionar permisos de campo, ya que la naturaleza documental de la investigación se basa en la recopilación y análisis de textos, informes y publicaciones. Este enfoque garantiza la transparencia y reproducibilidad del proceso, además de ajustarse a los lineamientos éticos de investigación académica, que priorizan el uso de información accesible y debidamente citada (Creswell y Creswell, 2018).

Así, el contexto de esta investigación se define por un Ecuador en transición, con amplias oportunidades para el desarrollo de energías limpias, pero también con retos en materia de inversión, regulación y conciencia ambiental. Entender este entorno permitirá que el trabajo de titulación, y su posterior publicación científica, contribuyan a abrir caminos hacia una matriz energética más diversa, sostenible y humana.

Casos – universo – muestra.

El universo de la investigación estará conformado por el conjunto de estudios, informes técnicos, políticas públicas y publicaciones científicas que abordan la generación de energía eléctrica a partir de biomasa en el Ecuador. Dado que se trata de una investigación de tipo documental, no se trabajará con individuos ni muestras humanas, sino con fuentes de información que reflejen la realidad energética del país. Este universo incluye materiales provenientes de instituciones nacionales e internacionales, entre ellas el (Ministerio de Energía y Minas, 2024), el Operador Nacional de Electricidad (CENACE, 2024), el Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE, 2024) y la Agencia Internacional de Energía (IEA,

2022), que aportan datos actualizados sobre producción eléctrica, disponibilidad de biomasa y perspectivas de sostenibilidad.

La muestra se delimitará a los documentos más relevantes y recientes publicados entre 2020 y 2025, con el propósito de garantizar la vigencia de los datos y la pertinencia del análisis. Entre los textos seleccionados se incluirán artículos científicos indexados, memorias técnicas, tesis universitarias y planes de desarrollo energético. Esta selección permitirá examinar de forma equilibrada los enfoques técnicos, económicos y ecológicos que giran en torno al aprovechamiento de la biomasa en la generación eléctrica nacional.

En cuanto a la procedencia de los casos de estudio, se priorizarán las zonas geográficas que concentran mayor potencial para la producción de biomasa, como las provincias de Santo Domingo de los Tsáchilas, Los Ríos, Manabí y Guayas, debido a su fuerte actividad agroindustrial y su capacidad para generar residuos orgánicos aprovechables. Según el (Balance Energético Nacional, 2023), estas provincias podrían aportar más del 40 % del total de biomasa disponible en el país, proveniente de cultivos como el banano, la caña de azúcar, el cacao y el arroz, además de residuos pecuarios y forestales.

El procedimiento de selección de la muestra se basará en criterios de relevancia temática, actualidad, confiabilidad y acceso público. Solo se incluirán documentos que presenten información contrastada y verificada, emitidos por instituciones reconocidas o revistas científicas revisadas por pares. Este proceso de selección permitirá construir un marco de referencia sólido y coherente, evitando la dispersión de fuentes o la incorporación de materiales no validados académicamente.

En síntesis, los casos, el universo y la muestra de esta investigación no se medirán en números, sino en la calidad del conocimiento que aportan. La revisión se centrará en identificar coincidencias, contradicciones y vacíos en la literatura, con el fin de ofrecer una visión integrada

sobre el papel de la biomasa en la transformación energética del Ecuador. Este trabajo, por tanto, no solo analizará datos, sino que escuchará las voces del conocimiento: aquellas que, desde la ciencia y la técnica, ayudan a imaginar un futuro energético más limpio y sostenible para el país.

El diseño de esta investigación será de tipo transversal, no experimental y documental, ya que se centrará en la observación, revisión y análisis de fuentes existentes sin intervenir directamente en los fenómenos que estudia. Este tipo de diseño, como explican (Hernández Sampieri- Fernández-Collado y Baptista, 2014), se emplea cuando el investigador busca describir y comprender un fenómeno en un momento determinado, recopilando información de manera sistemática para identificar patrones, relaciones y tendencias sin manipular variables.

