



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 Complexivo, presentado al
H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito previo a la obtención
del título de:

INGENIERA AGROINDUSTRIAL

TEMA:

Uso de biomasa residual de cascarilla de arroz (*Oryza sativa*), maíz (*Zea mays*) y bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y su
impacto en la conservación del medio ambiente.

AUTORA:

Nathalie Michelle Morales Mora

TUTOR:

Abg. Franklin W. Montecé Mosquera, Msc.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2024

RESUMEN

El documento trata sobre el uso de biomasa residual de cascarilla de arroz (*Oryza sativa*), maíz (*Zea mays*) y bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y su impacto en la conservación del medio ambiente. Las conclusiones detallan que principalmente, los componentes orgánicos predominantes en la cascarilla de arroz son la celulosa (39 %), la hemicelulosa (20 %) y la lignina (22 %), representando más del 75% de su masa en estado seco; mientras que el contenido restante corresponde a grasas y proteínas (3,6%).; el maíz incluye materia seca 89,50%, proteína bruta 11,95%, fibra bruta 1,53%, fibra detergente neutro 7,55%, fibra detergente ácido 3,60%, ceniza 1,21%, fósforo 0,26%, grasa 3,43%, almidón 68,53%, y azúcares totales 1,12% y el Bagazo de Caña de Azúcar posee un contenido de celulosa de 42,91%, un contenido de hemicelulosa de 27,92% y un contenido de lignina de 9,74%. El análisis de la biomasa de carbón agrícola revela que contiene un 29.80% de celulosa, un 20.61% de hemicelulosa y un 5.70% de lignina. La biomasa representa una forma de energía sostenible que se basa en la utilización de residuos de origen vegetal, como la madera, la paja y los desechos agrícolas como la cascarilla de arroz, maíz y bagazo de caña de azúcar, con el propósito de generar energía de manera ambientalmente más benigna en comparación con los combustibles fósiles. La biomasa desempeña un papel crucial en la conservación de los bosques, la promoción del desarrollo rural y la generación de electricidad.

Palabras claves: biocombustible, procesos agroindustriales, materia prima, cultivos.

SUMMARY

The document deals with the use of residual biomass of rice husk (*Oryza sativa*), corn (*Zea mays*) and sugarcane bagasse (*Saccharum officinarum*) and its impact on environmental conservation. The conclusions detail that mainly, the predominant organic components in rice husk are cellulose (39%), hemicellulose (20%) and lignin (22%), representing more than 75% of its mass in the dry state; while the remaining content corresponds to fats and proteins (3.6%). corn includes dry matter 89.50%, crude protein 11.95%, crude fiber 1.53%, neutral detergent fiber 7.55%, acid detergent fiber 3.60%, ash 1.21%, phosphorus 0.26 %, fat 3.43%, starch 68.53%, and total sugars 1.12% and the Sugarcane Bagasse has a cellulose content of 42.91%, a hemicellulose content of 27.92% and a lignin content of 9.74%. Analysis of agricultural charcoal biomass reveals that it contains 29.80% cellulose, 20.61% hemicellulose and 5.70% lignin. Biomass represents a form of sustainable energy that is based on the use of waste of plant origin, such as wood, straw and agricultural waste such as rice husks, corn and sugar cane bagasse, with the purpose of generating energy. in a more environmentally benign manner compared to fossil fuels. Biomass plays a crucial role in conserving forests, promoting rural development and generating electricity.

Keywords: biofuel, agroindustrial processes, raw materials, crops.

CONTENIDO

1. CONTEXTUALIZACIÓN	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.4. OBJETIVOS.....	3
1.4.1. Objetivo general	3
1.4.2. Objetivos específicos	3
1.5. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	3
2. DESARROLLO.....	4
2.1. MARCO CONCEPTUAL.....	4
2.1.1. Características físico-químicas de la cascarilla de arroz	4
2.1.2. Características físico-químicas de la cascarilla de maiz.....	7
2.1.3. Características físico-químicas de bagazo de caña de azucar.....	8
2.1.4. Aplicaciones industriales de la biomasa obtenida en la producción de biocombustibles	11
2.2. MARCO METODOLÓGICO	14
2.3. RESULTADOS	14
2.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	16
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	17
3.1. CONCLUSIONES	17
3.2. RECOMENDACIONES	19
4. REFERENCIAS Y ANEXOS	20
4.1. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	20
4.2. ANEXOS	26

1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, existe un interés creciente en el aprovechamiento de los residuos agroindustriales, no sólo para minimizar su impacto en el medio ambiente, sino también para agregarle valor y optimizar las economías locales (Rojas *et al.* 2019). Recientemente algunos países desarrollados como China, Estados Unidos, Brasil, Alemania e India están implementando iniciativas para aprovechar los residuos agrícolas para dar lugar a la generación de nuevos productos y subproductos como la biomasa residual que puede ser aprovechada para la producción de biogás, bioetanol, biofertilizantes entre otros (Aguiar *et al.*, 2022).

En Ecuador, no se registra un aprovechamiento eficiente de los residuos generados en procesos agroindustriales y pérdidas en postcosechas. Este problema se deriva a la falta de conocimiento acerca de su valor potencial y a la ausencia de métodos para su preparación y caracterización (López, 2021).

Como resultado se desaprovecha un recurso que podría ser resultado de manera más efectiva para fines productivos y sostenibles en el país. Es importante la necesidad de implementar estrategias que promuevan el uso adecuado de estos residuos en biomasa residual y fomenten la investigación en su valorización (Riera *et al.*, 2018).

La biomasa se refiere a los residuos generados durante los procesos de transformación de la materia viva, ya sea de forma natural o artificial. La biomasa residual puede ser utilizada como fuente de energía renovable a través de procesos como la combustión o la producción de biogás. Su aprovechamiento contribuye a reducir la dependencia de combustibles fósiles y a disminuir el impacto ambiental (López *et al.*, 2018). La aplicación industrial de la biomasa residual tiene el potencial de generar beneficios ambientales al reducir la cantidad de residuos y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Sin embargo, es fundamental llevar a cabo una gestión adecuada de los procesos y utilizar tecnologías limpias para minimizar los impactos negativos en el medio ambiente (Gutiérrez *et al.*, 2020)

Es importante aprovechar todos los residuos derivados de la cascarilla de arroz, maíz y bagazo de caña de azúcar como biomasa, debido a su gran potencial

energético y su contribución a la sostenibilidad ambiental. para lograrlo, es esencial comprender como cambian las características físico-químicos de los residuos agrícolas a lo largo de la elaboración residual (Arismendy, 2021).

