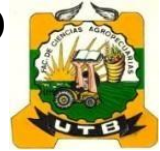




UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y
VETERINARIA
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del examen de carácter complejo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito previo para obtener el título de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

TEMA:

Uso de residuos y subproductos de plantas agroindustriales para generar energía y fertilizantes en el Ecuador.

AUTOR:

Robert Jossue Cordova Garofalo

TUTOR:

Abg. Franklin Washington Montece Mosquera, MSc.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2025

RESUMEN

Ecuador enfrenta el reto de gestionar de manera sostenible los residuos y subproductos generados por la agro-industria, un sector clave en su economía. La acumulación ineficiente de estos desechos no solo genera impactos ambientales negativos, como la contaminación del agua y la emisión de gases de efecto invernadero, sino que también representa una pérdida de recursos con alto potencial energético y agrícola. En este contexto, la presente investigación analiza la eficiencia de diferentes procesos tecnológicos en la valorización de residuos agro-industriales para la producción de energía renovable y fertilizantes. El estudio aborda la clasificación de los principales residuos agroindustriales generados en Ecuador, con énfasis en subproductos de la industria azucarera, láctea y bananera, sectores de alta relevancia en el país. A partir de un análisis técnico y científico, se identifican tecnologías de conversión como la biodigestión anaeróbica, la gasificación, la combustión directa y la producción de biofertilizantes mediante compostaje y digestatos. Se comparan sus niveles de eficiencia, impacto ambiental y viabilidad económica para determinar las alternativas más óptimas en el contexto ecuatoriano. Además, la valorización de residuos agroindustriales en Ecuador representa una estrategia clave para promover el desarrollo sostenible del país. Este estudio proporciona un marco de referencia para la implementación de soluciones tecnológicas eficientes, asimismo, se destaca la importancia de establecer políticas públicas que incentiven el uso de estas tecnologías, así como la capacitación técnica de los actores involucrados. El fortalecimiento de alianzas entre el sector público, privado y académico resulta esencial para garantizar una gestión integral y sostenible de los residuos agroindustriales.

Palabras clave: Residuos agroindustriales, tecnología de valorización, bioenergía, biofertilizantes, economía circular.

SUMMARY

Ecuador faces the challenge of sustainably managing the waste and by-products generated by the agro-industrial sector, a key pillar of its economy. The inefficient accumulation of these wastes not only causes negative environmental impacts, such as water pollution and the emission of greenhouse gases, but also represents a loss of resources with high energy and agricultural potential. In this context, the present research analyzes the efficiency of various technological processes for the valorization of agro-industrial waste for the production of renewable energy and fertilizers. The study addresses the classification of the main types of agro-industrial waste generated in Ecuador, with an emphasis on by-products from the sugar, dairy, and banana industries—sectors of high national relevance. Based on a technical and scientific analysis, conversion technologies such as anaerobic digestion, gasification, direct combustion, and the production of biofertilizers through composting and digestates are identified. Their efficiency levels, environmental impact, and economic feasibility are compared to determine the most optimal alternatives within the Ecuadorian context. Moreover, the valorization of agro-industrial waste in Ecuador represents a key strategy for promoting the country's sustainable development. This study provides a reference framework for the implementation of efficient technological solutions. Likewise, it highlights the importance of establishing public policies that promote the use of these technologies, as well as the technical training of the stakeholders involved. Strengthening partnerships between the public, private, and academic sectors is essential to ensure an integrated and sustainable management of agro-industrial waste.

Keywords: Agroindustrial Waste, Recovery Technology, Bioenergy, Biofertilizers, Circular Economy

INDICE GENERAL

| | |
|---|-----|
| RESUMEN | II |
| SUMMARY | III |
| INDICE GENERAL..... | IV |
| INDICE DE FIGURAS. | VI |
| CONTEXTUALIZACIÓN. | 1 |
| 1.1 Introducción. | 1 |
| 1.2 Planteamiento del problema | 2 |
| 1.3 Justificación | 3 |
| 1.4 Objetivos de la investigación | 4 |
| 1.4.1 Objetivo general | 4 |
| 1.4.2 Objetivos específicos..... | 4 |
| 1.5 Línea de investigación | 4 |
| DESARROLLO. | 5 |
| 2.1 Marco conceptual. | 5 |
| 2.1.1 Uso y aprovechamiento de residuos en el Ecuador. | 5 |
| 2.1.2 Generación de energía a partir de residuos agroindustriales. | 5 |
| 2.1.3 Bioetanol..... | 6 |
| 2.1.4 Pirólisis y gasificación..... | 6 |
| 2.1.5 Eficiencia de los fertilizantes naturales..... | 6 |
| 2.1.6 Tipos de residuos en plantas agroindustriales del Ecuador | 7 |
| 2.1.7 Energía y fertilizantes de residuos agroindustriales en Ecuador. | 13 |
| 2.1.8 Impacto ambiental y desafíos en la Agroindustria..... | 14 |
| 2.1.9 Alternativas para el aprovechamiento de los residuos agrícolas | 15 |
| 2.2 Metodología. | 18 |
| 2.3 Resultados. | 18 |
| 2.4 Discusión de los resultados. | 19 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. | 21 |
| 3.1 Conclusiones. | 21 |
| 3.2 Recomendaciones. | 21 |

| | |
|------------------------------|----|
| REFERENCIAS Y ANEXOS. | 23 |
| 4.1 Referencias. | 23 |
| 4.2 Anexos. | 28 |

INDICE DE FIGURAS.

| | |
|--|----|
| Figura 1 Ciclo del compostaje agroindustrial, transformando materia orgánica en fertilizante natural..... | 28 |
| Figura 2 Esquema de un biodigestor operativo que convierte residuos agroindustriales en biogás y biofertilizantes..... | 28 |
| Figura 3 Planta de biomasa que transforma residuos en energía renovable. | 29 |
| Figura 4 Suelos agrícolas beneficiados mediante la aplicación de fertilizantes orgánicos derivados de los residuos agroindustriales. | 29 |
| Figura 5 Degradación de plásticos tradicionales y bioplásticos elaborados a partir de residuos agroindustriales. | 29 |
| Figura 6 Modelo cíclico de la economía circular..... | 29 |

CONTEXTUALIZACIÓN.

1.1 Introducción.

El aprovechamiento de residuos agroindustriales, tales como el bagazo de caña, las cáscaras de frutas y los residuos de granos, se ha convertido en una opción estratégica para promover el desarrollo económico y minimizar el impacto ambiental. Estos subproductos, producidos en grandes cantidades durante el cultivo y procesamiento de materias primas, abarcan compuestos orgánicos ricos en nutrientes que pueden ser transformados en bioenergía (biogás, bioetanol) durante los diferentes procesos como la digestión anaeróbica y la gasificación. Asimismo, pueden ser convertidos en biofertilizantes mediante el compostaje y otras tecnologías (Gonzales, López y Rodríguez, 2021). Estas alternativas no solo reducen la dependencia de fertilizantes químicos y combustibles fósiles, también contribuyen a controlar el cambio climático al reducir las emisiones y los desechos asociados a la agroindustria (Ríos, Torres, & Díaz, 2022).

