



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE HUATUSCO

DISEÑO Y PRUEBAS PRELIMINARES DE UN REACTOR PILOTO

OPCIÓN.-TESIS

**PARA LA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS.**

PRESENTA:

RODRIGO ANTONIO MUÑOZ NAVARRO

DIRECTORA DEL TRABAJO RECEPCIONAL:

DRA. NOEMI NAVA VALENTE

CO-DIRECTORA DEL TRABAJO RECEPCIONAL:

DRA. ALEJANDRA RAMIREZ MARTINEZ

HUATUSCO, VER.

NOVIEMBRE 2018

Huatusco, Ver., a 31 de Octubre de 2018.

Rodrigo Antonio Muñoz Navarro
PASANTE DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
PRESENTE.

En relación a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación que después de haber sido analizado exhaustivamente la **TESIS** titulada:

"DISEÑO Y PRUEBAS PRELIMINARES DE UN REACTOR PILOTO"

Se le notifica que a mi juicio este cumple con los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes de la **TESIS**, por lo que se autoriza su impresión.

ATENTAMENTE.



ING. DAVID GERARDO VELASCO GONZÁLEZ
DIRECTOR DEL ITSH.



INSTITUTO TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE HUATUSCO
CLAVE 30EIT0013Z
DIRECCION GENERAL



Avenida 25 poniente num. 100 Col. Reserva Territorial
Huatusco, Veracruz, México. C.P. 94100
Tel. (01 273-734-40-00), e-mail: tec_huatusco@hotmail.com
www.itshuatusco.edu.mx



AGRADECIMIENTOS

A mi asesor la Dra. Noemí Nava Valente por su apoyo para realizar este proyecto de tesis. Agradezco el tiempo que trabaje con usted en el cual me guio y me ayudo en los momentos difíciles del proyecto. Gracias por el respaldo, paciencia y disposición que siempre tenía conmigo.

A mi co-asesor la Dra. Alejandra Ramírez Martínez por todo el apoyo que me brindo desde el principio, por corregirme que estaba bien y que estaba mal ayudándome a realizar un mejor trabajo. Agradezco su interés que siempre tenía, motivándome así a llegar hasta hoy en la culminación de esta tesis.

Al maestro Mauro del taller de herrería por su paciencia y disposición para ayudarme en la creación de la base del reactor.

A los maestros Daniel e Ulises por la aportación de recomendaciones y apoyo.

A los compañeros de la carrera de ing. Electromecánica por su ayuda gracias.

Al Instituto Tecnológico Superior de Huatusco por permitirme desarrollar el presente trabajo de tesis.

DEDICATORIA

A Dios por darme fuerza, salud y fortaleza para obtener un nuevo logro en mi vida. Por sentir que no estoy solo y que siempre estarás ahí para mí.

A mis padres gracias por siempre apoyarme, por confiar y creer en mí, en que podía lograrlo. Gracias a mi madre por estar siempre ahí apoyándome en todos los aspectos de mi vida. Gracias a mi padre por siempre desear y anhelar lo mejor para mi vida, por sus consejos y sus palabras que me han guiado por un buen camino. Por todos esos sacrificios, amor y apoyo, gracias. Los amo.

A todos mis familiares que me han apoyado en especial a mis tías Domi y Gloria, gracias por desear siempre lo mejor para mí.

A mis amigos y compañeros que han hecho de esta etapa una grata experiencia.

Resumen

Con el fin de dar un aporte a la investigación sobre la valorización de los residuos agroindustriales, principalmente del beneficiado de café, se realizó el estudio de la pulpa de café como fuente de producción de biogás en un reactor piloto a nivel laboratorio.

Para ello se diseñó un reactor partiendo desde cero hasta una estructura final, cumpliendo con las expectativas de producción de biogás. Se utilizaron materiales comunes para su construcción, además de pulpa producida en la región. Todo esto conllevó a utilizar varias pruebas como lecturas de pH y control de temperatura. Se evaluaron las causas de mayor o menor producción de gas metano en condiciones semi-controladas y tomando revisiones bibliográficas se aplicaron las correcciones para una mayor optimización del diseño.

En general los residuos del beneficiado húmedo del café tienen un alto poder para ser utilizados en un sistema por lotes ya que su cantidad de propiedades es idónea para las bacterias que la degradan hasta producir el biogás. Además de tener citas donde se señala la obtención de un recurso como lo es la electricidad a partir del gas generado por la pulpa de café en el reactor.

Palabras clave: Biogás, reactor, pulpa de café.

Abstract

In order to contribute to the research on the valorization of agroindustrial waste, we studied the coffee waste as a source of biogas production in a laboratory-level pilot reactor. For this purpose, a laboratory reactor was designed. Before its start-up, tests were carried out on coffee waste collected from a “beneficio” near the municipality of Huatusco, Veracruz. Due to the low production of biogas, we evaluated the variables that cause higher or lower production of methane gas in semi-controlled conditions. In addition, a review of the available literature allowed to perform the corrections to enhance methane gas production. In general, the waste produced during the wet processing of coffee has a high potential to be used to produce biogas in a batch system since its composition is ideal for its degradation by proper bacteria.

Keywords: biogas, reactor, coffee waste

Índice

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	4
Objetivo general.....	4
Objetivos específicos	4
CAPÍTULO I FUNDAMENTOS TEÓRICOS	5
1.1 Antecedentes	6
1.2 Contaminación agroindustrial.....	6
1.3 Café.....	6
1.4 Beneficiado del café	7
1.5 Desechos agroindustriales (Café).....	9
1.6 Tratamiento a los desechos	11
1.6.1 Compostaje	11
1.6.2 Producción de hongos.....	11
1.6.3 Alimentación de animales.....	12
1.7 Biogás	12
1.8 Digestión anaerobia.....	13
1.9 Usos del biogás metano	14
CAPÍTULO II METODOLOGÍA.....	17
2.1 Materiales y métodos.....	18
2.2 Reactor tipo batch piloto sin agitación.....	18
2.2.3 Obtención de residuos.....	19
2.3 Reactor piloto con agitación tipo batch	19
2.3.1 Materiales utilizados	19
2.4 Acondicionamiento de muestras	22
2.4.1 Pretratamiento de muestras	23
2.5 Pruebas con diferentes muestras de pulpa de café e inóculo	24

CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSION	27
3.1 Diseño final	28
3.2 Lecturas de pH.....	32
3.4 Recomendación de uso del reactor	33
3.5 Resultados de pruebas generales	33
CONCLUSIONES Y PERSPECTIVA	34
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
ANEXOS	41

Índice de figuras

Figura 1. Sección transversal de un grano de café.	7
Figura 2. Flujo de etapas del beneficiado de café.	8
Figura 3. Pulpa obtenida del beneficio de café.	9
Figura 4. Fases de la digestión anaerobia (adaptado de Palau, 2016).	14
Figura 5. Reactor sin agitación.	18
Figura 6. Reactor con agitación.	20
Figura 7. Capacitor y motor colocados en la parte superior.	21
Figura 8. Placa y conector de madera.	21
Figura 9. Reactor forrado.	22
Figura 10. Medición de volumen de gas con el método Parajuli.	24
Figura 11. Medición de pH.	25