Estudiar estos cambios nos permitirá determinar la factibilidad de utilizar estos residuos agroindustriales como materia prima en la producción de biomasa residual.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Ecuador, los desechos de biomasa provenientes de la agroindustria representan una valiosa fuente de biocombustibles y otros subproductos que hasta ahora no han sido debidamente aprovechados debido a diversas dificultades técnicas como la falta de información suficiente sobre su cantidad y calidad para su transformación (Riera et al., 2018). Es necesario proporcionar conocimientos a los productores sobre el aprovechamiento de los residuos agroindustriales como fuentes de biocombustibles con el fin de fomentar la adopción de prácticas sostenibles en el sector agrícola (López, 2021).

El problema de esta investigación radica en el poco interés que se les da a los desechos agroindustriales, al no ser aprovechados estos residuos ocasionan una gran contaminación ambiental que afecta tanto a los ecosistemas como a la salud de las personas (Proaño, 2022). Además, la falta de conciencia sobre la importancia de gestionar adecuadamente estos desechos agrava aún más la problemática. Por otro lado, la falta de maquinarias y los altos costos de tratamientos sobre el manejo de los desechos agroindustriales contribuye a perpetuar este problema (Mercado y Collazos, 2022).

1.3. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación está enfocada en el uso de biomasa residual de cascarilla de arroz (*Oryza sativa*), maíz (*Zea mays*) y bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), y su impacto en la conservación del medio ambiente. En el Ecuador, existe un manejo inadecuado de los residuos agroindustriales por lo que no se le da un uso adecuado, esto se debe a que existe muchos factores como la falta de conocimientos para aplicar practicas adecuadas, escasez de maquinarias, altos costos para tratamientos, falta de mercado para la producción y alta inversión. Lo que dificulta

aún más la implementación de soluciones efectivas.

Para obtener una viabilidad a estos residuos se plantea darle una transformación de residuos a biomasa en la producción de biocombustibles. Se pretende sustituir los productos que son altamente contaminante por una producción sostenible de biomasa residual. La biomasa puede ser utilizada como fuente de energía renovable a través de procesos como la combustión o la producción de biogás (Rojas *et al.*, 2019).

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Identificar el uso de biomasa residual de cascarilla de arroz (*Oryza sativa*), maíz (*Zea Mays*) y bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y su impacto en la conservación del medio ambiente.

1.4.2. Objetivos específicos

- Investigar las características físico-químicas de la cascarilla de arroz, maíz y bagazo de caña de azúcar como materia prima en la elaboración de biomasa residual.
- Establecer las aplicaciones Agroindustriales de la biomasa obtenida en la producción de biocombustibles como una alternativa para la preservación del medio ambiente.

1.5. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Dominio: Recursos Agropecuarios, Ambiente, Biodiversidad y Biotecnología.

Línea de investigación: Desarrollo agropecuario agroindustrial sostenible y sustentable.

Sublínea de investigación: Procesos Agroindustriales y Agroindustria sostenible y sustentable.

2. DESARROLLO

2.1. MARCO CONCEPTUAL

2.1.1. Características físico-químicas de la cascarilla de arroz

Los subproductos de la agroindustria (como cachaza, vinaza, cáscara de arroz, cáscara de yuca, bagazo de caña de azúcar, etc.) representan fuentes importantes que mejoran las propiedades físicas del suelo y los fertilizantes orgánicos, permitiendo una mejor aireación y retención de humedad. Recientemente, se ha observado el empleo de residuos de cascarilla de arroz como componente en la producción de fertilizante orgánico, destacando su contenido significativo de macro y micronutrientes beneficiosos para la fertilidad del suelo. Por consiguiente, se presenta como una eficaz opción para abordar la problemática de la contaminación originada por la industria agrícola. (Lozano, 2020).

Se ha observado que la película de la semilla de arroz es un subproducto agroindustrial con un alto contenido de sílice. Una parte considerable de esta película resultante del procesamiento del arroz se quema sin provecho o se descarta en cursos de agua, generando consecuencias adversas para el entorno ambiental. En la actualidad, las compañías responsables de los desechos derivados del proceso de fabricación del arroz suelen recurrir a la incineración de los residuos en calderas, lo que resulta en la emisión de gases a la atmósfera. Sin embargo, se han identificado varias aplicaciones, incluido el uso como combustible sólido, material fertilizante, ropa de cama y alimento concentrado para animales, productos de compostaje, flores e insumos para materiales de construcción (Gómez, 2022).

A pesar de que las propiedades de este producto muestran un potencial significativo para su aplicación en el sector agrícola, la demanda actual no logra absorber la cantidad de desechos generados por los principales molinos del municipio. Investigaciones llevadas a cabo han demostrado la destacada eficacia de esta alternativa, aunque se ha observado una mitigación limitada en lo que respecta a la cantidad de material utilizado como fertilizante, el cual representa menos de una cuarta parte del total de cascarilla generada. Uno de los fertilizantes fermentados más

conocidos que utiliza cáscara de arroz es el Bocashi (Lozano, 2020).

La cáscara de arroz es el subproducto del proceso de molienda del arroz, caracterizado por su consistencia quebradiza, forma cóncava, composición frágil y baja densidad, lo que la hace fácilmente dispersable. La densidad aparente de la cáscara de arroz es de 125 kg/m³, lo que significa que una tonelada ocupa un volumen de 8 m³ cuando se almacena a granel (Fasabi, 2023).

La cáscara de arroz, debido a sus propiedades físicas y químicas únicas, que incluyen baja densidad, alta dureza, baja conductividad térmica, así como su contenido de celulosa y lignina, atributos clave que influyen en las características finales del producto deseado (Vargas *et al.*, 2013)

La composición química de la cascarilla de arroz es la siguiente (Fasabi, 2023).

Carbono 39,1 %

Hidrogeno 5,2 %

Nitrógeno 0,6 %

Oxígeno 37,2 %

Azufre 0,1 %

cenizas 17,8 %.

