

GENERACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL PODER CALORÍFICO DEL BIOGAS A PARTIR DE BIOMASA AGRÍCOLA

Luis Alfonso Gómez Díaz¹, luis.gomezd@upb.edu.co

Miguel Hernández¹, miguel.hernandezf@upb.edu.co

Fernando Javier Calvo Silva², fernando.calvos@upb.edu.co

Rafael David Gómez Vasquez², rafael.gomezv@upb.edu.co

¹Estudiante Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Pontificia Bolivariana Montería.

²Docente Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Pontificia Bolivariana Montería

1. INTRODUCCIÓN.

Desde siempre, el hombre ha utilizado las fuentes de energía a su alcance para hacer un trabajo o para obtener calor, entre las distintas fuentes de energía, las renovables son aquellas que se producen de forma continua y son inagotables a escala humana. Existen diferentes tipos de fuentes energéticas que proceden de recursos naturales como puede ser: energía solar, eólica, biomasa, geotérmica, mareomotriz, entre otros. La constante demanda energética ha conllevado al uso de fuentes no renovables, creando fuertes focos de contaminación con el paso de los años. Ante esta problemática, se ha encaminado la atención en la búsqueda de fuentes alternativas de energía que permitan suplir las necesidades energéticas y ayude a aminorar la dependencia hacia los combustibles convencionales. Los desechos orgánicos de origen vegetal y animal, así como desechos de industrias agropecuaria o alimentaria, se pueden transformar, por acción microbiana o fermentación, en una mezcla de gases denominada biogás. Dicho compuesto puede ser empleado como fuente de calor y electricidad para consumo propio o alimentar redes de energía, adicionalmente se obtiene subproductos de valor agregado como lo son biofertilizantes.

El biogás es un gas combustible compuesto principalmente de metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂) obtenido como resultado de la fermentación anaeróbica. La composición

aproximada del biogás es la siguiente: 65% CH₄, 30% CO₂, 1-5% ^[1].

En este proyecto, se busca diseñar y construir una planta artesanalmente para la generación de biogás a partir de biomasa agrícola y resto de cosecha que no son aprovechados, por medio de fermentación o respiración anaeróbica para obtener un combustible con buen poder calorífico, así como residuos sustentables. Por otra parte, se pretenderá caracterizar el biogás obtenido y su poder calorífico, de manera específica se buscará condiciones adecuadas en el proceso de fermentación, que permitan obtener un buen rendimiento de producción.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN.

El crecimiento de la población mundial, la destinación de los recursos energéticos, entre otros, son algunos de los factores que traen como consecuencia el incremento de la demanda energética con el paso del tiempo. De igual forma, se refleja las limitantes de las reservas de combustibles fósiles que han sido usadas hasta el momento y que ha provocado fuertes focos de contaminación activos, a causa de su explotación y de las emisiones de dióxido y monóxido de carbono que son lanzados directamente a la atmosfera.

El departamento de Córdoba es una zona con abundancia de recursos naturales y ha sido visto con amplio potencial energético para el aprovechamiento de recursos renovables, y se ha

visto la necesidad de explorar nuevas fuentes alternas que permitan el manejo y uso adecuado de materia residual producto de procesos industriales, actividad doméstica y cultivos de diferentes especies, debido a la problemática que se presenta principalmente en las zonas rurales donde no se encuentra disponible el servicio de gas natural, además de contar con servicio de energía eléctrica de baja calidad. Esto lleva a que las comunidades opten por fuentes no convencionales de energía las cuales son altamente contaminantes debido a las emisiones producidas. Dada a la abundancia de biomasa producto de las cosechas y otras fuentes de material orgánico disponibles en el departamento, se presenta como iniciativa el desarrollo e implementación del biogás, mediante el uso de biomasa residual como materia prima y obtener así un combustible como potencial solución energética para el futuro.

3. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar biodigestores para la producción de biogás a partir de la degradación de residuos agrícolas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar una planta artesanal para la generación de biogás.
- Determinar el poder calorífico del gas obtenido producto de la biodigestión.
- Estudiar el potencial energético generado por medio de fermentación anaeróbica de mezclas de biomasa residuales.

4. REFERENTE TEORICO.

SITUACION ENERGETICA ACTUAL

El sector energético así como los servicios que este presta son de vital importancia en el sostenimiento y desarrollo de la humanidad y tenerlos a disposición es fundamental para el bienestar de la sociedad. Junto a la revolución industrial y el crecimiento de la población de los últimos años ha traído consigo un

incremento en la demanda energética, causando un exceso y sobre-explotación de combustibles fósiles.

Según las proyecciones, el consumo de energía en los países en desarrollo crecerá a un ritmo promedio anual del 3 por ciento entre 2004 y 2020. En los países industrializados con economías maduras y un crecimiento demográfico previsible relativamente escaso, la demanda proyectada de energía crecerá al ritmo más bajo del 0,9 por ciento anual, pero partiendo de un nivel mucho más alto.

La generación de energía eléctrica representará alrededor de la mitad del incremento de la demanda mundial de energía, y el transporte supondrá un quinto de esa demanda, que en su mayor parte será de combustibles petrolíferos ^[2]. El uso de fuentes energéticas convencionales como el carbón, petróleo y gas natural son grandes focos de emisiones de gases de invernadero que contribuye al calentamiento de la atmosfera, aumentando las concentraciones de gases tóxicos como dióxido de carbono, monóxido de carbono y otros, los cuales desequilibran el clima del planeta. Por ello, un cambio de paradigma es necesario, en especial cuando se sabe que el consumo energético mundial seguirá aumentando sin cesar, tanto por el crecimiento socioeconómico de las naciones como por el mayor consumo de la población mundial ^[3]

BIOMASA

Es la porción biodegradable de los productos y residuos de la agricultura, la forestación y sus industrias asociadas. El término también incluye la parte orgánica de los desperdicios municipales e industriales. Dicha biomasa tiene carácter de energía renovable ya que su contenido energético procede, en última instancia, de la energía solar fijada por los vegetales en el proceso fotosintético. Esta materia orgánica es renovable cuando se produce a la misma velocidad de consumo, evitando la sobreexplotación de los recursos naturales.

En general se puede considerar que el poder calorífico de la biomasa puede oscilar entre 3000 – 3500 kcal/kg para los residuos ligno – celulósicos, los 2000-2500 kcal/kg para los residuos urbanos finalmente los 10000 kcal/kg para los combustibles

líquidos provenientes de cultivos energéticos. Estas características, juntamente con el bajo contenido de azufre de la biomasa, la convierten en un producto especialmente atractivo para ser aprovechado energéticamente ^[4].

PRODUCCION DE ARROZ

Los eslabones involucrados en la Cadena de arroz son relativamente pocos: en primer lugar, se encuentra la producción agrícola de arroz, la cual se cosecha en forma de arroz paddy (cáscara) verde; en segundo lugar, el procesamiento industrial, el cual consiste en someter el paddy verde a un proceso de secamiento (paddy seco), el descascarillado (trilla), el pulimento para obtener arroz blanco apto para el consumo y algunos subproductos, y derivados tales como el arroz partido, la harina de arroz, el triturado de arroz, el afrecho de arroz, los grits de arroz; y, en tercer lugar encontramos los procesos de comercialización del arroz paddy y de arroz blanco y sus subproductos tanto nacional como importado.

La industria arrocera colombiana produce 400'000 toneladas de arroz al año, de las cuales cerca de un 15% es aprovechado como combustible y otro tanto como elemento para esparcir en establos, lo que significa que una gran proporción de esta fibra es incinerada infructuosamente o arrojada a cursos de agua, lo cual repercute negativamente en el ecosistema, dadas las exigentes condiciones que requiere su combustión completa y su elevada resistencia al ataque biótico, respectivamente.