Índice de tablas

Tabla 1. Contaminación generada en un cafetal de Nicaragua (adaptado de Wasser, 1986).	10
Tabla 2. Composición del mucílago y estimación de su DQO.	11
Tabla 3. Principales bacterias involucradas en la digestión anaerobia (Bote, 2013).	15
Tabla 4. Beneficios de tecnologías del biogás (adaptado de Hernández, 2017)	16
<i>Tabla 5.</i> Pretratamientos con cantidades similares.	23
Tabla 6. Tiempos y temperaturas de pretratamientos	23
Tabla 7. Descripción de materiales del reactor.	28
Tabla 8. Medición de pH.	32

INTRODUCCIÓN

En años recientes, el uso de fuentes renovables de energía han obtenido una gran importancia como alternativa a los combustibles fósiles. Hoy en día, el uso de combustibles fósiles ya no es sustentable debido a que este recurso está limitado y no es amigable con el medio ambiente (Blandón-Castaño *et. al*, 1999). Es por ello, que los recursos energéticos renovables han generado un gran interés en la comunidad internacional durante las últimas décadas.

Las actividades agropecuarias y agroindustriales dan origen a una amplia gama de residuos y *subproductos*, los cuales son utilizados generalmente como alimento para ganado, quemados *in situ* o generalmente considerados por el generador como aspectos negativos y periféricos de sus actividades y no como una posible fuente de ingresos.

Una alternativa para el tratamiento de las pérdidas agropecuarias generadas es la digestión anaerobia, la cual puede describirse como un proceso de múltiples etapas mediante el cual se degrada la materia orgánica por la acción de una serie de microorganismos, transformándola en una mezcla gaseosa constituida principalmente de CH₄ y CO₂, y que se conoce como biogás. Sin embargo, para mejorar la viabilidad de la digestión anaerobia deben implementarse estrategias que aumenten la capacidad y la eficacia del tratamiento, la conversión de biogás y la reducción de la cantidad de los residuos.

La pulpa y el mucílago constituyen los subproductos más abundantes del proceso de beneficio húmedo del café y representan alrededor del 60% del peso del fruto fresco (Blandón-Castaño *et. al*, 1999). Cuando no se utilizan adecuadamente generan la mayor fuente de contaminación ambiental en la zona cafetera. Se ha calculado que la pulpa y el mucílago generados durante el beneficio húmedo del café, para la obtención de una arroba de café pergamino seco, producen una contaminación equivalente a la generada por los excrementos y orina de 100 personas en un día. (Blandón-Castaño *et. al*, 1999).

La biomasa se puede convertir en una variedad de diferentes formas de energía incluyendo calor (siendo quemada), vapor, electricidad, hidrógeno, etanol o metano. La selección de la forma de energía depende de factores que influyen las necesidades de energía (calor directo o vapor), la eficiencia del proceso, del uso de energía, la economía de escala y el impacto ambiental del proceso de conversión (Chynoweth, Owens, & Legrand 2001)

Por ello, la utilización de reactores que son los equipos donde se realiza el proceso de cultivo (también comúnmente denominado “fermentador”), sea en estado sólido o líquido. Su diseño debe ser tal que asegure homogeneidad entre los componentes del sistema y condiciones óptimas para el crecimiento microbiano y la obtención del producto deseado. Es importante tomar en cuenta los problemas de transferencia de calor y oxígeno sobre la cama de sustrato, los cuales dependen de las características de la matriz que se esté utilizando para la fermentación, siendo éste, uno de los principales factores que afectan el diseño y las estrategias de control.

Los reactores más utilizados a nivel industrial están provistos de mecanismos de agitación, dispersión y aireación así como de sistemas para el control de la temperatura, pH. Los reactores deben ser optimizados para obtener la máxima concentración de productos de la fermentación, como lo son la biomasa microbiana y/o metabolitos en un tiempo mínimo y a menor costo de producción (Ruíz-Leza *et. al*, 2007).

Existe un gran interés por llevar a cabo el diseño de reactores a nivel laboratorio que puedan ser escalados para su uso a nivel industrial, por lo que se han llevado a cabo investigaciones para determinar los aspectos de ingeniería que afectan a la fermentación en medio sólido ya que es un sistema denominado de las tres E's: energético, económico y ecológico (Raghavarao *et al.*, 2003).

Una de las formas que cumple con estos factores es el metano. El metano es una molécula orgánica de un solo carbono, que está unida por enlaces simples a 4 átomos de hidrogeno (Nayono, 2010). El metano puede ser obtenido de la

biomasa por diferentes formas: procesos térmicos o por conversiones biológicas.

Actualmente investigaciones de Víquez (2012,2014), presentan potenciales de conversión con los residuos del beneficiado (pulpa, mucilago) y recomienda la determinación de la producción real del metano utilizando reactores semicontinuos.

Esta investigación pretende brindar una alternativa utilizando un reactor a nivel laboratorio (piloto) para generar una solución a la generación de residuos orgánicos y/o agroindustriales generados en los procesos de producción que integran empresas agroindustriales, y así puedan utilizar esos residuos como fuente de energía y llegar a ser autosustentables.

OBJETIVOS

Objetivo general

Diseñar un reactor piloto para la futura producción de energías alternas (gas, electricidad) a partir de residuos agroindustriales, con el fin de disminuir el consumo energético y financiero en las industrias de las cuales se obtengan los desechos.

Objetivos específicos

- Identificar todas las variables que influyen en el proceso.
- Diseñar un reactor que simule eficazmente el comportamiento de las instalaciones en la industria.
- Analizar los residuos industriales (Pulpa de café) como fuentes de energía alterna.
- Realizar pruebas en el reactor propuesto.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS

TEÓRICOS

1.1 Antecedentes

1.2 Contaminación agroindustrial

En varios procesos agroindustriales se generan residuos, que si no son tratados debidamente, generan problemas ambientales. Algunos son quemados o vertidos en rellenos sanitarios produciendo una gran liberación de dióxido de carbono, contaminación de mantos acuíferos, molestias por presencia de olores, proliferación de ratas, moscas y otros insectos. Su eliminación es un gran problema de gestión para las empresas productoras. Sin embargo, estos materiales son fuentes especialmente atractivas por su contenido en compuestos químicos (como azúcares, pigmentos, fibra alimentaria, proteína, polifenoles, lignina, entre otros) y pueden ser potencialmente útiles cuando se les transforma mediante tratamientos químicos o microbiológicos en productos de elevado valor añadido. La reutilización de residuos para disminuir la contaminación ha sido de gran interés, se han reportado varios procesos (Blanca *et. al*, 2008).

Además hay de por medio un gran interés económico para la generación de productos de mayor valor añadido (enzimas, proteína unicelular, pigmentos, antibióticos), al utilizar estos residuos, se busca la preservación del medio ambiente, al considerar el desarrollo de nuevas tecnologías orientadas hacia una transformación sustentable de los recursos naturales (Blanca *et. al*, 2008).

