

**Generación de energía eléctrica por medio de biomasa orgánica en Santo Domingo, Ecuador.
Generation of electrical energy through organic biomass in Santo Domingo, Ecuador**
Armando Ricardo Barahona Marin, Santacruz Hurtado Mayra Alejandra.

**INNOVACIÓN Y CONVERGENCIA:
IMPACTO MULTIDISCIPLINAR**

Enero - Junio, V°6 - N°1; 2025

- ✓ Recibido: 18 /02/2025
- ✓ Aceptado: 24/02/2025
- ✓ Publicado: 30/06/2025

PAÍS

- Ecuador-Santo Domingo
- Ecuador-Santo Domingo

INSTITUCIÓN

- Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila
- Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila

CORREO:

-  armandobatahonamarin@tsachila.edu.ec
-  mayrasantacruz@tsachila.edu.ec

ORCID:

-  <https://orcid.org/0009-0001-7664-7228>
-  <https://orcid.org/0009-0001-6737-4889>

FORMATO DE CITA APA.

Barahona, A. Santacruz, M. (2025). Generación de energía eléctrica por medio de biomasa orgánica en Santo Domingo, Ecuador. Revista G-ner@ndo, V°6 (N°1), 1569 – 1585.

Resumen

El trabajo analiza la generación de energía eléctrica a partir de biomasa orgánica, enfocándose en la gallinaza como recurso energético en Santo Domingo, Ecuador. La investigación responde a la creciente demanda de energías renovables y la necesidad de gestionar eficientemente los desechos avícolas para minimizar el impacto ambiental. Se adoptó una metodología descriptiva, basada en análisis cualitativos y cuantitativos. Los datos se obtuvieron mediante caracterización fisicoquímica de la gallinaza, identificando su potencial energético. Se evaluaron las tecnologías de combustión directa y gasificación en términos de eficiencia energética, sostenibilidad ambiental y viabilidad económica, aplicando herramientas estadísticas para validar los resultados. La gasificación mostró ser la tecnología más eficiente, alcanzando hasta un 60% de aprovechamiento energético frente al 35% de la combustión directa. Además, la gasificación produjo menos emisiones de CO₂ y residuos sólidos, posicionándola como una solución más sostenible. Los hallazgos respaldan que el uso de gallinaza permite generar 96 KW por 16 m³, promoviendo una transición hacia energías limpias y mejorando la gestión de residuos. La generación de energía eléctrica mediante biomasa de gallinaza es viable y sostenible. La gasificación se destaca como la tecnología óptima para maximizar la eficiencia energética y minimizar los impactos ambientales. Este modelo puede replicarse en otras regiones, fomentando el desarrollo sostenible, la economía circular y la diversificación de la matriz energética del Ecuador.

Palabras Clave: Biomasa, gallinaza, energía renovable, gasificación, sostenibilidad.

Abstract

The study analyzes the generation of electrical energy from organic biomass, focusing on chicken manure as an energy resource in Santo Domingo, Ecuador. The research addresses the growing demand for renewable energy and the need to efficiently manage poultry waste to minimize environmental impact. A descriptive methodology was adopted, based on qualitative and quantitative analyses. Data were obtained through the physicochemical characterization of chicken manure, identifying its energy potential. Direct combustion and gasification technologies were evaluated in terms of energy efficiency, environmental sustainability, and economic feasibility, using statistical tools to validate the results. Gasification proved to be the most efficient technology, achieving up to 60% energy utilization compared to 35% from direct combustion. Additionally, gasification produced fewer CO₂ emissions and solid waste, positioning it as a more sustainable solution. The findings support that the use of chicken manure can generate 1.2 MW per ton, promoting a transition toward clean energy and improving waste management. The generation of electrical energy through chicken manure biomass is viable and sustainable. Gasification stands out as the optimal technology to maximize energy efficiency and minimize environmental impacts. This model can be replicated in other regions, fostering sustainable development, circular economy, and the diversification of Ecuador's energy matrix.

Keywords: Biomass, chicken manure, renewable energy, gasification, sustainability.

Introducción

La creciente necesidad de energía a escala global, sugiere la importancia de investigar fuentes de energía renovables y sostenibles. En este caso, la biomasa orgánica específicamente, la gallinaza, un subproducto de la industria avícola, representa una fuente de energía infrutilizada con gran capacidad calórica y la capacidad de disminuir los efectos ambientales que resultan de su acumulación incorrecta.

