



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TRABAJO DE TITULACIÓN

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

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

"Gestión Sostenible de Residuos Agrícolas"

AUTOR:

Kelvin Stward Contreras Franco

TUTOR:

Ing. Agr. Darío Dueñas Alvarado, MAE.

Babahoyo - Los Ríos - Ecuador

2024

RESUMEN

La presente recopilación bibliográfica trata sobre la gestión sostenible de residuos agrícolas. Los objetivos planteados fueron describir los principales residuos agrícolas utilizados en la actualidad y establecer los beneficios que aportan los residuos agrícolas de manera sostenible. Las conclusiones determinaron que los residuos agrícolas se refieren a los subproductos provenientes de cultivos leñosos o herbáceos, como la cascarilla de arroz, la cascarilla de café y el bagazo de caña de azúcar, que se derivan de restos de cultivos y desmontes destinados a prevenir brotes de plagas o incendios forestales; en vez de descartarlos, estos desechos tienen la capacidad de convertirse en activos valiosos mediante la implementación de métodos como el compostaje, la fermentación anaeróbica o la generación de biogás. Además, el reciclaje ayuda a disminuir la dependencia de los recursos naturales y el consumo de materiales vírgenes; los residuos agrícolas generados pueden aprovecharse para la alimentación del ganado, el reciclaje de nutrientes y la incorporación como materia orgánica dentro del agrosistema. También pueden servir como cobertura vegetal del suelo para retener la humedad, mitigar la erosión, suprimir la flora no deseada y contribuir a la producción de energía y un mayor énfasis debería ponerse en la gestión eficiente de los residuos agrícolas por parte de los profesionales que trabajan en los sectores de la agricultura, ganadería y agroalimentario. Además de estar sujetos a un marco legal que prohíbe su eliminación y emisión incontroladas, la mala gestión de los desechos agrícolas y su manipulación pueden tener importantes consecuencias ambientales y potencialmente plantear un problema de salud pública.

Palabras claves: Desechos agrícolas, ambiente, sostenibilidad.

SUMMARY

This bibliographic compilation deals with the sustainable management of agricultural waste. The objectives set were to describe the main agricultural waste currently used and establish the benefits that agricultural waste provides in a sustainable manner. The conclusions determined that agricultural residues refer to by-products from woody or herbaceous crops, such as rice husks, coffee husks and sugar cane bagasse, which are derived from crop remains and clearings intended to prevent outbreaks. from pests or forest fires; Instead of being discarded, these wastes have the ability to be converted into valuable assets through the implementation of methods such as composting, anaerobic fermentation or biogas generation. In addition, recycling helps reduce dependence on natural resources and consumption of virgin materials; The agricultural waste generated can be used for livestock feeding, nutrient recycling and incorporation as organic matter within the agrosystem. They can also serve as ground cover to retain moisture, mitigate erosion, suppress unwanted flora and contribute to energy production and greater emphasis should be placed on the efficient management of agricultural waste by working professionals. in the agriculture, livestock and agri-food sectors. In addition to being subject to a legal framework that prohibits their uncontrolled disposal and emission, the mismanagement of agricultural waste and its handling can have significant environmental consequences and potentially pose a public health problem.

Keywords: Agricultural waste, environment, sustainability.

CONTENIDO

RESUMEN.....	II
SUMMARY	III
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
MARCO METODOLÓGICO	3
1.1. Definición del tema caso de estudio	3
1.2. Planteamiento del problema	3
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1. General	4
1.4.2. Específicos	4
1.5. Fundamentación teórica	5
1.5.1. Generalidades	5
1.5.2. Aprovechamiento agrícola.....	5
1.5.3. Aprovechamiento energético.....	6
1.5.4. Residuos agrícolas del cultivo de plátano	11
1.5.5. Residuos agrícolas del cultivo de maíz	13
1.5.6. Residuos agrícolas del cultivo de caña de azúcar	13
1.5.7. Residuos agrícolas del cultivo de piña	14
1.5.8. Aportes de los residuos agrícolas al ambiente	15
1.6. Hipótesis	17
1.7. Metodología de la investigación	17
CAPÍTULO II.....	18
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	18
2.1. Desarrollo del caso	18
2.2. Situaciones detectadas (hallazgo).....	18
2.3. Soluciones planteadas.....	18
2.4. Conclusiones.....	19
2.5. Recomendaciones	19
BIBLIOGRAFÍA	21
ANEXOS.....	28
.....	29

INTRODUCCIÓN

La energía es un elemento fundamental para el desarrollo de diversos sectores económicos. Esto proviene principalmente de recursos tradicionales como el petróleo, el carbón y el gas natural. Sin embargo, estos recursos tradicionales no son renovables y alcanzarán su nivel máximo de producción en algún momento. En este sentido, todavía hay debate sobre cuándo se producirá el pico. Por otro lado, el uso intensivo de estos recursos tradicionales ha aumentado la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, convirtiendo el cambio climático en un problema. Por tanto, es necesario el uso de fuentes de energía alternativas renovables y sostenibles (Rodríguez *et al.* 2022).

La creación de nueva capacidad productiva a partir de residuos agrícolas y agroindustriales en la región latinoamericana involucra aspectos que deben ser considerados durante todo el proceso de desarrollo tecnológico. La producción mundial de biomasa a principios del siglo XXI se estimaba en $1,6 \times 10^{11}$ toneladas anuales, la mitad de las cuales corresponde a recursos forestales. Sólo el 11% de esto se utiliza para la producción de combustible, alimentos y fibra. Sin embargo, esta tarea conlleva una pérdida del 70% (Lara *et al.* 2022)

El tratamiento de residuos sólidos agrícolas es importante para desarrollar una producción de alimentos más limpia. Por tanto, estos residuos son beneficiosos para el medio ambiente en la producción de energía limpia y renovable como el biogás, también conocido como estufas de gas (Gonzales y Ipanaque 2022).

Al utilizar estos desechos agrícolas como material base, es posible reciclar los químicos orgánicos contenidos en los desechos y convertirlos en recursos valiosos, contribuyendo a reducir la carga ambiental. Es crucial promover modelos de producción alternativos y sostenibles para que el desarrollo de estos sistemas sea visto como una alternativa viable para lograr

la seguridad alimentaria y la conservación del medio ambiente (Basurto y Vera 2022).

