

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA
UNAN – MANAGUA**



**FACULTAD REGIONAL MULTIDISCIPLINARIA DE ESTELÍ
FAREM – ESTELÍ**

RECINTO UNIVERSITARIO “LEONEL RUGAMA RUGAMA”

**TRABAJO DE SEMINARIO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO
DE LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN CON MENCIÓN EN
LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES:**

**EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS Y EL PODER
CALORÍFICO CON LA UTILIZACIÓN DE TRES SUSTRATOS
(ESTIÉRCOL DE GANADO BOVINO Y PORCINO, Y LA PULPA DE
CAFÉ)**

AUTORES:

PEM. FRANCISCO JAVIER CASTELLÓN CENTENO

PEM. YEISEL ANABEL MARTÍNEZ RUGAMA

PEM. YADER ANTONIO GUTIÉRREZ MARTÍNEZ

TUTOR:

MSc. JUAN CARLOS VARGAS FUENTES

ESTELÍ, 2015

¡A la Libertad por la Universidad!

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA

UNAN – MANAGUA



FACULTAD REGIONAL MULTIDISCIPLINARIA DE ESTELÍ

FAREM – ESTELÍ

RECINTO UNIVERSITARIO “LEONEL RUGAMA RUGAMA”

TRABAJO DE SEMINARIO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN CON MENCIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES:

EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS Y EL PODER CALORÍFICO CON LA UTILIZACIÓN DE TRES SUSTRATOS (ESTIÉRCOL DE GANADO BOVINO Y PORCINO, Y LA PULPA DE CAFÉ)

AUTORES:

PEM. FRANCISCO JAVIER CASTELLÓN CENTENO

PEM. YEISEL ANABEL MARTÍNEZ RUGAMA

PEM. YADER ANTONIO GUTIÉRREZ MARTÍNEZ

TUTOR:

MSc. JUAN CARLOS VARGAS FUENTES

ESTELÍ, 2015

¡A la Libertad por la Universidad!

TABLA DE CONTENIDO

I.INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	3
1.2. Justificación.....	7
1.3. Planteamiento del problema.....	8
II.OBJETIVOS	9
III.MARCO TEÓRICO	10
3.1. Origen del sistema biogás	10
3.2. Composición química del sistema biogás.....	12
3.3. El sistema biogás como energía alternativa	14
3.4. Digestión anaeróbica.....	15
3.5. Poder calorífico.....	19
IV.DISEÑO METODOLÓGICO	23
1. Ubicación del área de estudio o contexto de la investigación	23
2. Tipo de estudio.....	23
3. Universo o población.....	24
4. Muestra	24
5. Técnicas de recolección de datos	24
6. Los materiales necesarios.....	25
7. Etapas de la investigación.....	25
8. Procesamiento de la información	26
8.1. <i>Operalización de la variable</i>	26
V.ANÁLISIS Y RESULTADOS	28
VI.CONCLUSIONES	36
VII.RECOMENDACIONES.....	37
VIII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
IX.ANEXOS	40

IX. ANEXOS

9.1. Encuestas.....	41
9.2. Entrevistas.....	43
9.3. Guías de observación.....	45
9.4. Cronograma de actividades.....	46
9.5. Presupuesto	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química del biogás	13
Tabla 2. Poder calorífico de los sustratos en estudio	20
Tabla 3. Producción de biogás por sustrato	21
Tabla 4. Definición de variables conceptuales	26
Tabla 5. Definición de variables operacionales	27

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Poder Calorífico	28
Gráfica 2. Beneficios que se obtienen con el uso de biogás	29
Gráfica 3. Recursos naturales utilizados para la preparación de alimentos	30
Gráfica 4. Tipos de desechos animales o subproductos de la cosecha de café y la leña usted prefiere preparar los alimentos.	32
Gráfica 5. Cambiaría el sistema biogás con el aprovechamiento de los desechos animales y los subproductos de los cultivos de la finca por el fogón de leña	33
Gráfica 6. Tiempo de mantenimiento al sistema biogás	34
Gráfica 7. Condición del área del biodigestor biogás	35

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1. Ama de casa cocinando con el sistema biogás.....	29
Foto 2. Productor alimentando el sistema biogás.....	30
Foto 3. Biodigestor instalado produciendo biogás.....	31
Foto 4. Llama de la cocina con la utilización de biogás.....	31
Foto 5. Condición del área donde está el biodigestor	34
Foto 6. Área de la casa destinada para la cocina.....	35

DEDICATORIA

Dios Padre, por darnos la vida, la fortaleza, la sabiduría y el entendimiento para alcanzar nuestras metas y así cumplir nuestros sueños de nuestra graduación en la Licenciatura de la enseñanza de las Ciencias Naturales.

Nuestros padres, por daros el apoyo necesario e incentivarnos para salir adelante y ser útil a la sociedad.

Nuestros maestros, por instruirnos en la enseñanza día a día y guiarnos en nuestro camino, por ser nuestros modelos de ejemplos a seguir y no desvanecer, tomando lo positivo de ustedes y mejorar cada día.

A nosotros mismos, por esforzarnos incansablemente y lograr nuestros sueños de coronar la carrera en la enseñanza de las Ciencias Naturales.

La FAREM – Estelí, por ser el centro de enseñanza superior integral y darnos una formación de calidad, permitiéndonos alcanzar nuestras metas propuestas y siempre tener abierta las puertas para seguir con el diplomado, el postgrado y la maestría.

La UNAN – Managua, por formar profesionales en múltiples conocimientos y saberes, por la apertura la carrera de la enseñanza de las Ciencias Naturales, de la que somos pioneros.

Francisco

Yeisell

Yader

AGRADECIMIENTO

Nuestro creador, Dios Padre, las familias, nuestros padres, madres, esposas y esposos, nuestros hijos, por su amor, confianza y comprensión.

Nuestros profesores asesores, MSc. Josué Tomás Urrutia Rodríguez y MSc. Juan Carlos Vargas Fuentes, a quienes consideramos excelentes profesionales, agradecemos por darnos su colaboración, su apoyo para lograr finalizar con éxito nuestro seminario de graduación y optar al Título de Licenciado en Ciencias de la Educación con mención en las Ciencias Naturales.

A todos nuestros maestros que fueron parte esencial de nuestro caminar a largo de cada uno de los años de nuestra carrera.

A nuestros amigos y amigas, compañeros y compañeras de clase, por su confianza, apoyo y cariño.

Por nuestros sueños y las metas propuestas que a lo largo de los cinco años de estudios fueron alcanzadas.

Francisco

Yeisell

Yader

RESUMEN

Las áreas de bosque han sido taladas, debido al aprovechamiento del suelo para trabajar la tierra y así procurándose su alimentación y la construcción de vivienda.

La población mundial ha aumentado aceleradamente aprovechando los recursos naturales. La leña ha sido la fuente de energía principal para la cocción de alimentos en los hogares.

Como prácticas culturales, dentro de las que están, la agricultura y la ganadería, aprovecha el suelo, dando la tala de los bosques y la baja escala de reforestación están afectando esta fuente energética de la cual depende más de una tercera parte de la población rural de bajos ingresos del mundo.

Los altos costos de los fertilizantes químicos hacen necesario desarrollar métodos más eficaces y de bajo costo para el reciclaje de los estiércoles bovinos y porcinos así como de los subproductos del manejo de la pulpa de café para la producción de biogás.

Palabras claves: energía, reciclaje, estiércol, bovino, porcino, pulpa de café, producción, biogás.

I. INTRODUCCIÓN

Nuestros antepasados quemaron grandes áreas de bosque con el fin de limpiar el suelo y trabajar la tierra, procurándose su alimentación y vivienda. También a partir de esto obtenían la madera para construir los hogares y la obtención de la energía como leña. En los tiempos antiguos era factible este tipo de prácticas por la poca población humana y la regeneración natural del bosque superaba la tasa de destrucción (Castellón, *et al*, 2012)

Actualmente la población mundial está creciendo muy aceleradamente destruyendo y limitando los recursos naturales. El suministro de leña está disminuyendo. La agricultura, ganadería, tala de los bosques y la baja escala de reforestación están afectando esta fuente energética de la cual depende más de una tercera parte de la población rural de bajos ingresos del mundo. Por otro lado, está el constante problema de los incendios forestales que disminuyen los recursos.

La utilización de la leña contamina en la salud de las familias que inhalan constantemente humo. Los costos crecientes y la disponibilidad limitada de las fuentes minerales de energía adicionados a la dificultad de su distribución en el medio rural y los altos costos de los fertilizantes químicos hacen necesario desarrollar métodos más eficaces y de bajo costo para el reciclaje de las excretas bovinas y porcinas así como de los subproductos del manejo de la pulpa de café para la producción de biogás. La familia campesina puede mejorar su bienestar y proteger al ambiente a través de los biodigestores.

Con este trabajo de investigación se valoraron la efectividad de los tratamientos y el funcionamiento del sistema de biogás con la producción de tres sustratos los estiércoles bovinos y porcinos, y la pulpa de café, para la generación de calor como una energía alternativa y así lograr reducir los despales de los bosques con el aprovechamiento de la materia orgánica.

Nuestro objetivo fue la evaluación de la producción de biogás y el poder calorífico con la utilización de tres sustratos, se valoró la importancia del mantenimiento del sistema en la producción de biogás de tres sustratos, y se promovió una campaña educativa de concientización de la población sobre el uso adecuado de los recursos naturales y el aprovechamiento de la materia orgánica en la producción de energía.

1.1. Antecedentes

Alguno de los trabajos realizados por la FAREM Estelí y otros organismos que inciden en comunidades rurales de Nicaragua, donde se busca la necesidad de energías alternativas en la generación de calor, con el uso del biogás, tenemos los siguientes:

Tema: Rediseño del biodigestor construido en el Centro de Investigación y Educación Ambiental (CIEA) de la FAREM en el Municipio de Estelí en el Primer Semestre del 2009.

Elaborado por: Bra. Karen Patricia Benavides Rodríguez

Bra. Anielka Lisseth Benavidez Betanco

Bra. Karen Sujey Dormus Najeres

Fecha: Primer Semestre 2009.