A continuación, se presenta en la tabla 1 Los valores constituyentes de la cascarilla de arroz (Vargas *et al.*, 2013), son:

Tabla 1. Valores constituyentes de la cascarilla de arroz

Constituyente	Contenido
Proteína Cruda, % N x 6.25	1,9 - 3,0
Grasa Cruda. %	0,3 - 0,8
Fibra Cruda, %	34,5 - 45,9
Carbohidratos disponibles, %	26,5 - 29,8
Cenizas Crudas, %	13,2 - 21,0
Silice, %	18,8 - 22,3
Calcio, mg/g	0,6 - 1,3
Fósforo, mg/g	0,3 - 0,7
Fibra detergente neutra, %	66-74

Fibra detergente ácida, %	58-62
Lignina, %	9-20
Celulosa, %	28-36
Pentosas. %	21-22
Hemicelulosas, %	12
Nutrientes digeribles totales. %	9,3-9,5

Fuente: (Vargas et al., 2013)

La incineración de la cascarilla de arroz al aire libre conlleva consecuencias adversas para el entorno ambiental y la salud pública. Este procedimiento altera significativamente las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, y contribuye a la contaminación atmosférica mediante la emisión de gases y partículas en suspensión, lo que a su vez puede resultar en enfermedades respiratorias en individuos expuestos a dichas emisiones, así como en trastornos pulmonares (Lozano, 2020).

La cáscara de arroz es un tejido vegetal lignocelulósico compuesto por un 85% de material orgánico, compuesto principalmente por celulosa, lignina, D-xilosa y cantidades menores de D-galactosa. Cuando la cascarilla de arroz se expone a altas temperaturas genera cenizas compuestas predominantemente de sílice entre un 87 y 97% debido a su no disociación durante la combustión, constituyendo entre un 13 y un 29% del peso inicial, junto con cantidades menores de sales inorgánicas (Llanos et al., 2016).

En la tabla 2 se describe las propiedades físicas de la cascarilla de arroz, según (Vargas et al., 2013), son:

Tabla 2. Valores constituyentes de la cascarilla de arroz

Propiedad	Valor
Densidad aparente (g/cm ³)*	0,1 - 0,16
Densidad real (g/cm ³)*	0,67 - 0,74
Conductividad térmica (W/m°C)*	0.0359
Dureza Mohs*	6
Capacidad calorífica (cal/kg)**	3300-3600

Temperatura de incineración (°C)**	800-1000
------------------------------------	----------

Fuente: (Vargas et al., 2013)

Un análisis reciente realizado en cuatro países diferentes con diversas variedades de arroz mostró valores comparables para las características evaluadas (carbono fijo, materia volátil y cenizas). En promedio, la cáscara de arroz contiene 64,30% de materia volátil, 16,10% de carbono fijo y 19,54% de ceniza; es en este último donde el contenido de dióxido de sílice supera el 90%, y por su tamaño fino y alta reactividad ha sido empleado en industrias como la cementera para la preparación de compuestos a base de silicio y zeolitas. Además, ha sido ampliamente utilizado en los procesos de eliminación de contaminantes como metales pesados y tintes (Llanos *et al.*, 2016).

2.1.2. Características físico-químicas de la cascarilla de maíz

La producción de biomasa residual derivada de un cultivo de maíz (tallos, hojas, mazorcas y cáscaras) oscila entre 20 y 35 toneladas por hectárea. Las hojas de mazorca de maíz exhibieron propiedades de fibra óptimas para la producción de pulpa, clasificándose en un rango de calidad "muy bueno". El contenido de holocelulosa en estas hojas de mazorca es apropiado, ya que se sitúa dentro del intervalo comúnmente utilizado en la fabricación de pulpa para papel (67%-70% en base seca). Por otro lado, el contenido de lignina en las hojas de mazorca es relativamente bajo, lo que sugiere que podría ser un residuo altamente digestible en la dieta de animales o rumiantes. Sin embargo, el potencial de este residuo como alimento animal aún no ha sido formalmente evaluado en términos de su utilidad como forraje (Vinueza, 2020).

En la tabla 3 se describe las propiedades químicas de la cascarilla de maíz (Ramos, 2023). Esto permite tener una referencia para determinar la composición de Oxido para el aprovechamiento eficiente en biomasa.

Tabla 3. *Propiedades químicas de la cascarilla de maíz*

Composición De Oxido	Ceniza De Cáscara De Maíz (%)
SiO ₂	28,89
Al ₂ O ₃	17,51

Fe ₂ O ₃	11,04
MgO	1,2
CaO	0,6
Na ₂ O	0,05
K ₂ O	36,16
SO ₃	0,14
P ₂ O ₅	2,7

Fuente: (Ramos, 2023)

La cascara de maíz tiene propiedades químicas importantes debido a su composición de óxido y porcentaje de ceniza. Se destaca la utilización eficiente de los subproductos agrícolas, tales como la tusa, con un contenido de proteína del 4.3% y de fibra del 29%, así como la cáscara de maíz, que presenta un 5.3% de proteína y un 30% de fibra (Molina, 2020).

Análisis de la composición química de la cubierta o lámina del grano de maíz (Vinueza, 2020).

Tabla 4. Análisis de la composición química del grano de maíz

Compuesto	Hoja de mazorca de maíz
Holocelulosa	78,86
a-Celulosa	43,14
Lignina	23,00
Cenizas	0,761

Fuente: (Vinueza, 2020)

El análisis de la composición química del grano de maíz es un proceso que permite determinar los diferentes componentes presentes en el alimento. Estos componentes son muy importantes para comprender la calidad nutricional y las propiedades físicas del grano de maíz.

2.1.3. Características físico-químicas de bagazo de caña de azúcar

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es un material orgánico generado mediante un proceso biológico conocido como fotosíntesis. Está compuesto

principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina, con grupos funcionales polares en su superficie como hidroxilos, carbonilos, fenoles, carboxilos, entre otros. Estos grupos demuestran la capacidad de participar en la unión de metales proporcionando un par de electrones, formando así complejos con iones metálicos en solución (Cascaret *et al.*, 2020).

El bagazo de caña de azúcar sirve como precursor adecuado para producir carbonos mediante un enfoque químico con capacidades moderadas para adsorber iones Cd (II) en soluciones acuosas. Los carbonos activados preparados mediante activación "química" en condiciones operativas de 800 °C y 120 minutos demuestran los resultados más favorables en términos de adsorción de azul de metileno (Prieto *et al.*, 2020).