Los residuos agroindustriales son una fuente particularmente atractiva porque contienen compuestos químicos (azúcares, pigmentos, fibras, proteínas, polifenoles, lignina, etc.) que, convertidos mediante tratamientos químicos o microbiológicos, pueden ser útiles. Existe la posibilidad. Para productos de alto valor añadido. Entre los residuos agrícolas y agrícolas, los residuos de frutas pueden utilizarse como alimento animal y humano, fertilizantes, pectina, biogás, flavonoides, etc. Se vierten una gran cantidad de residuos de origen agrícola y agroindustrial, principalmente de la industria florícola y hortícola, con contenidos típicos de inulina y altas proporciones de subproductos como tallos, hojas y frutos de especies no vegetales. Origen de las plantas. La calidad comercial está determinada por las actividades de limpieza, clasificación y renovación de los cultivos durante y después de la cosecha. Estos desechos pueden contener inulina, que puede usarse para fabricar productos biológicos (Lara *et al.* 2022).

CAPÍTULO I

MARCO METODOLÓGICO

1.1. Definición del tema caso de estudio

La información detallada en el presente documento tratará sobre la gestión sostenible de residuos agrícolas.

Los residuos agrícolas son desechos de plantas leñosas o herbáceas obtenidos de residuos de cultivos y desechos obtenidos de procesos de limpieza realizados en el campo para evitar plagas e incendios. Estos pueden quemarse directamente para producir energía o someterse a procesos térmicos o mecánicos para obtener biocombustibles sólidos como carbón vegetal, briquetas y pellets.

1.2. Planteamiento del problema

A nivel global, el rápido desarrollo de la industria y la sobreexplotación de los recursos naturales en la producción agrícola genera grandes cantidades de residuos que no se utilizan porque se considera que no tienen valor o valor en las zonas donde se producen. Si no se recicla, trata y elimina adecuadamente, causa una variedad de problemas ambientales.

La eliminación y el tratamiento adecuados de los residuos del procesamiento de alimentos son una parte importante de la producción de alimentos. Sin embargo, la descomposición incontrolada de desechos de fuentes agrícolas puede causar contaminación del suelo, el agua y el aire a gran escala.

1.3. Justificación

Los residuos agrícolas juegan un papel importante en el proceso de filtración biológica, sirviendo como sustrato para las plantas. En el sustrato se

encuentran colonias de bacterias nitrificantes, que eliminan los compuestos nitrogenados peligrosos para los peces, produciendo así nutrientes para las plantas. De igual forma, el sustrato aplicado durante este proceso ayuda a minimizar el riesgo de enfermedades transmitidas por el suelo. Incluso estos materiales de desecho suelen reutilizarse entre cosechas después de someterse a un proceso de esterilización completo. Además, puede producir más oxígeno para las raíces y almacenar mejor el agua.

La gestión sostenible de los desechos agrícolas que surgen de la cosecha y el procesamiento de alimentos de la industria agrícola es un desafío clave para evitar su liberación a la tierra y los recursos hídricos, así como las emisiones generadas por su eliminación. Por ello, es importante innovar en el logro de soluciones técnicas y eficientes, así como incorporar experiencias de aprendizaje renovables, que contribuyan a mejorar la eficiencia del uso integrado de residuos agrícolas en diversas actividades de producción de alimentos en el medio rural.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Detallar información referente a la gestión sostenible de residuos agrícolas.

1.4.2. Específicos

- Describir los principales residuos agrícolas utilizados en la actualidad.
- Establecer los beneficios que aportan los residuos agrícolas de manera sostenible.

1.5. Fundamentación teórica

1.5.1. Generalidades

Ecuador es reconocido como un país con un importante sector agrícola, ya que la agricultura juega un papel crucial en su economía, representando el 9,24% del PIB. Algunos de los productos agrícolas más prominentes en Ecuador abarcan el plátano, el arroz, la caña de azúcar, las flores, el maíz, el cacao, entre otros. Al ser un país agrícola, alberga una amplia gama de especies de biomasa, lo que resulta en una acumulación sustancial de desechos agrícolas. Sin embargo, estos residuos no se utilizan como fuente de energía, ya sea por falta de tecnología o por falta de implementación de políticas al respecto. La mayor parte de esta materia orgánica se incinera o se desecha en vertederos a cielo abierto. Actualmente, la única biomasa utilizada para la generación de energía en el país consiste en leña y bagazo de caña de azúcar, los cuales se emplean mediante métodos de combustión directa para calefacción y cocina. Esto es particularmente frecuente en las zonas rurales para el aprovechamiento de la leña y en los ingenios azucareros para el aprovechamiento del bagazo de la caña de azúcar (Salgado 2020).

Los residuos generados por el sector agrícola (Figura 1) significan mano de obra y una carga financiera adicional en términos de su almacenamiento, disposición o eliminación para el productor. Esta biomasa presenta propiedades que la hacen apta para su utilización en diversos sectores, entre ellos la ganadería, la agricultura y la energía (Saget *et al.* 2020).

1.5.2. Aprovechamiento agrícola

Las técnicas empleadas en el tratamiento de residuos orgánicos con fines agrícolas incluyen el compostaje y el vermicompostaje, que permiten la producción de fertilizantes de alta calidad con una concentración significativa de materia orgánica y nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas (Porrás y González 2016).

El compostaje es un método que favorece la biodegradación de la materia orgánica mediante la actividad de microorganismos, facilitando su transformación en compost mediante la conversión a diferentes formas químicas. El compost está libre de patógenos y microorganismos dañinos, ya que pasa por una fase termófila durante la degradación, donde las temperaturas alcanzan aproximadamente los 70 °C, lo que lleva a un proceso de pasteurización dentro del compost (Mena 2023).

Otro método que destaca en el manejo de residuos orgánicos con aprovechamiento en el sector agrícola es el vermicompostaje, también conocido como lombricompostaje o alternativa biotecnológica. Se refiere a la utilización de lombrices en el proceso de compostaje, dando como resultado humus o abono orgánico." Un tono académico alternativo podría ser: "Este concepto se refiere al empleo de lombrices con fines de compostaje, obteniendo como producto final humus o abono orgánico. Se genera a temperatura ambiente mediante gusanos específicos (Jiménez 2021).

1.5.3. Aprovechamiento energético

Las características inherentes de los residuos generados por el sector agrícola los hacen aptos para su aprovechamiento en valorización energética, lo que ha llevado al desarrollo de diversas opciones adaptadas a este tipo de aprovechamiento de recursos. Por ejemplo, existen metodologías que aprovechan el poder calorífico de los residuos, como la incineración de residuos; además, existen metodologías que explotan la composición de estos residuos, como la biodigestión y la producción de biocombustibles a partir de ellos (Macedo *et al.* 2020).