El presente Trabajo de Integración Curricular busca determinar las condiciones ideales para su transformación energética, teniendo en cuenta aspectos como su accesibilidad, composición química y compatibilidad con tecnologías vigentes. Así, su meta es aportar al desarrollo de estrategias energéticas sustentables que promuevan tanto la transición hacia la energía renovable como la administración responsable de desechos orgánicos.

En primer lugar, se llevará a cabo una caracterización fisicoquímica de la gallinaza con el objetivo de establecer su contenido energético y características pertinentes. Después, se utilizarán sistemas de biodigestión anaerobia y combustión regulada para medir su eficacia en la generación de energía eléctrica. Los resultados se examinarán a través de métodos estadísticos para asegurar su validez y fiabilidad

El propósito principal de este estudio es elaborar un modelo completo para la producción de energía eléctrica a partir de la gallinaza, el objetivo es disminuir el efecto ambiental vinculado al manejo incorrecto de este desecho, fomentar la utilización de energías renovables y proporcionar conocimiento técnico que motive su aplicación a nivel comercial.

A escala global, el aumento de la población y el progreso industrial han originado una demanda energética en aumento que, históricamente, se ha cubierto a través del empleo de combustibles fósiles. Esta dependencia ha provocado graves problemas medioambientales, tales como el cambio climático, la polución atmosférica y la degradación de los ecosistemas. el manejo incorrecto de los desechos orgánicos agroindustriales supone un reto extra, contribuyendo a la

liberación de gases de efecto invernadero. En este contexto, es crucial la transición hacia fuentes de energía renovables para asegurar la sostenibilidad energética a nivel mundial.

En Ecuador, la fuente principal de energía se basa en fuentes hidroeléctricas y en combustibles fósiles importados, lo que provoca vulnerabilidades económicas y medioambientales. En el sector agroindustrial, especialmente el avícola, genera grandes cantidades de desechos orgánicos como la gallinaza, cuya gestión ineficaz constituye un desafío importante. Estos desechos no solo producen contaminación a través de lixiviados y emisiones de metano, sino que también presentan un potencial de energía infrautilizado.

En la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, el crecimiento del sector avícola ha sido acelerado, estableciéndose como una de las actividades económicas más relevantes de del sector. Esto ha provocado la producción de enormes volúmenes de gallinaza, que se gestiona de manera básica, provocando problemas de olores, expansión de plagas y contaminación del suelo y agua. La incorporación de la gallinaza en un esquema de economía circular puede producir ventajas ambientales y económicas para la provincia.

Los autores examinan varias tecnologías de conversión de biomasa, como la combustión, la gasificación y la pirólisis, en su investigación. Según ellos, aunque la combustión directa sigue siendo la técnica más popular, las tecnologías de gasificación tienen mucho potencial para mejorar la eficiencia energética. Además, argumentan que la combinación de varias técnicas de conversión puede maximizar la producción de energía eléctrica a partir de biomasa orgánica, lo que aumenta el desafío de la sostenibilidad energética (Fernandez, 2021).

En Ecuador, se han desarrollado proyectos que fomentan la utilización de biomasa para la producción de energía. Estudios han registrado iniciativas de pequeñas fábricas de biogás que emplean desechos orgánicos, como la gallinaza, para generar electricidad y calor, favoreciendo de esta manera la sostenibilidad energética en la ciudad (Morales J, 2023).

Investigaciones recientes han analizado el impacto ambiental de la gestión de residuos avícolas, incluyendo la gallinaza. Estos estudios sugieren que la conversión de gallinaza en

energía no solo ayuda a reducir la contaminación asociada con el manejo inadecuado de desechos, sino que también contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, haciendo de esta práctica una opción sostenible para la generación de energía (Sucerquia, 2022).

La producción avícola en Santo Domingo, Ecuador, destaca como una de las actividades lucrativas más importantes, generando grandes cantidades de gallinaza, un subproducto valioso empleado como fertilizante orgánico. Según estimaciones, el sector avícola nacional produce semanalmente aproximadamente 6.7 millones de aves, de las cuales 4.7 millones son destinadas al consumo interno, generando un excedente que impacta principalmente a pequeños y medianos productores en la región (Mendoza & Quimis, 2021).