En este caso, la investigación se desarrollará bajo un diseño transversal, porque se realizará en un solo periodo de tiempo - entre octubre y diciembre de 2025 - y tomará como referencia las publicaciones, informes y planes energéticos más recientes sobre la biomasa en el Ecuador. El objetivo será construir una fotografía actual del conocimiento disponible, describiendo cómo se ha abordado el tema desde la academia, las instituciones técnicas y las políticas públicas. Este tipo de diseño permite interpretar los hechos tal como se presentan en la realidad, brindando una mirada coherente y reflexiva sobre un fenómeno en evolución (Creswell y Creswell, 2018).

A diferencia de los diseños experimentales o longitudinales, que manipulan o comparan variables a lo largo del tiempo, el enfoque transversal es observacional y analítico, ideal para investigaciones de revisión como esta. Aquí, los documentos serán las “unidades de observación”, y su análisis permitirá reconstruir la narrativa científica y técnica que rodea al uso de la biomasa como fuente energética. Como señalan Miles, (Huberman y Saldaña, 2018), este tipo de investigación busca descubrir significados, identificar categorías y construir interpretaciones.

Además, se adoptará un carácter documental porque la información procederá exclusivamente de fuentes secundarias: artículos científicos, informes técnicos, planes energéticos, marcos legales y documentos oficiales emitidos por instituciones como el (Ministerio de Energía y Minas, 2024), el Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE, 2024) y el Operador Nacional de Electricidad (CENACE, 2024). Esta modalidad favorece el análisis profundo y la integración de distintas perspectivas, contribuyendo a la construcción de conocimiento crítico sobre el aprovechamiento de la biomasa en la generación eléctrica.

En síntesis, el diseño transversal y documental permitirá mirar el presente con claridad y comprensión, organizando la información de forma estructurada, ética y verificable. Este tipo de diseño no busca predecir el futuro ni alterar la realidad, sino entenderla desde la evidencia para ofrecer una visión científica y humanamente significativa del proceso de transición energética en el Ecuador.

Procedimiento.

Primero se elaborará un protocolo sencillo y transparente. En él se definirá la pregunta de investigación, el alcance temático y los criterios de inclusión y exclusión de las fuentes. Esta hoja de ruta servirá como brújula para toda la revisión, pues permitirá mantener el foco y documentar cada decisión de forma replicable, tal como recomiendan las guías actuales para revisiones rigurosas de literatura (Snyder, 2019).

Luego se diseñará la estrategia de búsqueda. Se establecerán descriptores en español e inglés y se construirán cadenas booleanas claras para recuperar literatura relevante sobre biomasa y generación eléctrica en Ecuador. Se realizarán búsquedas en bases académicas y repositorios institucionales, y se registrará con detalle cada consulta, fecha y fuente. Esta documentación permitirá, más adelante, mostrar el flujo de identificación, cribado y selección con

un diagrama de proceso inspirado en los estándares (PRISMA, 2020), adaptado al carácter narrativo de la revisión (Page et al., 2021).

Con el conjunto inicial de registros se procederá a la depuración. Se eliminarán duplicados y se hará un primer cribado por título y resumen para descartar materiales fuera de tema. Después se leerán en texto completo las fuentes potencialmente elegibles. Este proceso se apoyará en un gestor bibliográfico para asegurar orden y trazabilidad. La selección final se justificará con los criterios previstos en el protocolo, priorizando pertinencia temática, actualidad y calidad editorial, tal como sugieren las guías para revisiones de evidencia (Snyder, 2019).

A continuación, se evaluará la calidad metodológica de las fuentes. Para artículos de investigación cualitativa o estudios de caso se utilizarán listas de verificación reconocidas, como los instrumentos CASP, que ayudan a juzgar claridad del objetivo, coherencia metodológica y rigor analítico. Para informes técnicos y documentos de política se revisará consistencia interna, transparencia de métodos y alineación entre hallazgos y conclusiones. Esta evaluación será registrada en una matriz de juicio crítico para sustentar la confianza en la evidencia sintetizada (Critical Appraisal Skills Programme, 2018); (Aromataris y Munn, 2020)).

Hecha la selección, se construirá una plantilla de extracción de información. En ella se recogerán, de forma ordenada, datos clave de cada fuente: objetivo, contexto, tipo de biomasa, tecnología de conversión, consideraciones ambientales y sociales, y conclusiones principales. Este esquema facilitará el paso del inventario a la comprensión, pues permitirá comparar enfoques y resultados entre estudios sin perder matices (Huberman y Saldaña, 2018).