La digestión anaeróbica es un método que aprovecha residuos agrícolas con altas concentraciones de materia orgánica fácilmente degradable y un importante potencial de producción de biogás (Mazeh 2022).

Con el propósito de capitalizar este potencial, se cuentan con diversas alternativas que merecen ser analizadas. Un enfoque es adoptar la práctica de

depositar los desechos en rellenos sanitarios, donde se acumulan y compactan en un área designada que ha sido preparada adecuadamente para evitar fugas de lixiviados y aislar eficazmente los contaminantes, gestionando así los impactos ambientales. Mediante la instalación de las infraestructuras apropiadas, es factible capturar biogás (Sollazzo 2022).

La recolección de biogás constituye una forma de tecnología de conversión de residuos en energía, que produce impactos significativos. Los vertederos son una práctica ampliamente adoptada en los países en desarrollo y, a menudo, la única opción viable para el tratamiento y almacenamiento controlado de los materiales de desecho recolectados (Correa y Lejabo 2022).

La generación de biogás en un vertedero se origina a través del proceso de digestión anaerobia de material orgánico dentro del cuerpo del vertedero, el cual funciona de manera similar a un reactor biológico de gran tamaño. Este gas, una vez contenido, puede aprovecharse para generar energía (Noriega 2023).

Incineración

Una de las primeras estrategias analizadas en relación con la valorización energética de los residuos agrícolas es la técnica de la incineración. Se trata de un proceso mediante el cual los materiales de desecho se incineran deliberadamente dentro de un sistema predeterminado. Este proceso conlleva múltiples objetivos como disminuir el volumen y masa de los residuos para transformarlos químicamente en materiales inertes. Además, permite la recuperación de energía aprovechando su potencial calorífico (Gutiérrez y Sánchez 2022).

Durante el proceso de incineración se generan gases de combustión que contienen la mayor parte de la energía disponible de los combustibles en forma de calor. El calor excesivo de la combustión puede utilizarse para la generación de vapor y la producción de electricidad, para redes urbanas de calefacción/refrigeración o para suministrar vapor a procesos industriales

cercanos (Pillajo 2023).

Sin embargo, al contemplar la adopción de esta técnica como alternativa de gestión de residuos, es imperativo tener en cuenta el aspecto ambiental, que abarca las emisiones contaminantes y los gases de efecto invernadero, por lo que la incineración de residuos requiere de una tecnología altamente sofisticada, lo que implica importantes inversiones y costos operativos. "El establecimiento de una instalación requiere una cuidadosa consideración del consumo de energía, el impacto económico general y la emisión de gases a la atmósfera como factores determinantes de su viabilidad" (García 2022).

Biodigestión

La biodigestión, también conocida como digestión anaeróbica, surge como un proceso adicional dentro de la gestión de residuos agrícolas con fines de generación de energía, dado que se puede aprovechar la materia orgánica biodegradable como fuente de biogás. La digestión anaeróbica implica la descomposición de la materia orgánica por parte de microorganismos. Esta descomposición ocurre naturalmente en condiciones anaeróbicas y puede aprovecharse en entornos controlados para producir biogás. El procedimiento se lleva a cabo en un reactor sellado conocido como digestor anaeróbico, que facilita condiciones óptimas para que los microorganismos transformen la materia orgánica (sustrato) en biogás y un residuo sólido-líquido conocido como digestato, que puede ser empleado como fertilizante orgánico (Barreto *et al.* 2023).

La biomasa agrícola derivada del cultivo de papa una vez finalizada la cosecha representa una fuente renovable con un considerable potencial energético, siendo uno de los principales recursos utilizables para la generación de calor, energía, productos biológicos y combustibles. Su utilización aporta significativamente a la mitigación del cambio climático. Además, facilita la generación de importantes beneficios económicos que pueden compensar la disminución de la productividad del sector agrícola (López 2021).

Los procesos de transformación disponibles permiten la utilización de biomasa residual agrícola, que genera biocombustibles y productos ricos en nutrientes que pueden utilizarse como biofertilizantes, lo que conduce a una mayor eficiencia en el consumo de energía y la utilización de materias primas. Esta actividad tiene una gran importancia económica y social para el desarrollo de nuestra nación (Suárez *et al.* 2020).

Este problema puede aliviarse mediante el uso eficiente de dichos desechos agrícolas e industriales, ya que las características químicas y biológicas de estos residuos pueden aprovecharse para diversas aplicaciones, como el desarrollo de productos y la extracción de componentes. Sin embargo, actualmente existe una falta de prácticas de gestión documentadas para este tipo de residuos en el Ecuador (Morales y Arrieta 2023.)

Los residuos o subproductos agrícolas-industriales suelen producirse en el curso de procesos de fabricación y, a menudo, carecen de utilidad adicional dentro de la cadena de producción. Estos son componentes suplementarios de cultivos recolectados con distintas aplicaciones, los cuales provienen de cultivos de cereales, frutas, leguminosas, entre otros (Figura 2). La mayoría de estos materiales no están diseñados para ser consumidos por seres humanos, y comprenden desechos como tallos, hojas, cáscaras y semillas, entre otras partes principales excluidas (Espín y Pilataxi 2022).

Estos residuos agrícolas se utilizan en cantidades limitadas para fines como alimentación animal, generación de energía mediante procesos de combustión y producción de fertilizantes orgánicos, entre otros. Sin embargo, la mayoría de estos desechos se eliminan mediante incineración al aire libre, lo que genera contaminación ambiental y efectos adversos en los aspectos abióticos, bióticos y socioeconómicos (Rojas 2022).