Las propiedades fisicoquímicas del bagazo de caña de azúcar industrial y artesanal (Resano *et al.*, 2022) son:

Tabla 5. Propiedades fisicoquímicas del bagazo de caña de azúcar industrial

Parámetros	Unidad	Muestra BCI				Muestra
		BS1A	BI1A	BS2A	BI2F	BCA BT1
Humedad	%	43,94	37,82	39,09	44,42	57,66
Cenizas		15,22	14,22	10,09	12,43	2,14
Materia insoluble en ácido	%			5,63	5,82	1,29
Materia orgánica* (Aprox. 100-%ceniza)	%	84,78	85,05	89,91	87,57	97,86
Fibra Cruda	---	---	---	37,71	37,04	
*Brix (sólidos solubles)	*Bx	---	---	2,00	1,20	6,00
Fibra detergente ácida (FDA)	%.	---	---	52,65		35,50
Fibra detergente neutra (FDN)	%	---	---	80,57		56,11

Lignina detergente ácida (LDA)	%	---	---	9,74	5,70
Celulosa	%	---	---	42,91	29,80
Hemicelulosa	%	---	---	27,92	20,61

Fuente: (Resano et al., 2022)

El bagazo del tallo de la caña de azúcar es un residuo fibroso derivado de la extracción del jugo. A nivel global, se produce un total de 234 millones de toneladas de bagazo de caña cada año, de las cuales la mitad se destina a su utilización como combustible en los ingenios azucareros. No obstante, esta práctica conlleva la emisión de contaminantes, ya que la mayoría de los ingenios recurren a la quema de combustible adicional, como combustóleo o llantas, para alcanzar el nivel de poder calorífico requerido en el proceso de combustión, lo que resulta en la liberación de gases nocivos como el dióxido de carbono (Bolio, 2016).

El bagazo es un subproducto del proceso agroindustrial de fabricación de la caña de azúcar y actualmente sólo una fracción del mismo se utiliza eficientemente en calderas para producir energía y calor. Esta justificación valida la necesidad de emprender investigaciones orientadas a la diversificación de la gama de productos en la industria azucarera cubana, con el objetivo primordial de lograr un crecimiento sostenible. (Cascaret et al., 2020).

Desde una perspectiva física, el bagazo está configurado por los siguientes parámetros (Barreiro y Coronel, 2021).

Tabla 6. Parámetros del bagazo de caña de azúcar

Componente	Porcentaje
Fibra	45%
Sólidos Insolubles	2-3%
Sólidos Solubles	2-3%
Humedad	50%

Fuente: (Barreiro y Coronel, 2021).

Desde una perspectiva química, el bagazo de caña de azúcar presenta una composición que según Barreiro y Coronel, (2021) por:

Tabla 6. Composición química del bagazo de caña de azúcar

Componente	Integral	Fracción Fibra	Médula
Celulosa	46,6	47	41,2
Pentosanas	25,2	25,1	26
a-celulosa	38,3	40,4	-
Lignina	20,7	19,5	21,7
Extractivos A/B	2,7	2,3	2,9
Solubilidad en agua caliente	4,1	3,4	4,2
Solubilidad en agua fría	2,2	2,1	4
Solubilidad en sosa al 1%	34,9	32	36,1
Cenizas %	2,6	1,4	5,4

Fuente: (Barreiro y Coronel, 2021).

Características físicas de la ceniza proveniente del bagazo de caña de azúcar (Balladares y Ramírez, 2020)

Tabla 7. Características físicas de la ceniza del bagazo de caña de azúcar

Determinación	Unidad	Muestra
SiO ₂	%	50,70
Al ₂ O ₃		7,10
Fe ₂ O ₃	%	6,40
CaO	%	1,50
MgO	%	0,36
K ₂ O		1,70
Na ₂ O	%	0,60
Ti ₂ O ₂	%	0,02

Fuente: (Balladares y Ramírez, 2020)

2.1.4. Aplicaciones industriales de la biomasa obtenida en la producción de biocombustibles

La gestión agroindustrial implica la producción de biocombustibles mediante el procesamiento industrial de materias primas agrícolas." "La gestión agroindustrial

comprende la producción de biocombustibles mediante el procesamiento industrial de materias primas agrícolas. Estas tendencias de bioproducción tienen el potencial de mejorar las cadenas de valor en la producción agrícola de un país al aprovechar la biomasa dentro de un marco de desarrollo empresarial sostenible (Meléndez *et al.*, 2021).

Los principales recursos utilizados para la producción de biocombustibles, tales como el maíz, trigo, cebada y caña de azúcar, constituyen biomasa derivada de cultivos agrícolas primariamente destinados al consumo humano. Sin embargo, la utilización de biodiesel derivado de esta generación sigue siendo económicamente inviable debido a los costos exorbitantes asociados con los métodos de producción actuales, que representan aproximadamente el 70% de los gastos totales incurridos en el proceso de producción (Jiménez *et al.*, 2020).

Las perspectivas generales para las fuentes de combustible parecen auspiciosas, dado que, como se describió anteriormente, se han desarrollado y mejorado a escala global diversas formas y procesos para obtener energía a partir de la biomasa. No obstante, es fundamental tener en cuenta el aspecto de la sostenibilidad al abordar la implementación de un sistema de biocombustibles, dado que resultaría inviable establecer un sistema que comprometa las reservas alimentarias de los países o provoque modificaciones en los ecosistemas que impacten directamente en la biodiversidad y los recursos naturales con el objetivo de cumplir con la demanda energética (Casas *et al.*, 2021).

Los biocombustibles de primera generación representan la modalidad de producción más tradicional, destacándose el bioetanol y el biodiesel como los únicos biocombustibles con una exitosa presencia en el mercado hasta la fecha. Derivados de cultivos agrícolas comestibles como la caña de azúcar, el maíz, el sorgo, la palma aceitera y las semillas oleaginosas, el consumo excesivo de estos recursos tiene un impacto perjudicial en el suministro de alimentos. Estados Unidos y Brasil son los principales productores mundiales de bioetanol y utilizan maíz y caña de azúcar como principales materias primas. El Reino Unido y Australia utilizan el trigo como materia prima principal para la industria del etanol (Escobedo, *et al.*, 2021).

"La fabricación de etanol de primera generación se caracteriza por su alta

eficiencia en la producción de biocombustibles, utilizando materias primas como caña de azúcar, maíz y remolacha. A pesar de esto, los métodos tradicionales de extracción de etanol están siendo sustituidos por nuevas técnicas de procesamiento industrial que posibilitan la obtención de etanol a partir de la celulosa presente en los residuos de las materias primas empleadas en la producción de azúcar" (Melendez *et al.*, 2021).

En Ecuador se realizó un estudio de investigación con el objetivo de estimar las propiedades físicas y químicas de la hoja de maíz para evaluar su potencial utilización como dos residuos agroindustriales en la producción de un biocombustible sólido. Este estudio concluye que las especies investigadas presentan características favorables para su utilización como fuente de energía. La importancia de caracterizar la cáscara de maní y el tallo de maíz será crucial para futuros análisis que requieran información sobre el contenido de cenizas, material volátil, carbono fijo y contenido de humedad al seleccionar una tecnología para su utilización energética, especialmente en la producción de pellets (Jiménez *et al.*, 2020).

