



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

“VALORACIÓN DEL BIOCOMBUSTIBLE OBTENIDO MEDIANTE
FERMENTACIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES”

Trabajo de investigación para optar el Grado de Bachiller en:
INGENIERIA AMBIENTAL

Presentado por:

Nilda María Perez Sandoval (0000-0002-3337-045X)

Asesor:

Luis Abraham Gomero Osorio: (0000-0002-4739-2094)

Lima – Perú

2020

RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N° 237-2020-DACIA-DAFCA-CIENTIFICA

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES / CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

Lima 16 de noviembre de 2020

VISTO:

La revisión realizada y la aprobación de Trabajo de Investigación titulado: **VALORACION DEL BIOCOMBUSTIBLE OBTENIDO MEDIANTE FERMENTACION DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES**, presentado por:

- **Nilda Maria Perez Sandoval**

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el grado de Bachiller de **Ingeniería Ambiental** en la **Facultad de Ciencias Ambientales**, se debe desarrollar un trabajo de Investigación.

Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera.

SE RESUELVE:

Aprobar e inscribir el trabajo de Investigación titulado: **VALORACION DEL BIOCOMBUSTIBLE OBTENIDO MEDIANTE FERMENTACION DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES** con N° de registro de la carrera: **079-FCA-IAM**.

Nombrar al docente/colaborador **Luis Abraham Gomero Osorio** como asesor de dicho trabajo de Investigación.

Regístrese, comuníquese y archívese,



Mg. Gonzalo Francisco Flores Roca
Director Académico de Carrera
Ingeniería Ambiental

VALORIZACIÓN DEL BIOCOMBUSTIBLE OBTENIDO MEDIANTE

FERMENTACIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES

Nilda Pérez Sandoval^{1*}, Luis Gomero¹

¹ *Facultad de Ciencias Ambientales. Universidad Científica del sur. Lima- Perú*

**correo de correspondencia: 180000457@ucientifica.edu.pe*

RESUMEN

Las empresas agroindustriales generan grandes cantidades de residuos y subproductos en las diferentes etapas del proceso productivo y estos en la mayoría de los casos no son dispuestos adecuadamente, por ende, surgen diferentes alternativas para darle un valor agregado, ya que, estos residuos lignocelulósicos cuentan con alto potencial para ser aprovechado para elaborar nuevos productos y de esta manera solucionar la problemática de la mala disposición de los residuos agroindustriales. Este artículo muestra una revisión bibliográfica de las diferentes alternativas de aprovechamiento, identificándose cinco alternativas donde se puede emplear los residuos agroindustriales: Primero, producción de proteínas unicelular y hongos comestibles; Segundo, extracción de compuestos bioactivos; Tercero, Alimento para animales y humanos (Fibra dietética); Cuarto, Compostaje; Quinto, biocombustibles (bioetanol, biodiesel y biogás). El aprovechamiento de los residuos agroindustriales se ha convertido en un tema muy interesante por los beneficios ambientales y económicos que brinda a la población.

Palabras clave: Residuos agroindustriales, aprovechamiento, valorización, biocombustible.

ABSTRACT

Agribusiness companies generate large amounts of waste and by-products at different stages of the production process and these in most cases are not properly disposed, therefore, different alternatives arise to give it an added value, since these residues have high potential to be exploited to develop new products and thus solve the problem of poor disposal of agroindustrial waste. This article shows a bibliographic review of the different alternatives of use, identifying five alternatives where agroindustrial waste can be used: First, production of unicellular proteins and edible fungi; Second, extraction of bioactive compounds; Third, Food for animals and humans (dietary fiber); Fourth, Composting; Fifth, biofuels (bioethanol, biodiesel, and biogas). The use of agroindustrial waste has become a very interesting topic because of the environmental and economic benefits it offers to the population.

Keywords: Agroindustrial waste, utilization, recovery, biofuel.

1. Introducción

Hoy en día el área energética enfrenta grandes problemas, como la reducción de las fuentes petroleras y la emisión de los gases de efecto invernadero (GEI) (Subía & Rubio, 2018), por ende, se ha incentivado el desarrollo de fuentes de energías sustentables, baratas y respetuosas con el medio ambiente (Gracida & Perez, 2014). Entre los principales biocombustibles se encuentran el bioetanol, biodiesel y biogás, que contribuyen significativamente en la disminución de las emisiones de los GEI, ya que el CO₂ producido durante la obtención de los biocombustibles es teóricamente consumido por la biomasa durante su crecimiento (Serano-Ruiz & Luque, 2011 y Ríos, Santos & Gutiérrez, 2017).