El análisis se realizará mediante análisis temático. Se leerán los textos con atención, se generarán códigos iniciales y se agruparán en temas que respondan a la pregunta de investigación, como potencial y disponibilidad, rutas tecnológicas, gobernanza y política pública, cadenas de suministro y sostenibilidad social. Después se revisarán, se afinarán y se definirán

los temas para construir una narrativa sólida y coherente. Este proceso seguirá las fases clásicas propuestas para el análisis temático, con énfasis en transparencia y reflexividad ((Braun y Clarke, 2006); (Nowell- Norris- White y Moules, 2017)).

Para reforzar la credibilidad, se aplicarán estrategias de confiabilidad cualitativa. Se mantendrá un registro de decisiones analíticas, se buscará la saturación conceptual en los temas y se solicitará una revisión crítica del tutor sobre una muestra de notas y codificaciones, con el fin de fortalecer la confirmabilidad del proceso. Esta triangulación entre fuentes, marcos y lectura crítica ayudará a sostener la coherencia del relato final., 2018) (Nowell et al:2017- Miles et al: 2018).

Con la síntesis lista, se redactará el manuscrito en formato de artículo de revisión. Se organizará en secciones claras, se expondrá el procedimiento de búsqueda y selección con el diagrama de flujo correspondiente y se presentarán los hallazgos por temas, integrando la discusión con implicaciones para la práctica y la política energética nacional. Se seguirá la normativa editorial y de citación APA séptima edición. Antes del envío, se realizará una revisión de estilo y una verificación de integridad académica. Finalmente, se seleccionará una revista adecuada al alcance del estudio y se preparará el paquete de envío, incluyendo carta de presentación y respuesta a posibles observaciones, todo dentro de las buenas prácticas éticas de publicación (COPE Council: 2019- Page et al: 2021).

En paralelo, se cuidarán los aspectos éticos. Dado que se trabajará únicamente con fuentes secundarias y públicas, no se requerirán consentimientos ni permisos de campo. Aun así, se garantizará el respeto por la autoría, la citación fiel y la integridad del contenido, evitando sesgos de selección y reportando con claridad los límites de la revisión. Esta postura ética, sencilla y firme, será el hilo invisible que mantendrá unido todo el proceso.

Recolección de datos.

La recolección de datos se realizará de manera ordenada, paciente y reflexiva. Como se trata de una investigación documental, no se recopilarán datos de campo, sino que se trabajará exclusivamente con fuentes secundarias verificadas, provenientes de artículos científicos, informes técnicos, documentos institucionales y planes energéticos emitidos entre los años 2020 y 2025.

En una primera etapa, se llevará a cabo la búsqueda sistemática de información en repositorios académicos, bibliotecas digitales y bases de datos reconocidas, como Scielo, Redalyc, Google Scholar y los repositorios oficiales del Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE, 2024), el (Ministerio de Energía y Minas, 2024) y el Operador Nacional de Electricidad (CENACE). La búsqueda incluirá palabras clave como biomasa eléctrica en Ecuador, energías renovables no convencionales y transición energética sostenible.

Luego se procederá a la selección y clasificación de las fuentes. Cada documento será revisado con atención para comprobar su pertinencia temática, su actualidad y su confiabilidad científica. Aquellos que cumplan con los criterios de inclusión publicaciones recientes, contenido relevante y respaldo institucional formarán parte del corpus principal del estudio. El resto será descartado, documentando siempre los motivos de exclusión para asegurar transparencia y trazabilidad del proceso (Snyder, 2019).

Posteriormente, se realizará la extracción de información. Se empleará una ficha de análisis documental donde se registrarán los elementos clave de cada fuente: autor, año, objetivo del estudio, tipo de biomasa analizada, metodología, resultados y conclusiones. Esta ficha permitirá organizar el material de forma ordenada y facilitará el análisis temático posterior (Miles-Huberman y Saldaña, 2018).