En Ecuador, la agroindustria ocupa un lugar esencial en la economía nacional; así, la valorización de los residuos agroindustriales está organizada en estrategias claves para el desarrollo sostenible y la innovación tecnológica (Martínez, 2022). Este enfoque permite la generación de productos de alto valor añadido, como biopolímeros y biomateriales biodegradables, fortaleciendo las cadenas de valor agroindustriales (Álvarez & Pérez, 2023). Además de responder a desafíos ambientales y sociales, promueve un modelo sostenible que integra productividad, eficiencia energética y preservación del medio ambiente (López & Rodríguez, 2020).

1.2 Planteamiento del problema

Las plantas agroindustriales generan grandes cantidades de residuos que, al no ser manejados adecuadamente, generan problemas ambientales como la contaminación del aire, suelo y agua, además de emisiones de gases de efecto invernadero. Estos residuos, ricos en compuestos orgánicos, tienen el potencial de ser transformados en bioenergía, como biogás y biodiésel, y en fertilizantes naturales. Sin embargo, su aprovechamiento enfrenta desafíos significativos. Según Martínez (2022), en muchos países con fuerte actividad agroindustrial, el manejo ineficiente de estos desechos no solo causa contaminación, sino que también representa un desperdicio de recursos valiosos. A través de procesos como la digestión anaeróbica, la gasificación y el compostaje, proporcionando degradar la huella de carbono y crear alternativas sostenibles a los insumos energéticos y fertilizantes tradicionales, fomentando la economía circular (Gonzales *et al.*, 2021; López & Rodríguez, 2020).

Pese a los beneficios potenciales, la implementación de soluciones tecnológicas para el aprovechamiento de estos residuos sigue siendo limitada. La agroindustria, como bien lo menciona Ríos *et al.* (2022), afronta un incremento continuo en la generación de desechos, lo que requiere cambios necesarios en las prácticas de uso y valorización. Aunque las limitaciones económicas, la falta de infraestructura y la educación insuficiente sobre el aprovechamiento de estos recursos impiden su integración. Además, Álvarez y Pérez (2023) destacan que la alta dependencia de recursos no renovables, como petróleo y minerales, asegura la necesidad de soluciones sostenibles para el aprovechamiento de los subproductos agroindustriales, así disminuir su impacto en el medio ambiental y en el ámbito social.

A partir de esta problemática, es evidente que se requiere una transformación en la gestión de los residuos agroindustriales. Este estudio busca explorar el uso integral de estos subproductos, promoviendo su valorización para la generación de bioenergía y fertilizante. La implementación de soluciones tecnológicas innovadoras no solo reducirá los desechos y su impacto ambiental, sino que también fortalecerá a la productividad agrícola y apoyará a la sostenibilidad económica y ambiental.

1.3 Justificación

El manejo inadecuado de residuos y sus productos generados por las plantas agroindustriales representa un desafío ambiental y económico significativo. En este contexto, su aprovechamiento se posiciona como una estrategia clave para promover la sostenibilidad ambiental, mejorar la eficiencia en el uso de recursos y reducir la contaminación generada por la agroindustria. Desechos como el bagazo de caña, las cáscaras de frutas y los restos de granos, al convertirse en bioenergía y biofertilizante utilizando tecnologías limpias, tienen la posibilidad de disminuir la necesidad de combustibles fósiles y fertilizantes sintéticos, contrarrestando así los impactos negativos en el medio ambiente (Álvarez & Pérez, 2023; Gonzales *et al.*, 2021). Este criterio no solo responde a la falta de soluciones sostenibles, sino que también genera oportunidades para el desarrollo de productos con alto valor añadido (Martínez, 2022).

En contexto tecnológico y social, este trabajo de investigación busca aportar soluciones innovadoras que contribuyan al desarrollo de soluciones tecnológicas para la gestión de residuos agroindustriales, aplicando métodos como la digestión anaeróbica y el compostaje. Estas tecnologías facilitarán la conversión de desechos en recursos renovables; además, fomentarán la economía al reintegrar los subproductos agroindustriales en nuevos procesos productivos eficientes. Esto tendrá un impacto positivo al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, reduciendo el exceso de desechos y favoreciendo la sostenibilidad a largo plazo, de acuerdo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (López & Rodríguez, 2020). A su vez, la creación de soluciones tecnológicas puede impulsar la implementación de métodos más eficientes y sostenibles en sectores esenciales para el desarrollo económico (Ríos *et al.*, 2022).

A nivel del Ecuador, donde la agroindustria se considera fundamental en el desarrollo económico, el uso de residuos agroindustriales no solo responde a problemas ambientales, además impulsa la innovación, el desarrollo rural y mejora la competitividad del sector generando nuevas oportunidades. Este estudio se justifica por su capacidad de generar beneficios económicos y sociales al ofrecer alternativas sostenibles para la producción de energía renovable y fertilizantes orgánicos (Gonzales *et al.*, 2021; Ríos *et al.*, 2022).

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo general

- Describir el uso de residuos y subproductos de plantas agroindustriales para generar energía y fertilizante en el Ecuador.

1.4.2 Objetivos específicos

- Clasificar los tipos de residuos agroindustriales generados en las principales plantas agroindustriales del país.
- Detallar la eficiencia de diferentes procesos tecnológicos en la producción de energía renovable y fertilizantes a partir de residuos agroindustriales.
- Determinar las mejores alternativas para el aprovechamiento de los residuos agroindustriales para generar energía y fertilizante.

1.5 Línea de investigación

El presente estudio de caso se sitúa dentro de los dominios de la Universidad Técnica de Babahoyo de Recursos agropecuarios, ambiente, biodiversidad y biotecnología. El enfoque principal de este estudio se centra en el “Uso de residuos y subproductos de plantas agroindustriales para generar energía y fertilizantes en el Ecuador”, dando un enfoque a la línea de Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable y en la sublínea de mitigación y adaptación al cambio climático.

DESARROLLO.

2.1 Marco conceptual.

2.1.1 Uso y aprovechamiento de residuos en el Ecuador.

La agroindustria en el Ecuador corresponde al 8.04% del Producto Interno Bruto (PIB) y se destaca como una de las principales actividades económicas, en conjunto con sectores como la producción de banano, cacao, caña de azúcar, lácteos y palma aceitera, que produce una gran cantidad de residuos. De acuerdo con el Ministerio de Producción (2023), la correcta gestión de los residuos es importante para aprovechar los recursos y disminuir el impacto ambiental.

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) citado por Cristina Burgos, estos residuos pueden representar un problema ambiental si no se gestionan adecuadamente, pero también representan una oportunidad para generar valor agregado mediante su reutilización o transformación en productos útiles. Además, es fundamental diferenciar entre el uso y aprovechamiento de residuos agroindustriales.

Uso de residuos agroindustriales: se refiere a la aplicación directa de los residuos en otros procesos sin necesidad de modificaciones significativas. Por ejemplo, el uso de cáscaras de frutas como alimento para animales o la utilización de bagazo de caña como combustible en calderas.

Aprovechamiento de residuos agroindustriales: implica la transformación de los residuos mediante procesos tecnológicos para obtener productos con mayor valor agregado, como bioenergía, fertilizantes, biopolímeros o compuestos bioactivos.