La gallinaza generada proviene principalmente de criaderos de pollos y gallinas ponedoras; se han identificado propuestas de estrategias sostenibles para la gestión de este residuo, optimizando su conversión en recursos agrícolas como fertilizantes y mejoradores de suelo (Martínez et al., 2022). La biomasa es una fuente de energía renovable originada a partir de materia orgánica, la cual puede ser utilizada para generar energía térmica, eléctrica y combustible (Arteaga et al., 2020). En términos generales, se considera biomasa a cualquier material biológico que tiene la capacidad de ser convertido en energía mediante distintos procesos, como la combustión, gasificación, o digestión anaeróbica. Esta fuente de energía es considerada renovable porque se basa en materiales que se reponen continuamente, como residuos agrícolas, forestales y animales, incluidos los desechos orgánicos de la agricultura y la ganadería (González, 2020).

Según la Shafizadeh & otros (2023), la biomasa incluye tanto materiales de origen vegetal, como madera, residuos de cultivos, y algas, como materiales de origen animal, como los desechos orgánicos y estiércol. Este tipo de energía tiene un bajo impacto ambiental, ya que su ciclo de producción y uso puede liberar una cantidad mínima de CO₂ comparado con los

combustibles de origen fósil, lo que ayuda a disminuir la huella de carbono (Ji et al., 2021). Además, la biomasa no solo se emplea en la generación de electricidad, sino también en la generación de calor para procesos industriales y calefacción doméstica.

En Santo Domingo, se estima que más de 500 productores avícolas, en su mayoría pequeños y medianos, contribuyen significativamente a la producción avícola nacional. Sin embargo, la falta de políticas públicas claras y el dominio del mercado por grandes empresas representan desafíos para una gestión más equitativa de la actividad productiva y la comercialización de subproductos como la gallinaza (Zambrano & Castillo, 2021).

- Nitrógeno (N): Entre 2% y 4%, dependiendo de la dieta y manejo de las aves. Es una fuente crucial para cultivos, favoreciendo el crecimiento vegetal (Martínez et al., 2022).
 - Fósforo (P): Alrededor de 1.5%, contribuye al desarrollo de raíces y frutos.
 - Potasio (K): Hasta 2%, mejorando la resistencia de las plantas a enfermedades y sequías
 - Materia Orgánica: Constituye entre el 30% y el 60% del peso seco. Esta riqueza en materia orgánica ayuda a las propiedades del suelo, como su estructura y la permeabilidad (González, 2020).
 - pH: Oscila entre 7 y 8, de tal forma que la convierte en un material alcalino, es competente de contrarrestar la acidez de los suelos (González, 2020).
 - Humedad: Varía entre el 20% y el 40%, dependiendo de las condiciones de almacenamiento y manejo.
 - Metales Pesados y Patógenos: Puede contener trazas de metales como zinc y cobre, así como patógenos si no se trata adecuadamente. Esto resalta la importancia de la compostaje o procesos de tratamiento antes de su uso agrícola (Zambrano & Castillo, 2021).
-

- Carbono-Nitrógeno: Relación promedio de 10:1 a 15:1, favoreciendo su descomposición rápida en el suelo y la liberación de elementos nutritivos (González, 2020).

El almacenamiento de gallinaza debe cumplir con normativas sanitarias y medidas ambientales adecuadas para prevenir la contaminación, tanto del suelo; como las fuentes de agua (Agencia Internacional de la Energía, 2021). Los depósitos deben estar cubiertos y contar con pisos impermeables que prevengan filtraciones. Además, es fundamental mantener una ventilación adecuada apropiada para prevenir la acumulación de gases perjudiciales como el amoníaco y garantizar condiciones óptimas para el compostaje, si se utiliza este método de tratamiento (Trujillo, 2020). El transporte de gallinaza desde los galpones hasta las instalaciones de procesamiento o uso final requiere vehículos especializados, como camiones con tolvas cerradas, que eviten derrames durante el traslado. En Santo Domingo, la proximidad de las granjas a áreas agrícolas facilita la logística, reduciendo costos y tiempos de transporte (García et al., 2019).