Los estudios de investigación indican que la industria de los biocombustibles se está expandiendo, como lo demuestran los siguientes hallazgos:

Etanol de maíz (utilizando a Estados Unidos como punto de referencia de productor avanzado). Alrededor de 37,000 puestos de trabajo, tanto directos como indirectos, están vinculados a la fabricación de 34,069 millones de litros por año de etanol de maíz.

Etanol de caña de azúcar (con Brasil como ejemplo). Un estimado de aproximadamente 96,000 puestos de trabajo, tanto directos como indirectos, surgirían en caso de alcanzar una meta de producción anual de etanol de caña de azúcar de 5000 millones de galones (Barrientos y Vasco, 2020).

Los biocombustibles no representan la respuesta exclusiva o integral a la cuestión de las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de la combustión de combustibles fósiles. En cambio, se postulan como una tecnología que debe ser evaluada de manera complementaria con otras fuentes alternativas de energía, buscando en última instancia la sostenibilidad energética limpia (Casas *et al.*, 2021).

La sustitución de combustibles derivados del petróleo por biocombustibles se considera una alternativa viable. Sin embargo, genera controversia ya que, por un

lado, los biocombustibles son biodegradables y respetuosos con el medio ambiente, pero por otro, su producción requiere el uso de recursos naturales como el agua y el suelo para llenar los tanques de combustible, recursos que podrían utilizarse para el cultivo de alimentos. y contribuir al desarrollo económico de una región. Por ello, este estudio profundiza en las principales ventajas y desventajas, materias primas, tecnologías y perspectivas de futuro asociadas a este tema (Sotomonte, 2021).

2.2. MARCO METODOLÓGICO

En la elaboración del presente documento se recopiló información actualizada como lo son artículos científicos, sitios web y bibliotecas virtuales que aportaron opiniones e ideas de autores que permitieron estudiar el proceso de la presente investigación. Se especificó la temática relevante sobre el uso de biomasa residual de cascarilla de arroz (*Oryza sativa*), maíz (*Zea Mays*) y bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y su impacto en la conservación del medio ambiente.

El trabajo se desarrollará como una investigación no experimental de carácter bibliográfico, mediante el uso de síntesis, análisis, y resumen de la información obtenida.

2.3. RESULTADOS

Características físico-químicas de la cascarilla de arroz, maíz y bagazo de caña de azúcar como materia prima en la elaboración de biomasa residual.

La cascarilla de arroz contiene en su estructura alrededor de 35 a 40 % de celulosa, 15 a 20 % de hemicelulosa y 20 a 25 % de lignina. Entre sus características fisicoquímicas se menciona la densidad de 1125 kg/m³, con un poder calorífico de 1 kg de cascarilla de arroz de 3300 kcal, 6,62 % de humedad y un área superficial de 272,50 m²/g. En cuanto a la hoja de mazorca de maíz, posee Holocelulosa con 78,86 %, a-Celulosa con 43,14 %, Lignina con 23,00 % y Cenizas 0,761 % y el bagazo de caña de azúcar contiene 2.42% de proteína cruda, 1.40% de grasa, 2.48% de ceniza, 34.62% de fibra, 59.08% de extracto libre de nitrógeno, 33.35% de materia seca total,

68.03% de fibra detergente neutra, 36.44% de fibra detergente acida, 7.10% lignina detergente acida y 4.67 (Mcal/Kg) de energía bruta.

La cascarilla de arroz es la mas factible para la producción de biomasa residual que la cascarilla de maíz y el bagazo de caña de azúcar. Esto se debe a que la cascarilla de arroz es un subproducto abundante y de bajo costo en la industria del arroz, lo que lo hace más accesible y rentable para su uso como biomasa residual. Además la cascarilla de arroz tiene un alto contenido de celulosa y lignina, lo que lo convierte en un buen material para la producción de energía a través de la combustión o gasificación, Por otro lado el bagazo de la caña de azúcar también es una opción viable para la producción de biomasa debido a su abundancia en la industria azucarera, pero la cascarilla de arroz sigue siendo la más factible, debido a su disponibilidad, costos y composiciones químicas propicia para la producción de energía.

Aplicaciones Agroindustriales de la biomasa obtenida en la producción de biocombustibles como una alternativa para la preservación del medio ambiente

El aprovechamiento de la cascarilla de arroz permite mitigar la huella ecológica generada por la agroindustria, ya que aporta valor agregado a este residuo no aprovechado, presentándose como una potencial materia prima para la obtención de fibras de celulosa que pueden ser utilizadas en la producción de papel, así como en la fabricación de materiales poliméricos y biocombustibles completamente biodegradables.

La utilización del bagazo de caña de azúcar para la producción de butanol ofrece la ventaja de ser una fuente de energía renovable y su producción a partir de residuos agrícolas disminuye la dependencia de los combustibles fósiles.

Los biocombustibles actualmente desarrollados y utilizados son aquellos derivados principalmente de biomasa, como la caña de azúcar y el maíz, para la producción de bioetanol.

La biomasa residual obtenida a partir de la cascarilla de arroz, maíz y bagazo de caña de azúcar puede tener múltiples usos en diversas aplicaciones agroindustriales. En la que más se destacan son en su utilización como materia prima para la

producción de biocombustibles como el bioetanol y el biodiésel, los cuales pueden ser utilizados como combustibles alternativos en la industria del transporte, También como material para la generación de energía eléctrica y térmica en plantas de cogeneración y centrales eléctricas, del mismo modo puede ser utilizado en la producción de productos químicos como ácidos orgánicos, alcoholes y aldehídos entre otros. La amplia gama de usos en distintas industrias, contribuye a la generación de energía renovable, reducción de residuos y desarrollo de productos sostenibles.

2.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La cascarilla de arroz, la hoja de mazorca de maíz y el bagazo de caña de azúcar son subproductos agrícolas que presentan diferentes composiciones químicas y características físicas. La cascarilla de arroz contiene principalmente celulosa, hemicelulosa y lignina, con una densidad de 1125 kg/m^3 y un poder calorífico de 3300 kcal/kg. Por otro lado, la hoja de mazorca de maíz tiene un alto contenido de Holocelulosa y lignina, mientras que el bagazo de caña de azúcar es rico en proteína cruda, fibra y energía bruta. Estos subproductos son importantes para su aprovechamiento en la industria. coincidiendo con Jiménez *et al.*, (2020) Estos análisis fisicoquímicos permitieron identificar sus composiciones para establecer cuál de estos residuos es más viable en la producción de biomasa.