PRODUCCION DE MAIZ

El maíz es el cereal cuyo cultivo ocupaba la segunda mayor extensión en Colombia, según datos del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), con 581.751 hectáreas en el año 2009, con una producción de 1.586.096 toneladas, de las cuales el 71% fueron de maíz amarillo y el resto maíz blanco, por el arroz, con 529.989 hectáreas y 2.951.812 toneladas; el primer lugar lo ocupaba el café con 887.661 hectáreas. En la figura 1 se observa la participación, según departamentos, en la producción de maíz: Córdoba 18%; Valle del Cauca 12%; Bolívar 8%; Antioquia 7% y Cesar con 7% ^[6].

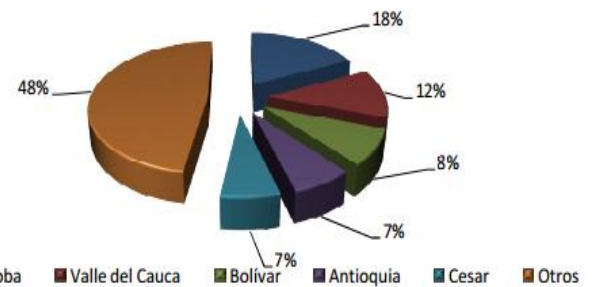


Figura 1. Participación departamental en la producción de maíz 2005 (DANE, 2013) ^[6].

Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, Córdoba tiene una producción anual de maíz cercana a las 250 mil toneladas que ocasiona unas 45 mil toneladas de tusa (mazorca sin granos) ^[6].

BIOGÁS

A partir de la fermentación de materias primas renovables, tanto vegetales como desechos animales y de los desechos de la industria agropecuaria o alimentaria, podemos producir biogás y emplearlo como fuente de calor y electricidad para consumo propio o para alimentar redes de energía y gas, obteniendo además como subproductos fertilizantes ecológicos o secarse y quemarse para producir aún más energía. El biogás es un gas combustible compuesto principalmente de metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂) obtenido como resultado de la fermentación anaeróbica.

Este gas se genera naturalmente o por medio de dispositivos específicos como el biodigestor, y que se produce a partir de la fermentación o biodegradación de la materia orgánica. En el ámbito de la energía renovable, esta materia orgánica es conocida como biomasa. La fermentación y biodegradación de la biomasa produce biogás mediante la acción de microorganismos anaerobios. La composición aproximada del biogás es la siguiente: 65% CH₄, 30% CO₂, 1-5% otros: (H₂, agua, NH₃) ^[1].

PROCESOS DE BIODIGESTIÓN

El correcto manejo de los residuos orgánicos se logra a través de diferentes tratamientos que implican un reciclaje de estas materias orgánicas, transformándolas en productos con valor agregado. El reciclaje de materia orgánica ha recibido un fuerte impulso con el alto costo de los fertilizantes químicos, con la búsqueda de alternativas no tradicionales de energía, así como también, la necesidad de vías de descontaminación y eliminación de residuos. La población microbiana juega un importante papel en las transformaciones de estos residuos orgánicos especialmente si se considera que disponen de un amplio rango de respuestas frente a la molécula de oxígeno, componente universal de las células. Esto permite establecer bioprocesos en función de la presencia o ausencia de oxígeno, con el objeto de tratar adecuadamente diversos residuos orgánicos^[8].

Digestión anaeróbica

La digestión anaeróbica es un proceso biológico complejo y degradativo en el cual parte de los materiales orgánicos de un sustrato (residuos animales y vegetales) son convertidos en biogás, mezcla de dióxido de carbono y metano con trazas de otros elementos, por un consorcio de bacterias que son sensibles o completamente inhibidas por el oxígeno o sus precursores (e.g.