Ellas concluyeron que la deforestación causadas por empresas madereras, el avance de la frontera agrícola, la siembra de pastos y el alto consumo de leña, han contribuido a grandes desequilibrios ambientales en el país y que los biodigestores son una salida para la producción de biogás y poder cocinar sin la necesidad de leña, contribuyendo a un equilibrio entre la naturaleza y la humanidad.

Tema: Alternativas didácticas en la enseñanza de la obtención de biogás en el nuevo curriculum de educación secundaria.

Elaborado por: Br. Henry Joel Castillo Benavides

Bra. Martha Isabel Moreno Lagos

Bra. Maryuri Liseth Olivas Córdoba

Fecha: 22 de noviembre del 2008.

Ellos abordaron acerca del aprovechamiento de las energías renovables, especificando la energía del biogás como de interés para zona rural y en el que el sistema educativo tome en cuenta el personal especializado en energías renovables, a través de la transformación de los desechos orgánicos y que en el nuevo curriculum existen competencias y contenidos relacionados con temas de energías renovables, las que se pueden aprovechar.

Tema: Estudios de alternativas para la utilización energética de biogás obtenido como subproducto de la elaboración de alcoholes.

Elaborado por: Br. Mauro Antonio Flores Zambrano

Br. Fernando José Tapia Mejía

Fecha: 8 de enero del 2011.

En este trabajo realizaron un estudio de alternativas para la utilización energética de biogás, obtenido como subproducto de la elaboración de alcoholes. El sistema de tratamiento anaeróbico, en el que se propone emplear este valioso recurso energético para generar energía eléctrica de una manera sostenible.

Tema: Guía de diseño y manual de instalación de biodigestores familiares.

Elaborado por: Jaime Martí Herrero

Fecha: 2008

Este trabajo trata de una guía del diseño e instalación de un biodigestor, considerado como un sistema natural que aprovecha la digestión anaerobia (en ausencia de oxígeno) de las bacterias que ya habitan en el estiércol, para transformar este en biogás y fertilizante. El biogás puede ser empleado como combustible en las cocinas, calefacción o iluminación, y en grandes instalaciones se puede utilizar para alimentar un motor que genere electricidad. El fertilizante, llamado biól, inicialmente se ha considerado un producto secundario, pero

actualmente se está tratando con la misma importancia, o mayor, que el biogás, ya que provee a las familias de un fertilizante natural que mejora fuertemente el rendimiento de las cosechas.

Tema: Diseño e implementación del biodigestor en comunidades rurales de la parte alta de la subcuenca del Río Viejo, Jinotega, Nicaragua.

Elaborado por: Guillermo Bendaña G.

Fecha: 02 de julio del 2007.

Este diseño trata del avance de la frontera agrícola, supone la destrucción del bosque para dedicar el suelo a la ganadería y agricultura, si a esto añadimos que la leña es la principal fuente de energía para el hogar se produce una creciente deforestación que reduce considerablemente el efecto que la vegetación ejerce sobre el control de la erosión. Por otro lado los residuos orgánicos de la cabaña ganadera, al no ser tratados producen contaminación.

Tema: Sistema biodigestor para el tratamiento de desechos orgánicos (Estelí, Nicaragua)

Elaborado por: Alejandro Bautista Buhigas

Fecha: Octubre 2010.

El proyecto se centra en dos líneas; una parte experimental y otra orientada a la práctica constructiva de tres biodigestores portátiles para su uso como herramienta docente en la universidad. La parte experimental consistió en los análisis de la digestión dentro de los tres biodigestores portátiles con el fin de caracterizar la biodigestión de cada uno de los desechos orgánicos. En la parte práctica, la idea central fue proponer un sistema biodigestor en el Parque Científico Estelimar cuyo diseño estará basado sobre los resultados experimentales, considerando, por supuesto, las condiciones de terreno, disponibilidad de agua y otros recursos locales de la finca.

Tema: Construcción y uso de biodigestor tubular plásticos

Elaborado por: MSc. Tania del Carmen Beteta Herrera

MSc. José Adolfo González Sobalvarro

Fecha: 2005.

La información que se presenta en la guía, es producto de la experiencia desarrollada por profesionales y técnicos de la Universidad Nacional Agraria, de los resultados de investigaciones realizadas por docentes y estudiantes de los departamentos de Sistemas de Producción Pecuaria de la Facultad de Ciencia Animal y de Ingeniería Agrícola de la Facultad de Agronomía y del intercambio de experiencias con instituciones afines que realizan Investigación en el Campo Agropecuario y Forestal.

Tema: Elabore su propio biodigestor de bajo costo

Elaborado por: Raúl Botero Botero, MVZ

Thomas R. Preston, PhD

Fecha: 2005

Este trabajo trata de los costos crecientes y la disponibilidad limitada de las fuentes minerales de energía adicionados a la dificultad de su distribución en el medio rural y los altos costos de los fertilizantes químicos hacen necesario desarrollar métodos más eficaces y de bajo costo para el reciclaje de excretas y la producción de combustible y fertilizante en los sistemas agropecuarios.

1.2. Justificación

La necesidad de la energía alternativa renovable, como es el sistema biogás, que aprovecha los desechos orgánicos de las actividades pecuarias y de los subproductos agrícolas va a depender del propósito para el cual ha sido creado, esta energía que no proviene directamente de los recursos naturales como es el caso de la leña, para las necesidades energética en la mayoría de los hogares rurales.

Por cultura la leña es una de las más demandadas, esta actividad ha conllevado a los despale de las áreas boscosas. Con el aumento de la población, cada vez se necesita más energía, generando así un problema que reduce las áreas boscosas, en alguno de los casos la desertificación y los suelos van perdiendo su fertilidad y degradándose por la escorrentía a través de las lluvias y sus efectos se vuelven cada vez mayor por el avance de la frontera agrícola.

Para dar una alternativa a este tipo de energía renovable, se pretendió dar una posibilidad tecnológica, en donde se involucrara la comunidad y utilizar los residuos orgánicos, como es el caso del estiércol bovino y porcino y el subproducto de la actividad cafetalera, la pulpa de café, un sistema biogás de bajo costo, para la creación de consciencia ambiental y por ende la reducción de la energía a base de leña.

El tener más información de estudios alternativos sobre las energías renovables, en este caso el sistema biogás, el que consiste en una mezcla de gases y su composición depende del tipo de residuo orgánico utilizado para su producción y de las condiciones en que se procesa.

Para resolver la problemática de la energía, que no dependa de la leña en los hogares rurales, se presentó la necesidad de hacer este trabajo de investigación, el caso del sistema biogás con los sustratos estiércol bovino y porcino, y la pulpa de café.

1.3. Planteamiento del problema

Para el estudio de este trabajo final de seminario de graduación, cuya finalidad fue la medición de la producción de biogás y el poder calorífico con la utilización de tres sustratos, entre los que están los estiércoles bovinos y porcinos, y la pulpa de café, nos hemos planteado las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Qué ventajas tiene la utilización del biogás en la generación de calor?
2. ¿Qué beneficios se obtienen con el uso del biogás en los hogares?
3. ¿Por qué no es tan común el uso de biogás en las zonas rurales?
4. ¿Por qué un buen mantenimiento de sistema biogás nos lleva a una mejor fermentación de los tres sustratos?

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- ✓ Evaluar el tratamiento y funcionamiento del sistema de biogás con la producción de tres sustratos los estiércoles bovinos y porcinos, y la pulpa de café, para la generación de calor y reducir los despales con el aprovechamiento de la materia orgánica.

2.2. Objetivos Específicos

- ✓ Determinar la producción de biogás y el poder calorífico en la generación de calor con la utilización de tres sustratos.
- ✓ Conocer los beneficios que se obtiene con el uso de biogás para el aprovechamiento de la energía en los hogares.
- ✓ Fomentar el uso de biogás como fuente de energía en los hogares rurales.
- ✓ Valorar el mantenimiento del sistema biogás en el mejoramiento de la fermentación en el interior del biodigestor.

III. MARCO TEÓRICO

3.1. Origen del sistema biogás

El interés científico en los gases producidos por la descomposición natural de la materia orgánica, fue divulgado por primera vez en el siglo XVII por Robert Boyle, que observó que había gas inflamable en el sedimento de los lagos. Se sabe que el hombre conoce desde muy antiguo la existencia del biogás, pues este se produce en forma natural en los pantanos, de allí que se lo llama gas de los pantanos. En sitios como Argentina se encuentra en el delta del Paraná donde se perfora hasta llegar a alcanzarlo con una cañería obteniéndose el biogás acumulado por la naturaleza (Brown, 1987; Marchaim, 1992).

En 1808, Dalton, Henry y Davy producen gas metano (principal componente del biogás) en un laboratorio, Davy consigue determinar que el metano estaba presente en los gases producidos por el abono del estiércol del ganado. Se toma este acontecimiento como el inicio de la investigación en biogás. Desde esos días hasta la actualidad mucho se ha avanzado sobre el tema y actualmente se cuenta en instalaciones que van desde la pequeña escala doméstica hasta las aplicaciones agroindustriales.

El primer digester anaerobio fue construido por una colonia en Bombay, La India en 1859. En 1895 la tecnología fue desarrollada en Exeter, Inglaterra, donde un tanque séptico fue utilizado para generar el gas que fue utilizado para dar iluminación en la calle. También en Inglaterra, en 1904, se construye el primer tanque de doble finalidad para: sedimentación y tratamiento del lodo, fue instalado en Hampton. En 1907, en Alemania, fue publicada una patente sobre el Tanque de Imhoff, una forma temprana de digester.

Con la investigación científica de la digestión anaerobia en alza y con reconocido prestigio académico, es en los años 30, cuando esta investigación condujo al descubrimiento de las bacterias anaerobias, los microorganismos que facilitaban el proceso de la digestión anaerobia. Una investigación adicional fue realizada para

investigar las condiciones bajo las cuales las bacterias metanogénicas podían crecer y reproducirse. Este trabajo fue desarrollado durante la Segunda Guerra Mundial donde en Alemania y Francia hubo un aumento del uso de la digestión anaerobia para el tratamiento de los abonos.

La historia de la investigación y utilización del biogás en China cubre un periodo de más de 50 años. Las primeras plantas de biogás fueron instaladas en los años 40 del siglo XX por familias prósperas de la época. Luego, desde los años 70 en adelante, la investigación del biogás fue evolucionando de manera rápida y fue promocionada intensivamente por medio del gobierno chino. En las zonas rurales, han sido construidas más de 5 millones de plantas para uso doméstico y hoy en día, más de 20 millones de personas usan el biogás como combustible.