En América Latina los biocombustibles líquidos con mayor uso son el biodiesel y bioetanol, liderada por Brasil con una producción de bioetanol que representa el 28% de la producción mundial (Renewable Fuels Association, 2018). El avance de las industrias relacionadas a los biocombustibles genera grandes beneficios para la sociedad como la dependencia energética, combatir el cambio climático y fortalecimiento económico de las comunidades rurales (Serano-Ruiz & Luque, 2011). La producción del bioetanol se da a partir de las biomásas de cultivos energéticos; el biodiesel a partir de biomasa oleaginosas como de aceites de palma, soya, girasol, etc., y el biogás se produce a partir de residuos orgánicos mediante el proceso de digestión anaerobia (Morelos, 2016), las oportunidades y los riesgos dependerá del cultivo y la tecnología usada en la producción (Quintero, 2015), por ende es necesario la búsqueda de otros insumos que causen menos conflicto con la seguridad alimentaria como las biomásas lignocelulosas (residuos agroindustriales); en caso del biodiesel su obtención deriva de biomásas como la madera, la paja y residuos orgánicos distintas a la biomasa oleaginosas (Morelos, 2016).

2. Residuos Agroindustriales

Los residuos agroindustriales son materia prima prometedora y renovable en particular la biomasa lignocelulósicos (Álvarez et al., 2012 y Segura, Guerrero, Posada, Mojica & Pérez, 2015)

para ser convertida en productos de valor agregado (Grijalva, 2013), optimizando los recursos, aumentando el rendimiento y minimizando los desechos (Abascal, 2017). Por otro lado, la producción mundial de residuos agroindustriales se estima que es de 146 billones de toneladas métricas, (Álvarez et al., 2012), lo cual proporciona actualmente el 14% de las necesidades energéticas mundiales en los países industrializados (Patiño, 2014 y Álvarez *et al.*, 2012), los mayores productores de biocombustibles son Estados Unidos y Brasil que representa el 80% de la oferta mundial entre ambos países y realizan una mezcla de 95% de etanol (Abascal, 2017 y Almeida, 2017), así mismo, el consumo de biocombustibles en Europa han incrementado de la siguiente manera el 80,6 % de biodiesel, 18,4% de bioetanol y 1,2% de biogás (Abascal, 2017).

El Perú es un país privilegiado por poseer diversidad de recursos energéticos (García, 2012), además de poseer numerosos campos productivos de caña de azúcar (Domínguez, 2016), las regiones con una interesante biomasa para fines energéticos es la costa norte que presenta biomasa de follaje de caña de azúcar y bagazo, selva alta y baja con biomasa de residuos de palma aceitera y forestales, cascarilla de café y cacao (García, 2012), además dependiendo de su característica, procedencia y propiedades serán reutilizados para generar productos como energético, farmacéutico, alimentario o agronómico (Peñaranda *et al.*, 2017 y Rojas, Flores & López, 2018 y Muñoz, Pantoja & Cuatin, 2014), por ende, las característica típica del material indica cuál de las tecnologías es la más adecuada,(Muñoz, *et al.*,2014), sin embargo, el desconocimiento de esta características fisicoquímicas hace más complicado seleccionar el tipo de aprovechamiento (Rojas, Flores & López, 2018).

Los residuos agroindustriales se pueden degradar por procesos físico, químicos y biológico para obtener azúcares, posteriormente a la conversión a un biocombustible (Muñoz *et al.*, 2014), el procesamiento de los residuos lignocelulósicos con la combinación de sustrato permite la obtención de un producto final con propiedades adecuadas y se convierten en una alternativa de aprovechamiento con alto potencial (Grijalva, 2013). Además, es importante conocer la

composición de los residuos para la adecuada selección de tecnologías y aprovechamiento, siendo las características físicas, de mayor relevancia si se desea someter a posterior tratamiento (Muñoz *et al.*, 2014).