1.3 Café

El café en México fue introducido en 1795, cultivo de trascendencia económica y social. Hoy México ocupa el 4to lugar en el mundo por su producción (después de Colombia, Brasil e Indonesia) (Toledo & Moguel, 1996). Los principales estados productores en México son Chiapas, Oaxaca, Veracruz, Puebla, Guerrero e Hidalgo. De ellos los 3 primeros mencionados son de enorme valor para la conservación de la biodiversidad (Toledo & Moguel, 1996).

1.4 Beneficiado del café

La fruta madura del café, también conocida como café cereza (Figura 1), es un material perecedero, que luego de ser cosechado, debe ser rápidamente procesado a granos de café seco (endocarpio con un contenido de humedad 10%-12%) para preservar su alta calidad intrínseca (Ribeiro Días *et. al*, 2014).

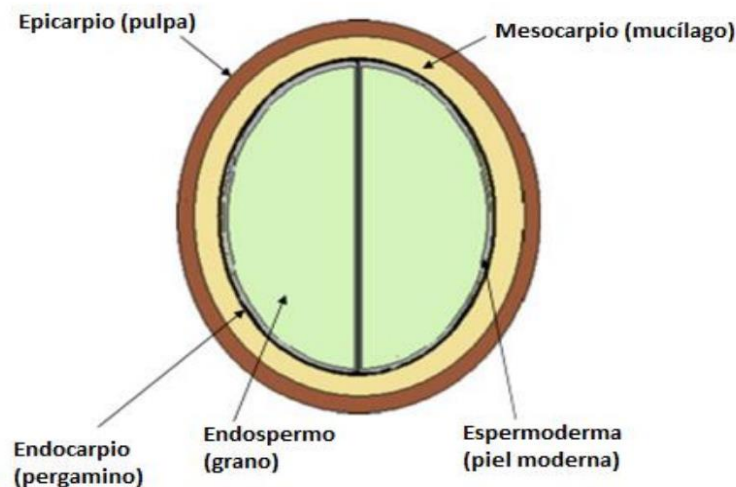


Figura 1. Sección transversal de un grano de café.

La transformación del café cereza en café pergamino se denomina beneficio del café. Existen principalmente dos métodos: beneficio vía húmeda y vía seca (Figura 2). En Colombia, Costa Rica, Guatemala, México, El Salvador y algunos países del centro del África como Kenia, se beneficia el café tradicionalmente por vía húmeda (Puerta, 1999).

El proceso por vía húmeda se da al seguir las siguientes etapas: recolección del café en cereza, despulpado, remoción del mucílago, lavado y secado. Al café obtenido en esta etapa se le denomina café pergamino. Este se trilla (eliminación del pergamino) para producir café almendra o verde (green coffee) para exportación. El proceso vía húmeda de café maduro sano y el control de

las condiciones y equipos en cada etapa del beneficio permite obtener la mejor calidad de café.



Figura 2. Flujo de etapas del beneficiado de café.

El proceso por vía seca consiste en el secado del grano de café cereza. Posteriormente, la cáscara compuesta por la pulpa (Figura 3), el mucílago y el pergamino se retira por medio de una máquina. Para secar el café en cereza se requiere de más tiempo en comparación con el proceso de secado del café por vía húmeda. (Puerta, 1999).

El color del café almendra beneficiado por vía seca es amarillo o café en comparación con el grano de café procesado vía húmeda que es verde.

El lavado se utiliza con el fin de limpiar del grano de café, los productos de la fermentación que ocasionan sabor agrio a la bebida de café, si no se retiran rápidamente. Se utiliza agua limpia para evitar la contaminación y el defecto de suciedad en la bebida de café (Puerta, 1999)



Figura 3. Pulpa obtenida del beneficio de café.

1.5 Desechos agroindustriales (Café)

El agua es primordial para la vida en el planeta, pero el aumento de población y sobre demanda de este recurso, aunado a la contaminación hace que cada vez disminuya.

Existen varias causas de contaminación del agua, pero una de las más comunes es el vertimiento de los desechos agroindustriales y domésticos, los cuales generan la destrucción de los recursos acuíferos, la disminución del agua como elemento de abastecimiento afecta a la sociedad, así como efectos desastrosos sobre los ecosistemas acuáticos y sus componentes. (Matuk Vivian *et. al*, 1998)

En el procesamiento del café por vía húmeda que se realiza, se generan residuos líquidos altamente contaminantes por sus valores de acidez, contenido de sólidos y Demanda Química de Oxígeno (DQO), que es un parámetro que

mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas en suspensión de una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mg O₂/l), lo cual genera graves desequilibrios en el medio ambiente y en sus componentes que lo rodean.

El beneficiado de 1 kg de café produce una contaminación equivalente a la de 45,51 litros de aguas residuales domésticas (Bermúdez *et al.*, 1999).

La Tabla 1 muestra la cantidad y contaminación del agua residual producida durante el procesamiento del café. Casi la mitad de la contaminación (expresada en DQO) proviene del agua de percolado de la pulpa del café y la otra mitad del agua de fermentación del mucilago (Field, 1987).

Tabla 1. Contaminación generada en un cafetal de Nicaragua (adaptado de Wasser, 1986).

Agua residual	Caudal		DQO		
	m ³ /tcop	%	kg/ tcop	g/ L	%
Agua de pulpa	9	30	57	6.3	44
Agua de lavado	22	70	62	3.3	56
Total	31	100	129	4.2	100

tcop = toneladas de café oro producidas

El mucílago que rodea el grano de café es un hidrogel formado por pectinas, azúcares y ácidos orgánicos y, aparentemente, está libre de cafeína. Durante el proceso de fermentación, el hidrogel se digiere a ácido péctico a tal medida que todo el mucílago es dispersable en agua y es causa de contaminación ya que aumentan la DQO debido a la composición del mucílago (Tabla 2) (Wasser, 1986).

Tabla 2. Composición del mucílago y estimación de su DQO.

Componente	Composición de mucílago (% de D.M)*	kg/tgcp	DQO- componente de referencia de conversiones	kgDQO/tgcp	DQO %
Sustancia péctica	35.8	31.9	ácido d-galacturónico	26.3	29.4
Azúcares totales	45.8	40.8	Glucosa	44.9	50.2
Celulosa	17.0	15.1	Celulosa	18.2	20.4
Total	98.6			89.4	100
Suposición: 89 kg mucilago/tgcp					
tgcp: toneladas métricas de café verde producido					

Según Field (1987) el agua residual de café se biodegrada casi totalmente durante la digestión anaerobia.

1.6 Tratamiento a los desechos

Existen diversos tipos de tratamientos para la reutilización de residuos sólidos y líquidos del beneficiado del café. Algunos ejemplos son:

1.6.1 Compostaje

La pulpa normalmente es utilizada para el compostaje, se lleva a otro lugar lejos del beneficio, casi siempre cerca de las plantaciones, se le adiciona carbonato de calcio para evitar el mal olor y así ayudar a descomposición de los microorganismos (Orozco *et. al* 1997).