Utilizando el proceso de digestión anaeróbica es posible convertir gran cantidad de residuos, residuos vegetales, estiércoles, efluentes de la industria alimentaria y fermentativa, de la industria papelería y de algunas industrias químicas, en subproductos útiles. En la digestión anaerobia más del 90% de la energía disponible por oxidación directa se transforma en metano, consumiéndose sólo un 10% de la energía en crecimiento bacteriano frente al 50% consumido en un sistema aeróbico.

En la digestión anaeróbica, los microorganismos metanogénicos desempeñan la función de enzimas respiratorias y, junto con las bacterias no metanogénicas, constituyen una cadena alimentaria que guarda relación con las cadenas enzimáticas de células aeróbicas. De esta forma, los residuos orgánicos se transforman completamente en biogás

que abandona el sistema. Sin embargo, el biogás generado suele estar contaminado con diferentes componentes, que pueden complicar el manejo y aprovechamiento del mismo. El proceso anaeróbico se clasifica como fermentación anaeróbica o respiración anaeróbica dependiendo del tipo de aceptores de electrones^[7].

Productos finales de la digestión anaerobia

Los principales productos del proceso de digestión anaerobia, en sistemas de alta carga orgánica y en mezcla completa, son el biogás y un bioabono que consiste en un efluente estabilizado.

El biogás es una mezcla gaseosa formada principalmente de metano y dióxido de carbono, pero también contiene diversas impurezas. La composición del biogás depende del material digerido y del funcionamiento del proceso. Cuando el biogás tiene un contenido de metano superior al 45% es inflamable.

Composición	55 – 70% metano (CH ₄) 30 – 45% Dióxido de Carbono (CO ₂) Trazas de otros gases
Contenido energético	6.0 – 6.5 kW h m ⁻³
Equivalente de combustible	0.60 – 0.65 L petróleo/m ⁻³ Biogás
Límite de explosión	6 – 12% de Biogás en el aire
Temperatura de ignición	650 – 750 °C (con el contenido de CH ₄ mencionado)
Presión crítica	74 – 88 atm
Temperatura crítica	-82.5 °C
Densidad normal	1.2 kg m ⁻³
Olor	Huevo podrido (el olor del biogás desulfurado es imperceptible)
Masa molar	16.043 hg kmol ⁻¹

Tabla 1. Características generales de biogás (Deublein y Steinhäuser, 2008)^[3]

Bioabono

Las características del bioabono, dependen en gran medida del tipo de tecnología y de las materias primas utilizadas para la digestión. Durante el proceso anaeróbico, parte de la materia orgánica se transforma en metano, por lo que el contenido en materia orgánica es menor al de las materias primas. Gran parte de la materia orgánica de este producto se ha mineralizado, por lo que normalmente aumenta el contenido de nitrógeno amoniacal y disminuye el nitrógeno orgánico.

Proceso de producción de biogás

Los sustratos en forma de biomasa sólida se trituran e introducen en grandes contenedores herméticamente cerrados conocidos como digestores, donde son calentados hasta alcanzar una temperatura óptima y se agitan favoreciendo la fermentación con la consiguiente producción de biogás. Simultáneamente se suministra al mismo tanque de fermentación estiércol líquido, previamente reposado en cisternas de almacenamiento, pudiendo adicionarse también subproductos de la industria alimenticia. Ambos sustratos pueden ser aportados directamente al tanque de fermentación, ser dosificados en la línea de descarga de la biomasa sólida donde se va mezclando antes de alcanzar el tanque, o bien ser pasados por mezcladores propiamente dichos que buscan formar un sustrato homogéneo antes de ser suministrado al fermentador.

El biogás se acumula en burbujas en la superficie del sustrato y se recoge en un contenedor de biogás. A partir de entonces el biogás puede ser conducido hacia un generador eléctrico previo depuración (para la reducción de hidróxido de azufre y de vapor de agua), con el objetivo de producir energía eléctrica y calor. Otra opción es la purificación del biogás para ser introducida directamente a redes públicas de gas natural. El sustrato restante se puede utilizar como fertilizante ecológico de gran calidad ^[1].