2.1 Fuentes generación

Tabla N° 1: Fuentes de generación

FUENTES DE GENERACIÓN	TIPOS DE RESIDUOS	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	BIOCOMBUSTIBLES
RESIDUOS AGROPECUARIOS	Estiércol	Sólido muy húmedo	Biogás
	Cascaras, hojas, tallos, maleza y pastos	Sólido HR > 55%	Biogás
RESIDUOS FORESTALES	Cascara, pulpa de frutas y vegetales	Sólido muy húmedo	Bioetanol
	Cortezas, raíces y ramas	Sólido, HR > 55%	Bioetanol / Biogás
RESIDUOS URBANOS	Desechos orgánicos	Sólido muy húmedo	Biogás
	Grasas y aceites vegetales	Líquido grasoso	Biodiesel
RESIDUOS INDUSTRIALES	Cascara y pulpa de grutas	Sólido moderadamente húmedo	Bioetanol
	Aguas provenientes del lado de vegetales y carne	Líquido	Biogás

Fuente: Adaptado a Andrade, Corredor, Buitrago & Lache, 2017

2.2. Manejo de residuos

La Ley General del Ambiente (Ley N° 28611), en el artículo 6, establece que la gestión ambiental tiene como objetivo prioritario prevenir, vigilar y evitar la degradación ambiental y cuando sea posible eliminar las causas que las generen y se adopten medidas para mitigar, restaurar, recuperar o eventual compensación.

Según la ley de gestión integral de los residuos sólidos DL N° 1278 (2017), para el manejo se debe priorizar la valorización y finalmente su disposición final. Además, una de sus finalidades respecto a los residuos generados es la priorización de la recuperación y valorización del material o energética, entre ellas están el reciclaje, reutilización, compostaje, coprocesamiento y otras alternativas garantizando la protección al medio ambiente y a la salud de las personas. Sin embargo, muchas empresas agroindustriales no tienen un plan de manejo para los residuos generados por los altos costos que genera su reutilización y la falta de capacidad tecnológica (Melgarejo, 2018 y Olascoaga, 2017).

En el Perú la ley de promoción del mercado de biocombustibles (Ley N°28054), establece marco general para promocionar el desarrollo del mercado de biocombustibles. Además, tiene como objetivo contribuir a la transformación la estructura de uso y propiciar al desarrollo agroindustrial y agropecuaria, generar empleo, disminuir la contaminación ambiental, priorizar la oferta nacional del combustible sostenible y priorizar un mercado diferente en la lucha contra las drogas. Además, la Ley 28.054 establece normas técnicas, cronograma y porcentaje de aplicación del biodiesel. Además, precisa las normas de calidad y sus mezclas de los biocombustibles que establece mezclas obligatorias de biocombustibles líquidos, también genero demanda interna para biocombustibles líquidos, pero esta promoción ha sido cuestionada por los riesgos a la seguridad alimentaria, conservación al medio ambiente y contribuir al acelerado cambio uso de suelo (FAO, 2013).

3. Aprovechamiento de los residuos agroindustriales

Actualmente las agroindustrias buscan nuevos procesos de producción que sean más eficientes y con impacto bajo al ambiente (Peñaranda *et al.*, 2017), por lo tanto, se busca disminuir el uso de los recursos naturales aprovechando los residuos generados en las agroindustrias, a la vez evitando la disposición final inadecuada de estos residuos que generan degradación de los ecosistemas por la alta concentración de materia orgánica (Rojas *et al.*, 2018). Así mismo, según

Peñaranda *et al*, (2017) en países europeos se aprovecha el 67% de los residuos generados y 17% en Colombia, además, para el aprovechamiento eficiente se necesita una articulación entre el sector productivo, investigación científica y tecnología.

El aprovechamiento de la biomasa en el Perú para generar electricidad o usos calóricos presenta limitaciones por la disponibilidad de recursos, como costos de inversión inicial, por ende, las tecnologías que se usan varían desde la cogeneración de los residuos agroindustriales, fermentación anaerobia, generación de biocombustibles (García, 2012), por ende, estos residuos son depositados en los rellenos sanitarios o en algunos casos vertederos por la falta de rellenos sanitarios ocasionando una problemática en nuestro país, debido a esta problemática las diferentes formas de manejo de residuos son los siguientes:

3.1. Producción de proteínas unicelular y hongos comestibles

Los hongos comestibles constituyen en una opción para el aprovechamiento de residuos lignocelulósicos de los residuos agroindustriales, uno de los hongos más cultivado es *Pleurotus ostreatus* por su calidad nutricional y facilidad en el cultivo (Cury, *et al*, 2017), el hongo *Pleurotus* se alimenta de carbohidratos estructurales, ya que, posee enzimas que tienen la capacidad romper enlaces de estructuras complejas como la lignina, celulosa y hemicelulosa (Rivera, Martínez & Morales, 2013).