1.6.2 Producción de hongos

Se ha utilizado la pulpa de café como sustrato en la producción de hongos comestibles como *Pleurotus ostreatus*, debido a su capacidad para colonizar varios residuos lignocelulosicos y de sobrevivir a un amplio rango de

condiciones ambientales. Últimamente ha incrementado la producción de *Pleurotus ostreatus* en el mundo (Rodríguez & Zuluaga, 1994).

1.6.3 Alimentación de animales

La pulpa como residuo se ensila o se introduce seca en la dieta del animal, debe ser mezclada con otro tipo de alimento. La variedad de animales que pueden consumir dicho residuo son muchos (Rojas Sossa, 2015).

La demanda de energía en varios países ha impulsado la investigación y producción de biocombustibles. Esto ha generado polémica por el tipo de materia prima que se utiliza para la alimentación humana y animal como la caña de azúcar, cereales y aceite de palma. Esto ha llevado a investigar biocombustibles de segunda generación provenientes de biomasa de residuos o vegetales no comestibles. Particularmente, los residuos agrícolas lignocelulósicos se pueden utilizar como combustibles (bioetanol, biogás) mediante procesos de fermentación (Rojas Sossa, 2015). Un residuo lignocelulósico que puede ser utilizado como combustible es la pulpa de café.

1.7 Biogás

El resultado de la digestión anaerobia es el biogás una mezcla de metano, dióxido de carbono, nitrógeno, hidrógeno, amoníaco y sulfuro de hidrógeno. La capacidad del sustrato para transformar la materia orgánica en metano se mide a través de la actividad metanogénica específica (AME).

Según Díaz et al. (2002), esta se define como la masa de sustrato en forma de DQO que es convertida a metano por unidad de masa de biomasa y por unidad de tiempo.

El biogás contiene entre 50% y 80% de metano el cual se puede utilizar para uso combustible doméstico o para la producción de electricidad mediante turbinas o plantas generadoras a gas. En estudios realizados por Calle (1974), se reportan rendimientos de 25 L de biogás por 1kg de pulpa fresca alimentando los biodigestores. El poder calorífico del biogás, con 60% de

metano es de 21,46 kJ/L y un valor energético de 0,54 MJ/kg en la pulpa fresca (Sasse, 1984).

La producción del gas metano la realizan varios microorganismos que fermentan celulosa, ácidos orgánicos y alcohol. De esta forma, el gas metano es más estable pues no es venenoso, no explota y tiene un alto poder calorífico (Calle, 1974).

1.8 Digestión anaerobia

La digestión anaerobia es una de las técnicas para la transformación de biomásas, mediante un reactor anaerobio, en donde un cultivo de bacteria con ausencia de oxígeno actúa sobre el sustrato fermentado transformándolo en energía que produce gas metano y lodo estabilizado para usar como biofertilizante.

Observaciones señalan que el 90% de energía contenida en la materia orgánica, medida como DQO, es convertida en gas metano y el 10% restante se asimila para producción de nuevas células (Bote 2013).

Los gases que producen la digestión anaerobia está compuesto principalmente por metano (50-70% CH_4), dióxido de carbono (30-50% CO_2), sulfuro de hidrógeno (<2% H_2S) y otros gases (NH_3 , N_2 etc.). El metano es el principal gas combustible y en general toda la mezcla de gases reportan un poder calorífico de 5500 kcal/m³ (con 60% de CH_4) (Palau 2016).

Durante el proceso de la digestión anaerobia las bacterias (Tabla 3) que participan llevan a cabo las 4 fases que la conforman: hidrólisis de la materia orgánica, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis (Figura 4).

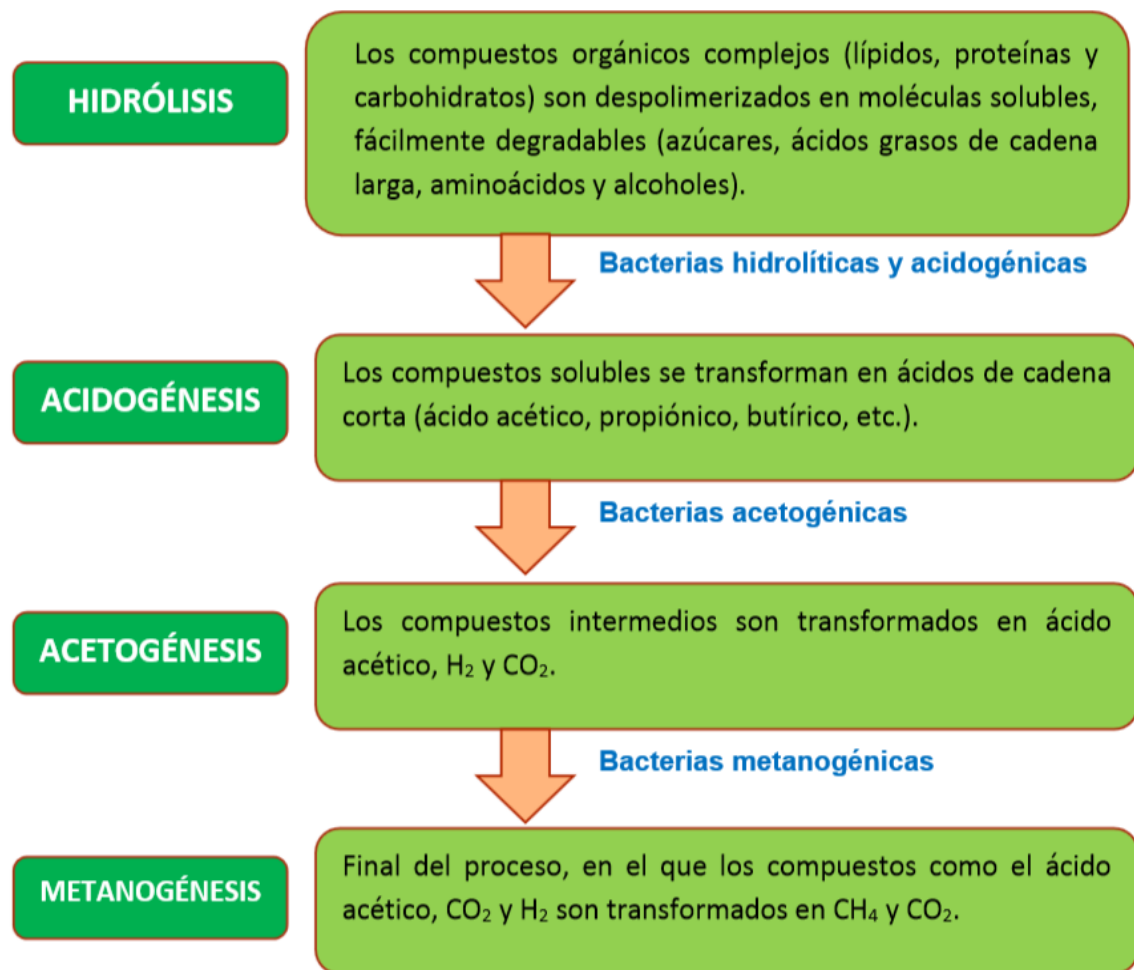


Figura 4. Fases de la digestión anaerobia (adaptado de Palau, 2016).