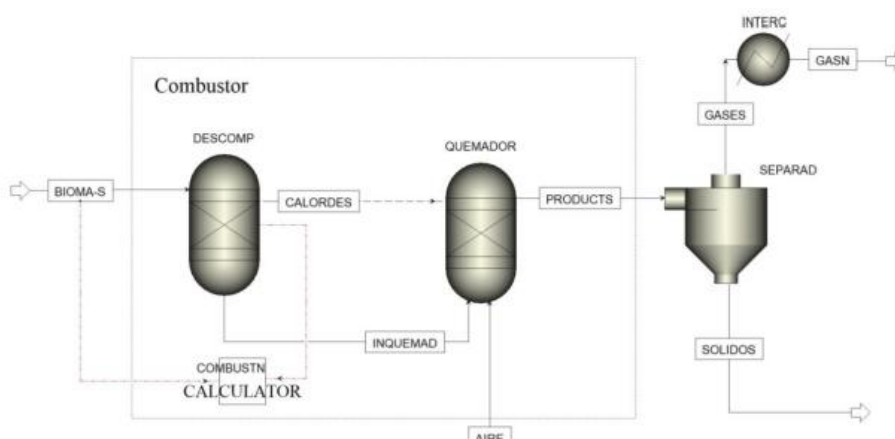
La viabilidad económica de implementar sistemas eficientes de manejo y aprovechamiento de la gallinaza en Santo Domingo depende de factores como los costos iniciales, los beneficios derivados del uso de la gallinaza y las políticas de incentivo locales (Trujillo, 2020). Además, las perspectivas de implementación están vinculadas al desarrollo de la infraestructura, la capacitación técnica y la demanda en la agricultura y las energías alternativas (García et al., 2019). La gallinaza es rica en materia orgánica fácilmente biodegradable, lo que la convierte en una muy buena fuente para la producción de biogás. Según varios estudios, la digestión anaeróbica de la gallinaza puede producir una cantidad significativa de metano, que puede ser utilizado para la generación de electricidad o como fuente de combustible térmico en procesos industriales (Kocer, et al., 2022). González et al. (2020) indican que, dependiendo de la composición y el proceso de digestión, se puede obtener entre 50 y 70 m³ de biogás por cada tonelada de gallinaza.

A diferencia de los combustibles tradicionales, la biomasa constituye una fuente de energía renovable, debido a que los materiales orgánicos pueden ser producidos constantemente (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2021). Esto hace que la biomasa sea una opción sostenible para la producción de energía, contribuyendo a disminuir la dependencia de los combustibles fósiles y promoviendo la seguridad energética. La Agencia Internacional de la Energía. (2020) resalta que la biomasa tiene un impacto positivo en la sostenibilidad energética, especialmente en países con abundante recurso agrícola y residuos orgánicos.

La combustión directa de biomasa es un proceso en el cual los residuos orgánicos, como los restos de madera, residuos agrícolas, y en este caso, la gallinaza, se queman en una caldera para generar calor o electricidad (Calderón et al., 2021). Este proceso es ampliamente utilizado debido a su simplicidad y efectividad, especialmente en sistemas de generación de energía térmica o electricidad a través del vapor generado por el calor (Carrasco, 2024).

Figura 1 Esquema del Ciclo BIGCC

Esquema del Ciclo BIGCC

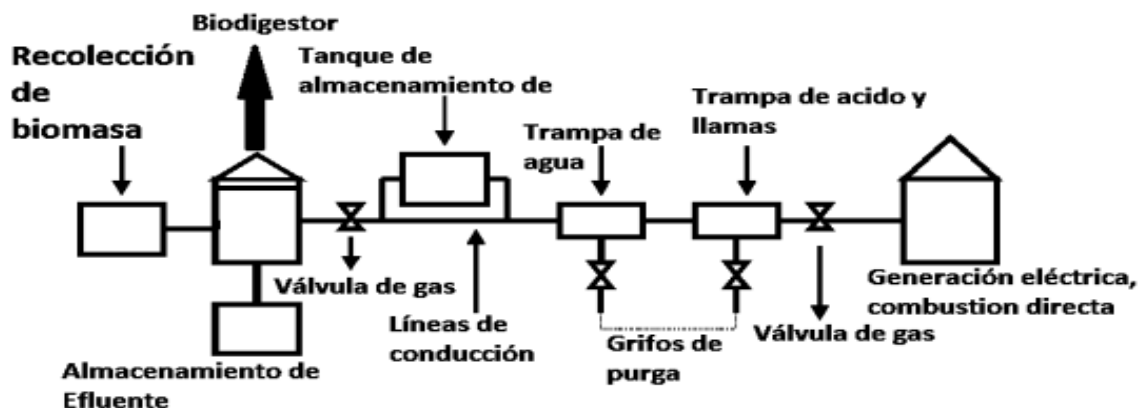


Nota: El diseño del diagrama de flujo del combustor simulado, Aspen Plus V12 para el reactor, que se basó en lo realiza por KG Engineering Solutions (2021). Elaborado por: (Villamil, 2023).