En la India, el desarrollo de pequeñas plantas de biogás en medios rurales comenzó en los años 50 del siglo XX. Pero no fue hasta los años 70 cuando gracias a una fuerte inversión del gobierno da un fuerte despegue. De este modo, hoy en día, existen más de un millón de plantas de biogás en la India.

La experiencia histórica en Alemania, China e India demuestra claramente, como el desarrollo de la tecnología del biogás es favorable en diferentes condiciones. En Alemania, la diseminación y expansión del biogás ganó terreno gracias a la necesidad de buscar fuentes alternativas de energía tras los destrozos ocasionados por la época de la crisis de energía o, más tarde, con el cambio del precio de la electricidad. En la India y China fueron los fuertes programas de desarrollo y expansión los que ayudaron a que creciera en masa la tecnología del biogás.

Alemania promociona la tecnología del biogás en el Sur. A finales de los años 70, impulsado por Schumacher con el plan llamado “Small is Beautiful” (“Lo pequeño es bonito”), las tecnologías apropiadas entran en procesos de trabajo de desarrollo en el Sur. No alta tecnología de los países del hemisferio Norte, pero innovadora, aceptable, simple y tradicional, donde, se pensó que era el remedio para el desarrollo de la tecnología y acortar el vacío tecnológico entre los países

industrializados y los países en vías de desarrollo. Después de esta época, llega el lanzamiento en 1980 por parte del organismo Alemán GTZ eligió la tecnología del biogás como foco principal de sus actividades. Esta iniciativa obtuvo como resultado un esquema sectorial que ha ido definiendo el plan de apoyo y expansión al desarrollo de la tecnología del biogás en América Latina, Asia y África.

Los países industrializados, o no tenían la experiencia suficiente o no tenía la tecnología apropiada para aplicarlos en los países en vías de desarrollo. Raramente, esta experiencia fue identificada en India y China y fue transmitida por una transferencia de tecnología Sur – Norte - Sur. El término “tecnología apropiada” surge por el hecho de que esta tecnología fue adaptada a las respectivas condiciones locales durante la etapa de aprendizaje con los países en vías de desarrollo.

Un gran número de programas de expansión fueron gestionados por el organismo alemán de cooperación GTZ y lanzados en Bolivia, Colombia, Nicaragua, el Caribe (Belice y Jamaica), Tanzania, Kenia, Burundi, Marruecos y Tailandia.

Inicialmente, el biogás y la tecnología anaeróbica se centró en las granjas de pequeña escala. En una fase más avanzada, las granjas más grandes del mismo modo que incrementaron los tratamientos de desechos, también se vieron involucradas en la tecnología del biogás. Estas actividades habían sido un resultado positivo de los efectos secundarios en los otros países pertenecientes al programa, en Alemania, Europa y la cooperación internacional al desarrollo.

Como en otros campos de la tecnología apropiada (TA) promoción, protección medio ambiental, provisión de energía y soporte al sector privado de empresas de desarrollo está creciendo, pues está comprobado que son elementos inseparables para el desarrollo sostenible de la tecnología.

3.2. Composición química del sistema biogás

El biogás es una mezcla de gases y su composición depende del tipo de residuo

orgánico utilizado para su producción y de las condiciones en que se procesa. Este tiene varios usos pero debe purificarse si se usa como combustible en motores: el gas carbónico se elimina al hacer burbujear el biogás en agua; el ácido sulfhídrico, burbujeándolo en una solución de soda cáustica ó en agua que contenga sulfato de cobre disuelto, también pasándolo por una trampa de limadura de hierro o esponjillas de alambre. Introducir pequeñas cantidades de aire (3 a 5% del volumen del depósito para el biogás) reduce hasta en un 95% el ácido sulfhídrico producido. La humedad se elimina haciendo circular el biogás entre cloruro de calcio.

Los principales componentes del Biogás, son los siguientes:

Tabla 1. Composición química del Biogás

Componentes	Demanda química	% Aproximado
Metano	CH ₄	60-70
Gas Carbónico	CO ₂	30-40
Hidrógeno	H ₂	1
Nitrógeno	N ₂	0,5
Monóxido de Carbono	CO	0,1
Oxígeno	O ₂	0,1
Ácido Sulfhídrico	H ₂ S	0,1

Fuente: Guerrero y Pérez, 2001

Según Chang y col. (1983), el producto de la degradación anaerobia de la materia orgánica presente en los desechos de la pulpa del café, se obtiene al final del proceso, un gas rico en CH₄ (>50%) y CO₂ (<50%), el cual posee además traza de nitrógeno, de hidrógeno, sulfuro de hidrogeno, vapor de agua, amoniaco y compuestos aromáticos como, escatol y catecol. A este gas que tiene la característica de presentar alto valor combustible se le denomina biogás.

La digestión anaeróbica, biodigestión o metanación se refiere al uso de procesos biológicos en un medio anaeróbico para romper cadenas de moléculas complejas en sustancias más simples (Lettinga y Van Haandel, 1993). La aplicación de biodigestión se inició antes del siglo XX cuando el biogás era quemado para dar iluminación en Inglaterra (Brown, 1987). En los años 1930s, se mantuvo un interés

creciente en la aplicación de digestión anaeróbica, especialmente en zonas rurales, donde los productos de la digestión (biogás y efluente) pueden convertirse en productos aprovechables por los agricultores. El biogás es una fuente renovable de energía y el efluente (material digerido) tiene una alta concentración de nutrientes, bajo contenido de patógenos y se encuentra prácticamente libre de semillas viables de malezas.

La digestión anaeróbica puede considerarse como la forma más sencilla y segura de dar tratamiento a excrementos humanos y animales en zonas rurales (Brown, 1987). Pero, su aplicación a gran escala se ha visto limitada en parte por razones culturales que desaprueban el uso de excrementos humanos en la producción de biogás y los altos costos de instalación de un biodigestor convencional (Fulford, 1993).

3.3. El sistema biogás como energía alternativa

La energía constituye un insumo clave y básico para el desarrollo de cualquier comunidad, pero cuando hablamos de energía también hablamos de otros aspectos tales como: uso y abuso, fuentes de abastecimiento, contaminación generada por la misma, al hablar de medio ambiente indudablemente se deben mencionar la generación de residuos, en todos los estados físicos (sólidos, líquidos y gaseosos) y el daño que causa en la sociedad, tanto su presencia, como los productos de su descomposición o los gastos generados por su disposición adecuada (Brown, 1987).

A nivel rural predomina el consumo de leña como principal combustible para cocción de alimentos, no obstante no es el único combustible. El número de hogares que consume leña a nivel rural es alto. Según la Encuesta de Leña 2005, este número alcanzaba 369,514 hogares que consumían leña como única fuente de energía para cocción de alimentos. Un total de 28,526 hogares consumían leña como combustible primario, además teniendo otro combustible como secundario (GLP, carbón, kerosene). Mientras que un total de 17,468 hogares consumía leña como combustible secundario, siendo el combustible primario GLP, carbón u otro.

La generación de energía a partir de biogás queda dentro del ciclo natural. Básicamente no es más que acelerar un proceso, la fermentación anaeróbica, que ocurre en forma espontánea en la naturaleza, como el producido en el tracto digestivo de los animales rumiantes (Brown, 1987).

El biodigestor es una tecnología que aprovecha algunos de los recursos que el hombre desecha de su finca para generar energía. Se utiliza excretas (heces y orina) de animales domésticos (bovinos, búfalos, equinos, porcinos, etc.) y subproductos de labores agrícolas. Estas se pueden convertir en biogás (metano, CO₂ y otros) y efluentes que es fuente de combustible y abono orgánico.

3.4. Digestión anaeróbica

Según un estudio realizado por la Universidad Carlos III con Sistema biodigestor para el tratamiento de desechos orgánicos sobre la digestión anaerobia es un proceso biológico complejo a través del cual, en ausencia de oxígeno, la materia orgánica es transformada en biogás o gas biológico, formado principalmente por metano y anhídrido carbónico. Se caracteriza por la existencia de tres fases diferenciadas en el proceso de degradación del sustrato (término genérico para designar, en general, el alimento de los microorganismos), interviniendo diversas poblaciones de bacterias (Brown, 1987; Marchaim, 1992).

Según Brown (1987), se identifican cinco grandes poblaciones bacterianas, las cuales actúan catalizando tres procesos consecutivos: hidrólisis, acidogénesis (formación de ácidos) y metanogénesis (formación de metano), constituyendo 4 etapas, las cuales se describen a continuación:

3.4.1. Etapa hidrolítica

Los compuestos orgánicos complejos, como los lípidos, proteínas e hidratos de carbono, son despolimerizados, por acción de enzimas hidrolíticas, en moléculas solubles y fácilmente degradables, como azúcares, ácidos grasos de cadena larga, aminoácidos, alcoholes, etc.

3.4.2. Etapa acidogénica

Los compuestos solubles obtenidos de la etapa anterior se transforman en ácidos grasos de cadena corta (ácidos grasos volátiles), esto es, ácidos acéticos, propiónico, butírico y valérico, principalmente.

3.4.3. Etapa acetogénica

Los compuestos intermedios son transformados por las bacterias acetogénicas. Como principales productos se obtiene ácido acético, hidrogeno y dióxido de carbono. El metabolismo acetogénico es muy dependiente de las concentraciones de estos productos.

3.4.4. Etapa metanogénica

Constituye la etapa final del proceso, en el que compuestos como el ácido acético hidrogeno y dióxido de carbono son transformados a CH_4 y CO_2 . Se distinguen dos tipos principales de microorganismos, los que degradan el ácido acético (bacterias metanogénicas acetoclásicas) y los que consumen hidrogeno (metanogénicas hidrogenófilas). La principal vía de formación del metano es la primera, con alrededor del 70% del metano producido, de forma general.

a) Parámetros

Siendo la digestión anaerobia un proceso bioquímico complejo, es necesario mantener las condiciones óptimas que permitan la realización tanto de las reacciones químicas dentro de la matriz líquida del reactor, como las reacciones bioquímicas intracelulares que dan vida a los organismos en juego (Brown, 1987).

b) Temperatura y tiempo de retención

La temperatura determina el tiempo de retención para la digestión y degradación de la materia orgánica dentro del digestor, la degradación se incrementa en forma geométrica con los aumentos de la temperatura de trabajo, además se

incrementa la producción de biogás.