Dentro de los desechos agrícolas, se pueden identificar una variedad de contenidos que incluyen tallos de girasol, fibras de cáñamo, pulpa de bambú, algodón, corteza de abeto, fibras de sisal, fibras de hojas de piña, cáscaras de ajo, cáscaras de soja, paja de arroz, fibras de cáscara de coco, semillas de

mango, desechos de algas, residuos de cáscaras de plátano, etc. El examen de estos residuos en otras investigaciones sobre materiales lignocelulósicos ha revelado que sus materiales lignocelulósicos exhiben un alto nivel de biodegradabilidad, baja densidad y propiedades mecánicas excepcionales como alta rigidez y resistencia (Collazo *et al.* 2018)

Entre los usos potenciales de la paja de arroz se encuentran su integración directa en cultivos, ya sea sola o en conjunto con fertilizantes químicos, así como su utilización en compostaje debido a su alto contenido de sílice. Sin embargo, antes del compostaje, es fundamental eliminar los metales pesados mediante un proceso de tratamiento de lodos. Además, se puede señalar que el grafeno se ha utilizado para la producción de energía, síntesis de compuestos utilizando fibras y plásticos naturales, extracción de pulpa de celulosa, hemicelulosa, lignina y derivados, así como en la fabricación de papel (Gómez *et al.* 2021)

El polvillo corresponde a un subproducto generado por la acción de fricción de los granos en las maquinarias de pulido, situado entre la cáscara y el endospermo del grano. Los granos de arroz partidos, conocidos como arrocillo, pueden presentar una pigmentación oscura que oscila entre el 6% y el 20%, como resultado de daños sufridos durante el proceso de pulido, fermentación o actividad fúngica (Ronquillo *et al.* 2021).

El salvado de arroz es un subproducto compuesto de lignocelulosa que se genera durante el proceso de producción de arroz. En el país se generan 123 millones de toneladas de cascarilla de arroz, lo que representa entre el 20 y el 25% de la producción total de cereales. La cáscara de arroz presenta una naturaleza robusta, leñosa y abrasiva, lo que la hace resistente a los factores ambientales. En consecuencia, durante toda la fase de crecimiento de la planta, esta no es apta para el consumo humano debido a su elevado contenido en sílice (Áraque *et al.* 2020)

Algunos de los usos de la cáscara de arroz incluyen la producción de paneles de construcción, el desarrollo de materiales aislantes, la fabricación de

tableros de partículas, el tostado para su uso como sustrato en la agricultura, la conversión de biomasa procedente de la extracción de azúcar en etanol y producción de furfural, la creación de fertilizantes orgánicos como compost, medio para el cultivo de hongos, producción de papel y material de construcción. Además, la cáscara también se emplea en la alimentación del ganado, aunque con el inconveniente de proporcionar una cantidad mínima de fibra dietética. Además, su alto contenido de sílice puede provocar irritación gastrointestinal (Holguín y Serrano 2021).

Por este motivo, en muchos países se permite la inclusión de entre el 5 y el 25% de estos residuos; la cáscara también se utiliza como material de cama para los animales. La elevada concentración de silicio en la cascarilla la convierte en un recurso utilizado para la obtención de productos de silicio, así como en un material abrasivo empleado en el tratamiento de superficies metálicas como el hierro, acero, aluminio, latón y bronce (Kaur *et al.* 2018)

1.5.4. Residuos agrícolas del cultivo de plátano

Aproximadamente el 20-30% de la biomasa de los racimos de banano y/o plátano se utiliza durante la cosecha, dejando entre el 70-80% de residuos de biomasa con aplicaciones limitadas, constituidos principalmente por pseudotallos, raquis o tallos florales y hojas (Salas y Moscote 2022).

Los desechos generados por los bananos y plátanos incluyen hojas, pseudo-tallo y vástago o raquis. Actualmente, las hojas están siendo utilizadas de manera efectiva por los consumidores como envoltorio natural de alimentos, mientras que el pseudo-tallo, a pesar de tener aplicaciones alimenticias, no ha sido aprovechado de manera significativa, situación similar al vástago. El pseudotallo sirve como fuente de fibra y se asemeja a un tronco; su núcleo central blando está recubierto por hasta 25 vainas de hojas que se desprenden del tallo y se transforman en hojas una vez maduras (Subagyo y Chafidz 2020).

Tras la recolección, se estima que la cantidad de residuo de pseudotallo oscila entre 60 y 80 toneladas por hectárea. Este residuo también se utiliza en

la producción de telas, cordones, hilos, materiales de protección para interiores de automóviles, productos sanitarios especializados y de alta calidad para bebés, fabricación de papeles como billetes, bolsitas de café y té, telas filtrantes, fibras de refuerzo para yeso, telas desechables y telas livianas (Pol 2021).

Además, debido a sus propiedades antioxidantes, encuentra aplicación en la industria farmacéutica para la producción de medicamentos dirigidos a trastornos urinarios, problemas gastrointestinales como diarrea y disentería, así como para la eliminación de cálculos en los riñones y la vesícula biliar. También ayuda en el control de la obesidad (Thorat y Bobade 2018).

Otra aplicación involucra la producción de harinas para consumo humano, aprovechando su contenido de macronutrientes como potasio (K), sodio (Na), calcio (Ca), magnesio (Mg), fósforo (P) y vitamina B6. El núcleo del pseudotallo se puede consumir después de la cocción o molido para obtener harina para aplicaciones culinarias alternativas. El residuo debe cortarse en pequeñas dimensiones y posteriormente secarse a temperaturas que oscilan entre 40 y 70 °C. Es empleado en diversas formas en la elaboración de productos de panadería y lácteos (Florez *et al.* 2021).

Los pseudotallos del plátano están formados por residuos lignocelulósicos generados por el cultivo del plátano. El pseudotallo del plátano se caracteriza por su amplia gama de componentes químicos, como Na, K, Ca, Mg, P, Fe, Zn, Mn, presentes en proporciones sustanciales. En consecuencia, puede considerarse un material residual con potencial para utilización directa o procesamiento industrial en nutrición humana y animal (Núñez 2022).

El vástago del plátano o raquis, comúnmente conocido como tallo floral, es uno de los subproductos finales generados después del consumo del plátano y generalmente se utiliza como alimento para el ganado, ya sea en su forma cruda o después del procesamiento industrial en harina. Dada su calidad nutritiva, actualmente se utiliza para el consumo humano, aunque también sirve como materia prima para la producción de materiales fibrosos como papeles,

materiales de construcción y artesanías (Linares 2023).

El tallo floral presenta una alta proporción de compuestos lignocelulósicos, conteniendo 18,69% de lignina, 29,86% de celulosa y 34,09% de hemicelulosa. Esta composición lo hace adecuado para su aplicación en la industria textil, particularmente en la fabricación de prendas de vestir, hilos y materiales relacionados, alineándose con la tendencia tecnológica emergente que se centra en el desarrollo de nuevos materiales textiles. Sin embargo, debido a sus características antes mencionadas, también se considera una fuente prometedora para la extracción de nanocristales de celulosa (CNC) (Alzate *et al.* 2014).