En el estudio realizado por Rivera *et al.*, (2013), en la producción del hongo *Pleurotus* se usó residuos de cascara de plátano, papa y bagazo de caña azúcar, los mejores resultados se obtuvieron de los residuos de plátano y bagazo de caña azúcar, ya que, estos residuos están compuesto en gran porcentaje por carbohidratos estructurales, por ende brindaron mayores condiciones nutricionales al hongo *Pleurotus*, sin embargo, el residuo de la cascara de papa ocasiono deshidratación del mismo por la falta de nutrientes para el crecimiento del hongo *Pleurotus*, debido a que está constituido por el almidón (carbohidratos solubles), por ende, el

mejor resultado está asociado a los residuos con alto contenido de lignina como bagazo de caña, y residuos maderables (Rivera *et al.*, 2013).

3.2. Extracción de compuestos bioactivos

Los compuestos bioactivos se pueden extraer de los residuos provenientes del procesamiento de las frutas y hortalizas, ya que, presentan una fuente importante de compuestos debido a sus propiedades nutricionales y a la presencia de compuestos bioactivos que permitirían usarlos como antioxidantes y prebióticos (Ruales, Rojas & Cardona, 2017 y Vargas & Pérez, 2018), estos compuestos se encuentran en diferentes proporciones dependiendo de la variedad de los residuos y de las partes de las cuales se extrae, además se sintetizan por rutas metabólicas (Ruales *et al.*, 2017), esta es una alternativa atractiva que permite transformar los residuos orgánicos para conseguir compuestos con propiedades benéficas (Vargas & Pérez, 2018) como ácido fenólico y procianidinas para el cuidado facial que son ampliamente conocidos por los beneficios en la piel (Ruales *et al.*, 2017), por ende, la industria farmacéutica tiene grandes intereses por estos tipos de compuestos.

Según, Casas & Sandoval (2014), la extracción de compuestos bioactivos es una alternativa amigable con el medio ambiente en comparación con los métodos tradicionales que usan solventes, debido al menor consumo de energía y menor generación de residuos y subproductos, así mismo, realizo la extracción de bioactivos de los siguientes residuos: licopeno de los desechos de tomate, aceites a partir de residuos de plata y compuestos fenólicos o pigmentos a partir de los residuos de uva. Además, según, Rojas, Flores & López (2018), los residuos que presentan mayor contenido de hemicelulosa tienen aplicaciones en la industria farmacéutica, química y alimenticia.

3.3. Alimento para animales y humanos (Fibra dietética)

La fibra dietética es obtenida de la corteza de la fruta, que consta principalmente de celulosa, hemicelulosa y pectina (Olascoaga, 2017). Así mismo, la alta concentración de azúcares en las malezas posibilitan su uso como fuente de energía para el consumo directo de animales como rumiantes y mono gástrico. Además, los residuos agroindustriales con alto valor de fibra dietética total (FDT) como maracuyá, limón y naranja pueden ser utilizado para la producción de sustancias alimenticias humanas (Vargas & Pérez, 2018).

En los estudios realizado por Gonzales (2013), quien utilizó residuos vegetales de lechuga, tomate, naranja, repollo, pimentón, maracuyá y zanahoria para la elaboración de concentrados para gallinas ponedoras, debido al alto contenido de carotenoides totales y capacidad antioxidante, por ende, tienen gran capacidad de pigmentar los huevos de la gallina y conferirles propiedades funcionales. Además, en la investigación realizada por Rasgado, Trejo & Pascual (2016), para extraer fibra dietética se emplearon residuos de piña, la fibra extraída con métodos químicos (ácido sulfúrico e hidróxido de potasio) presentaron mejores propiedades funcionales que los extraídos por métodos físicos.