El análisis de los datos se desarrollará mediante una estrategia de análisis temático cualitativo, que consiste en leer los textos de manera profunda, identificar ideas recurrentes y

agruparlas en categorías que respondan a los objetivos del estudio. Las categorías esperadas girarán en torno a temas como potencial energético, tecnologías de conversión, sostenibilidad ambiental, políticas públicas y beneficios socioeconómicos. Este tipo de análisis permitirá comprender el discurso colectivo que se ha construido en torno a la biomasa como fuente energética y cómo ha evolucionado su comprensión en el Ecuador.

Una vez organizadas las categorías, se realizará la síntesis interpretativa. En esta fase se compararán los hallazgos entre fuentes, identificando coincidencias, contrastes y vacíos de conocimiento. La intención será tejer una narrativa que no solo describa lo que se ha dicho, sino que proponga una lectura crítica, capaz de orientar futuras investigaciones y políticas públicas en el ámbito energético.

Finalmente, se redactará el informe científico en formato de artículo de revisión, siguiendo las normas de citación y estructura de la American Psychological Association (APA, 7.^a edición). El texto pasará por una revisión de coherencia y estilo, y se preparará para su posterior envío a una revista académica indexada. Este proceso garantizará que el trabajo de titulación no se quede en las aulas, sino que trascienda al ámbito académico, aportando conocimiento valioso sobre el papel de la biomasa en la transición energética ecuatoriana.

En todo el proceso se mantendrá una actitud ética y responsable. Se respetarán los derechos de autor, se evitarán interpretaciones sesgadas y se citará cada fuente de manera fiel. No se manipularán datos ni se buscará imponer conclusiones; al contrario, se dejará que las evidencias hablen, que los textos dialoguen y que el conocimiento fluya con claridad y honestidad ((Creswell y Creswell, 2018); (COPE Council, 2019)).

Análisis de Resultados

Los resultados se presentan de acuerdo con los ejes temáticos definidos en la metodología cualitativa - documental. Cada tabla contiene datos estructurados y un análisis

interpretativo que explica su relevancia en el contexto de la generación eléctrica a partir de biomasa residual en Santo Domingo.

Tabla 1. Generación de residuos sólidos y biomasa utilizable en Santo Domingo.

Indicador	Valor	Detalle técnico
Producción total de residuos sólidos	440,60 t/día	Promedio diario de ingreso al sistema de disposición final.
Residuos orgánicos y reciclables	194,88 t/día	Incluye restos alimentarios, poda, papel, cartón y residuos biodegradables.
Generación per cápita urbana en Ecuador	0,9 kg/hab/día	Parámetro estándar para zonas urbanas con características similares.
Posición nacional en generación de desechos	9.º lugar	Entre los cantones con mayor volumen diario.
Frecuencia de recolección	Diaria	Garantiza flujo constante de biomasa hacia el complejo ambiental.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores muestran que Santo Domingo genera un volumen significativo y continuo de residuos sólidos, condición indispensable para sostener un sistema energético basado en biomasa. Casi la mitad del total corresponde a fracciones orgánicas reciclables, lo que evidencia un alto potencial de aprovechamiento energético. El flujo constante de residuos posiciona al cantón como un territorio con condiciones materiales favorables para el desarrollo de tecnologías de conversión energética.

Tabla 2. Parámetros energéticos de la biomasa urbana.

Parámetro	Valor	Relevancia energética
Biomasa necesaria para generar 1 kWh	0,000260 t (260 g)	Indica una alta eficiencia de conversión masa–energía.
Potencial energético estimado	3500 kcal/kg (14,65 MJ/kg)	Valor competitivo frente a biomassas lignocelulósicas comunes.
Continuidad del suministro	Alta	Se garantiza por la producción diaria constante de residuos.
Composición predominante	Orgánica urbana y restos biodegradables	Ideal para digestión anaerobia y captación de biogás.
Factor limitante	Humedad elevada	Reduce eficiencia de procesos termoquímicos.

Fuente: Elaboración propia.

El potencial energético de la biomasa residual confirma que el recurso disponible en Santo Domingo es viable para producir electricidad. La baja cantidad necesaria para generar un kWh evidencia una relación energía/masa favorable, lo que permite planificar sistemas de generación eléctrica con un rendimiento adecuado. La humedad presente en los residuos limita procesos termoquímicos, pero favorece la digestión anaerobia, tecnología que responde mejor a las características locales.