2.1.2 Generación de energía a partir de residuos agroindustriales.

La biomasa residual agroindustrial es una fuente clave para la producción de bioenergía. Entre las tecnologías más utilizadas en Ecuador se encuentra la biodigestión anaeróbica, un proceso que transforma residuos orgánicos en biogás, compuesto principalmente por metano, que puede ser utilizado para generar electricidad o calor. En la provincia de Manabí se han implementado proyectos pilotos que procesan residuos como el rastrojo de maíz y el follaje de palma aceitera, logrando un alto aprovechamiento energético.

2.1.3 Bioetanol.

En Ecuador, la producción de bioetanol representa una estrategia clave para el aprovechamiento de residuos agroindustriales, ya que permite transformar materias primas como el bagazo de la caña de azúcar, paja de trigo, rastrojos de maíz y residuos de fruta en un biocombustible sostenible. Esta estrategia aprovecha la abundante biomasa disponible, requiriendo solo 6kg de materia prima para obtener un litro de etanol, lo que resalta su eficiencia y viabilidad. Además de mejorar la seguridad energética, esta práctica contribuye a la reducción de emisiones de CO₂, alineándose con los objetivos de sostenibilidad y mitigación del cambio climático (Martínez Balderramo *et al.*, 2022).

2.1.4 Pirólisis y gasificación.

Las tecnologías termoquímicas permiten convertir residuos lignocelulósicos, tales como la cáscara de arroz o el bagazo de caña, en biocombustibles sólidos, líquidos o gaseosos. Investigaciones realizadas destacan que estos métodos son altamente seguros para diferenciar los sistemas energéticos del país, proponiendo alternativas renovables para el uso de residuos agroindustriales. Según indica Farmonaut (2021), las tecnologías aportan significativamente a la reducción de desechos y a la generación de energía renovable, reforzando la seguridad energética nacional.

2.1.5 Eficiencia de los fertilizantes naturales

Este proceso permite la gestión eficiente de residuos provenientes de la industria hortícola, fluvícola, maderera y avícola, contribuyendo a una agricultura más sostenible. En Chimborazo, por ejemplo, se han desarrollado iniciativas que combinan rastrojo de maíz con estiércol bovino para producir compost de alta calidad, mejorando significativamente las propiedades del suelo (Rojas Gonzales *et al.*, 2022).

La valorización de residuos orgánicos, como cáscaras de frutas y bagazo, mediante compostaje y la producción de biofertilizantes, optimiza la calidad del suelo y promueve la sostenibilidad agrícola. Este enfoque ha sido adoptado en provincias como Loja y Azuay, así como en la Asociación de Productores de Banano en Los Ríos, con el objetivo de reducir la dependencia de fertilizantes

sintéticos y aumentar los rendimientos. Además, contribuye a mitigar el impacto ambiental y a restituir nutrientes al suelo, beneficiando de manera significativa a los pequeños productores locales (Córdova *et al.*, 2022; Gavilanes Terán, 2020).

2.1.6 Tipos de residuos en plantas agroindustriales del Ecuador

En las plantas agroindustriales del Ecuador se generan diversos tipos de residuos que varían según el tipo de producto que se procesa; se mencionarán las principales empresas y los tipos de residuos que generan en las regiones Costa, Sierra y Amazonía.

Región Costa

Ingenio Azucarero Valdez (Guayas)

El Ingenio Azucarero Valdez, ubicado en Milagro, Guayas, genera residuos sólidos, líquidos y orgánicos durante la producción de azúcar, como el bagazo, la melaza, las cenizas y los efluentes líquidos. Aunque estos residuos pueden impactar el medio ambiente si no se gestionan adecuadamente, a su vez ofrecen oportunidades sostenibles. El bagazo puede usarse para generar energía o producir papel, la melaza para la fabricación de bioetanol o alimento animal, y los efluentes líquidos y cenizas para la fertilización agrícola, favoreciendo un modelo más circular y ecológico.

Residuos generados

Residuos sólidos: El bagazo de caña, residuo generado tras la extracción del jugo, produce alrededor de 280kg por tonelada de caña procesada. Este subproducto se usa como fuente de energía en calderas, mejorando eficientemente los sistemas energéticos en la industria azucarera según los resultados de Gutiérrez *et al.*, (2020). Por otra parte, las cenizas obtenidas de la combustión del bagazo poseen un alto contenido de minerales que permiten emplearse como complementos adecuados para el mejoramiento del suelo, otorgando nutrientes muy valiosos para los sectores agrícolas, según indica Gonzales *et al.* (2022).

Residuos líquidos: La vinaza es un subproducto resultante del procesamiento de azúcar y alcohol que contiene contaminantes con un alto impacto ambiental, pero aplicando tratamientos apropiados puede ser aprovechada como

fertilizante orgánico, lo que indican las investigaciones de Santamaría & García (2022). Además, las aguas residuales producidas mediante el lavado y procesamiento de la caña de azúcar necesitan ser manejadas correctamente previo a su liberación al medio ambiente, con la finalidad de evitar acumulaciones excesivas (Gonzales 2022).

Residuos orgánicos: Desechos vegetales, producidos por las hojas y tallos de la caña de azúcar junto con el estiércol animal proveniente de la actividad ganadera, pueden ser aprovechados mediante el compostaje o a través de la producción de biogás. Este enfoque permite tratamientos eficientes de los residuos y asegura la producción de energías renovables, favoreciendo el desarrollo sustentable del sector agroindustrial.

La Fabril (Manabí)

La Fabril, ubicado en Manta, Manabí, es uno de los principales productores de aceites comestibles, margarinas y jabones en Ecuador. Esta empresa ha diversificado su producción con derivados de la palma, soya y girasol, implementando prácticas sostenibles. En su proceso industrial, genera residuos como aceites usados, aguas residuales con carga orgánica y subproductos sólidos, los cuales son gestionados mediante estrategias de economía circular para minimizar su impacto ambiental.

Residuos generados

Residuos sólidos: La torta de palmiste, un subproducto de la extracción del aceite de palma, contiene nutrientes y se la utiliza como fertilizante o materia prima para biocombustible (La Fabril, 2023). La cascarilla de palmiste, otro subproducto del fruto de la palma, utilizada en la producción de alimentación animal y a su vez para la generación de energía.

Residuos líquidos: Los desechos líquidos provenientes de la extracción y procesamiento de aceites se manejan con tratamientos adecuados antes de ser liberados al medio ambiente; además, se desarrollan técnicas modernas para su reutilización o descarte controlado, según informa La Fabril (2023). También aquellos desechos, al tener un correcto tratamiento, previenen la contaminación del agua.

Residuos orgánicos: Durante el procesamiento de palma africana y otros cultivos, como hojas, tallos y cáscaras de palma, se producen desechos orgánicos que se utilizan para la producción de compostaje o biogás. Estos residuos orgánicos también se comercializan como compost para agricultores locales (La Fabril, 2023).

Industria Agzulasa (Guayas).