Puesto que la digestión es un proceso tan lento, con frecuencia es necesario aplicar calor para acelerar las reacciones bioquímicas implicadas. La mayoría de los digestores convencionales funcionan en la gama mesofílica, es decir, entre 12 y 35° C, optimizándose el proceso entre los 29 y 33°C.

Aunque la digestión anaerobia puede ocurrir en la gama termofílica de entre 37-65 °C, con un óptimo en las proximidades de los 55°C, de tal manera que la digestión termofílica permite una permanencia menor en los tanques, pero, debido a su excepcional sensibilidad a los cambios de temperatura, exige un gran control y no es aconsejable (Brown, 1987).

Es preferible por tanto, la digestión mesofílica, con temperatura controlada. A menores temperaturas se sigue produciendo biogás, pero de manera más lenta.

A temperaturas inferiores a 5°C se puede decir que las bacterias quedan 'dormidas' y ya no producen biogás. Por ello es necesario estimar un tiempo de retención según la temperatura a la que se trabaje.

El tiempo de retención es la duración del proceso de digestión anaerobia, es el tiempo que requieren las bacterias para digerir el lodo y producir biogás. Este tiempo, por tanto, dependerá de la temperatura de la región donde se vaya a instalar el biodigestor.

Así, a menores temperaturas se requiere un mayor tiempo de retención que será necesario para que las bacterias que tendrán menor actividad, tengan tiempo de digerir el lodo y de producir biogás metano (metanogénesis).

c) Valor de pH

El pH representa el grado de acidez presente en el biodigestor , su valor óptimo oscila entre 6,6 y 7,6 cuyo rango es el adecuado para que el reactor opere correctamente, valores de pH por debajo de 5 y por encima de 8 se corre el riesgo de inhibir el proceso de fermentación o incluso detenerlo (Brown, 1987).

d) Relación Carbono: Nitrógeno en las Excretas

El carbono contenido en el estiércol es el elemento que las bacterias convierten en metano (CH₄). El nitrógeno es utilizado para la multiplicación bacteriana y como catalizador en el proceso de producción de biogás; niveles altos de N pueden llegar a detener la generación de metano. El contenido de carbono en el estiércol bovino es excesivo, al igual que el contenido de nitrógeno en el estiércol porcino (alimentados con dietas de alto nivel protéico). De allí la posibilidad y ventaja de alimentar al biodigestor con las excretas mezcladas de varias especies animales, lo que permite balancear su contenido de nutrientes e incrementar así la eficiencia del proceso de producción de biogás.

e) Rangos de Temperatura

La tasa de fermentación anaeróbica de los sólidos orgánicos y su conversión parcial en biogás están directamente relacionadas con la temperatura interna de operación. Aunque el proceso se lleva a cabo en un amplio rango de temperatura que va de 15 a 60 °C, la mayor eficiencia de conversión se obtiene en los rangos de temperatura mesofílicos (30 °C a 40°C) y termofílicos (55°C a 60°C). La mayoría de las bacterias metanogénicas digieren la materia orgánica más eficientemente en el rango mesofílico que puede ser alcanzado por la fase líquida, no solamente por efecto de la temperatura ambiental sino también por la temperatura interna.

Esta se incrementa debido a la generación de calor ocurrida durante la fermentación de la materia orgánica (proceso exotérmico); por esta razón, a medida que disminuye la temperatura ambiental por efecto de la altura sobre el nivel del mar, es conveniente recolectar el agua del lavado de las instalaciones pecuarias para la alimentación del biodigestor, bien durante las horas más cálidas del día o utilizando calentadores solares para ello (Brown, 1987).

f) Suministro de Excretas al Biodigestor

Para obtener producción diaria de biogás es necesario alimentar el biodigestor con la misma frecuencia. Si el lavado de las instalaciones para el alojamiento de animales se realiza diariamente, es conveniente que el desagüe de los pisos esté en conexión directa con el biodigestor y que posea un interruptor manual para desviar y evitar la entrada de exceso de agua del lavado, mezclada con las excretas (Brown, 1987).

g) Proporción entre Excretas y Agua

Las excretas sólidas (estiércol) contienen en promedio 15-20 % de materia seca. Deben ingresar al biodigestor como una suspensión en agua del 3 al 4% de materia seca; esto significa en términos prácticos una mezcla de cuatro partes de agua por una parte de estiércol fresco. Se pueden utilizar hasta diez partes de agua por una de estiércol, según el número y especie de animales; por ejemplo, el estiércol de cerdo es más metanogénico que el de otras especies animales (Brown, 1987).

h) Tiempo de Retención y Cantidad de Excretas

El tiempo de retención para la digestión anaeróbica de la materia orgánica diluida es de 50 días; en clima caliente ($> 30\text{ }^{\circ}\text{C}$) se baja a 40 ó 30 días. La cantidad diaria de excretas para alimentar el biodigestor se calcula dividiendo el volumen de su fase líquida entre 50 días de retención (Brown, 1987).

3.5. Poder calorífico

El poder calorífico del biogás lo convierte en un combustible apreciable, tanto en el ámbito doméstico, alumbrado y cocción de alimentos, como en la industria, en la producción de energía calorífica, mecánica o eléctrica al ser usado en caldera o en motores de combustión interna.

El poder calorífico expresa la energía máxima que puede liberar la unión química entre el combustible y el comburente y es igual a la energía que mantenía unidos

los átomos en las moléculas de combustible (energía de enlace), menos la energía utilizada en la formación de nuevas moléculas en las materias (generalmente gases) formadas en la combustión.

La magnitud del poder calorífico puede variar según como se mida. Según la forma de medir se utiliza la expresión poder calorífico superior (abreviadamente, PCS) y poder calorífico inferior (abreviadamente, PCI). (INSHT, 2000)

El biogás es incoloro, inodoro e insípido, por lo que es difícil detectarlo; pero por tener una densidad menor que la del aire su peligrosidad asfixiante y explosiva disminuye al construir locales altos y con ventilación (Smart, J; Boyko, B. 1977).

Según el estudio realizado por López Pérez (1987), la temperatura crítica del metano es de 82 °C (116.5 °F) y una presión crítica de 45.8 kg/cm² (673 psi), características que obligan a utilizar el gas en su estado natural, ya que el equipo para licuarlo consume demasiada energía y lo hace incosteable en unidades de poca producción. Con respecto al CO₂ es necesario tratar el gas con soluciones de sosa o de cal para eliminarlo o reducirlo. Con ello se puede asegurar el incremento de su poder calorífico, pero la economía del sistema lo afecta considerablemente, además de complicarlo. Un análisis de costo – beneficio de la ganancia de poder calorífico contra consumo de reactivos, de agua y de energía llevarán sin duda a concluir que es más ventajoso usar el gas con CO₂ (Smart, J; Boyko, B. 1977).

Tabla 2. Poder calorífico de los sustratos en estudio

Sustrato	Poder Calorífico
Estiércol Bovino	17,00 kJ/m ³
Estiércol Porcino	20,85 kJ/m ³
Pulpa de Café	16,74 KJ/ton

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo (2000) y Calle (1997).

Según la tabla 2, nos damos cuenta que el sustrato estiércol de cerdo presenta 20,85 KJ/m³ de poder calorífico, lo que nos indica más calorías en metros cúbicos

que el estiércol de bovino, con 17,00 KJ/m³ y la pulpa de café con 16,74 MJ/kg (Castellón. F, *et al.* 2012).

Tabla 3. Producción de biogás por sustrato

Sustratos	Producción de biogás
Estiércol bovino	20 lt de biogás/kg de sustrato
Estiércol porcino	30 lt de biogás/kg de sustrato
Pulpa de café	128 lt de biogás/kg de sustrato

Fuente: Universidad Autónoma de Entre Ríos (2001) y Balseca de la Cadena y Cabrera Bastidas. Proyecto de Graduación del Zamorano, Honduras (2011)

En la tabla 3, podemos apreciar que el cerdo produce 30 lt de biogás por kg de estiércol, para el bovino la producción es de 20 lt de biogás por kg de estiércol y para la pulpa de café es de 128 lt de biogás por kg de sustrato (Balseca y Cabrera, 2011).

Una vez el biodigestor ya instalado empezará a funcionar después de 30 a 35 días de iniciada la carga diaria de la bolsa o campana, puede esperar la producción de biogás, la cual puede llegar a 900 litros diarios, teniendo un consumo por lo menos de 150 litros por hora, se logra que el biogás producido permita cocinar por lo menos 6 horas diarias (Botero y Aguilar, 2006).

Son gases que se encuentran presentes en la atmósfera terrestre y que dan lugar al fenómeno denominado efecto invernadero. Su concentración atmosférica es baja, pero tienen una importancia fundamental en el aumento de la temperatura del aire próximo al suelo, haciéndola permanecer en un rango de valores aptos para la existencia de vida en el planeta (Andrews, D. G., y Holton, C, B. 1987).

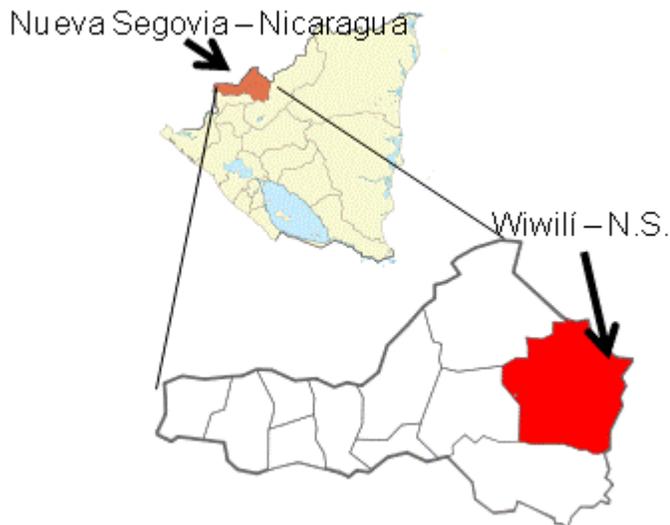
Según Andrews y Holton (1987), los gases de invernadero más importantes son: vapor de agua, dióxido de carbono (CO₂) metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) clorofluorcarbonos (CFC) y ozono (O₃).