Tabla 3. Capacidades e infraestructura del Complejo Ambiental del km 32.

Elemento	Especificación técnica	Relevancia para valorización energética
Capacidad total de piscinas	25.648 m ³	Permiten acumulación controlada y posible captación de biogás.
Sistema de disposición	Compactación diaria y cobertura con tierra	Favorece la descomposición anaerobia natural.
Componentes del complejo	Báscula, zona administrativa, compostaje, celdas finales	Infraestructura disponible para integrar nuevas tecnologías.
Licencia ambiental vigente	Resolución aprobada Ministerial	Facilita ampliaciones tecnológicas y nuevos proyectos.
Tipo de residuo dominante	Orgánico urbano	Ideal para sistemas de digestión anaerobia.

Fuente: Elaboración propia.

El Complejo Ambiental del km 32 posee las condiciones físicas y operativas necesarias para integrar tecnologías de valorización energética. La compactación y cobertura diaria generan un ambiente anaerobio que favorece la captación natural de metano, mientras que la existencia de áreas de compostaje y clasificación reduce costos iniciales de implementación. La infraestructura del relleno representa una base sólida para un proyecto de generación eléctrica con biomasa.

Tabla 4. Tecnologías potenciales aplicables en Santo Domingo.

Tecnología	Descripción	Ventajas técnicas	Limitaciones	Aplicabilidad local
Digestión anaerobia	Transformación biológica para producir biogás	Alta eficiencia en residuos húmedos; bajas emisiones	Requiere separación adecuada de residuos	Alta

Gasificación	Conversión térmica en gas combustible	Elevado rendimiento energético	Requiere biomasa seca y homogénea	Media
Combustión directa	Incineración controlada	Tecnología simple y conocida	Emisiones altas; baja aceptación social	Baja
Captura de biogás del relleno	Aprovechamiento del metano generado naturalmente	Bajo costo relativo; utiliza infraestructura existente	Depende de compactación eficaz	Alta

Fuente: Elaboración propia.

Las tecnologías evaluadas muestran que la digestión anaerobia es la alternativa más apropiada para la composición de residuos de Santo Domingo, mientras que la gasificación presenta viabilidad condicionada al secado y pretratamiento del material. La combustión directa resulta poco recomendable por sus impactos ambientales. En contraste, la captación de biogás del relleno sanitario surge como una estrategia inmediata, económica y de rápida implementación.

Tabla 5. Impactos derivados de un sistema energético basado en biomasa.

Categoría	Impacto	Importancia estratégica
Ambiental	Reducción de lixiviados y gases tóxicos	Mejora la calidad del suelo y del agua subterránea.
Ambiental	Disminución de GEI	Contribuye a la mitigación del cambio climático.
Económica	Generación de empleo verde	Impulsa la economía circular local.
Económica	Reducción de costos de disposición final	Extiende la vida útil del relleno sanitario.
Social	Mejora de salud pública	Reduce la exposición a contaminación y olores.

Fuente: Elaboración propia.

El aprovechamiento energético de la biomasa residual genera beneficios multidimensionales. Desde la perspectiva ambiental, disminuye emisiones, lixiviados y contaminación. En cuanto al aporte económico, fomenta empleos verdes y reduce costos

municipales. Socialmente, contribuye a mejorar la salud pública y la percepción ciudadana del manejo de residuos. Estos impactos consolidan la relevancia estratégica de implementar tecnologías de biomasa en el cantón.

Tabla 6. Barreras para la valorización energética de biomasa en Santo Domingo.

Tipo de barrera	Descripción	Implicación operativa
Técnica	Deficiente separación en la fuente	Reduce eficiencia y calidad del sustrato.
Técnica	Humedad elevada en la biomasa	Limita tecnologías termoquímicas.
Económica	Alto costo inicial de inversión	Requiere financiamiento externo o alianzas.
Institucional	Fragmentación en la gestión de residuos	Afecta continuidad del proyecto.
Social	Escasa cultura ambiental	Dificulta clasificación adecuada.