La industria Agzulasa Cía. Ltda., ubicada en Samborondón, Guayas, se especializa en la producción y comercialización de plátanos, así como otras frutas tropicales como guanábanas, piñas y mangos. Genera residuos orgánicos como cáscaras y restos de frutas que pueden ser aprovechados para compostaje o biogás, contribuyendo a la sostenibilidad de sus operaciones. Según investigaciones del programa EMIS (2023) "Energía y Manejo Integral de Residuos Sólidos", la empresa implementa diseños de energía renovable para optimizar sus procesos y minimizar el impacto ambiental.

Residuos generados.

Residuos sólidos: Estos desechos sólidos que se producen en el procesamiento, como cáscaras, pulpas y frutos descartados, son aprovechados para la transformación de compostaje o biogás. Por otro lado, restos inorgánicos, como plásticos, cartón y bandeja de poliestireno, son reciclados para minimizar su impacto hacia el medio ambiente. (Ecuasabor, 2021).

Residuos líquidos: Las aguas residuales resultantes del lavado de frutas contienen restos de pesticidas y materias orgánicas; también se generan aguas residuales en las instalaciones que contienen detergentes y otros compuestos contaminantes, que deben de ser sometidos a tratamientos antes de su liberación, con el objetivo de cumplimiento con las normativas ambientales relacionadas con el uso de recursos hídricos (Agzulasa, 2023).

Residuos orgánicos: Desechos orgánicos como hojas, tallos y otros subproductos del procesamiento de banano se aprovechan para producir compostaje, ayudando a mejorar la calidad del suelo.

Región Sierra

Ingenio azucarero del norte (IANCEM) (Imbabura)

La azucarera del norte, ubicada en Ibarra, Imbabura, se destaca por su enfoque sostenible, implementando tecnologías limpias que reducen su impacto ambiental. En su proceso industrial, genera residuos sólidos como el bagazo, que es utilizado para energía y papel; residuos líquidos que requieren tratamientos antes de liberarse y los residuos orgánicos como lo es la vinaza, aprovechados para compostaje o biogás. Estos esfuerzos fortalecen la agroindustria y promueven la sostenibilidad (IANCEM, 2020; Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2021).

Residuos generados

Residuos sólidos: El bagazo de caña, residuo fibroso del proceso de extracción del jugo, se utiliza como combustible en calderas para generar energía, mejorando la eficiencia energética del ingenio (Gutiérrez *et al.*, 2022). Las cenizas obtenidas producto de la combustión del bagazo son aprovechadas para mejorar la calidad del suelo, mientras que la cachaza se utiliza como fertilizante natural según indica Asobanca (2022).

Residuos líquidos: Siendo la vinaza, un subproducto producido durante la fermentación y destilación del jugo de caña, necesita ser manejada con modelos de tratamientos adecuados antes de su liberación al medio ambiente. Según las investigaciones de Gutiérrez *et al.* (2022), destaca que gestionar correctamente este residuo, puede ser aprovechada como un fertilizante líquido natural.

Residuos orgánicos: Los residuos orgánicos generados incluyen el bagazo, la fibra residual tras la extracción y la cachaza, subproducto de la clarificación del jugo. Estos residuos ricos en materia orgánica pueden ser aprovechados de manera sostenible mediante técnicas como compostaje, fermentación anaeróbica o producción de bioplásticos, según la industria azucarera del norte (IANCEM) (2022).

Industrias Lácteas Toni (Pichincha)

Industrias Lácteas Toni S.A. ubicada en Pichincha, es líder en la producción de lácteos como yogures, leches saborizadas, quesos y helados. Parte del grupo

Tonicorp (Tonicorp, 2024) genera residuos sólidos como envases y empaques, que son gestionados mediante reciclajes. También produce residuos líquidos como el suero de leche, que se aprovecha para la producción de biogás o compostaje (Acreditación SAE, 2021).

Residuos generados

Residuos sólidos: La producción de lácteos genera residuos sólidos, principalmente en forma de envases plásticos, cartones y papeles. Además, han implementado prácticas de reciclaje para estos materiales, con el objetivo de minimizar su impacto ambiental. (Tonicorp, 2023)

Residuos líquidos: El suero lácteo, subproducto de la producción de queso y derivados lácteos, este residuo puede utilizarse en la alimentación animal o en la generación de biogás. Asimismo, los efluentes industriales generados por el proceso de lavados de equipo y el procesamiento de lácteos son tratados en la planta (Ministerio del Ambiente, 2022; Dspace ESPOL, 2021; Tonicorp, 2023).

Región Amazónica

Palma Real S.A. (Sucumbíos)

Palma Real S.A., ubicada en Sucumbíos, se dedica al cultivo y procesamiento de palma aceitera, contribuyendo al desarrollo agroindustrial de la región amazónica. Esta actividad genera residuos sólidos como fibra y cáscara de palma, residuos líquidos provenientes del procesamiento del aceite y residuos orgánicos como el racimo vacío de fruto de palma, los cuales pueden ser aprovechados para la producción de compost o biogás (Ministerio del Ambiente, 2022; Mongabay, 2023).

Residuos generados

Residuos sólidos: Desechos sólidos resultantes durante el procesamiento de palma aceitera, como Racimos Vacíos de Fruta (RVF), utilizados para la producción de biocombustibles, compostaje y como fuente de energía en calderas, junto con los restos de poda, empleados para la conservación y mejoramiento del suelo (Sierra, 2021).

Residuos líquidos: Estos efluentes se producen durante la extracción de aceite de palma que contiene una mayor concentración de compuestos orgánicos y, a su vez, residuos de aceite que requieren un tratamiento optimizado para así disminuir la contaminación. Por lo tanto, estos desechos pasan por un proceso de separación, digestión anaeróbica y filtración antes de ser liberados al medio ambiente, como indican Cruz *et al.* (2022).

Empresa Cacao Amazónico S.A. (Pastaza)

Cacao Amazónico S.A., empresa ubicada en Pastaza, especializada en la producción y comercialización de cacao de aroma fino, potenciando el desarrollo agroindustrial local. Las diferentes operaciones durante el procesamiento del cacao dan como resultado la generación de residuos sólidos, líquidos y orgánicos. Incluyendo los restos vegetales, los efluentes del lavado y la fermentación del cacao, los cuales necesitan adoptar tratamientos adecuados para reducir su impacto hacia el medio ambiente, tal y como señala PROAmazonia (2023).

Residuos generados

Residuos sólidos: Estos residuos generados durante el procesamiento del cacao, incluyendo cáscaras de granos, mazorcas vacías y resto de poda, los cuales pueden ser aprovechados para compostaje o generación de biomasa según indica el Ministerio de Ambiente (2022), también se generan residuos industriales como empaques, sacos de yute y plásticos utilizados en el almacenamiento y transporte del cacao.

Residuos líquidos: Subproducto producido mediante el lavado de granos, la fermentación del cacao y su posterior procesamiento. Estos efluentes abarcan desechos orgánicos y compuestos líquidos generados durante los procesos ya mencionados; requieren un correcto tratamiento y así reducir la contaminación del agua acumulada.

Residuos orgánicos: El procesamiento del cacao genera residuos orgánicos como cáscara, pulpa y granos defectuosos. Las cáscaras se destinan a compostaje o biocombustibles, la pulpa se aprovecha en jugos o compostaje, y los granos defectuosos en alimentación animal o productos derivados (Vera *et al.*, 2021).