1.9 Usos del biogás metano

Uno de los principales usos del metano (Tabla 4) es que puede ser utilizado como combustible, ya sea a nivel beneficio para secar el grano o en casa para cocinar los alimentos. Además el gas se puede transformar en electricidad mediante montajes especiales y beneficiar a comunidades enteras (Londoño, 2017)

Con el uso del metano se ha sido capaz de remplazar el 90% del combustible usado por motores diésel, sin reducir su potencia (Calle, 1974).

Tabla 3. Principales bacterias involucradas en la digestión anaerobia (Bote, 2013).

Clasificación	Genero/especie	Población mesofílica en lodos residuales
Hidrolíticas, Acidogénicas	<i>Butyvirbio, Clostridium, Ruminococcus, Acetovibrio, Eubacterium, Peptococcus, Lactabacillus, Streptococcus.</i>	$10^8 - 10^9$ por ml
Acetogénicas Homoacetogénicas	<i>Acetobacterium, Acetogenium, Eubacterium, Pelobacter, Clostridium.</i>	$\approx 10^5$ por ml
Reductoras de protones estrictos	<i>Metanobacillus omelionskii, Sinterophobacter wolinii, Syntrophomonas wolfei, Sinterophus buswellii.</i>	-
Metanogénicas	<i>Methanobacterium, Methanobrevibacter, Methanococcus, Methanomicrobium, Methanogenium, Methanospirillum hungatei.</i>	$\approx 10^8$ por ml

Mediante la digestión anaerobia se producen aproximadamente 3 kW/h como energía proveniente del metano, la cual adaptada a un generador eléctrico de media eficiencia (20%), resultaría en 0,6 kW de energía eléctrica/Kg de DQO removida (Castillo et. al, 2008).

Tabla 4. Beneficios de tecnologías del biogás (adaptado de Hernández, 2017)

Beneficios de la tecnología del biogás.
• Producción de energía (calor, luz, electricidad).
• Transforma los residuos orgánicos en abono de alta calidad.
• Mejora de las condiciones de higiene a través de la reducción de patógenos, huevos de gusanos y moscas.
• Reduce la carga de trabajo, principalmente para las mujeres, en la recolección de leña y la cocina.
• Ventajas medioambientales mediante la protección del suelo, agua, aire y la vegetación leñosa.
• Micro-beneficios económicos a través de la energía y la sustitución de los fertilizantes, adicionales.
• Fuentes de ingresos y aumentar los rendimientos de la ganadería y la agricultura.
• De macro-beneficios económicos a través de la generación de energía descentralizada, la importación de sustitución y protección del medio ambiente.

CAPÍTULO II METODOLOGÍA

2.1 Materiales y métodos

En el siguiente apartado se describe la metodología que se llevaron a cabo para cumplir los objetivos de esta investigación.

2.2 Reactor tipo batch piloto sin agitación.

Se diseñó un reactor primario, un sistema sencillo de producción de gas para el tratamiento de desechos orgánicos producidos en general, como restos de comida casera. El material aquí expuesto se seleccionó para evitar complicaciones en su construcción, evitar gastos elevados y que aun así fuera capaz de cumplir con sus funciones (Figura 5)

con los siguientes materiales:

- 1 garrafón de 20 L.
- 1 tubo cpvc de $\frac{1}{2}$ ".
- 1 conector macho $\frac{1}{2}$ " cpvc.
- 1 t $\frac{1}{2}$ " cpvc.
- 2 válvulas de paso cpvc.
- 1 tubo cpvc $\frac{3}{4}$ ".
- 1 conector macho cpvc $\frac{3}{4}$ ".
- 1 tapón $\frac{3}{4}$ " hembra.
- 1 manguera para gas de 50 cm.
- 1 llave de nariz de plástico.
- Pegamento para cpvc.



Se procedió a hacer 3 agujeros al garrafón uno en el cuello, otro en la parte superior y uno más en la parte inferior.

Figura 5. Reactor sin agitación.

En el agujero del cuello se conecta un pedazo de tubo de cpvc $\frac{1}{2}$ " de 15 cm, conectado a la te donde se colocaría una de las llaves de paso y la otra siguiendo de largo para terminar con la manguera para gas de 50 cm.

El agujero de la parte superior se selló con un pedazo de tubo de cpvc de $\frac{3}{4}$ " que sirve como tubo de alimentación y para cerrar se utiliza el tapón hembra.

El agujero inferior fue hecho para pegar la llave de nariz plástica, para posteriormente terminado el tiempo de retención del reactor se diera salida al sustrato.

2.2.3 Obtención de residuos

El sustrato que lleva en su interior el reactor es una mezcla de desperdicios orgánicos caseros como frutas, verduras, y alimentos comunes.

Estos son el alimento de las bacterias que se encuentran en el interior que posteriormente lo convertirán en una mezcla de varios gases principalmente se espera la presencia del metano.

Se ha administrado a la mezcla la presencia de inóculo de lodo anaerobio para acelerar la producción de gas metano.

2.3 Reactor piloto con agitación tipo batch

Con el aprendizaje adquirido del primer reactor piloto se procedió a la recreación de un nuevo reactor, ahora equipado con un sistema de agitación continuo para evitar la sedimentación del sustrato y evitar la proliferación de hongos y demás presencias no requeridas en su interior.

2.3.1 Materiales utilizados

Utilizando el taller de herrería se diseñó una base para dar soporte y estabilidad al reactor con sistema de agitación (Figura 6), y posteriormente su completa terminación.

Los principales materiales fueron:

- 2 ángulos de $\frac{3}{4}$ " por $\frac{1}{8}$ ".
- 1 solera $\frac{3}{4}$ ".
- 1 vitrolero de 20 L.
- 1 trozo de barra de acero de $\frac{5}{8}$ ".
- 1 motor de $\frac{1}{2}$ HP.

- 1 llave de paso de bola de 1 pulgada.
- 20 cm de tubo de cpvc de 3/4.
- 15 cm de tubo de cpvc de 1/2"

De un diseño a escala se cortaron las piezas para la elaboración de la base y se soldaron.

Al vitrolero se le hizo un agujero en la tapa justo en el medio para que pasara la flecha.



Figura 6. Reactor con agitación.

El motor se situó en la parte superior (Figura 7) de la base y es el encargado de agitar la mezcla en el interior del reactor.

Posteriormente, se colocó un capacitor (Figura 7) para poder dar arranque al motor sin necesidad de hacerlo manualmente, además de un regulador de potencia para ajustar las RPM.



Figura 7. Capacitor y motor colocados en la parte superior.



Figura 8. Placa y conector de madera.

Aunado a eso se colocó un conector de madera, que fue la mejor opción de todas las demás probadas y resistió muy bien la potencia generada por las RPM del motor también una flecha que une al motor para dar fuerza de agitación al sustrato en el interior. Además de una placa de madera con un

balero para disminuir de resistencia a las rotaciones de la flecha y evitar el sobrecalentamiento del motor por más tiempo (Figura 8).