Fuente: Elaboración propia.

Las barreras identificadas responden a limitaciones estructurales del sistema municipal de residuos. La falta de separación en origen afecta la calidad del material utilizado en procesos energéticos. La humedad elevada implica mayores costos de acondicionamiento. Además, la inversión inicial y la coordinación interinstitucional son factores clave que deben atenderse para garantizar la sostenibilidad del proyecto. Superar estas barreras requiere articulación entre municipio, comunidad y sector privado.

Discusión

La discusión interpretó los resultados obtenidos a la luz de los aportes teóricos y empíricos de diversos autores citados en el marco conceptual. En primer lugar, la elevada disponibilidad de biomasa residual en Santo Domingo, reflejada en las más de 440 toneladas diarias de residuos producidos, coincidió con lo expuesto por (González, 2019), quien señaló que la acumulación constante de residuos urbanos constituía un recurso energético subvalorado en

los sistemas de gestión municipal. Los hallazgos confirmaron esta perspectiva, ya que casi la mitad del volumen diario correspondió a fracciones orgánicas aprovechables, lo que situó al cantón entre los territorios con mayor potencial para la valorización energética en Ecuador.

La caracterización energética de la biomasa residual también se alineó con los trabajos de (Mueses, 2020), quien describió que la biomasa lignocelulósica urbana presentaba un rendimiento adecuado para la generación eléctrica cuando se mantenían condiciones de abastecimiento continuo. El valor de 0,000260 toneladas requerido para producir 1 kWh coincidió con los rangos señalados en investigaciones previas sobre plantas piloto de conversión energética, lo que reforzó la viabilidad técnica del recurso disponible en Santo Domingo. Asimismo, el potencial energético estimado de 3500 kcal/kg se correspondió con lo expuesto por (Herrera, 2023), quien analizó biomasa residual agrícola y urbana en contextos industriales, destacando que estos valores situaban al material en un rango competitivo frente a otras biomassas utilizadas en Latinoamérica.

En relación con la infraestructura del Complejo Ambiental del km 32, los resultados mostraron que las condiciones operativas del relleno sanitario favorecían procesos anaerobios de forma natural, lo cual coincidió con la observación de (Ullca, 2019), quien explicó que la compactación y cobertura sistemática de residuos promovían la generación de gases como metano y dióxido de carbono. La existencia de piscinas de lixiviados, áreas de compostaje y zonas de clasificación reforzó la idea planteada por (Villafuerte, 2020), quien afirmó que las infraestructuras con este tipo de componentes estaban mejor preparadas para integrar tecnologías energéticas complementarias.

El análisis de tecnologías disponibles también se encontró en concordancia con la literatura especializada. La digestión anaerobia fue la tecnología más adecuada para las características del residuo local, lo cual coincidió con los planteamientos de (Ortiz, 2019), que

destacó la idoneidad de esta técnica para residuos húmedos y poco homogéneos. Por su parte, la gasificación, aunque viable, presentó limitaciones relacionadas con el contenido de humedad, tal como lo había advertido (Griffa, 2022) en estudios sobre gasificación de biomasa en Ecuador, donde la eficiencia disminuía significativamente cuando la biomasa no recibía un pretratamiento adecuado.

Los impactos ambientales, económicos y sociales identificados también guardaron coherencia con la literatura. (Rojas, 2024) expuso que la generación de energía a partir de biomasa contribuía a disminuir emisiones de gases de efecto invernadero, lo que coincidió con los beneficios observados en este estudio. Asimismo, (Santillán, 2021) argumentó que los sistemas de valorización energética fortalecían la economía circular y generaban oportunidades laborales en los municipios donde se implementaban. Los resultados en Santo Domingo confirmaron esta tendencia, al evidenciarse potencial para la creación de empleos verdes y la reducción de costos operativos en la gestión de residuos.

Finalmente, las barreras identificadas se relacionaron estrechamente con las limitaciones expuestas por (Mantuano, 2019), quien señaló que la falta de separación en la fuente, la baja cultura ambiental y la fragmentación institucional constituyan los principales impedimentos para implementar tecnologías de aprovechamiento energético en Ecuador. Los hallazgos del presente trabajo mostraron que estas mismas debilidades estuvieron presentes en Santo Domingo y que representaron desafíos estructurales para cualquier propuesta de implementación tecnológica.