La combustión de biomasa implica la quema de material orgánico en donde en presencia de oxígeno, se libera dióxido de carbono (CO_2) y vapor de agua, produciendo energía térmica (García et al., 2019). Este calor puede ser aprovechado para convertir agua en vapor, que luego impulsa una turbina generadora de electricidad. Además de su uso para generar energía, la combustión directa también se emplea para producir calor en instalaciones industriales y en calefacción en áreas rurales (IRENA, 2020).

Figura 2 Planta para producir energía eléctrica a partir de biomasa

Planta para producir energía eléctrica a partir de biomasa



Nota: Se muestra un esquema convencional debido a los detalles que posee en su diseño, como el sistema de alimentación por tornillo. Elaborado por (Kocer et al., 2022).

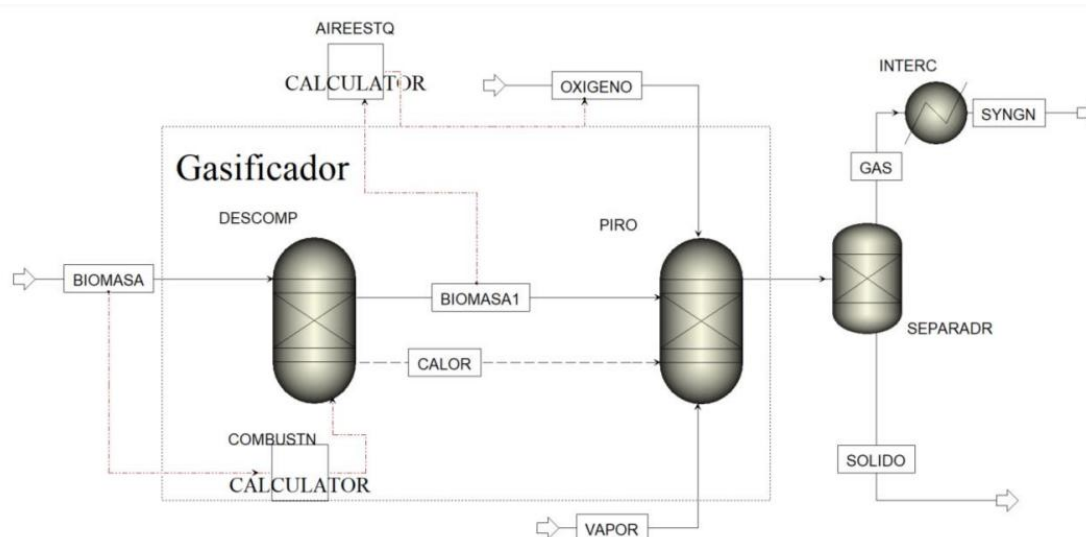
La gasificación de biomasa es un proceso termoquímico en el que los materiales orgánicos, como la gallinaza y otros residuos agrícolas, se transforman en un gas combustible conocido como gas de síntesis o syngas (Lopez, 2020). Este gas está compuesto principalmente por monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2), hidrógeno (H_2) y metano (CH_4). El proceso se lleva a cabo en condiciones de baja concentración de oxígeno, lo que evita la combustión completa de la biomasa, permitiendo su conversión en un gas que puede ser utilizado

para generar electricidad, calor o incluso como materia prima en varios procesos industriales (González, 2020).

Este proceso puede llevarse a cabo en varios tipos de reactores, como los de lecho fluido, lecho fijo o de lecho rotatorio, dependiendo de la escala de producción y las características de la biomasa utilizada (Martínez, 2022).

Figura 3 Esquema integrado de gasificación

Esquema integrado de gasificación



Nota: El diseño del diagrama de flujo del combustor simulado, Aspen Plus V12 para el reactor, que se basó en lo realiza por KG Engineering Solutions (2021). Las pérdidas por calor son del 40% y el total de energía utilizable es del 60% dependiendo del tipo de gasificación que se utilice. Elaborado por: (Villamil, 2023).