3.4. Compostaje

Es una técnica donde se obtiene abono natural o humus usando la lombriz roja californiana para que se alimente de la materia orgánica de los residuos, este abono está compuesto principalmente por oxígeno, carbono, nitrógeno e hidrógeno, también se puede encontrar grandes cantidades de microorganismos como bacterias y hongos. Además, las cantidades de estos elementos dependerá de las características químicas del sustrato que sirvieron como alimento para las lombrices (Olascoaga, 2017). Por otro lado, la biodegradación de los residuos agroindustriales ricos en lignocelulosa es un proceso importante para el ciclo del carbono (Grijalva, 2013).

4. Valorización de residuos agroindustriales para biocombustibles

La valorización de los residuos permite el aprovechamiento de los recursos sin utilizar métodos que dañen al medio ambiente ni a la salud de las personas, se realiza por diferentes métodos o tecnologías apropiadas para su transformación, ya sea, digestión anaerobia, compostaje, entre otros (Mejías, Orozco & Galáan, 2016), con la finalidad de evitar de disponerlo en los rellenos sanitarios, ya que, tienen compuestos de gran utilidad, por ende, tienen un gran potencial para la producción de bioenergía como el bioetanol, biodiesel y biogás, (Vargas & Pérez, 2018).

Los biocombustibles son obtenidos de la biomasa provenientes de la materia orgánica, por ende, los residuos con grandes cantidades de lignocelulósicos, celulosa y hemicelulosa que son ideal para la transformación mediante tratamiento biológicos y químicos (Mejías, Orozco & Galáan, 2016), su ventaja reside en que reduce notoriamente el impacto ambiental, debido a que no aportan gases que contribuyan al efecto invernadero (Grande, 2014), además, estos combustibles son más sustentables que la quema de combustibles fósiles (Vargas & Pérez, 2018), ya que, pueden reducir hasta en un 90% la emisión de dióxido de carbono.

4.1. Bioetanol

El bioetanol es un tipo de biocombustible elaborado por la fermentación de materias primas ricos en azúcares reductores, almidón y material lignocelulósicos (Grande, 2014 y Álvarez *et al.*, 2012), este proceso se lleva a cabo mediante la fermentación alcohólica, por la acción de las bacterias, estas en su metabolismo utiliza la glucosa como fuente de carbono y energía (Pérez, 2017). Además, el proceso varía en costos, duración y rendimiento dependiendo de la biomasa utilizada (Grande, 2014).

Uno de los obstáculos que presenta el bioetanol para la producción a gran escala es la poca disponibilidad de la materia prima de las cuales los residuos lignocelulósicos son más fáciles de obtener, debido al bajo costo (Grande, 2014), además, la obtención de bioetanol a partir de biomasa lignocelulósicos ha sido ampliamente estudiada (Álvarez *et al.*, 2012).

El bioetanol a nivel comercial se encuentra de la siguiente manera: regulación europea mezcla (E5) de 5% de etanol y 95% de gasolina, EE. UU el más implementado es la mezcla (E10) 10% de bioetanol y 90% de gasolina corriente, además en autos con motores especializados se está implementado 85% de bioetanol y 15 % de gasolina en países como Suecia, Brasil y EE. UU (Andrade, Corredor, Buitrago & Lache, 2017).

En la investigación realizado por Malagón, Páez, Lache, Santos & Zabala (2017), la mezclas de limón-luto presento mayor rendimiento de bioetanol, este resultado coincide con la investigación realizada por, Santos & Zabala, (2016) la mezcla de limón-luto, por su parte Tejeda, Marimon & Medina (2014) obtuvo mayor rendimiento de bioetanol a partir de la cascara de mandarina.

Tabla N° 2: ventajas y desventajas del Bioetanol

Ventajas	Desventajas
Mayor escala de reducir la emisión de monóxido de carbono Mayor calor de combustión y menor calor de evaporización. Mejora la calidad del aire de zona urbana y no produce contaminación al agua. Facilita el aprovechamiento de recursos renovables. Generación de empleo en el campo	Mayor costo para su obtención Mayor probabilidad de formar dos fases liquidas: cierta cantidad de etanol e hidrocarburos de la gasolina Altamente corrosivo Puede producir esmog al combinarse con la gasolina Menor poder calorífico que el petróleo Mayor emisión de aldehídos Competencia con productos alimenticios

Fuente: Adaptado a Andrade *et al.*, 2017 y Grande, 2014

4.2. Biodiesel

El biodiesel es un biocombustible de origen orgánico renovable (Días & Quispe, 2018), que se obtiene a partir de aceites vegetales, animales o aceites usados (Andrade *et al.*, 2017 y Vargas & Pérez, 2018). Además, en EE. UU, las materias primas más usadas para la producción de biodiesel son aceite de soya, en Brasil, se usa aceites de palma, coco, soya, girasol y resino. Además, Estados Unidos es el principal productor de biodiesel, seguida por Argentina, Alemania Brasil y Francia (Díaz, 2018).