Según Vargas *et al.*, (2013), La cáscara de arroz, debido a sus propiedades físicas y químicas, que incluyen baja densidad, alta dureza, baja conductividad térmica, así como su contenido de celulosa y lignina, son atributos clave que influyen en las características finales del producto deseado. En concordancia con Fasabi (2023) que destaca la composición química como parte fundamental para determinar la eficacia en el proceso de obtención de biomasa a partir de la cascarilla de arroz. Lo cuál la cascarilla de arroz se convierte en la mejor opción mas conveniente debido a su fácil adquisición, costos accesibles y características físico-químicas ideales para la generación de energía en cuanto a los otros residuos.

Por otro lado, Meléndez *et al.*, (2021) Señala que la gestión agroindustrial

implica la producción de biocombustibles mediante el procesamiento industrial de materias primas agrícolas." "La gestión agroindustrial comprende la producción de biocombustibles mediante el procesamiento industrial de materias primas agrícolas. Asimismo, señala que esas tendencias de bioproducción tienen el potencial de mejorar las cadenas de valor en la producción agrícola de un país al aprovechar la biomasa dentro de un marco de desarrollo empresarial sostenible.

Los resultados obtenidos de esta investigación confirman que Los biocombustibles actualmente desarrollados y utilizados son aquellos derivados principalmente de biomasa, como la cascarilla de arroz, caña de azúcar y el maíz para la producción de bioetanol. De acuerdo con Casas *et al.*,(2021) los combustibles tienen el potencial de reducir la dependencia de fuentes de energía no renovable y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, es fundamental abordar de manera integral los desafíos y limitaciones asociados con su producción y uso. Es necesario promover practicas sostenibles de producción de biocombustibles que garanticen la minimización de impactos ambientales.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. CONCLUSIONES

Principalmente, los componentes orgánicos predominantes en la cascarilla de arroz son la celulosa (39 %), la hemicelulosa (20 %) y la lignina (22 %), representando más del 75% de su masa en estado seco; mientras que el contenido restante corresponde a grasas y proteínas (3,6%).

La composición química de la mazorca de maíz incluye materia seca 89,50%, proteína bruta 11,95%, fibra bruta 1,53%, fibra detergente neutro 7,55%, fibra detergente ácido 3,60%, ceniza 1,21%, fósforo 0,26%, grasa 3,43%, almidón 68,53%, y azúcares totales 1,12%.

El Bagazo de Caña de Azúcar posee un contenido de celulosa de 42,91%, un contenido de hemicelulosa de 27,92% y un contenido de lignina de 9,74%. El análisis

de la biomasa de carbón agrícola revela que contiene un 29.80% de celulosa, un 20.61% de hemicelulosa y un 5.70% de lignina.

Las características físico-químicas de la cascarilla de arroz, maíz y bagazo de caña de azúcar como materia prima en la elaboración de biomasa residual son fundamentales para determinar su viabilidad como fuente de energía. La cascarilla de arroz se destaca por su alto contenido de celulosa y lignina, así como por su disponibilidad y bajo costo en la industria del arroz, lo que la convierte en la opción más factible para la producción de biomasa residual. Por otro lado, la hoja de mazorca de maíz y el bagazo de caña de azúcar también presentan composiciones químicas adecuadas para la producción de energía, pero la cascarilla de arroz sigue siendo la mejor opción debido a sus propiedades físico-químicas y su fácil acceso en el mercado.

Las aplicaciones agroindustriales de la biomasa obtenida en la producción de biocombustibles se presentan como una alternativa clave para la preservación del medio ambiente. El aprovechamiento de residuos agrícolas como la cascarilla de arroz y el bagazo de caña de azúcar no solo contribuye a mitigar la huella ecológica, sino que también ofrece la posibilidad de obtener materiales biodegradables y energía renovable.

La producción de butanol a partir del bagazo de caña de azúcar representa un importante avance en la búsqueda de fuentes de energía sostenibles, reduciendo la dependencia de combustibles fósiles. Asimismo, el desarrollo de biocombustibles como el bioetanol a partir de biomasa como la caña de azúcar y el maíz demuestra el potencial de esta tecnología para sustituir a los combustibles tradicionales.

La biomasa residual derivada de la cascarilla de arroz, maíz y bagazo de caña de azúcar tiene diversas aplicaciones en la agroindustria. Entre sus usos los que más se destacados se encuentran su empleo como materia prima para la elaboración de biocombustibles como el bioetanol y el biodiesel, que pueden utilizarse como alternativas de combustibles en el sector del transporte. También se puede emplear

como fuente de energía eléctrica y térmica en plantas de cogeneración y centrales eléctricas, y en la producción de productos químicos como ácidos orgánicos, alcoholes y aldehídos, entre otros. La variedad de aplicaciones en diferentes industrias contribuye a la generación de energía renovable, a la reducción de residuos y el desarrollo de productos sostenibles.

3.2. RECOMENDACIONES

Promover el uso de cascarilla de arroz, maíz y babazo de caña de azúcar por sus propiedades fisicoquímicas que posee.

Utilizar los residuos agroindustriales de productos agrícolas por su aporte al medio ambiente.

Emplear los residuos agroindustriales para la obtención de biocombustible, por ser generador de fuentes de energía renovable.

Llevar a cabo investigaciones adicionales que analicen diferentes tipos de desechos agrícolas con el objetivo de identificar aquellos con mayor potencial energético en biomasa, los cuales podrían ser utilizados como alternativa para disminuir o reemplazar el uso de combustibles fósiles.

4. REFERENCIAS Y ANEXOS

4.1. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aguiar, S; Enríquez, M; Uvidia, H. 2022. Residuos agroindustriales: su impacto, manejo y aprovechamiento. (en línea). Universidad Estatal Amazónica. Puyo, Ecuador. Consultado 28 de ene. 2024. Disponible en [file:///C:/Users/User/Downloads/803-Texto%20del%20art%C3%ADculo-2561-1-10-20230413%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/803-Texto%20del%20art%C3%ADculo-2561-1-10-20230413%20(1).pdf)

Arismendy, A. 2021. Cascarrilla de arroz: obtención de bioetanol a partir de la hidrólisis y fermentación simultánea. (en línea). Universidad Nacional de Misiones. Posadas, Argentina. Consultado 28 de ene. 2024. Disponible en https://rid.unam.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12219/2989/Arismendy%20Pav%C3%B3n%20AM_2021_Cascarilla%20de%20arroz.pdf?sequence=1