En conjunto, la discusión permitió constatar que los resultados coincidieron con las tendencias internacionales y nacionales descritas por (Saleem, 2022), quien subrayó que el aprovechamiento energético de biomasa residual requería, además de condiciones técnicas y ambientales, un marco institucional sólido y una participación ciudadana activa. Los resultados mostraron que Santo Domingo cumplía con los criterios técnicos y materiales, pero debía

fortalecer los componentes institucionales y socioculturales para asegurar la sostenibilidad del sistema.

Conclusiones

El examen de los principales estudios, proyectos y políticas públicas desarrolladas en el Ecuador evidenció que la producción de energía eléctrica mediante biomasa había avanzado de manera desigual, con iniciativas académicas, sectoriales y municipales que aportaron insumos valiosos, aunque con niveles variables de aplicabilidad. La revisión mostró que existían diagnósticos técnicos consistentes, pero la implementación práctica dependía aún de una articulación más sólida entre las instituciones responsables de la gestión de residuos y de la planificación energética. La selección de Santo Domingo de los Tsáchilas como caso de referencia, debido a su cercanía geográfica y a la disponibilidad de información confiable, permitió validar estas observaciones en un territorio con alta generación de residuos y condiciones reales de análisis.

La evaluación de los beneficios ambientales, tecnológicos y socioeconómicos confirmó que la biomasa constitúa una alternativa energética renovable con impactos positivos en diversos niveles. En términos ambientales, la reducción de emisiones contaminantes, la disminución de lixiviados y la mitigación de gases de efecto invernadero coincidieron con lo reportado por investigaciones previas, reafirmando su papel en el fortalecimiento de la economía circular. Desde el plano tecnológico, la biomasa demostró un rendimiento competitivo, especialmente mediante procesos de digestión anaerobia. En el plano socioeconómico, se identificó la generación de empleo verde, la disminución de costos de disposición final y la creación de nuevas cadenas productivas asociadas al tratamiento de residuos como efectos relevantes derivados de su implementación.

La identificación de desafíos técnicos, institucionales y financieros permitió evidenciar que la expansión de la biomasa en el país se encontraba limitada por factores estructurales. Entre los desafíos técnicos se destacaron la insuficiente separación de residuos en la fuente, la humedad elevada de la biomasa y la falta de infraestructura para su acondicionamiento. En el ámbito institucional, la fragmentación de competencias, la falta de gobernanza integrada y la escasa continuidad de programas locales dificultaron la consolidación de proyectos energéticos. En el plano financiero, los elevados costos iniciales de instalación y operación de tecnologías de biomasa exigían estrategias de financiamiento conjunto, alianzas público-privadas y políticas de incentivo sostenido. Estas limitaciones revelaron la necesidad de lineamientos estratégicos que incluyeran fortalecimiento institucional, inversión escalonada y procesos educativos dirigidos a la comunidad.

La reflexión sobre el papel de la biomasa en el proceso de transición energética nacional mostró que este recurso poseía una relevancia estratégica para diversificar la matriz energética, mejorar la resiliencia del sistema y promover un uso responsable de los recursos naturales. La evidencia científica revisada y las experiencias locales, especialmente las observadas en Santo Domingo, confirmaron que la biomasa podía integrarse como un componente clave dentro de un modelo energético sostenible, siempre que existiera una planificación territorial adecuada, un marco regulatorio fortalecido y una gestión participativa de los residuos. Esta reflexión permitió reconocer que la biomasa no solo ofrecía una alternativa técnica viable, sino también una oportunidad para consolidar un enfoque integral de sostenibilidad ambiental, económica y social en el país.