Las variables que alteran el rendimiento y la conversión son la calidad y el tipo de materia prima (Grande, 2014). Además, la distribución de biodiesel a nivel comercial depende de la legislación de cada país, las mezclas más usadas son las siguientes: (B5), presenta 5% de biodiesel y 95% de diésel, (B20) 20% de biodiesel y 80% de diésel, (B100) presenta 100% de biodiesel, sin embargo, no es muy usado debido a la sensibilidad a climas muy fríos (Andrade *et al.*, 2017). Así mismo, en las investigaciones realizadas por el Instituto del Mar del Perú (Imarpe) la producción de biodiesel a partir de ciertos tipos de microalgas presenta mayor que otros cultivos agro-energéticos (García, 2012).

Tabla N° 3: ventajas y desventajas del Biodiesel

Ventajas	Desventajas
Libre de compuestos aromáticos.	Gran capacidad de higroscopia, por ende, empeora la estabilidad y turbidez al mezclarse con el Diésel
Mejora el proceso de combustión disminuyendo las emisiones de monóxido de carbono, ya que tiene el 10.5% de oxígeno en su composición Mejora la lubricidad al mezclarse con el Diesel.	Difícil manejo, almacenamiento y transporte cuando se encuentran en temperaturas bajas, a estas condiciones las moléculas comienzan a cristalizarse Los productores pueden recurrir a proceso de deforestación para obtener tierras cultivables.
Disminuye las emisiones de CO alrededor del 50%, CO2 en un	Emisiones de óxido de nitrógeno

78% en el ciclo de vida del carbono.

Duplica la vida útil del vehículo, debido a las características naturales.

Fuente: Adaptado a Andrade, *et al*, 2017

4.3. Biogás

El biogás es considerado un producto que se obtiene de degradación de la materia orgánica mediante acción bacteriano (Grande, 2014 y Vargas & Pérez, 2018), el proceso más empleado para la obtención de biogás es la digestión anaerobia (Andrade *et al.*, 2017), Además, permite el aprovechamiento en las plantas de aguas residuales y residuos orgánicos de municipios e industrias, residuos agrícolas y ganaderos para generar gas (Grande, 2014 y García, 2012), sin embargo, cuando la materia prima es de origen agroindustrial en algunos casos es necesario mezclar con estiércol de ganado vacuno (Vargas & Pérez, 2018), la cantidad de metano presente dependerá de la materia prima empleada y de las condiciones adecuadas para la degradación (Grande, 2014). La biodigestión anaerobia permite obtener energía contenía en los residuos y pueda ser transformada aun combustible gaseoso y esto se puede utilizar para generar energía eléctrica, vapor, agua caliente (Mejías, *et al*, 2016).

Tabla N° 4: ventajas y desventajas del Biogás

Ventajas	Desventajas
No requiere la implementación de microorganismos en el biodigestor, ya que, se desarrollan solos.	Menor cantidad de poder calorífico que los combustibles fósiles.
No es necesario la refinación del biogás, si es con fines domésticos.	Mayor probabilidad de afectar el proceso por factores como temperatura, pH, tipo de

El metano se alcanza en mayor proporción que los demás componentes del biogás, por ende, el proceso es más eficiente.

Alternativa para generar electricidad en zonas rurales con deficiencia del servicio.

Los subproductos del proceso pueden ser utilizados como abonos.

Fuente: Adaptado a Andrade *et al.*, 2017

biomasa, relación de nutrientes y la relación de nutrientes.