Finalmente, se forró el reactor como se muestra en la figura 9 con papel negro para evitar el paso de luz que desencadenaría en el crecimiento de alga, y también se forró con una espuma poliolefínica para conservar el calor en el interior y así las bacterias optimizáran la producción de metano.



Figura 9. Reactor forrado.

2.4 Acondicionamiento de muestras

Para el primer reactor se utilizaron residuos orgánicos comunes de desperdicio casero. Así, posteriormente, los residuos fueron molidos en una licuadora industrial con un poco de agua e inóculo para posteriormente vertir dentro del reactor sin agitación.

Para el segundo reactor, se utilizó pulpa de café de la localidad de Monte Blanco, Fortín, Veracruz. Un productor de la región donó 10 kg de muestra aproximadamente. El residuo provenía de un despulpado artesanal.

Las muestras probadas para el segundo reactor fueron molidas y mezcladas con agua (de manera similar a las probadas en el primer reactor) pero en proporciones definidas siguiendo el procedimiento propuesto por Londoño (2017). El inóculo utilizado fue donado por la planta de tratamiento de agua Firiob (Ixtaczoquitlán, Veracruz). La planta proporcionó un aproximado de 20 L de dicho inóculo.

2.4.1 Pretratamiento de muestras

Después del acondicionamiento de las muestras, se procedió a realizar pretratamientos térmicos con el objetivo de aumentar el rendimiento en la producción de metano. Las muestras contenían las cantidades que se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Pretratamientos con cantidades similares.

Componente	Masa	%
Pulpa	560 gr	70
Agua	240 gr	30

Los pretratamientos se realizaron pesando en la báscula la pulpa molida para después verterla dentro del matraz de 1000 ml y ponerla en la parrilla por los periodos de tiempo mostrados en la Tabla 6.

Tabla 6. Tiempos y temperaturas de pretratamientos

	Tiempos	Temperaturas	
		85°C	95° c
Tiempos establecidos	30 min	X	-
	60 min	X	-

	90 min	x	x
--	--------	---	---

Para el tratamiento térmico se utilizó:

- Una parrilla eléctrica
- Una pequeña báscula
- Un matríz de 1000 ml
- Un termómetro de mercurio
- Varios recipientes de PET para guardar la muestra tratada

2.5 Pruebas con diferentes muestras de pulpa de café e inóculo

Con el objetivo de probar la formación de biogás, se utilizaron botellas de propileno (PET) donde se vertieron las muestras obtenidas a partir del pretratamiento explicado anteriormente. A las botellas se les hizo un pequeño orificio en la tapa para colocar una manguera plástica. Posteriormente, la unión de las mangueras y tapas fue sellada con resina epóxica de efecto endurecimiento rápido. El gas producido fue medido mediante la técnica de desplazamiento de líquido de Parajuli (2011), que consiste en desplazar el biogás producido, a través de una manguera, hacia un recipiente con líquido.



Figura 10. Medición de volumen de gas con el método Parajuli.

La presión del gas debe desplazar el líquido hacia afuera para así tener una lectura de volumen de gas producido (Figura 10).

Las botellas utilizadas para medir el volumen de gas generado fueron graduadas en una escala de 50 ml con la ayuda de una bureta graduada y se fue marcando con un plumón permanente. Finalmente, las botellas se colocaron en una bandeja donde se expulsaría el agua de las botellas graduadas (Figura 10).

2.6 Medición del pH

A las muestras tratadas ya mezcladas con inóculo se les realizó una lectura de pH en el laboratorio de ciencias básicas del Tecnológico de Huatusco, utilizando un medidor de pH de la marca Thermo Scientific™ Orion Star™ A211 pH Benchtop Meter (Figura 11). Mostradas en la tabla 8.



Figura 11. Medición de pH.

Se procedió a nivelar inicialmente el pH a 7. Para ello en el laboratorio de ciencias básicas del Tecnológico de Huatusco se llevó a cabo una solución de hidróxido de sodio 0.2 molar y fue agregada a cada una de las muestras hasta

llevar a un nivel óptimo para el desarrollo de las bacterias metanogénicas en este caso pH 7, puesto que el pH es uno de los principales determinantes en el buen funcionamiento de las bacterias encargadas de producir el biogás y no pueden trabajar en un ambiente ácido.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y

DISCUSION

3.1 Diseño final

El principal resultado de este proyecto es la realización del diseño de un reactor batch. Esto genera grandes expectativas pues es el comienzo de un diseño primario que puede escalarse hasta un nivel industrial.

En la Tabla 7 se describen los materiales utilizados en la fabricación del reactor piloto tipo batch que fue utilizado para producir gas metano.

Tabla 7. Descripción de materiales del reactor.

Equipo	Descripción	Material
Base de metal 	La base de metal fue estructurada para soportar el peso del reactor, y las vibraciones generadas por la fuerza del motor. Fue realizada en el taller de herrería.	1 Acero al carbón
Vitrolero 	Para el reactor se utilizó un vitrolero de 20 L, la razón de escoger esta pieza fue por su forma ovalada que ayudaba a la buena agitación en sus interior	1 polimero

Motor y capacitor 	El motor utilizado para dar la fuerza de agitación es de $\frac{3}{4}$ de HP proveniente de una lavadora. El capacitor fue adaptado para hacer un on-off automático.	1 Motor $\frac{3}{4}$ de HP
Placa reguladora de RPM 	A partir de una pequeña placa que fue adaptada al motor, se regulaba la velocidad de las revoluciones por minuto para no afectar el sustrato en el interior	1 Acero al carbón

Flecha y conectores  	La flecha que tiene la función de agitar el interior fue diseñada con 3 aspas que no dejarían lugar sin agitar. Los conectores de madera se fijaban con prisioneros de metal para soportar la fuerza ejercida por el motor y para reducir la fuerza de fricción que perjudica el funcionamiento	1 Acero y madera
Válvula de entrada de sustrato 	La válvula de entrada es de cpvc de ¾ de pulgada tapada con un tapón hembra de plástico.	1 Cpvc

Válvula de salida de sustrato 	Una llave de bola de 1 pulgada de paso a la salida del sustrato para poder agregar una nueva carga al reactor	1 Cpvc
Válvula de salida de gas 	Un tubo de cpvc de ½ pulgada en conjunto con una manguera para gas se encargaba de la liberación y obtención del gas metano.	1 Cpvc Plástico de alta presión

3.2 Lecturas de pH

El resultado de la medición de muestras se presenta en la Tabla 8 representa los problemas de adaptación del inoculo a un medio ácido y explica su comportamiento al no producir adecuadamente el biogás.

Tabla 8. Medición de pH.