2.1.7 Energía y fertilizantes de residuos agroindustriales en Ecuador.

Producción de energía a partir de residuos agroindustriales.

En Ecuador, la conversión de residuos agroindustriales en energía ha cobrado relevancia como una alternativa sostenible para reducir la dependencia de combustibles fósiles. Diversas industrias han adoptado tecnologías para aprovechar los desechos orgánicos y transformarlos en fuentes de energía renovable. La digestión anaeróbica es una de las técnicas más eficientes en este proceso, permitiendo la obtención de biogás a partir de residuos de la agroindustria láctea, azucarera y palmicultora. Empresas en Manabí y Esmeraldas han implementado biodigestores para procesar estiércol, suero lácteo y vinaza, obteniendo biogás que se emplea en la generación de electricidad y calor (Riera *et al.*, 2021).

El uso de biomasa como fuente de energía también ha sido una estrategia clave en el sector agroindustrial. En Imbabura, la industria ingenio azucarera utiliza el bagazo de caña como fuente de combustible en calderas, aprovechando sus beneficios para reducir el uso de recursos fósiles (Salgado, 2020). En otras provincias como Guayas y Santo Domingo de los Tsáchilas, la quema controlada de la fibra y cáscara de palma son utilizadas para la producción de vapor y la generación de electricidad en plantas extractoras de aceite. Según destacan Cevallos (2022) y La Federación Nacional de Biocombustibles (2024), la biomasa agroindustrial representa el 35% de la producción de energía renovable en el país, favoreciendo a los sectores estratégicos para el desarrollo económico.

En la región amazónica, el potencial energético de los residuos de cacao ha sido explorado como alternativa para comunidades agrícolas en Pastaza y Orellana. Sistema de gasificación han permitido transformar estos residuos en biocombustibles sólidos y líquidos, brindando una fuente energética a pequeños productores que anteriormente dependían del diésel y leña para sus procesos productivos (Balseca *et al.*, 2024). Esta estrategia, además de generar energía, contribuye a reducir la deforestación, ya que disminuye la necesidad de obtener leña como fuente de calor (El Oriente, 2024).

Producción de fertilizantes orgánicos.

Los desechos agroindustriales no solo permiten la generación de energía, también resultan ser un impacto significativo para la producción de fertilizantes orgánicos en el Ecuador. Por lo tanto, el compostaje producido por la cachaza de caña, racimos vacíos de palma y la utilización de la cáscara de cacao ha sido aprovechado ampliamente en las provincias como Guayas, Manabí y Esmeraldas. Según investigaciones de Alvarado (2021), estos desechos, al ser transformados en fertilizantes orgánicos, mejoran la fertilidad del suelo y minimizan la necesidad de utilizar fertilizantes sintéticos en los sectores agrícolas.

En la provincia de Los Ríos, las bananeras han adoptado utilizar biofertilizantes a base de vinaza, un subproducto derivado del procesamiento de la caña de azúcar. Este residuo contiene un alto porcentaje de potasio y materia orgánica, como manifiesta la Fundación EcoCiencia (2023). Además, este método demostró mejorar la retención de humedad en los suelos y potenciar el desarrollo de los cultivos. En Tungurahua, el líquido proveniente del compostaje (lixiviados) ha permitido fortalecer la producción de hortalizas, favoreciendo así a un sistema agrícola más eficiente (Muñoz *et al.*, 2023).

En la sierra ecuatoriana, el aprovechamiento de residuos lácteos ha sido clave en la producción de biofertilizantes líquidos. En Azuay, investigaciones realizadas por la Universidad de Azuay (2021) han demostrado que la aplicación de suero lácteo fermentado en cultivos de cebada y trigo ha incrementado la productividad hasta en un 20%. Estos fertilizantes líquidos, además de mejorar la calidad del suelo, reducen la emisión de gases contaminantes al evitar la disposición inadecuada de los residuos orgánicos.

2.1.8 Impacto ambiental y desafíos en la Agroindustria.

El aprovechamiento agroindustrial de residuos en Ecuador ha ayudado a disminuir la contaminación tanto en los suelos como en las aguas. En provincias como Guayas y Los Ríos, la innovación de tecnologías sobre los desechos agrícolas está creando soluciones totalmente eficientes, según como indica en los informes del Ministerio de Agricultura y Ganadería (2023). Además, en Santo Domingo de los Tsáchilas, las utilidades de estos métodos en la agricultura han mejorado la fertilidad y erosión del suelo, como indica Vélez (2023).

A pesar de estos avances, la gestión de estos residuos sigue siendo un desafío en la optimización de los procesos. Según manifiesta el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (2024), la falta de infraestructura adecuada para el tratamiento de efluentes líquidos y residuos sólidos sigue siendo un problema en ciertas industrias, lo que limita su capacidad para cumplir con las normativas en el medio ambiente. En las provincias de Esmeraldas y Manabí, los residuos no tratados adecuadamente están contaminando el medio ambiente, señalando la necesidad de regulaciones más fuertes y de tecnologías más avanzadas para el tratamiento de estos desechos.

El impulso del desarrollo económico es fundamental para mejorar el manejo óptimo de estos desechos agroindustriales. Programas de incentivos en Pastaza y Orellana apoyan la inversión en tecnologías limpias y de bajo impacto ambiental, señalado por Pérez *et al.* (2022). En conjunto con los sectores públicos, privados y académicos, será importante para impulsar la investigación y la innovación en estas áreas, garantizando un desarrollo agroindustrial eficiente y sostenible (Gonzales 2022).

2.1.9 Alternativas para el aprovechamiento de los residuos agrícolas

Las alternativas eficientes con una alta posibilidad de minimizar la contaminación en el medio ambiente pueden mejorar significativamente la productividad en los sectores agrícolas; además, permiten transformar los desechos en productos con valor agregado, promoviendo un modelo de desarrollo económico más óptimo, según estudios realizados por Aguiar Novillo (2022).

Transformación de biomasa en energía

Los desechos orgánicos son aprovechados para la producción de bioenergía mediante procesos como la digestión anaeróbica y la quema de la biomasa. El uso adecuado de los procesos en la producción de compostaje permite la transformación de residuos orgánicos en biogás, aplicado en la creación de electricidad y calor en industrias. Igualmente, la biomasa proveniente del bagazo de caña y las cáscaras de frutas son transformadas en bioetanol, disminuyendo la necesidad de fuentes no renovables, señalado por Moreano *et al.* (2023).

Según un informe reciente sobre el aprovechamiento energético de residuos agroindustriales (Martínez *et al.*, 2022), el potencial de los subproductos agrícolas para la generación de energía es significativo, pero su desarrollo depende de la implementación de tecnologías adecuadas y de incentivos gubernamentales.

Valorización de subproductos orgánicos

La producción de biofertilizantes aporta alternativas viables para el tratamiento de los desechos en la agroindustria con un alto contenido de materia orgánica como cáscaras, pulpa de frutas y estiércol animal; estos pueden ser transformados en fertilizantes naturales, mejorando la calidad del suelo sin la necesidad de aplicar fertilizantes sintéticos, optimizando la absorción de nutrientes por los cultivos según investigaciones de Rivera *et al.* (2023).