1.5.5. Residuos agrícolas del cultivo de maíz

Los productos de desecho del maíz presentan aplicaciones restringidas, como la utilización de mazorcas como material de construcción y carbón activado; emplear hojas de maíz como fuente de azúcares fermentables y fibra suplementaria para papel; y utilizar tallos de maíz como alimento para el ganado y biofertilizante (Castro y Rodríguez 2021).

Estos materiales de desecho también se utilizan como fuente de energía mediante conversión termoquímica en procesos de gasificación y pirólisis. Su capa exterior se emplea en preparaciones alimenticias o en la elaboración de productos artesanales (como muñecos y otras decoraciones); además, también destaca su aplicación en forma de té debido a sus propiedades diuréticas (Alvarado *et al.* 2023).

1.5.6. Residuos agrícolas del cultivo de caña de azúcar

La caña de azúcar genera cantidades importantes de biomasa, pero sólo se utiliza una pequeña fracción; entre los subproductos obtenidos se destaca la melaza, que es un jarabe oscuro utilizado en la preparación de alimentos y aplicaciones industriales, incluida la producción de etanol y bebidas alcohólicas (Artos y Inga 2022).

Además de la melaza, se utiliza el bagazo, que es el residuo sólido que queda después de la extracción del jugo de las pencas de la caña de azúcar, y comprende un material lignocelulósico que se obtiene posterior a la filtración del jugo de la caña. Alrededor de 270 toneladas de bagazo y 34 toneladas de un residuo de composición lodosa se producen por cada 1000 toneladas de caña de azúcar procesada (Martínez *et al.* 2018).

Además de la melaza, se utiliza el bagazo, que es el residuo sólido que queda después de la extracción del jugo de las pencas de la caña de azúcar, y comprende un material lignocelulósico que se obtiene posterior a la filtración del jugo de la caña. Alrededor de 270 toneladas de bagazo y 34 toneladas de un residuo de composición lodosa se producen por cada 1000 toneladas de caña de azúcar procesada (Castro y Hernández 2023).

Además, el bagazo se puede utilizar para la producción de biodiesel mediante un procedimiento que implica pretratamiento e hidrólisis, seguido de un proceso de fermentación y deshidratación. También se emplea como sustrato sólido para el crecimiento de hongos en cultivos microbianos, fabricación de papel, piensos para ganado, envases de alimentos desechables, producción de proteínas unicelulares, etanol, enzimas y aditivos alimentarios como vainillina, xilitol y furfural (Martínez *et al.* 2018)

1.5.7. Residuos agrícolas del cultivo de piña

Durante el procesamiento de esta fruta, los materiales de desecho de sus hojas y cáscaras a menudo se pasan por alto y se subutilizan. Sin embargo, existen varias aplicaciones potenciales que incluyen compostaje, producción textil, fabricación de pulpa y papel, alimentación animal, extracción de bromelina, producción de energía y refuerzo de compuestos poliméricos. Sin embargo, una parte importante de estas fibras todavía se incineran (Prado y Spinacé 2018).

1.5.8. Aportes de los residuos agrícolas al ambiente

Actualmente, la utilización de fibras naturales se puede implementar cuidadosamente, siguiendo un proceso específico, en la fabricación de materiales reciclables o biodegradables. El aprovechamiento de la hoja de plátano para la producción de fibra es significativo para el medio ambiente, ya que posee características que respaldan su aplicación. Además, la integración en el mercado es prácticamente instantánea, permitiendo la producción de platos ecológicos y envases biodegradables. Esto pertenece a una utilización ambientalmente consciente y su producción tiene el potencial de mejorar el índice de contaminación ambiental (Zambrano *et al.* 2022).

En la actualidad, la creciente preocupación medioambiental ha llevado a una demanda cada vez mayor de la utilización de fibras vegetales no leñosas en la fabricación de papel, ya que los compuestos presentes en estas fibras ofrecen numerosas ventajas y aplicaciones. Por ejemplo, permite el desarrollo de nuevos componentes estructurales livianos y ecológicamente adaptables debido a sus propiedades superiores, como baja densidad, rigidez adecuada, biodegradabilidad, reciclabilidad, renovabilidad y toxicidad reducida en comparación con el papel convencional (Wahab 2018).

Adicionalmente, en naciones tropicales como Ecuador, el suministro de recursos necesarios para la fabricación de papel de banano es abundantemente disponible, ya que las plantas correspondientes son abundantemente cultivadas y no se aprovechan en su totalidad. Además, el cultivo de plátanos tiene importancia ya que proporciona oportunidades de empleo a alrededor de un millón de familias, por lo que aprovechar las fibras de esta planta contribuirá a la expansión de la demanda de mano de obra (Yagual *et al.* 2021)

El sistema energético mundial depende predominantemente de combustibles fósiles, y aproximadamente el 80% de la energía se genera a partir de fuentes como el carbón, el petróleo y el gas. Este consumo aumenta constantemente cada año, lo que lleva a una mayor degradación del medio

ambiente. Se prevé que, con el tiempo, será cada vez más difícil conseguir combustibles fósiles a medida que aumenten los precios, lo que provocará una reducción de la demanda. Por el contrario, se espera que los precios de los biocombustibles aumenten en mucha menor medida que los de los combustibles derivados del petróleo (González 2020).

Biocombustibles ofrecen múltiples beneficios ambientales, considerando tanto las fuentes de materias primas como las tecnologías empleadas durante su proceso de elaboración. La utilización adecuada de los biocombustibles es ambientalmente ventajosa debido a su naturaleza biodegradable, lo que indica que se degradan en aproximadamente 28 días y a un ritmo del 85% (Milian 2023).

La degradación ambiental ha impulsado avances en la búsqueda de alternativas que contribuyan positivamente a la mala calidad del aire actual, derivada de prácticas negativas y la emisión de contaminantes a la atmósfera. Así, la producción de biocombustibles emerge como una solución viable para mitigar el volumen diario de emisiones de gases de efecto invernadero (Sotomonte 2021).

Biorremediación con bacterias emerge como una alternativa económicamente viable para remediar la calidad ambiental, ya que contribuye significativamente a mitigar el impacto ambiental ocasionado por contaminantes tales como los plásticos. El plástico biodegradable se produce a partir de materias primas orgánicas obtenidas de fuentes renovables. En consecuencia, el desarrollo de plásticos biodegradables está experimentando un crecimiento significativo debido a que representa una alternativa para preservar la sostenibilidad de la industria manufacturera. Por tanto, la tendencia actual se está desplazando hacia el uso de almidón para bolsas y PLA para envases rígidos (Casas *et al.* 2022).