Tiempo	Tiempos y temperaturas				
Temp.	85° 30min	85° 60min	85° 90min	95° 90min	Crudo
pH	4.77	4.71	4.68	4.65	4.56

Dado que el material utilizado para la producción de biogás es la pulpa de café, esta resulto ser de un pH acido que las bacterias contenidas en el inoculo no pueden adaptarse y producir biogás como se supone lo harían en condiciones normales por ello se llevó a cabo la nivelación del pH a 7. Con ese problema resuelto se observó una mejora en el medio donde estaban las bacterias metanogenicas (las botellas llenas de porcentaje de pulpa, inóculo y agua Figura 10)

3.3 Producción de biogás

Con el pretratamiento aplicado a las muestras fue poco el resultado obtenido en cuanto al volumen gas esperado, no obstante se obtuvo un aprendizaje en el cual se aplicaran más cuidados en la muestra e inoculo utilizados para la producción de gas.

Se demostró que el diseño de prototipo de reactor resulta ser eficiente para la producción de gas a nivel laboratorio pues cuenta con las herramientas, formas y tamaños correctos; además de contar con mecanismos semi-automatizados como la placa reguladora de revoluciones por minuto haciendo más fácil su utilización.

3.4 Recomendación de uso del reactor

- Al llenar el reactor se recomienda su uso a $\frac{3}{4}$ de capacidad.
- Verificar el correcto sellado de todas las salidas para evitar pérdida de gas.
- Regular las RPM a un nivel bajo para evitar el sobrecalentamiento del motor y la placa.
- Al girar la válvula para vaciar el reactor tener cuidado de no usar con brusquedad o podría desprenderse.
- Desmontar solo la flecha no el motor.
- Mantener el uso del motor por periodos menores a media hora.
- Mantener en un pH entre 6.5 a 7.5.

3.5 Resultados de pruebas generales

- 1) Se comprobó la producción de gas a partir de desechos agroindustriales.
- 2) Se comprobó la importancia del monitoreo de pH y temperatura para la optimización de producción de gas.
- 3) Se obtuvo mayor eficiencia con tratamientos térmicos previos a la generación de gas.
- 4) Se encontró una solución a la aparición de hongos con la regulación del pH.
- 5) Se demostró que los criterios de diseño y construcción del reactor piloto fueron los adecuados para el proceso de reacción ya que el equipo cumplió satisfactoriamente la demanda técnica de la producción de gas metano.
- 6) Se demostró que es posible la producción de combustibles a partir de energías verdes.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVA

Conclusiones

Es posible la producción de biogás a partir de desechos del beneficiado de café, pues el desecho, particularmente, la pulpa de café es muy rica en carbono que es el principal alimento de las bacterias que producen el metano. Además, cabe la posibilidad de la generación de electricidad.

Uno de los puntos importantes a cuidar en la realización de un reactor es tener en cuenta todos los aspectos que afectan su diseño, entre ellos la temperatura que tiene que ser óptima para mayor generación de gas. También el pH se debe medir correctamente para asegurar un ambiente adecuado para las bacterias.

En algunos casos del presente proyecto, el pH afectaba con la generación de hongo en la capa superior del sustrato, dicho problema se solucionó con la nivelación del pH.

Al tratarse de recomendaciones para un diseño de reactor es que cualquier material reciclable puede ser utilizado para bajar costos y no afecta la capacidad y rentabilidad del reactor.

Se puede decir que es gratificante trabajar en la generación de energías verdes que son amigables con el medio ambiente y aportan el combustible que demanda la población mundial, en este caso gas y electricidad.

El diseñar puede ser algo complejo y de gran utilidad puesto que se genera algo nuevo que si cumple con sus funciones no importa el material del que este hecho. Así entonces este proyecto es todo un proceso que engloba más que ofrecer en cuanto a energías renovables.

Perspectivas

El presente estudio trabajo la búsqueda de los resultados de la producción de biogás, se fueron encontrando detalles que ampliaron el criterio y el conocimiento acerca de lo que a reactores se refiere. Si bien este modelo de reactor tipo batch piloto a nivel laboratorio ofreció una buena funcionalidad y un buen desempeño de producción de gas, aún quedan muchas pruebas para que este prototipo evolucione a un nivel industrial.

Por mencionar algunas pruebas como de alcalinidad, sólidos volátiles, temperatura, velocidad de carga orgánica (VCO), demanda química de oxígeno (DQO), ayudaran en el futuro a complementar el reactor presentado.

Los materiales reciclables cumplían con su función pero el uso de materiales especializados para la construcción de reactores obviamente obtiene un mayor desempeño, eficiencia y calidad, además de que este modelo de reactor se pensó para que una vez obtenido el desecho pueda ser depositado adentro y producir biogás, es decir que estén controladas automáticamente las funciones de ambiente dentro del reactor para que produzca biogás sin problemas.

Esto quiere decir que una escala a tamaño mayor implica mayor producción y una mejora considerable al equipo propuesto actualmente, que en un futuro se piensa trabajar en ello.

Por último la parte de la producción de electricidad será mejor con las modificaciones finales del reactor y entonces podrá usarse a disposición de una empresa para ayudar con los fines de reducción de gastos económicos y ayuda al medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bermúdez RC, Díaz EE, Pérez RM, Martínez MC, Rodríguez Valdés W, Terry A (1999) Tecnología Integral de tratamiento Anaeróbico de los residuales del beneficio de café para la obtención de biogás. Informe Técnico de Proyecto Nacional de Energía. Universidad de Oriente, Cuba.

Blanca, B. H., Azucena, T. D. Y., & Adriana, L. T. (2008). Utilización de residuos agroindustriales. Revista Sistemas Ambientales, 2(1), 44-50 pp.

Blandón-Castaño, G., Dávila-Arias, M. T., & Rodríguez-Valencia, N. (1999). Caracterización microbiológica y físico-química de la pulpa de café sola y con mucílago, en proceso de lombricompostaje. Cenicafé, 50(1), 5-23 pp.

Bote, P. (2013). Estudio de los efectos del pH extremo por adición de NaOH sobre la producción y calidad del biogás y otros parámetros de la digestión anaerobia urbana. Alicante-España: Depuración de Aguas del Mediterráneo S.L.

Calle V., H. Como producir gas combustible con pulpa de café. Chinchiná:Cenicafé, 1974. 12 p. (Boletín Técnico N° 3).

Castillo, R., Carballo, L. y Pérez, N. (2008). Usos de la pulpa de café. Cuba: Pinar del Río.

DIAZ, M., ESPITIA, V., P, MOLINA. (2002) Digestion Anaerobia. Una aproximación a la tecnología. Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Biotecnología. Bogotá.

FAO. (2008). Bosques y energía. Cuestiones clave. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 5, 6,40-50

FIELD, J. Aguas Residuales del Café. In: MANUAL del Curso de arranque y operación de sistemas de flujo ascendente con manto de lodos -UASB. Santiago de Cali, 1987. p. H1-H11.

Hernández, J. A. V., Aguilar, H. A. N., Ramos, J. M. G., Lárraga, T. G. H., & Ortiz, A. F. V. (2017). Generación, caracterización y uso del biogás, producto de la digestión anaerobia de las excretas de ganado bovino. *Lacandonia*, 5(2), 149-158.

Londoño Espinosa, H. D. (2017). Aprovechamiento de pulpa de café para la producción de biogás en un reactor flujo pistón (Doctoral dissertation).