Para Andrews y Holton (1987), el metano se da por la descomposición anaeróbica de la materia orgánica de los desechos (heces) y de vegetales en las tierras húmedas (pantanos, ciénagas, arrozales), por la combustión de biomasa y el

venteo de gas natural; esto genera una concentración actual de ppm (partes por millón) de 1,70 y un crecimiento anual del 0,9%.

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

1. Ubicación del área de estudio o contexto de la investigación



Este estudio de investigación se realizó en la comunidad rural de Palo Prieto del municipio de Wiwili, Nueva Segovia; se localiza en la zona central norte del país, en el extremo oeste del departamento de Nueva Segovia a 318 km de la Ciudad Capital Managua y a 118 km de la cabecera

departamental Ocotal (AMUNSE, 2004).

La posición geográfica del municipio son las siguientes, $13^{\circ} 37' 21''$ en la latitud norte y $48^{\circ}49' 30''$ oeste, presenta un clima sabana tropical de altura y precipitación, la precipitación anual es de 1200 a 1500 mm distribuidos entre los meses de mayo a diciembre con algunas lluvias esporádicas y residuales en los meses de enero y febrero.

Los meses más húmedos corresponden a partir de agosto hasta noviembre, los meses más secos corresponden a los meses de marzo y abril. Se caracteriza por sus relieves ondulados y cerros comprendidos en las alturas de 500 a 1500 msnm, con pendientes del 20 al 45%, geológicamente se trata de rocas metamórficas en la parte oeste del Municipio.

2. Tipo de estudio

Este estudio de investigación es de tipo cualitativo, lo que se quiso saber es cual de los sustratos (estiércol bovino y porcino, y pulpa de café) presentan mayor producción de biogás y su poder calorífico.

3. Universo o población

Según CIPRES (2003), en todo el mundo existen al menos unos 6.7 millones de biodigestores aproximadamente, y en Nicaragua alrededor de 1512 biodigestores.

4. Muestra

Para este estudio de investigación se seleccionaran diez sistemas biogás (biodigestores) para cada una de las pruebas, por tener un fácil acceso por carretera todo tiempo, se selecciona la comunidad de Palo Prieto (Castellón. F, *et al.* 2012).

Se utilizaron 10 biodigestores para cada tratamiento, con la utilización de la proporción de la población a muestrear, se aplicó la fórmula, que consiste en una población infinita (cuando se desconoce el total de unidades de observación que la integran o la población es mayor a 10,000):

$$n_o = \frac{z^2 p q}{e^2}$$

Donde:

n_o : tamaño de la muestra

z : nivel de varianza al 95%

e : error máximo permitido al 3%

p y q : varianza del error ($p + q = 1$)

Para el ajuste de la muestra de una población infinita que se estudiará, se usó la ecuación siguiente:

$$n' = \frac{n_o}{1 + \frac{n_o - 1}{N}}$$

Donde:

n' : ajuste de la muestra

N : población estudiada

5. Técnicas de recolección de datos

El tipo de técnica que se utilizó para recolectar la información de la investigación, fue a través de las encuestas, entrevistas y guías de observación, verificando el tratamiento de cada biodigestor con los sustratos correspondientes. Este método

experimental nos permitió estudiar muestra y como instrumento para cumplir con nuestro trabajo de investigación nos condujo a lograr los objetivos planteados.

6. Los materiales necesarios

Dentro de los materiales necesarios están:

- a. Lápiz y cuadernos de apuntes.
- b. Indicadores de medición.

7. Etapas de la investigación

a) Etapa Preliminar: Identificación del problema a investigar.

Se seleccionó un problema ambiental que permitió reducir el uso de recursos naturales, en este caso la leña, al que se le debió darle prioridad en una respuesta a corto plazo, es así que se tomó la decisión de escoger un tema de energías renovables.

b) Etapa Nº 1: Elaboración del Protocolo de Investigación.

1. **Trabajo documental:** este trabajo consistió en la evaluación de producción y el poder calorífico del sistema biogás con tres sustratos, tomando en cuenta los trabajos de investigación ya realizados y de las necesidades encontradas se definió el problema a investigar.
2. **Elaboración de los instrumentos de investigación:** que se usó en el levantamiento de la información, entre estos instrumentos que se evaluaron están las encuestas, las entrevistas y los indicadores específicos para cada uno de los tratamientos.
3. **Trabajo de campo:** se levantó la información con las encuestas, las entrevistas y la guía de observación para cada uno de los tratamientos, los que se procesaron para su análisis y la presentación de los resultados.
4. **Trabajo final de seminario de graduación:** es el documento definitivo, después de una serie de registros a través de las encuestas, las entrevistas, las mediciones de los instrumentos de investigación.

8. Procesamiento de la información

Considerando que este sistema biogás ya está establecido y funcionando en el área de estudio, la manera en que se analizó, el procesamiento que se evaluó y como se presentó la interpretación de la información primaria y secundaria se logró a través de las vivencias que los beneficiarios con la encuesta que se diseñará.

Para la presentación de los resultados, se tomaron en cuenta, las encuestas, entrevistas y guías de observación, por ser un estudio cualitativo, de esto dependió, la relación, de los sustratos evaluados.

Uno de los métodos que se utilizó fue una evaluación de estos datos, el modelo de los resultados de la información dependió de las necesidades en el momento y las técnicas de análisis y procesamientos que se utilizaron para la interpretación de los resultados fue a través de los objetivos propuestos.

8.1. Operalización de la variable

8.1.1. Definición Conceptual

Tabla 4. Definición de variables conceptuales.

Variable	Definición Conceptual
Producción de Biogás	La producción de biogás por descomposición anaeróbica es un modo considerado útil para tratar residuos biodegradables, ya que produce un combustible de valor además de generar un efluente que puede aplicarse como acondicionador de suelo o abono genérico. (GRUPO, 2012)
Poder Calorífico	El poder calorífico expresa la energía que puede liberar la unión química entre un combustible y el comburente y es igual a la energía que mantenía unidos los átomos en las moléculas de combustible (energía de enlace), menos la energía utilizada en la formación de nuevas moléculas en las materias (generalmente gases) formadas en la combustión. (Balmaceda, 2011)
Estiércol Bovino	Materia orgánica que es el resultado del proceso digestivo de los estómagos de los bovinos. (Gómez García, 2012)
Estiércol Porcino	Materia orgánica que es el resultado del proceso digestivo del estómago porcino. (Gómez García, 2012)
Pulpa de Café	Material del desecho que procede de la industria del café. (Balmaceda, 2011)

8.1.2. Definición Operacional

Tabla 5. Definición de variables operacionales.

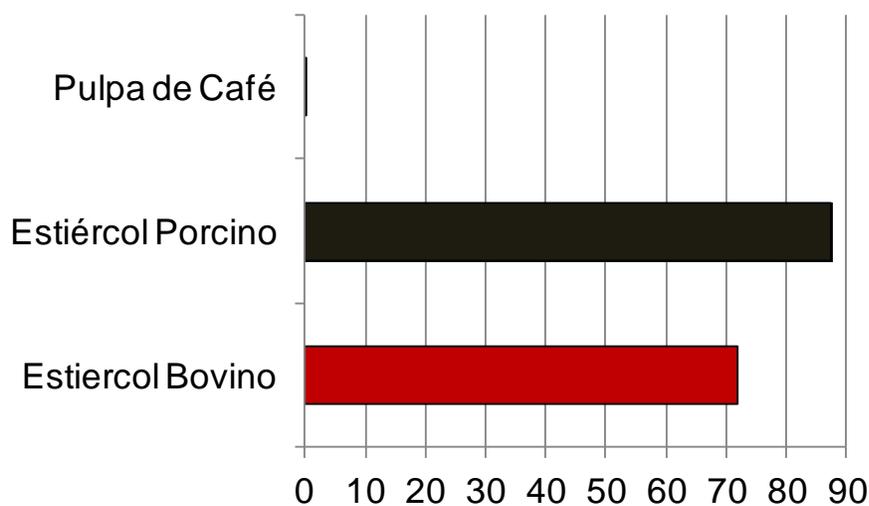
Variable	Definición Operacional
Producción de Biogás	Metro cúbicos (ABT GRUPO, 2012)
Poder Calorífico	Calorimetría (ABC, 2014)
Estiércol Bovino	Kilogramos (ABC, 2014)
Estiércol Porcino	Kilogramos (ABC, 2014)
Pulpa de Café	kilogramos (ABC, 2014)

V. ANÁLISIS Y RESULTADOS

Para la determinación de la producción de biogás y el poder calorífico en la generación de calor con la utilización de tres sustratos, se encontraron los siguientes resultados, tomando en cuenta la bibliografía citada:

El volumen total del biodigestor ha de albergar una parte líquida y otra gaseosa. Normalmente se da un espacio del 75% del volumen total a la fase líquida, y del 25% restante a la fase gaseosa. El volumen total es la suma del volumen gaseoso y el volumen líquido.

La producción de biogás en biodigestores de flujo continuo oscila entre 0.25 y 0.75 m³ por cada m³ de biodigestor, dependiendo del tiempo de retención y la temperatura; el poder calorífico del biogás es de 4,500 a 6,300 Kcal por m³, el equivalente calorífico de 1 m³ de biogás es de 5,96 kW.



Gráfica 1. Poder Calorífico en Kcal/m³ de los Materiales Orgánicos

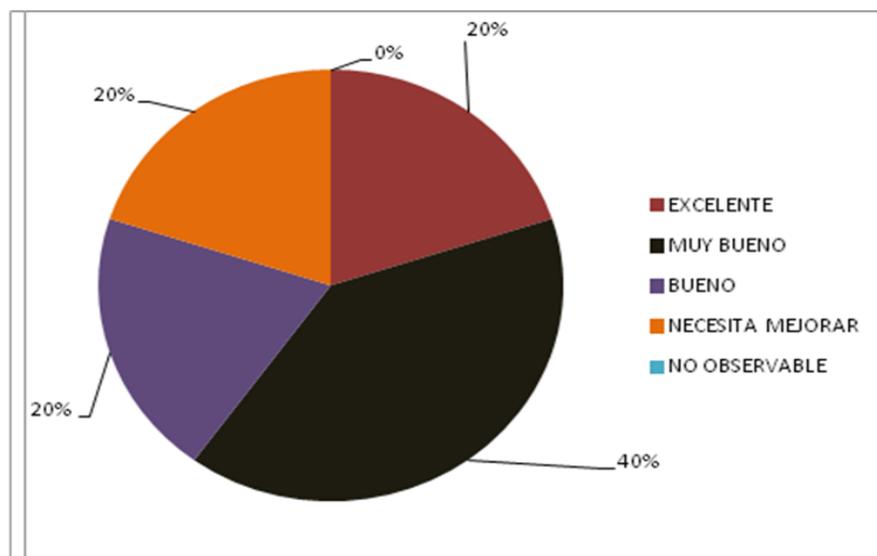
Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo (2000) y Calle (1997).