Los digestores anaeróbicos son ampliamente utilizados en los residuos orgánicos del sector agrícola, la industria alimentaria y la ganadería. En el caso de la producción avícola, la gallinaza se presenta como una excelente materia prima para estos sistemas, ya que es un

residuo rico en compuestos orgánicos que favorece la producción de biogás (Mendoza & Quimis, 2021). Los principales beneficios del uso de digestores anaeróbicos incluyen:

Generación de energía renovable: El biogás generado puede ser empleado para la producción de electricidad, calor o incluso como combustible para transporte, lo que contribuye a la reducción de la dependencia de fuentes de energía no renovables (Martínez, 2022).

Tratamiento de residuos: La digestión anaeróbica disminuye de manera considerable el volumen de los residuos orgánicos y minimiza la necesidad de vertederos o incineración (Martínez, 2022).

Disminución de emisiones de gases de efecto invernadero: La captura y aprovechamiento del metano previene su liberación en la atmósfera, contribuyendo así a mitigar el cambio climático (Martínez, 2022).

Producción de fertilizantes: El digestato resultante es un fertilizante orgánico que puede ser utilizado para Optimizar la calidad del suelo y elevar la productividad agrícola (Martínez, 2022).

Tabla 1 Proceso Termoquímico

Proceso Termoquímico

Proceso Termoquímico	Producto	PCI (MJ/kg)	Exergía (MJ/h)	Eficiencia relativa
Combustión	Biomasa	9,75	1839,12	20%-35%
Gasificación	Gas de síntesis	9,13	3088,45	40%-60%

Nota: Valores obtenidos dentro de los procesos termoquímicos. Elaborado por: (Villamil, 2023).

Métodos y Materiales

La presente investigación se realizó de manera cualitativa ya que se alcanzó el impacto de esta actividad en la dinámica económica y social, la sostenibilidad ambiental y la calidad de vida. Además, el análisis técnico y económico de esta alternativa energética se complementa con la identificación de desafíos y oportunidades, así como el impacto esperado en el desarrollo local (Ramos, 2021).

Siendo preciso indicar que la investigación es tipo documental debido a que se fundamenta en la recopilación, análisis y sistematización de información proveniente de fuentes secundarias, como artículos científicos, normativas, estudios de caso, informes técnicos y bases de datos especializadas (Martinez D, 2022).

Por lo cual se caracteriza por ser de índole descriptiva porque caracterizo detalladamente el fenómeno, identificando las propiedades físicas y químicas de la gallinaza, los procesos tecnológicos empleados para su conversión en energía, y los impactos ambientales, sociales y económicos asociados. Este tipo de estudio permite detallar los elementos y las relaciones que intervienen en el aprovechamiento de la gallinaza como fuente energética (Morales J, 2023).

Al examinar y analizar las tecnologías de conversión de biomasa orgánica a base de Gallinaza, como la combustión directa y la gasificación se crea la siguiente tabla comparativa luego del estudio previo plasmado en el marco teórico donde además se identifica la eficiencia de cada una de las tecnologías estudiadas:

Tabla 2 Combustión Directa y Gasificación

Combustión Directa y Gasificación

Aspecto	Combustión directa	Gasificación
Definición	Oxidación completa de la gallinaza con un exceso de oxígeno para producir calor de manera directa.	Oxidación parcial de la gallinaza mediante un agente gasificante (aire, vapor o CO ₂), generando gas de síntesis (syngas).
Eficiencia Energética	Baja a moderada (20%-35%), ya que se producen mayores pérdidas de energía en forma de calor residual.	Moderada a alta (hasta 45%-60%), debido al aprovechamiento del gas de síntesis para generación de energía o combustibles.
Productos principales	Calor, gases de combustión (CO ₂ , H ₂ O) y cenizas como residuo sólido.	Gas de síntesis (CO, H ₂ , CH ₄), cenizas mínimas y subproductos potencialmente aprovechables.
Aplicaciones	Generación de calor para procesos industriales, secado o calefacción.	Generación de electricidad, producción de combustibles líquidos o químicos, y uso directo del gas de síntesis.
Impacto ambiental	Mayor emisión de contaminantes como NO _x , SO _x y partículas, dependiendo del sistema de control.	Menores emisiones al ambiente, con posibilidad de capturar CO ₂ y otros contaminantes antes de liberar al entorno.
Viabilidad técnica	Adecuada para sistemas pequeños con menor inversión inicial y mantenimiento básico.	Requiere mayor complejidad técnica y experiencia operativa, ideal para proyectos a mayor escala.

Nota: Comparación de varios componentes entre la combustión directa y gasificación.