5. Conclusiones

La actividad agroindustrial, contribuye con la mayor generación de residuos lignocelulósicos, las cuales de acuerdo a su volumen de generación y a su disponibilidad, son materias primas que pueden ser utilizados para la producción de bioenergéticos, hoy en día el aprovechamiento de estos residuos para elaborar productos de alto valor agregado se han convertido en temas interesantes con el fin de obtener beneficios de interés social y económico, como los biocombustibles (bioetanol, biodiesel, biogás). Así mismo, la elección social, económica y ambiental más apropiada para la producción de biocombustibles es a partir de residuos lignocelulósicos (biocombustible de segunda y tercera generación) y de esta manera no poner en peligro la seguridad alimentaria. Además, es necesario hacer un análisis del ciclo de vida de estos residuos para no usar cultivos con alta demanda alimenticia, hídrica y energética.

Las empresas agroindustriales pueden llevar acabo la producción de biocombustibles para establecer su línea de negocio, valorizar los residuos generados en todos los procesos y reforzar un modelo de producción sostenible. Además, la producción de biocombustibles favorece a disminuir el consumo de los combustibles fósiles, disminuir la emisión de los GEI y lucha contra el cambio climático y de esta manera aumentara la competitividad económica nacional. Así mismo, el aprovechamiento de estos residuos no solo resuelve el problema ambiental si no

también genera un producto útil, logrando progreso a nivel social en la medida que se mejora la calidad de vida de las personas.

6. Referencias Bibliográficas

- Abacal, R. (2017). *Estudio de la obtención de bioetanol a partir de diferentes tipos de biomásas lignocelulósicos*. (Tesis pregrado), Universidad de Cantabria.
- Almeida, J.(2017). *Obtencion de bioetanol a partir de hidrolisis enzimatica y fermentacion de arracacha*. (Tesis pregrado). Universidad central del Ecuador, Quito.
- Álvarez, A, et al. (2012). Aprovechamiento integral de los materiales lignocelulosico. *Rev. Iberoam. Polim 13(4)*, 140-150.
- Andrade, C., Corredor, A., Buitrago, L & Lache, A. (2017). Procesos quimicos utilizado para la rproduccion de bioetanol, biodisel y biogas y su estado en Colombia. *Fundación Universidad de América*, 3(1), 101-117.
- Arboleda, L., Restrepo, G & Dussan, K. (2014). Aprovechamiento Biológico de residuos agroindustriales. *Revista de Investigación*, 15, 109-117.
- Bardales,C., Rojas,C., & Leon,C. (2015). Evaluacion de los principales residuos lignocelulosico agroindustriales del departamento de la Libertad, Peru como potenciales materiales primas para la oabtencion de bioetanol. *Arnalda*, 22(1), 225-232.
- Casas, L & Sandoval, G. (2014). Enzimas en la valorización de residuos agroindustriales. *Unam.mx*, 15(12).
- Castagnaro, A., Golato, M., Paz, D & Feijoo, E. (2015). Caracterización energética de biomasa residual de origen agroindustrial de Tucumán. *Rev. Ind. Y Agri. De Tucumán*, 92(2), 23-32.
- Cury, K., Aguas, Y., Martinez, A., Olivero, R., & Chams, L. (2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 9(S), 122. <https://doi.org/10.24188/recia.v9.ns.2017.530>.
- Díaz, L & Quispe, C. (2018). *Identificar y reducir el cuello de botella, para mejorar la productividad*

de los procesos de la planta de biodiesel de la Universidad Nacional Agraria la Molina. (Tesis pregrado). Universidad Ricardo Palma, Lima.

Domínguez, S. (7 de Julio de 2016). Perú puede ser una potencia en la exportación de etanol. *El peruano*. Recuperado de <http://www.elperuano.pe/noticia-peru-puede-ser-una-potencia-la-exportacion-etanol-43516.aspx>

FAO. (2013). *La Energía en América Latina y el Caribe*. Santiago.

García, H. (2012). *Matriz energética en el Perú y energías renovables*. Lima, Perú.

Grande, C. (2014). *Aprovechamiento de residuos agroindustriales. Biocombustibles*. Colombia: Bonaventuriana

Grijalva, N. (2013). Degradación de residuos vegetales mediante inoculación con cepas microbianas (Vegetal waste degradation by microbial strains inoculation). *Enfoque UTE*, 4 (1), 1–13.

Malagon, M., Inés, A., Lache, A., Santos, J & Zabala, D. (2017). Producción de bioetanol a Partir de diferentes mezclas de los residuos orgánicos generados en una emPresa alimentos. *Revista de investigacion*, 10(1), 47-59.