1.6. Hipótesis

Ho= Los residuos agrícolas no son eficientemente sostenibles.

.

Ha= Los residuos agrícolas son eficientemente sostenibles.

1.7. Metodología de la investigación

Para elaborar el documento se recopiló información de documentos, revistas, bibliotecas virtuales y los últimos artículos científicos que contribuyen al desarrollo de la investigación bibliográfica y que sirve como componente práctico del pregrado.

La información obtenida se interpretó, resumió y analizó para producir información relevante sobre el tema en cuestión.

CAPÍTULO II

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Desarrollo del caso

Este documento hace referencia a la gestión sostenible de los residuos agrícolas.

Los residuos agrícolas se refieren a desechos leñosos y herbáceos generados por el mantenimiento de cultivos, bosques y zonas arboladas, así como por actividades como la tala, el desmonte y la poda. Este tipo de residuos también se denominan residuos forestales.

2.2. Situaciones detectadas (hallazgo)

La gestión inadecuada de los residuos agrícolas puede dar lugar a un problema medioambiental que conduzca a una degradación gradual y acumulativa del entorno, lo que podría generar un problema de salud pública.

La quema descontrolada o indiscriminada de residuos provoca la liberación de toxinas a la atmósfera.

La escasez de información entre los productores agrícolas conduce a la eliminación de los desechos de las cosechas, lo cual impide la mejora de la situación económica de sus hogares.

2.3. Soluciones planteadas

Empleando procedimientos apropiados en la utilización de residuos agrícolas, se puede prevenir la contaminación ambiental.

Al incinerar los residuos agrícolas de forma controlada se evita la emisión de gases tóxicos.

Brindar formación a agricultores de pequeña y mediana escala sobre la relevancia de emplear residuos agrícolas como estrategia para potenciar sus ingresos familiares.

2.4. Conclusiones

Los residuos agrícolas se refieren a los subproductos provenientes de cultivos leñosos o herbáceos, como la cascarilla de arroz, la cascarilla de café y el bagazo de caña de azúcar, que se derivan de restos de cultivos y desmontes destinados a prevenir brotes de plagas o incendios forestales.

En vez de descartarlos, estos desechos tienen la capacidad de convertirse en activos valiosos mediante la implementación de métodos como el compostaje, la fermentación anaeróbica o la generación de biogás. Además, el reciclaje ayuda a disminuir la dependencia de los recursos naturales y el consumo de materiales vírgenes.

Los residuos agrícolas generados pueden aprovecharse para la alimentación del ganado, el reciclaje de nutrientes y la incorporación como materia orgánica dentro del agrosistema. También pueden servir como cobertura vegetal del suelo para retener la humedad, mitigar la erosión, suprimir la flora no deseada y contribuir a la producción de energía.

Un mayor énfasis debería ponerse en la gestión eficiente de los residuos agrícolas por parte de los profesionales que trabajan en los sectores de la agricultura, ganadería y agroalimentario. Además de estar sujetos a un marco legal que prohíbe su eliminación y emisión incontroladas, la mala gestión de los desechos agrícolas y su manipulación pueden tener importantes consecuencias ambientales y potencialmente plantear un problema de salud pública.

2.5. Recomendaciones

Capacitar a los agricultores sobre la importancia de aprovechar los

residuos agrícolas para evitar la contaminación ambiental y a su vez mejorar la economía familia.

Promover el uso de residuos agrícolas de manera eficaz y eficiente.

Replicar la investigación sobre el residuo agrícola más utilizado en la provincia de Los Ríos.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, S. J. D., Maldonado, G. J. Z., Briones, G. A. B., & Moreira-Mendoza, C. A. 2023. Evaluación de los residuos agroindustriales con potencial para biocombustibles. *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios*, 10(2), 53-73. Consultado: 3 de marzo del 2024. Disponible en https://matriculapre.up.ac.pa/index.php/revista_colon_ctn/article/view/4140
- Alzate, C. A. C., Toro, Ó. J. S., Arango, J. A. R., & Ramírez, L. E. A. 2014. Biodegradación de residuos orgánicos de plazas de mercado. *Revista colombiana de biotecnología*, 6(2), 78-89. Consultado: 2 de marzo del 2024. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/776/77660211.pdf>
- Áraque, L. E. V., Sierra, J. M. A., & Álvarez, E. A. T. 2020. Estudio del potencial energético de la cascara de arroz ecuatoriano peletizado para su uso como combustible. *Ingeniería Química y Desarrollo*, 2(1), 44-51. Consultado: 2 de marzo del 2024. Disponible en <https://revistas.ug.edu.ec/index.php/iqd/article/view/2104>
- Artos Uribe, K. D., & Inga Ayala, F. A. 2022. *Evaluación de la adición de nutrientes (melaza de caña y nutriente comercial) para el crecimiento de levaduras en la elaboración de vino de naranjilla (Solanum quitoense Lam)* (Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)). Consultado: 20 de febrero del 2024. Disponible en <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9353>
- Barreto Ospina, C. C., Nope, J. C. V., Forero, W. N., & Andrade, A. L. P. 2023. Conservación Y Protección Del Medio Ambiente Mediante Técnicas De Compostaje (Biodigestor) Para El Tratamiento De Desechos Orgánicos-Proyecto De Cooperación Internacional Versión Final. Consultado: 3 de marzo del 2024. Disponible en <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/59775>
- Basurto Basurto, C. L., & Vera Santana, P. M. 2022. Evaluación de los residuos agrícolas cascarilla de arroz (*Oryza sativa*) y fibra de coco (*Cocos nucifera*) como sustratos para sistemas acuapónicos. Calceta: ESPAM MFL. Consultado: 3 de marzo del 2024. Disponible en