Balladares Uriarte, J. J. L., & Ramírez Villacorta, Y. K. (2020). Diseño de concreto empleando cenizas de bagazo de caña de azúcar para mejorar la resistencia a compresión, Tarapoto 2020. Disponible en https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47626/Balladares_UJL-Ram%c3%adrez_VYK-SD.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Barreiro Faubla, F. I., & Coronel Troya, A. B. (2021). *Bagazo de caña de azúcar (Saccharum officinarum) y almidón de yuca (Mianihot esculenta) como sustituto de poliestireno en la elaboración de platos biodegradables* (Bachelor's thesis, Calceta: ESPAM MFL). Disponible en <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1402/1/TTAI10D.pdf>

Barrientos Marín, Jorge, & Vasco Correa, Carlos Andrés. (2020). Producción de

- biocombustibles y empleo rural en Colombia 2009-2015. *Apuntes del Cenes*, 39(70), 233-260. Epub March 11, 2021. <https://doi.org/10.19053/01203053.v39.n70.2020.10426>
- Bolio, G. (2016). Obtención de celulosa a partir de bagazo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*). *Agro Productividad*, VX(7). Recuperado el 02 de febrero de 2019, de <http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/784>
- Casas-Jiménez, P. M., Escudero-González, C. A., Martínez-Guerrero, T. Z., del Carmen Mendoza-Díaz, M., Gutiérrez-Ortega, N. L., & Ramos-Ramírez, E. (2021). Procesos sustentables para la producción de biocombustibles: a review. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 10. Disponible en <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/3454/2949>
- Cascaret-Carmenaty, Dannis Adrian, Rodríguez-Matos, Josefina, Ricardo-Lobaina, Carlos Alfredo, Quesada-González, Omaidá, & Bahín-Deroncelé, Leonardo. (2020). Utilización de bagazo de caña de azúcar natural y tratado eucquímicamente, como material adsorbente para Cu 2+. *Revista Cubana de Química*, 32(2), 331-344. Epub 21 de septiembre de 2020. Recuperado en 03 de marzo de 2024, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212020000200331&lng=es&tlng=es.
- Escobedo, Manuel Jimenez, & Calderón, Augusto Castillo. (2021). Microalgal biomass with high potential for the biofuels production. *Scientia Agropecuaria*, 12(2),

265-282. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.030>

Fasabi Cántaro, I. (2023). Efecto de la incorporación del biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) en la calidad del suelo agrícola contaminado, Colpa Baja, Huánuco, 2022. Disponible en <http://distancia.udh.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14257/4177/Fasabi%20Cántaro%2c%20Inx%20Yanderi.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gómez Mejía, D. M. (2022). Efecto de la adición de sílice obtenida a partir de la cascarilla de arroz sobre propiedades físico-químicas y mecánicas del fibrocemento. Disponible en https://repositorio.autonoma.edu.co/bitstream/11182/1376/1/Efecto_adici%3%b3n_s%c3%adlice_obtenida_partir_cascarilla_arroz

Gutiérrez, A; De Lira, J; Quiroz, E; Martínez, S. 2020. Conversión de residuos agroindustriales para la generación de biocombustibles, productos de valor agregado y bioenergía. (en línea). Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, México. Consultado 28 de ene. 2024. Disponible en [file:///C:/Users/User/Downloads/document+\(16\)_CompressPdf%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/document+(16)_CompressPdf%20(1).pdf)

Jiménez, W. J. J., López, L. L. V., & Mariño, M. M. D. (2020). Fuentes alternativas para la producción de biocombustibles. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 5(10), 200-214. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7659414>

Llanos Páez, Oriana, Ríos Navarro, Andrea, Jaramillo Páez, César Augusto, & Rodríguez Herrera, Luis Fernando. (2016). La cascarilla de arroz como una alternativa en procesos de descontaminación. *Producción + Limpia*, 11(2), 150-

160. <https://doi.org/10.22507/pml.v11n2a12>

López, G; Buriticá, C; Silva, E. 2018. La biomasa residual pecuaria como recurso energético en Colombia. (en línea). Rev. Visión Eléctrica Vol. (12) N° 2. Consultado 21 de ene 2024. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6747030>

López, I. 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. (en línea). Consultado 21 de ene 2024. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/34072/1/t1921mquim.pdf>

Lozano Rojas, C. L. (2020). Alternativas de usos de la cascarilla de arroz (*Oriza sativa*) en Colombia para el mejoramiento del sector productivo y la industria. Disponible en <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/33698/cllozanor.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Melendez, J. R., Rivera, J. R. V., El Salous, A., & Peñalver, A. (2021). Gestión para la Producción de biocombustibles 2G: revisión del escenario tecnológico y económico. *Revista Venezolana de Gerencia: RVG*, 26(93), 78-91. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8890370>

Mercado, S; Collazos, J. 2022. Contexto del impacto ambiental generado por la agroindustria en el Perú. (en línea). Revista Científica de Biología y Conservación. Vol. (2) N° 3. Consultado 28 de ene. 2024. Disponible en <file:///C:/Users/User/Downloads/ART%C3%8DCULO+2.pdf>

- Molina Sierra, R. C. 2020. Elaboración de ensilaje a base de residuos tusa y hojas de maíz tierno con adición de melaza como sustrato en el proceso de fermentación para su optimización. Disponible en <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/37152/rmolina.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Prieto García, Julio Omar, Gehan Geulamussein, Noor, Pérez Leiva, Ariel, Martínez Albelo, Eugenio, & Enríquez García, Mixary. (2020). ADSORCIÓN DE CADMIO DESDE SOLUCIONES ACUOSAS EN CARBÓN ACTIVADO DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR VARIEDAD ROXA. *Centro Azúcar*, 47(1), 90-99. Epub 02 de enero de 2020. Recuperado en 03 de marzo de 2024, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612020000100090&lng=es&tlng=es.
- Proaño, J. 2022. Waste Biomass as an energy and materials resource. (en línea). Rev. avances en ciencias e ingenierías. Vol. (14) N° 1. Quito, Ecuador. Consultado 28 de ene. 2024. Disponible en <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/2653/2985>
- Ramos Ancota, G. G. (2023). Influencia de la ceniza de cáscara de maíz y fibra de coco en las propiedades físico mecánicas del concreto, Ilo, 2023. Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/114709>
- Resano, David, Guillen, Oscar W., Ubillús, Fabiola D.R., & Barranzuela, José L.. (2022). Caracterización fisicoquímica del bagazo de caña de azúcar industrial y artesanal como material de construcción. *Información tecnológica*, 33(2), 247-258. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642022000200247>