Para nuestro estudio de investigación, en la Gráfica 1, el estiércol bovino fue el que presentó un poder calorífico equivalente a 71,86 Kcal/m³, el estiércol porcino de 87,28 Kcal/m³ y la pulpa de café de 0,54 Kcal/m³.

Como resultado de nuestra investigación y comparando estos con los trabajos realizados en este tema en particular, se determinó que el estiércol porcino es el que presentó mayor poder calorífico en comparación con los otros materiales orgánicos tomados para nuestro trabajo de investigación.

Para conocer los beneficios que se obtiene con el uso de biogás para el aprovechamiento de la energía en los hogares, se elaboraron encuestas y guías de observación en el campo, los resultados encontrados fueron los siguientes:

Dentro de los beneficios que se obtiene con el uso del biogás se consideraron los siguientes datos de la gráfica:



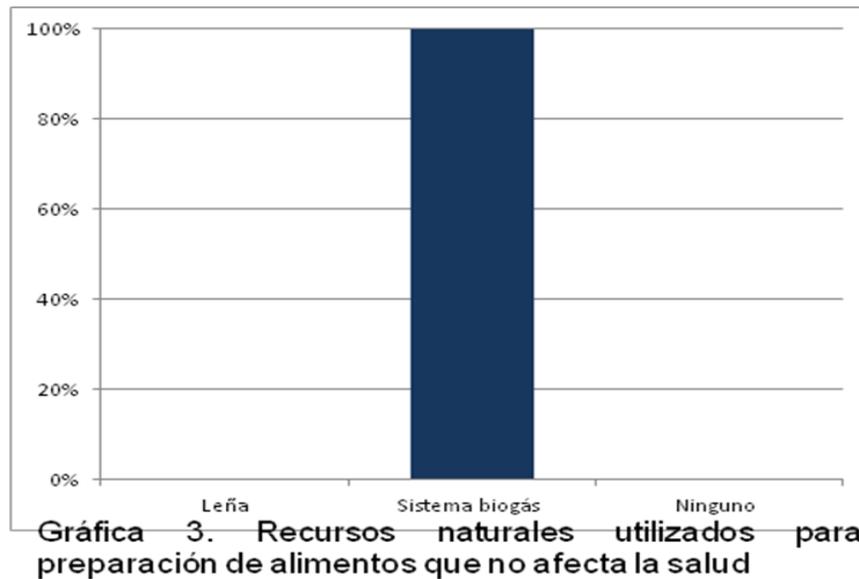
Gráfica 2. Los beneficios que se obtiene con el uso de biogás.

La gráfica 2, presenta la aceptación por parte de los beneficiarios del proyecto de los biodigestores, en la evaluación positiva, se observó que el 80% respondieron que los beneficios son, desde excelente hasta bueno, y un 20% de los encuestados consideraron que debe mejorar, en la foto 1, se apreció una ama de casa cocinando los alimentos con el sistema biogás.



Foto 1. Ama de casa cocinando con el sistema biogás.

preparación de alimentos considera usted que no afecta la salud?, la respuesta dada es la siguiente:



En la gráfica 3, la respuesta de los encuestados fue del 100%, donde consideraron que el sistema biogás es uno de los recursos que no afecta la salud, el otro recurso evaluado fue la leña.

En cuanto a la economía del hogar, según el informe del proyecto RBT-CBM/



Foto 2. Productor alimentado el sistema biogás.

MARENA en la ejecución del subproyecto de noviembre 2010 a diciembre del 2011, comparaciones realizadas entre la leña y el sistema biogás, donde se estima que de un total de 23 biodigestores muestreados, que están en funcionamiento con promedio de uso 3 horas al día, en comparación al consumo de leña promedio por hogares, esto equivale hasta 243 rajas de leña al día y, como resultado, 7290 rajas de leña al mes, dando un costo de C\$ 5,00 por raja de leña, promedio, se está reduciendo en C\$ 13950 al mes

en los hogares muestreados. En la foto 2, se observa como un productor beneficiario alimenta el sistema biogás.

Otro aspecto a evaluar es la parte ambiental, considerando que este sistema biogás, no provoca emisión de humo, por ende no hay afectación en la salud por vías respiratorias, entonces se concluyó que la salud de los integrantes de la familia del hogar no fue afectada, se concluyó que la utilización de los recursos orgánicos de los desechos de los estiércoles bovinos y porcinos, así también los subproductos de la cosecha de café, por ende la disminución del uso de leña, esto permitió que se estén conservando y protegiendo los recurso del bosque.



Foto 3. Biodigestor instalado produciendo biogás.

En la foto 3, se observó un biodigestor instalado en una de las viviendas de los productores beneficiario, produciendo biogás como energía para la preparación de alimentos del hogar.

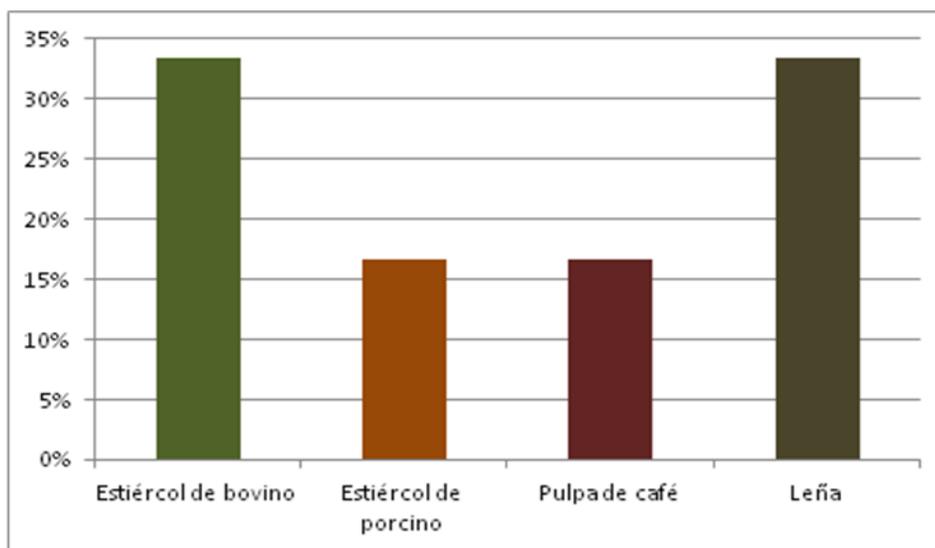


Foto 4. Llama de la cocina con la utilización del biogás.

Nuestro análisis en este trabajo de investigación de campo, a través de los diferentes datos recogidos, se determinó que el sistema biogás, tiene aceptación entre los productores beneficiarios por el proyecto RBT-CBM/ MARENA, dando así lugar a que mas productores aprovechen el uso de los desechos orgánicos de las actividades pecuarias, bovina y porcina, así como de los subproductos de la cosecha de café, para la producción de energías, a través de biodigestores y la puedan usar en la cocción de alimento para el consumo del hogar.

En la foto 4, se apreció una cocina encendida, se logró ver una llama de color azul, no emite humo, ni tiene olor desagradable, esto ha permitido que los productores beneficiarios logren aceptar el sistema biogás como una alternativa para la preparación de alimentos de consumo humano.

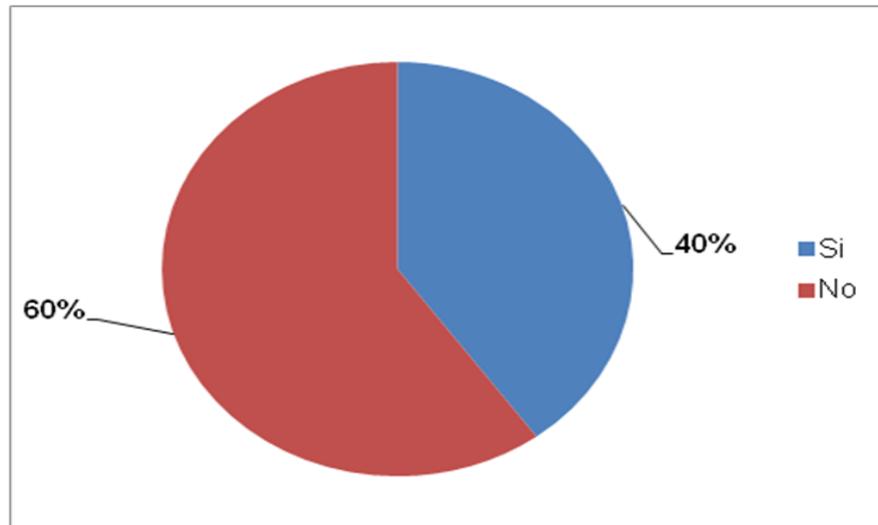
Para fomentar el uso de biogás como fuente de energía en los hogares rurales, se consideró la siguiente información de las encuestas:



Gráfica 4. Tipos de desechos animales o subproductos de la cosecha de café y la leña usted prefiere preparar los alimentos.

Mientras se realizó el trabajo de campo, se encontró que las personas estaban anuentes a recibir información, estaban conscientes de la importancia de utilizar sistemas de biogás, aunque por cultura consideran que el gusto de los alimentos no es igual, cocinarlos con el biogás que con la leña; la gráfica 4, presenta los diferentes tipos de recursos con los que prefiere cocinar, entre el estiércol bovino y la leña, tenemos un 33% de uso para cada uno, mientras que con los estiércoles porcinos y la pulpa de café, como recursos para la producción de biogás, se logra un 17% para cada uno de ellos.