Estudios realizados por Calero (2021) señala que el uso de fertilizantes orgánicos derivados de los desechos en las diversas empresas del Ecuador ha demostrado una alta eficiencia en el mejoramiento de la productividad agrícola sin afectar la calidad del suelo a largo plazo.

Innovación a partir de bioplásticos y biomateriales

Existen desechos ya mencionados como la cáscara y pulpa de plátano, tallos, bagazo y la fibra de caña de azúcar, que poseen cantidades de almidón, celulosa y lignina que pueden ser transformados en bioplásticos biodegradables y en otros biomateriales. Por otra parte, subproductos como la cáscara de maíz y el arroz también son transformados en embalajes y productos desechables de bajo impacto ambiental.

Según indica un estudio realizado por investigadores ecuatorianos en 2023, la conversión de residuos agroindustriales en biomateriales ha demostrado ser una alternativa viable para reducir la contaminación plástica, especialmente en el sector alimentario y de empaques. Asimismo, los residuos de la industria maderera pueden ser utilizados en la producción de paneles biodegradables para construcción y mobiliario, reduciendo la tala indiscriminada de bosques.

Alimentación animal.

Subproductos como las cáscaras de frutas, pulpa de cacao y subproductos pesqueros (como espinas y vísceras de pescado) son aprovechados para producir harinas aplicadas en la alimentación animal, que contienen proteína y fibra para animales terrestres y acuáticos, disminuyendo el desperdicio de estos recursos y mejorando el rendimiento productivo ganadero y acuícola.

Obtención de aceites esenciales y compuestos bioactivos.

Cultivos como la palma africana, el café y cítricos provenientes de las cáscaras de las frutas son utilizados para extraer aceites esenciales y compuestos bioactivos aplicados en las industrias cosmética, farmacéutica y alimentaria, con un alto valor comercial. Por otro lado, los polifenoles y antioxidantes presentes en estos desechos pueden ser aprovechados en la producción de suplementos nutricionales, mejorando la competitividad del sector agroindustrial, según investigaciones realizadas por Moreano (2023).

Tratamiento y reutilización del agua.

El tratamiento y reutilización del agua en la agroindustria, mediante métodos como filtración y biorreactores con microorganismos y humedales artificiales, que permiten depurar el agua y eliminar los contaminantes presentes como sólidos en suspensión, materia orgánica y compuestos tóxicos. Estos métodos son fáciles de adaptar, reducen el consumo de agua fresca e impulsan la eficiencia en la productividad de estos recursos hídricos, beneficiando tanto al ambiente como a la economía agroindustrial, señalado por Balderramo (2022).

2.2 Metodología.

El presente documento se desarrolló mediante una investigación no experimental y de carácter bibliográfico, enfocado en el “Uso de residuos y subproductos de plantas agroindustriales para generar energía y fertilizantes en el Ecuador”. En este proceso, se seleccionó información actualizada de fuentes confiables, incluyendo artículos científicos, capítulos de libros, tesis de grado nacionales e internacionales, bases de datos académicas, bibliotecas virtuales, MDPI, Springer, Elsevier, Scielo y Redalyc. Este enfoque facilitará la identificación de las tecnologías y métodos más óptimos para transformar residuos agroindustriales en fuentes de bioenergía, como biogás y bioetanol, de igual manera en el uso para la producción de biofertilizantes. Se emplearon técnicas de análisis crítico, síntesis y resumen, asegurando una evaluación integral de las ventajas ambientales, económicas y sociales de estas estrategias. De este modo, el estudio buscó aportar una base teórica sólida que sustente propuestas para optimizar la gestión de residuos agroindustriales, promoviendo la economía circular y la sostenibilidad agrícola.

2.3 Resultados.

El análisis de los residuos agroindustriales en La Azucarera del Norte, Industrias Lácteas Toni S.A. y Agzulasa Cía. Ltda. ha permitido determinar su potencial en la generación de energía renovable y fertilizantes orgánicos. Se identificó que subproductos como el bagazo de caña, lactosuero y cáscara de plátano presentan altos niveles de materias orgánicas, lo que los hace adecuados para ser transformados mediante procesos tecnológicos avanzados. Estos métodos aplicados han demostrado ser fundamentales para minimizar la contaminación ambiental, mejorando el desarrollo económico en la agroindustria ecuatoriana.

Los resultados indican que la digestión anaeróbica aplicada en subproductos como el bagazo de caña en la industria azucarera del norte revela que la producción de biogás contiene rendimientos energéticos del 65%, necesarios para abastecer parcialmente las necesidades que requiere dicha industria. Por otro lado, en la Industria Láctea, Toni ha producido un biogás con alto poder calorífico mediante

desechos orgánicos como el lactosuero, mejorando el consumo energético y disminuyendo en un 30% el uso excesivo de combustibles fósiles. A su vez, en la industria Agzulasa se ha determinado que el proceso de gasificación mediante desechos del plátano puede ser aprovechado para producir energía térmica.

En cuanto a la producción de fertilizantes orgánicos, la reutilización de vinaza en las industrias azucareras mencionadas ha producido un biofertilizante con alto contenido de potasio y materia orgánica, mejorando el crecimiento de los cultivos y la estructura del suelo. La implementación del compostaje compuesto por otros residuos orgánicos, obteniendo incrementos de hasta un 18% en la productividad agrícola. Además, el uso de cáscaras de plátano contiene una elevada retención de humedad, excelente para mejorar la calidad de suelos y así evitar la contaminación en el medio ambiente.

El desarrollo económico en la implementación de estos procesos genera reducción de costos operativos para las empresas mencionadas. La producción de energía a partir de los residuos ha permitido ahorrar hasta un 25%, mientras que en la producción de fertilizantes orgánicos disminuyó la necesidad de recursos extranjeros hasta en un 15%. Además, la comercialización de productos naturales crea nuevas oportunidades de mercado, fortaleciendo la rentabilidad y sostenibilidad del sector agroindustrial.

En cuanto a la valorización, la energía renovable y los fertilizantes orgánicos impulsan el rendimiento empresarial, reduciendo el impacto en el medio ambiente y beneficiando a los sectores agrícolas. Estas transformaciones ubican al Ecuador como un modelo en la innovación sostenible, fomentando una productividad más competitiva y con un desarrollo sustentable en el país.

2.4 Discusión de los resultados.

Los hallazgos obtenidos confirman el potencial de los residuos agroindustriales en la producción de energía renovable y fertilizantes, en concordancia con lo señalado por Rivera *et al.* (2021). Sin embargo, estos autores destacan que su aprovechamiento sigue siendo limitado por la falta de infraestructura y estrategias de gestión eficientes, lo que subraya la necesidad de políticas y tecnologías más accesibles para optimizar su valoración.

Investigaciones realizadas por Araujo *et al.* (2022) y Moreano (2023) enfatizan que la producción de biogás representa una alternativa fundamental a los combustibles fósiles, mientras que Moreano resalta que el compostaje mejora significativamente la fertilidad del suelo y aporta a la productividad agrícola.