- Riera, M; Maldonado, S; Palma, R. 2018. Residuos agroindustriales generados en Ecuador para la elaboración de bioplásticos. (en línea). Chile. revista Ingeniería Industrial. N° 1. Consultado 21 de ene 2024. Disponible en <https://revistas.ubiobio.cl/index.php/RI/article/view/3924/3686>
- Rojas, A; Flores, C; López, D. 2019. Prospectivas de aprovechamiento de algunos residuos agroindustriales. (n línea). Colombia. Rev. Cubana Quím. vol. (31) n°1. Consultado 21 de ene 2024. Disponible <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443558027003>
- Sotomonte Carvajal, K. (2021). Análisis de los beneficios que obtiene el medio ambiente a partir de la producción de biocombustibles. Disponible en <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/1064>
- Vargas, J. C., Alvarado Aguilar, P., Vega Baudrit, J., & Porras Gómez, M. (2013). Caracterización del subproducto cascarillas de arroz en búsqueda de posibles aplicaciones como materia prima en procesos. Disponible en <https://www.rcientifica.com/index.php/revista/article/view/115>
- Vinueza Cisneros, B. S. (2020). " *Composición química de residuos agroindustriales del maíz (Zea mays)(Cáscara, Pelusa, Tusa y Panca) utilizados en la alimentación de rumiantes*" (Bachelor's thesis, Quevedo: UTEQ). Disponible en <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/2dab2a46-e8b4-4f43-bfa9-a17fae3179d7>

4.2. ANEXOS



Figura 1. Cascarilla de arroz indispensable para procesos agroindustriales



Figura 2. Bagazo de caña de azúcar



Figura 3. Residuos de cultivos de Maíz

Producción de biogás

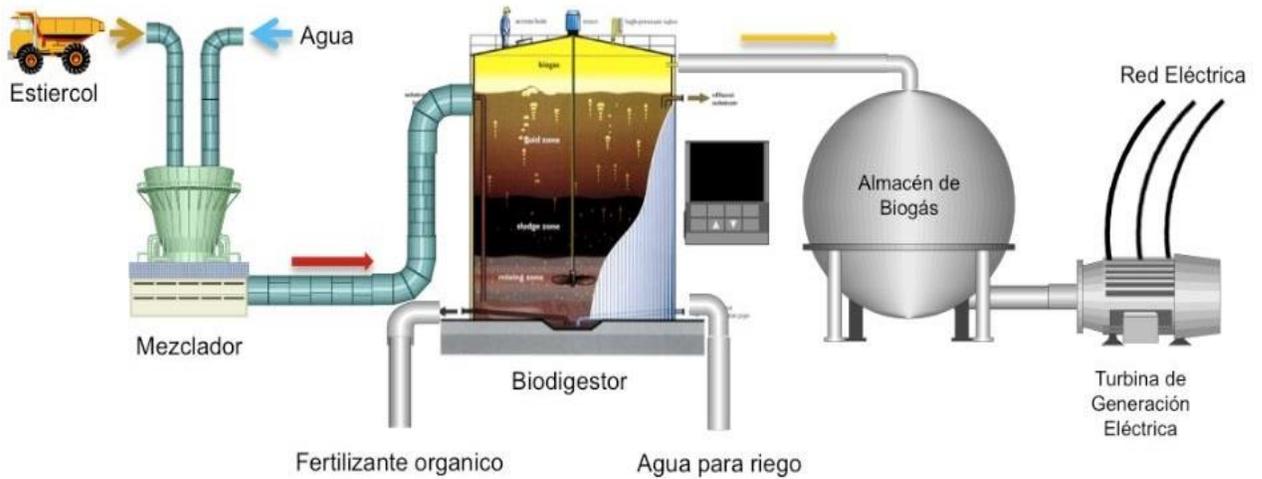


Figura 4. Producción de biogás

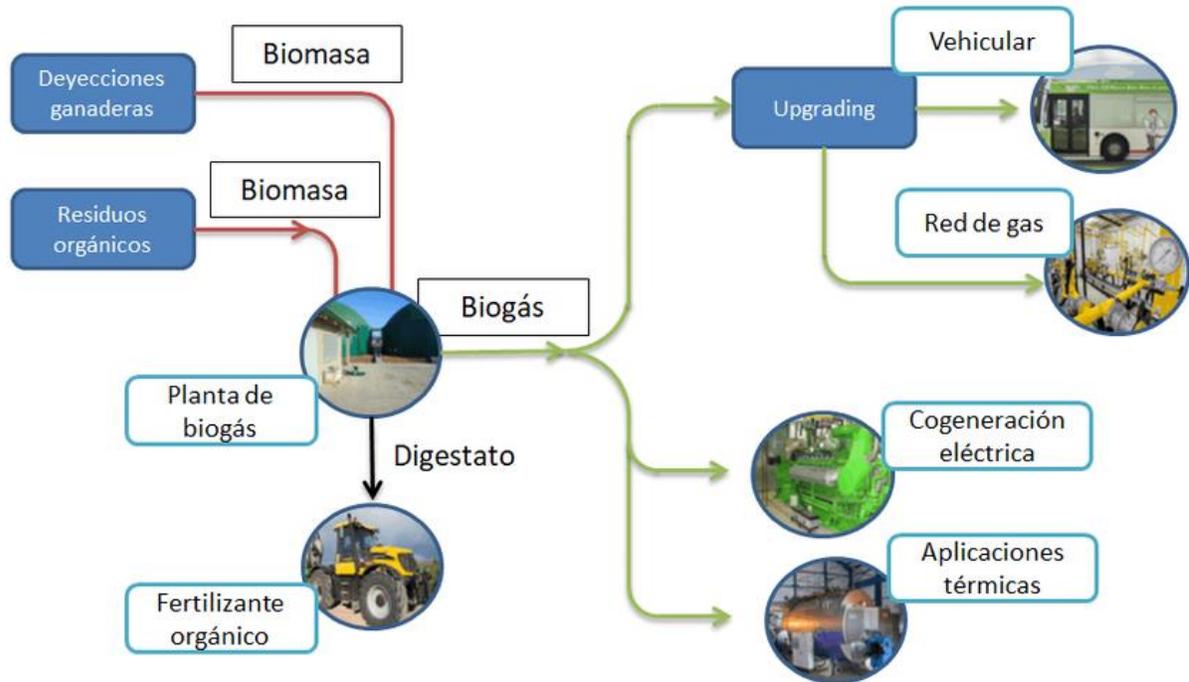


Figura 5. Aplicaciones de biogás



Figura 6. Conservación del medio ambiente