Con este trabajo de investigación de campo, se logró apreciar que los productores, en sus hogares no han dejado de usar el fogón a base de leña, en las cocinas, aunque no lo estén usando, siempre es evidente encontrar estos fogones y en las áreas aledañas se observó leña cortada.

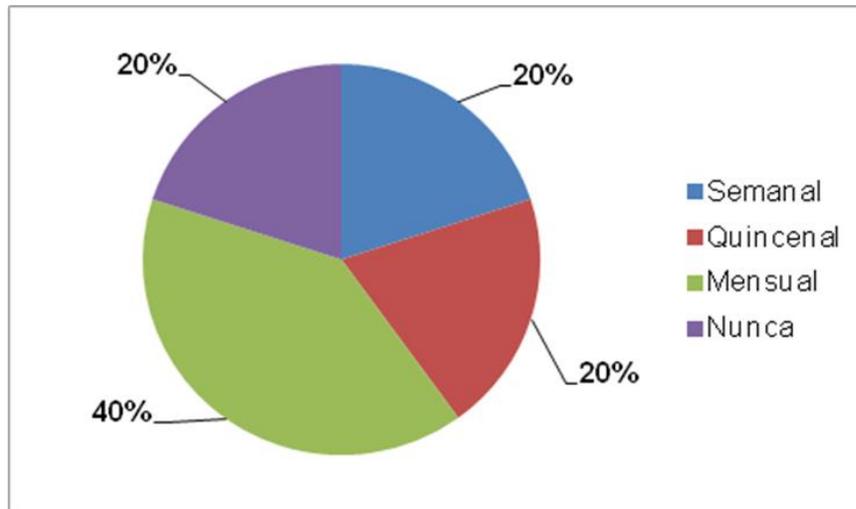


Gráfica 5. Cambiaría el sistema biogás con el aprovechamiento de los desechos animales y los subproductos de los cultivos de la finca por el fogón de leña

Cuando se les consultó que si cambiarían el sistema biogás por el fogón de leña por el uso del sistema biogás para aprovechamiento de los desechos animales y los subproductos de los cultivos de la finca, en la Gráfica 5, el 40% de los encuestados respondieron que si, mientras que el 60% de los mismos encuestados respondieron que no, se consideró que el sistema biogás les ha beneficiado y los costos de producir biogás se reducen.

Se consideró que el mantenimiento del sistema biogás es necesario para que se dé un mejoramiento de la fermentación en el interior del biodigestor.

El análisis de los resultados de nuestro trabajo de investigación, se considera que los resultados de las encuestas realizadas a los productores que utilizan el sistema biogás para la cocción de los alimentos en sus hogares respectivos. Cuando se les consultó a los beneficiarios a través de la encuesta, que cada cuanto tiempo le dan mantenimiento al biodigestor, los resultados en porcentajes fueron los siguientes:



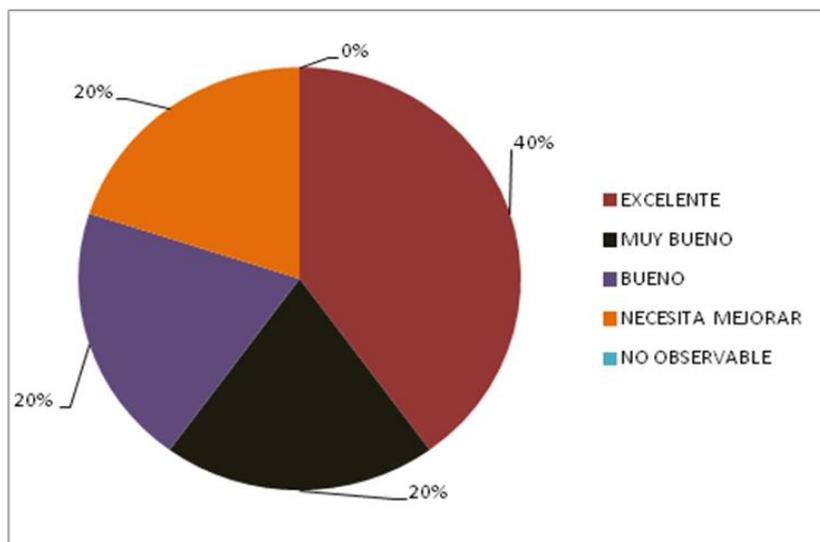
Gráfica 6. Cada cuánto tiempo usted le da mantenimiento al sistema biogás

En la Gráfica 6, el resultado corresponde a que el 20% de los beneficiarios realizan el mantenimiento con un periodo semanal, el mismo porcentaje para un periodo quincenal y este mismo porcentaje no lo realizan nunca, mientras que el 40% de ellos el mantenimiento la realiza mensualmente.



Foto 5. Protección que los productores le dan a los biodigestores.

En este caso se consideró que un mantenimiento del sistema biogás, que sean en tiempos apropiados, va mejorar la eficiencia del mismo, por lo tanto, el que no le da mantenimiento apropiado, su eficacia se verá afectada, pero el rendimiento del mismo no va ser igual, el 80% de los beneficiarios que le dan mantenimiento usan al menos 3 horas diarias este sistema biogás.



Gráfica 7. La condición del área donde está el biodigestor

En la foto 5, se observó la protección de los rayos solares, el viento, el agua o cualquier objeto que caiga sobre este y deteriore la bolsa, también de las entradas para que ningún insecto y animal pueda meterse, logre contaminar el sistema biogás.

Cuando se analizó la condición del área donde se encuentra ubicado el biodigestor, el 40% de los que fueron evaluados a través de la guía de observación nos presentó que es excelente, el 60% restante se divide en condiciones de esta muy bueno, bueno y otros que necesita mejorar.

Nuestro análisis personal de lo encontrado en el campo, se valoró que los productores que son beneficiarios de los biodigestores para la producción de biogás, tienen una aceptación positiva del sistema biogás, aunque por cultura mantienen el fogón, en la foto 6, se observó la cocina de una de las familias de la comunidad que fueron objeto de estudio, que nos facilitaron la información obtenida, el fogón con leña y la cocina para el uso de biogás.



Foto 6. Área de la casa de un productor beneficiario destinada a la cocina.

VI. CONCLUSIONES

Valorando la producción y el poder calorífico del biogás, se consideró que el estiércol porcino presenta mayor producción y por ende mayor poder calorífico, es la importancia tomar en cuenta los parámetros de la biodigestión, se debe destacar la importancia del pH, de la temperatura y del mezclado de las materias dentro del biodigestor.

Las materias orgánicas que se utilizaron para este trabajo de investigación, la que se tiene en todo el año están, los estiércoles bovinos y porcinos, no así la pulpa de café, ya que solo está disponible durante la temporada de cosecha del mismo.

Sobre la eficiencia de las materias orgánicas para la producción de biogás, la mezcla que produjo más biogás en menos tiempo fue la del estiércol porcino, pero necesita de mayor cantidad y no se produjo un biogás más rico en metano, ya que esto no se pudo analizar.

Con este estudio, se valoró, que un buen mantenimiento del sistema biogás, este presenta mejor aprovechamiento de los sustratos y por ende el rendimiento del biogás en el uso en la cocina.

Con nuestro trabajo de investigación de seminario de graduación, se logró alcanzar lo que nos propusimos en los objetivos, pero se dio la necesidad, que es necesario que se siga investigando acerca de las energías renovables como alternativas para generar calor, con el uso de estas energías alternativas para que se pueda reducir los gases de efecto invernadero en la atmósfera que son las causantes del efecto invernadero, siendo uno de estos gases el metano.

VII. RECOMENDACIONES

Con nuestro trabajo de investigación, no se logró analizar otras variables a cerca de los pruebas de laboratorio de muestras de los sustratos que se utilizaron en este trabajo, por lo tanto es recomendable a los responsable de este proyecto en la comunidad de Palo Prieto del municipio de Wiwilí en el departamento de Nueva Segovia lo siguiente:

1. Realizar muestreos de los sustratos usados en los biodigestores para la producción de biogás,
2. Realizar análisis de laboratorio de forma periódica de los muestreos de los sustratos para verificar su eficiencia en la producción de biogás,
3. Evaluar el mantenimiento de forma periódica en el lugar de los biodigestores que están funcionando para la producción de biogás,
4. Permitirle a los estudiantes de las escuelas de las comunidades donde hay incidencia del proyecto que expliquen la importancia de tener un uso eficiente de los sustratos utilizados para la producción de biogás,
5. Que cada uno de los trabajos de investigación que se realicen en estas comunidades, permitan mejorar la condición y mejoramiento de los biodigestores, y
6. Hacer conciencia sobre la contaminación que genera la quema de leña como energía en la preparación de alimentos de las familias de los hogares.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABC. (2014). Tu diccionario fácil (en línea). Consultado el 20 de junio del 2014. Disponible en: <http://www.definicionabc.com>
- ABT GRUPO. (2012). Sistema de tratamiento de biogás (en line). Consultado el 20 de Mayo del 2014. Disponible en <http://www.abt-grupo.com/qsomos.php>
- Asociación de Municipios de Nueva Segovia (AMUNSE) 2004. Plan de Alcaldía Municipal de Wiwilí, Nueva Segovia, Nicaragua.
- Andrews, D. G., y Holton, C, B. (1987). *Leovy Middle Atmosphere Dynamics*, Academic Press.
- Balseca de la Cadena D. A. y Cabrera Bastidas, J. C. (2011). Proyecto de graduación. Producción de biogás a partir de aguas mieles y pulpa de café. Zamorano, Hn. 16 pág.
- Botero, R. y Aguilar, F. (2006). Los beneficios económicos totales de la producción de biogás usando un biodigestor de polietileno de bajo costo. Universidad EARTH, Mercedes de Guácimo, Limón, Costa Rica. 25 pág.
- Botero Botero, R; Preston, T.R. (2005). Manual de instalación de un biodigestor a bajo costo. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV). Cali, CO. 35 p.
- Brown, N. 1987. Biogas systems in development. *Appropriate Technology* 14(3): 5-7.
- Calle V, H. (1997). Subproductos del café. Chinchina, CENICAFE, Colombia. (Boletín Informativo No 6).
- Castellón, C. F; Gutiérrez, M. Y; Flores, L. A. (2012). Protocolo de la medición de la producción de biogás y el poder calorífico con la utilización de tres sustratos. III Año de la Carrera de CCNN, FAREM - Estelí, Nicaragua.
- CIPRES. (2003). Los Pequeños y Medianos Productores Agropecuarios y Forestales. Nicaragua, 69 p.
- Fulford. (1993). Gobar gas revisited. *Appropriate Technology* 20 (3): 25-27.
- Guerrero y Pérez, (2001).