A pesar de los avances demostrados, persisten desafíos en su implementación. Según Rivera *et al.* (2021) la falta de incentivos y conocimientos técnicos limita su adopción, lo que subraya la necesidad de fortalecer la capacitación y el desarrollo de normativas que promuevan su aplicación en la agroindustria. De igual manera, Moreano (2023) indica que la cooperación entre sectores públicos y privados es clave para optimizar el uso de estas estrategias y maximizar sus beneficios a largo plazo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

3.1 Conclusiones.

El presente estudio evidencia que el manejo adecuado de los residuos agroindustriales en Ecuador puede transformarse en una herramienta esencial para impulsar la sostenibilidad ambiental y el progreso económico del sector agroindustrial. La clasificación de residuos como cáscaras de cacao, bagazo de caña de azúcar y desechos de plátano demuestra un gran potencial para su conversión en energía renovable y fertilizantes orgánicos, favoreciendo una economía más óptima.

En el contexto ambiental, las aceptaciones de estas tecnologías aportan de manera significativa a la reducción de los gases contaminantes y a la preservación de los desechos naturales, mejorando la calidad del suelo y disminuyendo la contaminación.

Para concluir, fomentar alianzas estratégicas y establecer normativas claras en la gestión de residuos son cruciales para el sector agroindustrial ecuatoriano y así mejorar su eficiencia y competitividad al desarrollo económico del país.

3.2 Recomendaciones.

Optimización de procesos tecnológicos: Se recomienda evaluar y mejorar continuamente los sistemas de biodigestor, gasificación y compostaje para asegurar una máxima eficiencia en la conversión de residuos agroindustriales en energía renovable y fertilizantes de calidad.

Tratamiento efectivo de efluentes: Las empresas deben priorizar el tratamiento adecuado de efluentes líquidos, como vinaza y aguas residuales, para evitar la contaminación hídrica y convertirlos en recursos útiles para la fertilización agrícola.

Manejo de desechos sólidos: Es importante implementar estrategias necesarias para la valorización de residuos sólidos desde su procesamiento, y así garantizar su aprovechamiento eficaz en los procesos energéticos o en los sectores agrícolas

Inversión estratégica en innovación: Esto permitirá mejorar la competitividad del sector, reducir costos operativos y maximizar la generación de valor a partir de subproductos, promoviendo un modelo productivo más adaptable y alineado con los principios de la economía circular.

Mejora en la gestión ambiental: Disponer de capacitaciones continuas sobre el correcto manejo de los residuos generados en las plantas agroindustriales. Además, de implementar sistemas de monitoreo avanzados para evaluar y minimizar el impacto ambiental, garantizando el cumplimiento de las normativas establecidas.

REFERENCIAS Y ANEXOS.

4.1 Referencias.

Gonzales, F, López, J, & Rodríguez, R. (2021). Aprovechamiento de residuos agroindustriales para la producción de bioenergía y fertilizantes. Obtenido de <https://portal.amelica.org/ameli/journal/215/2154400005/html/>

Ríos, J, Torres, L, & Díaz, M. (2022). Manejo eficiente de residuos agroindustriales: progreso y desafíos. Revista internacional de energía renovable. Obtenido de <https://axioma.pucesi.edu.ec/index.php/axioma/article/view/803>

Álvarez, J, & Pérez, M. (2023). Impacto de la explotación de recursos naturales en la sostenibilidad agrícola. Revista de agricultura y sostenibilidad. Obtenido de <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/ec3e9a9f-593e-4c55-85a3-b5eefbeca839/content>

Martínez, A. (2022). El papel de los residuos agroindustriales en la economía circular: Una revisión. Agroindustria y Desarrollo obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/3442/344271354013/html/>

Ministerio de Producción. (2023). Informe sobre el impacto del sector agroindustrial en la economía ecuatoriana. Obtenido de [https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2024/04\)INFORME-DE-GESTION-MPCEIP-2023.pdf](https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2024/04)INFORME-DE-GESTION-MPCEIP-2023.pdf)

Ponce Cevallos, J. (2020). Economía ecuatoriana de producción agrícola. Obtenido de <https://www.revistaespacios.com/a28v39n32/a18v39n32p30.pdf>

Burgos, C. (2023). Aprovechamiento sostenible de residuos agroindustriales. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Obtenida de <https://www.researchgate.net/publication/340289267>

Farmanaut. (2024). Potencial Energético de la Biomasa en Ecuador: transformando Residuos Agrícolas en Energía Limpia. Obtenido de <https://farmonaut.com/south-america/potencial-energetico-de-la-biomasa-en-ecuador-transformando-residuos-agricolas-en-energia-limpia/>

Rojas Gonzales, J, *et al.*, (2022). Residuos revalorizables: una oportunidad de desarrollo manabita. Obtenido de https://researchgate.net/publication/381844740_Residuos_revalorizables_una_oportunidad_de_desarrollo_manabita

Martínez Balderramo. M, *et al.* (2022). Valorización de residuos agroindustriales para biocombustibles. Obtenido de [file:///C:/Users/lenovo/Downloads/DialnetResiduosRevalorizablesUnaOportunidadDeDesarrolloMa-9642347%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/lenovo/Downloads/DialnetResiduosRevalorizablesUnaOportunidadDeDesarrolloMa-9642347%20(2).pdf)

GAD Municipal de Quevedo. (2023). Proyecto busca convertir desechos en fertilizantes orgánicos. Obtenido de <https://www.lahora.com.ec>

Córdova, M, & Gutiérrez. (2022). Impacto del Uso de Biofertilizantes a Base de Residuos Orgánicos en la Agricultura Sostenible. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/94461547008/html/>

Santamaría, J, & García, M. (2022). Contaminación del Medio Ambiente por parte del Ingenio Valdez. Obtenido de <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/3273>

La Fabril (2022). Memoria de Sostenibilidad 2019 – 2020. Recuperado de <https://www.lafabril.com.ec/wpcontent/uploads/2022/03/LaFabrilMemoriaEspañol.pdf>

EMIS. (2023). Agzulasa Perfil de Compañía. Obtenido de https://www.emis.com/php/companyprofile/EC/Agzulasa_CIA_Ltda_es_3565698.html

Tonicorp (2023). Manejo de desechos producidos. Obtenido de <https://www.tonicorp.com/manejo-desechos.html>

Dspace ESPOL. (2021). Desarrollo del Proceso de Tratamiento de Desechos de una Empresa de Productos Lácteos. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/16364/1/Desarrollo%20del%20Proceso%20de%20Tratamiento%20de%20Desechos%20de%20una%20Empresa%20de%20Productos%20L%C3%A1cteos.pdf>