Referencias bibliográficas

- Aguilar, P. (2023). Biomasa residual de la industria del cannabis: una alternativa para la obtención de productos de alto valor agregado. Universidad Nacional de Colombia.
- Alban, G. P. (2020). Metodologías de investigación educativa: descriptivas, experimentales, participativas y de investigación-acción. Saberes del Conocimiento.
- Almada, M. (2019). Proyecto para la promoción de la biomasa. Economía Verde.
- Ana, R. J. M. (2022). Generación de electricidad a partir de biomasa en la Asociación de Ganaderos de Santo Domingo. *Revista Fronteriza*, 15, 67–82.
- ARCERNR. (2023). Atlas del sector eléctrico ecuatoriano 2023. Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables.
- Argüello, J. (2023). Estadística de información ambiental del Ecuador. *Revista NEC*, 16, 45–60.
- Arroyo, F. R. M., & Miguel, L. J. (2020). The role of renewable energies for the sustainable energy governance and environmental policies for the mitigation of climate change in Ecuador. *Energies*, 13(15), 1–18.
- Barragán, C., & Llanes, P. (2020). La biomasa como alternativa energética en el Ecuador. *Revista Energía y Desarrollo*, 8(2), 112–129.
- Barahona, A., & Santacruz, M. (2025). Generación de energía eléctrica por medio de biomasa orgánica en Santo Domingo, Ecuador. *Revista G-NER@NDO*, 6(1), 1569–1585.
- Bravo, D. (2023). Energías limpias y sostenibilidad ambiental en Ecuador. *Revista Ecuavisa Ciencia*, 12(4), 34–46.
- Cámara, M. (2023). La tributación local de las energías renovables en el contexto de transición

- energética española y europea. Fundación Democracia y Gobierno Local, 82–111.
- CENACE. (2023). Boletín y estadística mensual de las transacciones comerciales 2023. Operador Nacional de Electricidad.
- Da Costa Pimenta, C. C. (2022). La economía circular como eje de sostenibilidad energética. *Revista Economía y Política*, 5, 115–132.
- Escamilla García, P. E. (2019). Eficiencia y confiabilidad de la generación eléctrica por biomasa. *Revista La Granja*, 22(3), 59–73.
- Fernanda, L., & Ramírez, B. (2019). Potencial energético de la biomasa residual pecuaria del Ecuador. *Revista Agroenergía*, 4(2), 88–101.
- Focer. (2019). Manuales sobre energía renovable. San José, Costa Rica.
- García, T. (2019). Aprovechamiento agroenergético de residuos orgánicos. *Revista Agronomía Mesoamericana*, 30(2), 115–127.
- González, J. R. (2019). Perspectivas del potencial energético de la biomasa en Ecuador. *Revista Gestión Ambiental*, 9(1), 45–57.
- Griffa, E. G. (2022). Generación de energía eléctrica a partir de biomasa: un enfoque económico y ambiental. *Revista Economía y Negocios*, 7(3), 55–70.
- Herrera, J. A. (2023). Aplicación de la bioenergía en el ámbito industrial: una visión práctica. Editorial Díaz de Santos S.A.
- Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE). (2024). Balance Energético Nacional 2023. Quito: IIGE.
- IRENA. (2020). Global Renewables Outlook: Energy Transformation 2050. International Renewable Energy Agency.

- Lopez, R. (2020). Procesos de gasificación de biomasa en Latinoamérica. *Revista Bioenergy Latin*, 12(2), 77–92.
- Ministerio de Energía y Minas del Ecuador (MEM). (2024). Plan Maestro de Electricidad 2023–2032. Quito: MEM.
- Mueses, V. H. (2020). Transformación energética de biomasa en Ecuador: un análisis técnico y ambiental. *Revista Energía Sustentable*, 14(1), 22–39.
- Rojas, M. (2024). Biomasa y energía renovable: fundamentos para una transición sostenible. *Revista Tecnología Verde*, 10(1), 58–74.
- Soria, C., Herrera, F., & Vera, M. (2024). Transición energética y diversificación de la matriz eléctrica ecuatoriana. *Revista Científica y Académica*, 5(3), 3898–3919.
- Villafuerte, L. (2020). Gestión integral de residuos sólidos y potencial bioenergético en Santo Domingo de los Tsáchilas. *Revista Medio Ambiente Ecuador*, 13(2), 89–105.
- Vargas-García, A., Gómez, D., & Paredes, L. (2021). Potencial de la biomasa en América del Sur: hacia una economía basada en recursos renovables. *Revista Energías del Sur*, 11(4), 210–229