- <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1922/1/TTMA86D.pdf>
- Casas-Martínez, Y. D. P., Fuquen-Fúquene, L. T., & Gómez-Rodríguez, A. M. 2022. Avances en biotecnología ambiental: biorremediación de plásticos. *I3+*, 4(2). Consultado: 3 de marzo del 2024. Disponible en <https://revistasdigitales.uniboyaca.edu.co/index.php/reiv3/article/view/939>
- Castro Martínez, S. C., & Hernandez Solis, M. F. 2023. La influencia del ingenio azucarero en la economía local de la zona baja de Huixtla, Chiapas. Consultado: 2 de marzo del 2024. Disponible en <https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/4874>
- Castro Suaterna, B. D., & Rodríguez Veloza, J. F. 2021. Evaluación del Proceso de Pirolisis con Residuos de Maíz y Coco en Atmosfera de CO₂. Consultado: 1 de marzo del 2024. Disponible en <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/19435>
- Collazo-Bigliardi, S., Ortega-Toro, R., & Chiralt, A. 2018. Isolation and characterisation of microcrystalline cellulose and cellulose nanocrystals from coffee husk and comparative study with rice husk. *Carbohydrate Polymers*, 191, 205–215. Consultado: 20 de febrero del 2024. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.03.022>
- Correa Villaseca, I. C., & Lejabo Chinchay, E. M. 2022. Revisión de artículos científicos: Obtención de energías renovables como biogás a partir de residuos orgánicos del *Cavia porcellus*. Consultado: 3 de marzo del 2024. Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/101390>
- Espín Silva, J. D., & Pilataxi Chevez, L. M. 2022. Producción y conservación de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus* utilizando como sustrato los residuos agroindustriales del cultivo de quinua, cacao y el bagazo de malta. Consultado: 1 de marzo del 2024. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/17620>
- Florez-Jalixto, M., Roldán-Acero, D., Omote-Sibina, J. R., & Molleda-Ordoñez, A. 2021. Biofertilizantes y bioestimulantes para uso agrícola y acuícola: Bioprocesos aplicados a subproductos orgánicos de la industria pesquera. *Scientia Agropecuaria*, 12(4), 635-651. Consultado: 18 de febrero del 2024. Disponible en

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172021000400635

- García Mimbela, K. N. J. 2022. Gestión de residuos sólidos y el impacto ambiental en la Municipalidad distrital de El Porvenir, La Libertad-2021. Consultado: 20 de febrero del 2024. Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/85283>
- Gómez Ulloa, I. R., Mero Velasco, K. A., & Soriano Idrovo, P. 2021. *Aplicación compuesta de abono orgánico y fertilizantes para reducir costos de producción en los cultivos de arroz de la provincia del Guayas* (Doctoral dissertation, ESPOL. FCSH.). Consultado: 18 de febrero del 2024. Disponible en <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/53188>
- Gonzales García, J. S., & Ipanaque Silva, M. 2022. Revisión sistemática de la eficiencia del tratamiento biológico de residuos agrícolas por digestión anaerobia y nitrificación. Consultado: 20 de febrero del 2024. Disponible https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/97864/Gonzales_GJS-Ipanaque_SM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- González Celis, R. 2020. Matriz energética mundial y el cambio climático: Estado actual. Consultado: 18 de febrero del 2024. Disponible en <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/handle/20.500.12010/15654>
- Gutiérrez Montel, E., & Sánchez Vergara, A. 2022. Estudio de viabilidad del uso de técnicas para la obtención de fuentes de energías alternativas a partir de la transformación de residuos orgánicos en países de América Latina y Europa. Consultado: 17 de febrero del 2024. Disponible en https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/2012/
- Holguín, W. E. P., & Serrano, C. A. M. 2021. El Papel de los Residuos Agrícolas en la Extracción de Nanocristales de Celulosa. *Revista Bases de la Ciencia*, 6(2), 57-74. Consultado: 1 de marzo del 2024. Disponible en <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia/article/view/3009>
- Jiménez Álvarez, B. J. 2021. *Evaluación de un plan de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos, provenientes del municipio de Choachí por medio de un proceso tecnológico* (Bachelor's thesis, Fundación Universidad de América). Consultado: 16 de febrero del 2024. Disponible

en <http://52.0.229.99/handle/20.500.11839/8325>

- Kaur, M., Kumari, S., & Sharma, P. 2018. Chemically Modified Nanocellulose from Rice Husk : Synthesis and Characterisation. *AIR*, 13(3), 1–11. Consultado: 20 de febrero del 2024. Disponible en <https://doi.org/10.9734/AIR/2018/38934>
- Lara Fiallos, M., Pérez Martínez, A., Muto Lubota, D., González Suárez, E., Concepción Toledo, D. 2022. Estrategia de investigação para aumentar o uso de resíduos agrícolas na matriz química. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(1), 597-605. Recuperado en 22 de enero de 2024, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202022000100597&lng=es&tlng=pt.
- Linares Chang, C. M. 2023. *Estudio comparativo de la celulosa microcristalina obtenida a partir del raquis y pseudotallo del banano (Musa sapientum) aplicando el método de hidrólisis ácida-alcalina para su uso en la industria de alimentos* (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala). Consultado: 16 de febrero del 2024. Disponible en <http://www.repositorio.usac.edu.gt/18511/>
- López Villacis, I. C. 2021. Evaluación de la biomasa residual agrícola de los cultivos de papa (*Solanum tuberosum*), maíz (*Zea mays*) y tomate de árbol (*Solanum betaceum*) como recurso energético renovable en la provincia de Tungurahua. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Maestría en Química. Consultado: 4 de marzo del 2024. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/34072>
- Macedo Márquez, A. A., & Gómez Rodríguez, N. F. G. 2020. Análisis de una técnica de aprovechamiento de residuos de Polietileno de Baja Densidad en el sector agrícola. Consultado: 20 de febrero del 2024. Disponible en <https://repositorio.ucsp.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/8a0b1969-879d-4172-ad82-48005b6acecc/content>
- Martinez-Hernandez, E., Amezcua-Allieri, M., Sadhukhan, J., & Anell, J. A. 2018. Sugarcane Bagasse Valorization Strategies for Bioethanol and Energy Production. In *Sugarcane -Technology and Research*. InTech. Consultado: 20 de febrero del 2024. <https://doi.org/10.5772/intechopen.72237>