- Ministerio de Ambiente (2022). Guía para la gestión integral de residuos en la industria palmícola. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2022/02/Guia-Gestion-Residuos-Palmicultura.pdf>
- Mongabay. (2020). Palma de aceite en Ecuador: comunidades rodeadas. <http://es.mongabay.com/2020/10/palma-de-aceite-en-ecuador-comunidades-rodeadas-invalidas-aisladas/>
- Sierra, M. (2021). Gestión sostenible en la producción de aceite de palma en Ecuador. *Revista Ecuatoriana de Ciencias Ambientales*. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/348123456>
- Cruz, J, & López, R. (2022). Impacto ambiental del cultivo de palma en Ecuador desafíos y oportunidades. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*. <https://www.revistalm.org/articulo/impacto-palma-ecuador>
- PROAmazonia. (2023). Sabores únicos con impacto positivo: el filtro del cacao amazónico ecuatoriano. Obtenido de <https://www.proamazonia.org/sabores-unicos-con-impacto-positivo-el-futuro-del-cacao-amazonico-ecuatoiano/>
- Rivera, M, A, Maldonado, S, & Palma, R. R. (2021). Residuos agroindustriales generados en Ecuador para la elaboración de bioplásticos. *Revista Ingeniería Industrial*. Obtenido de <https://revistas.ubiobio.cl/index.php/RI/article/view/3924>
- Balseca, M, *et al.* (2024). Transformación de desechos orgánicos en energía: Proyecto piloto en Quito. *El Comercio*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/actualidad/quito-transformacion-desechos-organicos-energia.html>
- Alvarado Ludeña, G. R. (2021). Obtención de bioetanol a partir del bagazo de caña de azúcar mediante hidrólisis enzimática. Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21229>
- López, M, *et al.* (2023). Beneficio económico del compostaje en pequeñas explotaciones agrícolas. *Revista Agronómica*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/944/94462547008/html/>

- Fundación EcoCiencia. (2023). Proyecto de compostaje en comunidades rurales. <https://ecociencia.org/proyectos/>
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP). (2023). Programa de Biocombustible y Agroenergía apoya a cañicultores. <https://www.agricultura.gob.ec/programa-de-biocombustible-y-agroenergia-apoya-a-cañicultores/>
- Pérez, J, López, M., & García, A. (2022). Producción de biodiesel a partir de aceites residuales en Ecuador. Revista de Energía Renovable. Obtenido de <https://www.energia.org.ec/docs/biodiesel-en-base-de-aceites-quemados.pdf>
- Federación Nacional de Biocombustibles (2024). El biodiesel: un biocombustible esencial para la sostenibilidad energética. Recuperado de <https://fedebiocombustibles.com/el-biodiesel-un-biocombustible-esencial-para-la-sostenibilidad-energetica/>
- Universidad de Azuay. (2021). Informe técnico sobre levante de terreros a partir del uso de suero de leche en el cantón San Fernando. Recuperado de <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/14887/1/20403.pdf>
- Vélez Intriago, G. (2023). El agua en la agricultura de Ecuador. Obtenido de <https://es.linkedin.com/pulse/el-agua-en-la-agricultura-de-ecuador-geomar-v%C3%A9lez-intriago>
- Aguiar Novillo, S. (2022). Aprovechamiento sostenible mediante compostaje [file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/803-Texto%20del%20art%C3%ADculo-2561-1-10-20230413%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/803-Texto%20del%20art%C3%ADculo-2561-1-10-20230413%20(1).pdf)
- Calero Zurita *et al.* (2021). Producción sostenible de bioplásticos. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/c801e22a-a034-4b5e-acb3-b67fff36862a/content>
- Moreano *et al.*, (2023). Aprovechamiento y manejo eficiente UNACH. Obtenido de <https://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/11949/4/Moreano%20S.%2C%20Fabricio%20G.%282023%29%20Aprovechamiento%20y%20manejo%20de%20residuos%20agroindustriales%20y%20micelio%20para%20la%20el%20ba>

racion%C3%B3n%20de%20un%20sustituto%20de%20poliestireno%20exp
andido%20para%20embalaje%20%281%29.pdf

Araujo, A, Silva, M., & Ferreira, J. (2022). Utilización de Residuos Agroindustriales para la Producción de Biogás: una Revisión de Tecnologías y Aplicaciones. *Revista Energía Renovable*. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/354230917>

4.2 Anexos.

Figura 1 Ciclo del compostaje agroindustrial, transformando materia orgánica en fertilizante natural



Figura 2 Esquema de un biodigestor operativo que convierte residuos agroindustriales en biogás y biofertilizantes.

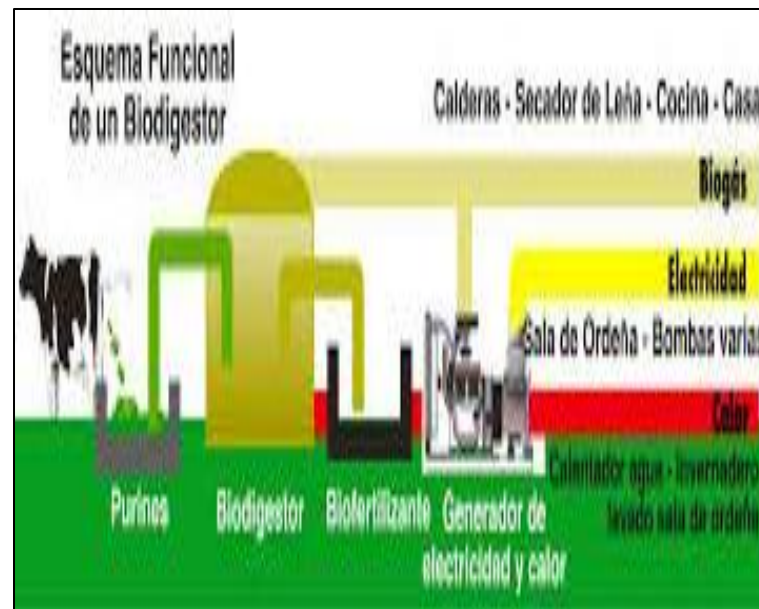


Figura 3 Planta de biomasa que transforma residuos en energía renovable.

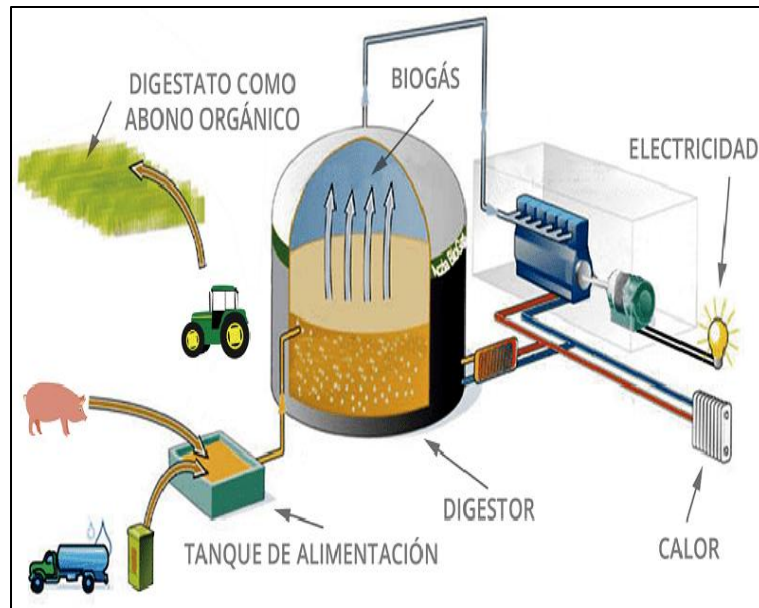


Figura 4 Suelos agrícolas beneficiados mediante la aplicación de fertilizantes orgánicos derivados de los residuos agroindustriales.



Figura 5 Degradación de plásticos tradicionales y bioplásticos elaborados a partir de residuos agroindustriales.



Figura 6 Modelo cíclico de la economía circular.