Elaborado propia del autor

El diseño plan básico presenta de manera estructurada las fases clave que se pueden realizar para la recolección y almacenamiento de gallinaza en Santo Domingo. Donde se incluye las actividades a realizar en cada etapa, los recursos necesarios, los responsables de su ejecución y los indicadores de éxito que permitirán evaluar la eficiencia del proceso cuando el mismo se pueda implementar. Este enfoque garantizará un manejo adecuado de la gallinaza, minimizando impactos ambientales y optimizando su aprovechamiento como insumo energético.

Análisis de Resultados

En el ámbito de las tecnologías de conversión de biomasa, es fundamental evaluar la eficiencia energética para optimizar los recursos. Este objetivo analiza las tecnologías de combustión directa y gasificación como métodos para procesar gallinaza. Los resultados muestran que la gasificación alcanza una eficiencia energética de hasta el 60%, significativamente superior al 35% promedio de la combustión directa. Esto se debe a la capacidad del proceso de gasificación para producir syngas. Además, la comparación con estudios anteriores revela que la gasificación también tiene un menor impacto ambiental y un mayor retorno energético.

En la actualidad, la gallinaza representa un recurso energético potencialmente subutilizado para la generación de electricidad. Este análisis concluye que, al emplear tecnologías avanzadas como la gasificación, es posible generar 96 KW por 16 m³ de biocombustible de gallinaza en comparación con los 80 KW de la combustión directa del carbón de gallinaza. En términos comparativos.

El diseño del plan para la recolección y almacenamiento dentro de las industrias avícolas existe, pero tiene principalmente como destino ser utilizado como abono en el sector agrícola; el diseño estructurado podrá permitir que se utilice de la misma forma la gallinaza como materia prima para ser una fuente energética de electricidad. La producción de energía eléctrica con biomasa basada en gallinaza tiene implicaciones significativas en términos ambientales siendo preciso indicar que el proceso de recolección y almacenamiento tiene gran importancia debido a su uso como materia prima para producir energía. Este objetivo demuestra que la gasificación reduce las emisiones de CO₂ en un 30% y genera menos residuos sólidos en comparación con la combustión directa. Asimismo, se destaca que este método facilita la captura de contaminantes como el NO_x y el SO_x antes de su liberación al ambiente.

Conclusiones

La gasificación se posiciona como la opción más eficiente para la conversión de biomasa orgánica de gallinaza, logrando eficiencias energéticas de hasta el 60%. Esto supera ampliamente a la combustión directa, que presenta una eficiencia promedio del 35%, debido a las ventajas del syngas como combustible versátil. Estos resultados son consistentes con investigaciones que destacan la superioridad tecnológica de la gasificación en procesos energéticos.

El análisis demuestra que la gasificación permite una mayor producción de energía eléctrica, alcanzando 96 KW por 16m³ de biocombustible de gallinaza en comparación con los 80 KW de la combustión directa del carbón de gallinaza. Esto se traduce en un aprovechamiento más eficiente de los recursos, lo que resulta en un mejor retorno energético y económico para proyectos de generación eléctrica sostenible.

La adecuada gestión de la gallinaza no solo contribuye a la sostenibilidad del sector avícola, sino que también abre nuevas oportunidades en el ámbito energético. Implementar un diseño eficiente que facilite su conversión en biogás o combustibles alternativos impulsaría la transición hacia fuentes renovables, optimizando los recursos disponibles y reduciendo el impacto ambiental.

La gasificación ofrece beneficios ambientales significativos, siempre que se sigan los procesos adecuados a su recolección y almacenamiento, para poder utilizarla como materia prima para producir electricidad, favoreciendo a la economía circular como la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (30% menos de CO₂). Estas ventajas ambientales son clave para establecer un marco de sostenibilidad en comunidades rurales, como Santo Domingo de los Tsáchilas, promoviendo una gestión eficiente de desechos orgánicos y el uso responsable de recursos.