- Mazeh, H. 2022. *Planta de Biogás: Construcción y producción a partir de desechos de animales y cultivos por digestión anaeróbica*. Universitat Politècnica de València. Consultado: 18 de marzo del 2024. Disponible en <https://riunet.upv.es/handle/10251/184107>
- Mena Torres, K. A. 2023. "*Composición química y transformación de la biomasa vegetal en abono orgánico*" (Bachelor's thesis, Ecuador: La Maná: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC). Consultado: 14 de febrero del 2024. Disponible en <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11469>
- Milian Boesche, J. Y. 2023. Diseño de investigación para la evaluación de impacto ambiental y económico de vehículos motorizados a base de biocombustibles vs. energía eléctrica en Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Consultado: 20 de febrero del 2024. Disponible en <http://www.repositorio.usac.edu.gt/19291/1/Jonathan%20Yordahel%20Milian%20Boesche.pdf>
- Morales Escobar, D. P., & Arrieta Almario, Á. Á. 2023. Utilización de residuos agroindustriales en la elaboración de materiales. Consultado: 20 de febrero del 2024. Disponible en <https://repositorio.cecar.edu.co/handle/cecar/10004>
- Noriega, C. H. 2023. Revisión sistemática de la valorización del biogás de residuos sólidos del relleno sanitario Portillo Grande. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 26(51), e25264-e25264. Consultado: 4 de marzo del 2024. Disponible en <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/25264>
- Núñez Cárdenas, L. 2022. Identificación y caracterización de los productos bioactivos presentes en los vinos cubanos de alta gama. Consultado: 20 de febrero del 2024. Disponible en <https://helvia.uco.es/handle/10396/23354>
- Pillajo Fiallos, C. A. 2023. *Estudio de tecnologías de recuperación de la energía contenida en los residuos sólidos urbanos (W2E). Caso de estudio: Ecuador* (Bachelor's thesis). Consultado: 20 de febrero del 2024. Disponible en <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/13477>

- Pol Zenteno, A. 2021. Funcionalización superficial de residuos lignocelulósicos de bajo coste para su empleo en la eliminación de nitratos en agua. Consultado: 5 de marzo del 2024. Disponible en <https://repositorio.upct.es/handle/10317/9685>
- Porras, Á. C., & González, A. R. 2016. Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica. *Academia y virtualidad*, 9(2), 90-107. Consultado: 14 de febrero del 2024. Disponible en <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/ravi/article/view/2004>
- Prado, K., & Spinacé, M. 2018. Isolation and characterization of cellulose nanocrystals from pineapple crown waste and their potential uses. *International Journal of Biological Macromolecules*. Consultado: 18 de febrero del 2024. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.10.187>
- Rodríguez-Romero, L., Gutiérrez-Antonio, C., García-Trejo, J., Feregrino-Pérez, A. 2022. Estudio comparativo de modelos matemáticos para predecir el poder calorífico de residuos agrícolas mexicanos. *TecnoLógicas*, 25(53), e200. Consultado: 20 de febrero del 2024. Disponible en <https://doi.org/10.22430/22565337.2142>
- Rojas Avendaño, M. C. 2022. Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos para la generación energía en Bogotá. Consultado: 18 de febrero del 2024. Disponible en <https://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/8899>
- Ronquillo, J. C. S., Cabezas, E. F. G., Quezada, J. C. A., & Martínez, J. C. C. 2021. Desaponificado de la Quinoa en productos elaborados con una máquina escarificadora. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 6(12), 535-552. Consultado: 4 de marzo del 2024. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8040086>
- Saget, C., Vogt-Schilb, A., & Luu, T. 2020. *El empleo en un futuro de cero emisiones netas en América Latina y el Caribe*. Washington DC y Ginebra: Banco Interamericano de Desarrollo y Organización Internacional del Trabajo. Consultado: 18 de febrero del 2024. Disponible en <https://www.econstor.eu/handle/10419/224490>
- Salas Acuña, S., & Moscote Brun, J. G. 2022. Extractos proteicos en la flor del plátano: un estudio preliminar de su uso como biomateriales de interés

- en la industria de alimentos. Consultado: 20 de febrero del 2024. Disponible en <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/54830>
- Salgado Ortiz, G. S. 2020. Valorización energética de residuos agrícolas: cáscara de plátano, cascarilla de arroz y bagazo de caña mediante procesos de biodigestión y combustión. Consultado: 4 de marzo del 2024. Disponible en <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20707>
- Sollazzo, M. S. 2022. Herramienta de Evaluación Multicriterio integrada con Sistemas de Información Geográfica para el emplazamiento de un Relleno Sanitario en el Partido de General Pueyrredón. Consultado: 20 de febrero del 2024. Disponible en <http://redi.ufasta.edu.ar:8082/jspui/handle/123456789/601>
- Sotomonte Carvajal, K. 2021. Análisis de los beneficios que obtiene el medio ambiente a partir de la producción de biocombustibles. Consultado: 4 de marzo del 2024. Disponible en <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/1064>
- Suárez, Y. R., Barrueta, M. A., Mesa, Y. M., & Sánchez, A. F. 2020. Valoración del potencial energético de los residuos agroindustriales de tomate para su empleo como biocombustible. *Revista Ingeniería Agrícola*, 10(2), 37-44. Consultado: 20 de febrero del 2024. Disponible en <https://www.redalyc.org/journal/5862/586263256006/586263256006.pdf>
- Subagyo, A., & Chafidz, A. 2020. Banana Pseudo-Stem Fiber: Preparation, Characteristics, and Applications. In *Banana Nutrition -Function and Processing Kinetics*. IntechOpen. Consultado: 20 de febrero del 2024. Disponible en <https://doi.org/10.5772/intechopen.82204>
- Thorat, R., & Bobade, H. 2018. Utilization of banana pseudo stem in food applications. *Internacional Journal Agricultural Engineering*, 11, 86–89. Consultado: 18 de febrero del 2024. <https://doi.org/10.15740/HAS/IJAE/11>
- Wahab, G.H. 2018. Characterizations of El Minia limestone for manufacturing paper filler and coating. *Egyptian Journal of Petroleum*, 27(4),437-443. Consultado: 4 de marzo del 2024. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2017.07.007>

- Yagual, C., Hedoíza, V., Cevallo, A., Zambrano, V., Llive, P., & Carvajal, F. 2021. Utilización de la fibra de banana (*musa sapientum*) proveniente de los pseudotallos para la elaboración de papel y el aprovechamiento de residuos agrícolas. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 13(1), 7-7. Consultado: 20 de febrero del 2024. Disponible en <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/1772/2237>
- Zambrano, K. D. P., Bonilla, B. S. O., Velandia, L. N. L., Córdoba, J. E. R., & Martínez, G. S. 2022. Beneficio económico y ambiental del uso de la hoja de plátano en artesanía. *Revista Agunkuyâa*, 12(1), 9-18. Consultado: 18 de febrero del 2024. Disponible en <https://revia.areandina.edu.co/index.php/Cc/article/view/2161>

ANEXOS



Figura 1. Reciclaje de residuos agrícolas



Figura 2. Residuos agrícolas