Matuk, V., Puerta, G. I., & Rodríguez, N. (1998). Impacto biológico de los efluentes del beneficio húmedo de café.

Moldes, A. B., Cruz, J. M., Domínguez, J. M., Parajó, J. C. (2002). Production of a cellulosic substrate susceptible to enzymatic hydrolysis from prehidrolized barley husks. *Agr. Food Sci. Finland*. 11(1): 51-58.

Nayono, S. E. (2010). Anaerobic digestion of organic solid waste for energy production (Vol. 46). KIT Scientific Publishing.

Orozco, C., Cantarero, V., & Rodríguez, J. F. (1997). El tratamiento anaeróbico de los Residuos del Café. Seminario-taller: El Tratamiento Anaeróbico de los residuos del café: una alternativa energética para la disminución del impacto ambiental del sector, 37.

Palau, C. (2016). Digestión anaerobia de residuos de biomasa para la producción de biogás, fundamentos. España: Universidad Politécnica de Valencia.

Parajuli, P. (2011). Biogas measurement techniques and the associates errors. Finland: University of Jyväskylä.

PUERTA, G. I. (1999). Influencia del proceso de beneficio en la calidad del café.

Raghavarao, K. S. M. S., Ranganathan, T. V., Karanth, N. G. (2003). Some engineering aspects of solid state fermentation. *Biochemical Engineering Journal*13, pp. 127-135.

Rathinavelu, R., & Graziosi, G. (2005). Posibles usos alternativos de los residuos y subproductos del café. Organización Internacional del Café, ITA.

Ribeiro Días., Rodríguez Valencia, N., Zambrano Franco, D.A, & Lopez-Nuñez, J.C. (2014). Management and Utilization of Wastes from Coffee Processing. In *Cocoa and Coffee Fermentations* Cpp.545-588. CRC Press. doi: doi:10.1201/b17536-16.

Rodríguez, N., & Zambrano, D. A. (2013). Los subproductos del café: fuente de energía renovable

Rodríguez, N., & Zuluaga, J. (1994). Cultivo de *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Qué. en pulpa de café.

Rojas Sossa, J. P. (2015). Evaluación de la producción de biogás por medio de la biodigestión anaerobia semicontinua utilizando residuos del beneficiado del café como sustrato.

Ruíz-Leza, H. A., Rodríguez-Jasso, R. M., Rodríguez-Herrera, R., Contreras-Esquivel, J. C., & Aguilar, C. N. (2007). Diseño de biorreactores para fermentación en medio sólido. *Revista Mexicana de ingeniería química*, 6(1).

Sasse, L. La planta de biogás. Bosquejo y detalles de las plantas sencillas. Braunschweig, Fredr. Vieweg & Sohn, 1984

TOLEDO, V. M., & MOGUEL, P. (1996). El café en México, ecología, cultura indígena y sustentabilidad. *Ciencias*, (043).

Viquez Arias, J. A. (2014). Rendimiento de la producción de metano a partir de pulpa y mucílago de café (*Coffea arabica*). *UTN Informa (Costa Rica)*. (Abr-Jun, 16(68), 28-33.

Viquez, J. (2012). Retos y experiencias con la producción de biogás a partir de aguas mieles del proceso del beneficiado de café. *UTN Informa*, 506, 56-59.

Wasser, R. (1986). Anaerobic treatment of coffee wastewater at farm-level in Matagalpa, Nicaragua. In *Anaerobic treatment of coffee wastewater at farm-level in Matagalpa, Nicaragua*. Universiteit Twente.

ANEXOS

Anexos



SEGURIDAD ALIMENTARIA 2017

CONGRESO INTERNACIONAL DE INOCUIDAD ALIMENTARIA



CONGRESO NACIONAL SOBRE SOSTENIBILIDAD ANTE
EL DESPERDICIO DE ALIMENTOS



12 de Octubre de 2017

Estimados autores, nos complace informarle que su trabajo

Diseño de un Reactor Piloto para la Obtención de Biogas a Partir de Desechos del Grano de Café

AUTORES: Muñoz Navarro, R., Tejeda Cano, J.U., Mirón García, D., Noemí Nava, V.,
Ramírez Martínez, A..

Con número de identificación 202-118

Ha sido ACEPTADO en la modalidad CARTEL

para ser presentada en el Congreso de Seguridad Alimentaria 2017, que incluye el Congreso Internacional de Inocuidad Alimentaria y el Congreso Nacional sobre Sostenibilidad ante el Desperdicio de Alimentos. El evento se realizará del 15 al 17 de Noviembre, en el Campus II de la Universidad Autónoma de Chihuahua, en la ciudad de Chihuahua.

En fechas próximas se dará a conocer el programa completo de la Reunión, en donde podrá revisar la fecha de su presentación. Los trabajos aceptados en el Congreso, podrán enviar una contribución in extenso, que serán sometidas a evaluación de pares, para su inclusión como capítulo, en un libro derivado del evento.

Agradecemos su interés en participar en el evento,

Comité Científico

Seguridad Alimentaria 2017

Congreso Internacional de Inocuidad Alimentaria

Congreso Nacional sobre Sostenibilidad ante el Desperdicio de Alimentos





UNIVERSIDAD DEL
PAPALOAPAN



CAMPUS TUXTEPEC

San Juan Bautista Tuxtepec, 30 de noviembre de 2017.

Asunto: aceptación

C. Alejandra Ramírez Martínez

Instituto Tecnológico Superior de Huatusco

P R E S E N T E

Estimada C. Ramírez Martínez por este conducto el comité organizador y el cuerpo académico Recursos Naturales e Innovación Tecnológica (RENIT) tienen el placer de informarle que su trabajo titulado:

“DISEÑO DE UN REACTOR PILOTO PARA LA OBTENCIÓN DE BIOGAS A PARTIR DE DESECHOS DEL GRANO DE CAFÉ”

Muñoz Navarro Rodrigo, Palacios Dalpiva Óscar Jaciel, Islas Jiménez Aldair de Jesús, Sampieri Vallejo Juan José, Noemí Nava Valente, Alejandra Ramírez Martínez

ha sido aceptado para ser presentado en la categoría de cartel en la 5ª Reunión de Materiales, Nanotecnología y Ciencias Aplicadas. Además, le informo que su trabajo también fue aceptado para ser publicado en extenso dentro de las memorias del evento, las cuales contarán con ISBN.

Sin otro particular y esperando contar con su valiosa participación le mando un cordial saludo y quedo a sus ordenes para cualquier comentario.

Atentamente,

*“Terra uberrima, mens aperta
Bou Lo-tama, chí jí jú”*



Dr. Erick Adrián Juárez Arellano

Director del Instituto de Química Aplicada

Responsable del CA-UNPA-30-RENIT

CAMPUS TUXTEPEC

C. Circuito central No. 200, Col. Parque Industrial.
C.P. 38301, Tuxtepec, Oax. Tel. 01(287)8759240

www.unpa.edu.mx

CAMPUS LOMA BONITA

Av. Ferrocarril S/N, Ciudad universitaria.
C.P. 68400, Loma Bonita, Oax. Tel. 01(281)8729230