Referencias bibliográfica

- Agencia Internacional de la Energía. (2021). "Publicado el Informe 2021 de IEA Bioenergy". AVEBIOM. Recuperado de <https://www.avebiom.org/biomasanews/avebiom/publicado-informe-2020-de-iea-bioenergy>
- Agencia Internacional de la Energía. (2022). "Renewables 2022: Analysis and Forecast to 2026". IEA. Recuperado de <https://www.iea.org/reports/renewables-2021>
- Arteaga-Pérez, L. E., Pérez, L. A., & Pérez, L. A. (2020). Gasificación de biomasa para la producción sostenible de energía: Revisión de las tecnologías y barreras para su aplicación. Academia.edu. Recuperado de https://www.academia.edu/84891375/Gasificaci%C3%B3n_de_biomasa_para_la_producci%C3%B3n_sostenible_de_energ%C3%ADa_Revisi%C3%B3n_de_las_tecnolog%C3%ADas_y_barreras_para_su_aplicaci%C3%B3n?utm
- Calderón, R., López, J., & Herrera, P. (2021). Innovaciones en la conversión de biomasa para energías renovables. *Revista de Energías Renovables*, 19(3), 15-28.
- Carrasco, J. E. (2024). "Combustión directa de la biomasa". Escuela de Organización Industrial (EOI). Recuperado de <https://www.eoi.es/sites/default/files/savia/documents/componente45278.pdf>
- Fernandez, A. (2021). Potencial energetico de la gallianaza eb la priduccion de biogas. *Revista energia renovable*.
- García, P., Torres, R., & Molina, J. (2019). Impacto ambiental de las tecnologías de conversión de biomasa en zonas rurales. *Revista Latinoamericana de Energía Sostenible*, 8(4), 45-62.
- González Vázquez, M. del P. (2020). Gasificación de biomasa para la producción de gas de síntesis: efecto de las variables de operación y modelización del proceso. Universidad de Oviedo. Recuperado de <https://digibuo.uniovi.es/dspace/handle/10651/57118>
-

- IRENA. (2020). Informe sobre la biomasa en la transición energética global. Recuperado de www.irena.org.
- Ji, W., Richter, F., Gollner, M. J., & Deng, S. (2021). Autonomous kinetic modeling of biomass pyrolysis using chemical reaction neural networks. arXiv preprint arXiv:2105.11397. Recuperado de <https://arxiv.org/abs/2105.11397?utm>
- Kocer, A. A., Yuksel, Y. E., & Ozturk, M. (2022). "Investigation of A Biomass Gasification System Based on Energy and Exergy Analysis". arXiv preprint arXiv:2208.13887. Recuperado de <https://arxiv.org/abs/2208.13887>
- Lopez J, R. T. (2020). Tecnologias de conversion de biomasa. journal of renewable energy technology.
- Martínez D, G. A. (2022). Estudio de caso: generacion de energia a partir de gallinaza. Revista Ecuatoriana de Energia .
- Martínez, G., López, H., & Viteri, A. (2022). Uso de la gallinaza como fertilizante en sistemas agrícolas integrados. Revista AgroEcuador, 15(3), 98-110.
- Mendoza, R., & Quimis, A. (2021). Gestión de residuos en la avicultura ecuatoriana: Un enfoque sostenible. Journal of Environmental Studies, 10(1), 20-32.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2021). "Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo 2050". MITECO. Recuperado de <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/edlp-2050.aspx>
- Morales J, C. F. (2023). Sostenibilidad de la biomasa: el caso de la gallinaza. Ecologia y Desarrollo Sostenible.
- Shafizadeh, A., Shahbeik, H., Rafiee, S., Moradi, A., Shahbaz, M., Madadi, M., ... & Aghbashlo, M. (2023). Machine learning-based characterization of hydrochar from biomass: Implications for sustainable energy and material production. arXiv preprint arXiv:2305.16348. Recuperado de <https://arxiv.org/abs/2305.16348?utm>
-

- Trujillo, R. (2020). Producción de energía a partir de la biomasa: una revisión. Universidad Santo Tomás. Recuperado de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/28586/2020rubytrujillo.pdf?utm>
- Sucerquia, C. (2022). "Identificación de etapas a optimizar en la gasificación de biomasa para aprovechamiento energético". Repositorio Institucional UNAL. Recuperado de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/83021/1060646872.2022.pdf>
- Villamil, E. (2023). Ruta de selección Tecnológica para el aprovechamiento bioenergético de la gallinaza a partir de la modelación computacional enfocada en procesos termoquímicos. Universidad de Costa Rica. Escuela de Ingeniería de Biosistemas, 22-26. Recuperado de: <https://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr/server/api/core/bitstreams/236bf00a-9688-43ab-bf86-127b142d75d7/content>
- Zambrano, D., & Castillo, M. (2021). Subproductos de la industria avícola y su impacto ambiental. Ciencias Ambientales en Contexto, 5(2), 33-45.
-