Mejías, N., Orozco, E & Galáan, N. (2016) Aprovechamiento de los residuos agroindustriales y su contribución al desarrollo sostenible de México. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 2(6), 27-41.

MINAGRI. D.S N° 016- 2012-AG- Reglamento de Manejo de los Residuos Sólidos del Sector Agrario.

MINAM. D.L N°1278- Ley de Gestión Integral de Residuos Solidos

MINAM. Ley N° 28054- Ley de Promoción del Mercado de Biocombustible

MINAM. Ley N° 28611- Ley General del Medio Ambiente en Perú.

- Morelos, J. (2016). Análisis de la variación de la eficiencia en la producción de biocombustibles en América Latina. *Estudios Generales*, 32, 120-126.
- Muñoz, D., Pantoja, A & Cuatin, M. (2014). Aprovechamiento de residuos agroindustriales como biocombustible y biorrefinería. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(2), 10-19.
- Olascoaga, R. (2017). *Propuesta de una planta de manejo de residuos sólidos en una empresa procesadora de pulpa de frutas*. (Tesis pregrado). Universidad Nacional Agraria de la Molina, Lima.
- Patiño, P. (2014). *Biomasa: estudio de factibilidad para implementar un sistema de generación de energía a partir de residuos vegetales*. (Tesis pregrado). Universidad de Santander, Bucaramanga.
- Peñaranda, L., Montenegro, S & Giraldo, P. (2017). Aprovechamiento de los residuos agroindustriales en Colombia. *Revista de investigación agraria y ambiental*, 8(2).
- Pérez, R. (2017). *Diseño de biorreactores para producir bioetanol a partir de residuos de piel de patata*. (Tesis pregrado). Universidad de Cádiz, España.
- Quintero, Q. (2015). Las generaciones de los biocombustibles y el medio ambiente. *VIRTUAL PRO*, 160.
- Rasgado, S., Trejo, M & Pascual, S. (2016). Extracción de fibras de residuos agroindustriales de piña para su aplicación en alimentos funcionales. *Investigación y Desarrollo en ciencias y Tecnología de alimentos*, 1, 448-453.
- Ríos, I., Santos, J & Gutiérrez, C. (). Biocombustibles sólidos: una solución al calentamiento global. *Ciencias*, 68(4).
- Rivera, R., Martínez, C. & Morales, S. (2013). Evaluación de residuos agrícolas como sustrato

para la producción de *Pleurotus ostreatus*. *Luna. Azul*, 37, 89-100.

Rojas, A., Flórez, C., & López, D. (2018). Prospectivas de aprovechamiento de algunos residuos agroindustriales. *Revista Cubana de química*, 31 (1), 31-52.

Ruales, A., Rojas, A & Cardona, C. (2017). Obtención de compuestos fenólicos a partir de residuos de uva isabella (*Vitis labrusca*), Artículo de investigación científica y tecnológica, 2, doi://dx.doi.org/10.18684.

Santos, J & Zabala, D. (2016). *Evaluación de la producción de etanol a partir de residuos orgánicos y sus diferentes mezclas, generados en la empresa de alimentos SAS S.A.S.* (Tesis pregrado). Fundación Universidad de América, Bogotá.

Segura, C., Guerrero, C., Mojica, J., & Perez, W. (2015). Caracterización de residuos de la industria vinícola del valle de Sáchica con potencial nutricional para su aprovechamiento después del proceso agroindustrial. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3024.8406>

Serrano-Ruiz, J & Luque, R. (2011). Biocombustibles líquidos: procesos y tecnologías. *Química y Medio Ambiente*, 107(4)), 383-389.

Subía, S & Rubio, J. (2018). Evaluación de biomasa de micro algas de la laguna Limoncocha como materia prima para la obtención de biocombustibles. *Enfoque UTE*, 9(2).

Tejeda, L., Marimon, W & Medina, M. (2014). Evaluación del potencial de las cáscaras de frutas en la obtención de bioetanol. *Hechos Microbiológicos*, 5(1), 4–9.

Valdés, O & Palacios, O. (2016). Evolución y situación actual de plantaciones para biocombustibles: perspectiva y retos para México. *Agroproductividad*, 9(2), 33-41.

Vargas, Y & Pérez, L. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales para el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Facultad ciencias básicas*, 14(1), 59-72.