5. METODOLOGÍA.

Etapa # 1: Análisis bibliográfico

Con ayuda de artículos, publicaciones y demás se estudiará los antecedentes de diversos estudios realizados, así como guía para realizar y llevar a cabo este proyecto.

Etapa # 2: Selección y preparación de materia prima

Se analizará el tipo de materia prima que se utilizará durante el proceso de degradación, cantidad, producción y disponibilidad de esta en la región, las cuales serán previamente tratadas y preparadas para tal fin.

Etapa # 3: Desarrollo de biodigestores

El montaje de una planta artesanal será realizado con materiales adecuados, que permitan la generación de biogás a través de fermentación anaeróbica.

Etapa # 4: Caracterización del biogás

Se analizará el poder calorífico del biogás, mediante la teoría de flama adiabática, así como otras variables que son de importancia dentro del estudio. Se estudiará los diferentes productos obtenidos, su aplicabilidad, beneficios en general y viabilidad de subproductos.

6. RESULTADOS ESPERADOS

Al desarrollar la fase experimental del proyecto, se espera obtener biogás del proceso de fermentación con biomasa agrícola, para su posterior análisis y así estudiar su potencial energético. Para este proceso se ha realizado el diseño y construcción de los biodigestores para la biodegradación de la biomasa residual. Inicialmente se realizó una prueba piloto en la que se implementó cascarilla de arroz y tusa de maíz como materias primas bases, siendo la cascarilla la de mayor producción, al presentar valores más altos de la presión en el equipo. Con el diseño de experimento se espera realizar combinaciones de biomasa para mejorar la tasa de producción de biogás obtenido y su poder calorífico.

7. BIBLIOGRAFIA.

[1] Mario B., G. U. (s.f.). *Cosecha y postcosecha* .
Obtenido de
[http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/
agoindustrializacion/EI-Biogas.pdf](http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/agoindustrializacion/EI-Biogas.pdf).

[2] Council, W. e. (2013). *Recursos energeticos globales*.
Obtenido de
[https://www.worldenergy.org/wp-
content/uploads/2014/04/Traduccion-Estudio-
Recursos-Energeticos1.pdf](https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2014/04/Traduccion-Estudio-Recursos-Energeticos1.pdf)

[3] FAO. (2011). Manual de biogas. Obtenido de
<http://www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf>

[4]EPEC. *Energía renovable: la biomasa*. Obtenido de
[http://www.epec.com.ar/docs/educativo/institucional/
biomasa.pdf](http://www.epec.com.ar/docs/educativo/institucional/biomasa.pdf)

[5] Aguilar, J. s. (2009). *Alternativas de aprovechamiento de la cascarilla de arroz*.
Sincelejo: Universidad de Sucre.

[6] DANE. (2013). *Cuenta Satélite Piloto de la Agroindustria (CSPA): Maíz, sorgo y soya y su primer nivel de transformación 2005-2009*. Obtenido de
[https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ag
roindustria/Doc_Metodologico_%20Maiz_Sorgo_So
ya_def_23_05_13.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/agroindustria/Doc_Metodologico_%20Maiz_Sorgo_Soya_def_23_05_13.pdf)

[7]Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid – EM Comunidad de Madrid. – Biomasa.
Obtenido de
[http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/cuadern
os-energias-renovables-para-todos-biomasa.pdf](http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/cuadernos-energias-renovables-para-todos-biomasa.pdf)

[8] DANE. (Mayo de 2013). *Cuenta Satélite Piloto de la Agroindustria (CSPA): Maíz, sorgo y soya y su primer nivel de transformación 2005-2009*. Obtenido de
[https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ag
roindustria/Doc_Metodologico_%20Maiz_Sorgo_So
ya_def_23_05_13.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/agroindustria/Doc_Metodologico_%20Maiz_Sorgo_Soya_def_23_05_13.pdf)