Gómez García, P. D. (2012). El estiércol y las prácticas agrarias respetuosas con el medio ambiente (en línea). Consultado el 30 de junio del 2014. Disponible en: <http://agronotas.es>

INSHT (2000)

Lettinga, G.; Van Haandel, A. (1993). Anaerobic digestion for energy production and environmental protection. *In: Renewable Energy. Sources for Fuels and Electricity.* Johansson, T.; Kelly, H.; Reddy, A.; Williams, R. (Editors). Earthscan, Island Press. Washington, D.C., US. p. 817-841.

López Pérez, A. C. (1987). Validación del estiércol de cerdo a través de la producción de biogás. Asociación Colombiana de Porcinocultores. Fondo Nacional de la Porcinocultura. 35 pág.

Marchaim, U. (1992). Biogas processes for sustainable development (on line). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Agricultural Services Bulletin 95 232 p. Accessed February 05, 2001. Available at http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/T0541E/T0541E03.htm

Smart, J; Boyko, B. (1977). Full scale studies on the thermophilic anaerobic process. Canada-Ontario Agreement. Research report No. 59.

Universidad autónoma de Entre Ríos (2001).

IX. ANEXOS

9.1. Encuestas

Encuesta sobre tratamiento de biodigestores

Somos un grupo de estudiantes de la FAREM-Estelí del V año de la Carrera de Ciencias Naturales, queremos saber sobre la experiencia que usted tiene en el aprovechamiento de los residuos orgánicos para la generación de energía a través del sistema biogás (biodigestor).

Nuestro trabajo de investigación tiene como objetivo: evaluar el tratamiento y funcionamiento del sistema de biogás con la producción de tres sustratos, estiércoles bovinos y porcinos, y la pulpa de café, para la generación de calor y reducción de los despaes con el aprovechamiento de la materia orgánica.

1. ¿Cómo usted obtuvo el biodigestor?

Fue beneficiado

Por su propio esfuerzo

2. ¿Cada cuánto tiempo usted le da mantenimiento al sistema biogás?

Semanal

Quincenal

Mensual

Nunca

3. ¿Qué tipo de sustrato utiliza usted en su sistema de biogás?

Estiércol de bovino

Estiércol de porcino

Pulpa de café

Todos los anteriores

4. En cuanto a la salud de la familia en el hogar, ¿Cuál de los siguientes recursos para preparación de alimentos considera usted que no afecta la salud?

Leña

Sistema biogás

Ninguno

5. ¿Cuál de los siguientes desechos animales y subproductos de la cosecha del café tiene usted disponible en todo el año?

Estiércol de bovino	<input type="checkbox"/>
Estiércol de porcino	<input type="checkbox"/>
Pulpa de café	<input type="checkbox"/>
Todos los anteriores	<input type="checkbox"/>

6. Por las condiciones culturales de la comunidad, ¿Con qué tipos de desechos animales o subproductos de la cosecha de café y la leña usted prefiere preparar los alimentos para su familia?

Estiércol de bovino
Estiércol de porcino
Pulpa de café
Leña

7. En la parte económica, ¿Qué es más barato para usted usar de los siguientes desechos animales o subproductos de la cosecha de café y la leña en la preparación de alimentos?

Leña
Sistema biogás

8. ¿Considera usted que el biodigestor disminuye la contaminación del aire?

Si
No

Especifique ¿Por qué? _____

9. ¿Qué tan importante es para usted la utilización de los biodigestores con los desechos animales o subproductos de la cosecha de café?

Mucho
Poco
Nada

Especifique ¿Por qué? _____

10. ¿Cambiaría el sistema biogás con el aprovechamiento de los desechos animales y los subproductos de los cultivos de la finca por el fogón de leña?

Si
No

Especifique ¿Por qué razón? _____

9.2. Entrevistas

Entrevista sobre tratamiento de biodigestores

Somos un grupo de estudiantes de la FAREM-Estelí del V año de la Carrera de Ciencias Naturales, queremos saber sobre la experiencia que usted tiene en el aprovechamiento de los residuos orgánicos para la generación de energía a través del sistema biogás (biodigestor).

Nuestro trabajo de investigación tiene como objetivo: evaluar el tratamiento y funcionamiento del sistema de biogás con la producción de tres sustratos, estiércoles bovinos y porcinos, y la pulpa de café, para la generación de calor y reducción de los despaes con el aprovechamiento de la materia orgánica.

1. ¿Cuál son los beneficios que tiene usted con el uso de los biodigestores?
2. ¿Qué actitud tomó usted a darse cuenta del proyecto de los biodigestores para su comunidad?
3. ¿Cuál es el objetivo del proyecto de biodigestores en su comunidad?
4. ¿Qué logros cree usted que genera el uso de los biodigestores?
5. ¿Cuál sería para usted la experiencia real acerca del uso de los biodigestores?
6. ¿Qué siente usted al ser beneficiario del proyecto de los biodigestores?
7. ¿Qué comentarios tiene usted acerca de los biodigestores para la preparación de alimento del hogar?
8. ¿Cómo usted evaluaría al proyecto de los biodigestores de su comunidad?
9. ¿Cuál sería para usted los cambios que deben hacerse al proyecto de los biodigestores para que se amplíe a otras comunidades de su municipio donde no los hay?

10. ¿Qué otros materiales orgánicos o subproductos de la finca que no son usados considera usted que se pueden aprovechar para los biodigestores en la preparación de alimentos del hogar?

9.3. Guías de observación

Guía de Observación del Trabajo de Campo

Nombre del Beneficiario: _____

Fecha: ____/____/____

Nombre del Observador: _____

Estado del Biodigestor	E	M B	B	N M	N O
1. la condición del área donde está el biodigestor					
2. la condición de la infraestructura del biodigestor					
3. el funcionamiento del biodigestor					
4. el estado de la bolsa que recubre el biodigestor					
5. el estado de las conexiones que va del biodigestor a la cocina					
6. la llama que sale de la cocina					
7. condición se presenta la cocina que se conecta al biodigestor					
8. la condición en la fosa a las entradas y las salidas del biodigestor					
9. la eficiencia de los sustratos					
10. el manejo adecuado del sustrato					
11. la preparación del sustrato con el agua					
12. la retención del sustrato en el biodigestor					
13. la condición del líquido en salida del biodigestor					
14. la utilización de los líquidos de la salida del biodigestor					
15. la calidad del sustrato					
Total					

Clave: **E:** Excelente, **MB:** Muy Bueno, **B:** Bueno, **Necesita Mejorar,** **NO:** No Observado

Opinión General y Sugerencias

9.4. Cronograma de actividades

ACTIVIDADES	MESES											
	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE			
Identificación del problema del protocolo												
Definición del tema del protocolo												
Definición de los objetivos generales y específicos del protocolo												
Investigación de los protocolos y tesis que se han realizado												
Definición del planteamiento del problema del protocolo												
Redacción del marco teórico del protocolo												
Definición del diseño metodológico del protocolo												
Redacción de los resultados esperados del protocolo												
Defensa del protocolo de investigación												
Seguimiento del protocolo realizando las correcciones sugeridas en la defensa												
Continuación del protocolo como trabajo de investigación												
Definición de las entrevistas, las encuestas y la guía de observación del trabajo final												
Presentación del adelanto del trabajo de investigación en la JUDC												
Aplicación de las entrevistas, las encuestas y la guía de observación												
Análisis de los resultados de las entrevistas, encuestas y la guía de observación												
Redacción de los resultados, las conclusiones y las recomendaciones												
Presentación del trabajo final												
Defensa del trabajo final de investigación												

9.5. Presupuesto

Presupuesto para un biodigestor de polietileno usado para este trabajo de protocolo (\$1,00 = C\$ 26,07, Noviembre - 2014)

Nº	MATERIALES	CANT	U/M	COSTO UNITARIO (C\$)	COSTO UNITARIO (\$)	COSTO TOTAL (C\$)	COSTO TOTAL (\$)
1	Plástico Calibre 1.2 mm	6	Mt	300,00	11,51	1800,00	69,04
2	T de 1/2"	2	Unidad	5,00	0,19	10,00	0,38
3	T de 1"	1	Unidad	10,50	0,40	10,50	0,40
4	Reductor de 1" a 1/2"	1	Unidad	4,50	0,17	4,50	0,17
5	Pega PVC (pequeño)	1	Frasco	51,00	1,96	51,00	1,96
6	Adaptador macho de 1"	1	Unidad	9,00	0,35	9,00	0,35
7	Adaptador hembra de 1"	1	Unidad	9,00	0,35	9,00	0,35
8	Cocina industrial de 2 quemadores	1	Unidad	400,00	15,34	400,00	15,34
9	Tubos de 1/2"	2	Unidad	26,00	1,00	52,00	1,99
10	Tubos de 8" de 1 mt	2	Unidad	400,00	15,34	800,00	30,69
11	Arandela grande	3	Unidad	3,00	0,12	9,00	0,35
12	Bridas de 1 1/4"	2	Unidad	5,00	0,19	10,00	0,38
13	Terminal para manguera	1	Pares	40,00	1,53	40,00	1,53
14	Llave de pase de plástico 1/2"	2	Unidad	14,00	0,54	28,00	1,08
15	Codos de 1"	3	Unidad	7,50	0,29	22,50	0,87
16	Manguera transparente de 1 1/4"	4	Mt	30,00	1,15	120,00	4,60
17	Cajas de concreto	2	Unidad	750,00	28,77	1500,00	57,54
18	Tubos de 1"	3	Unidad	49,00	1,88	147,00	5,64
19	Codos de 1/2"	6	Unidad	2,50	0,10	15	0,58
20	Teflón	2	Unidad	5,00	0,19	10	0,38
21	Plástico negro c 1000	8	Mt	17,60	0,68	140,80	5,40
22	Reductor de 1" x 3/4"	2	Unidad	16,00	0,61	32,00	1,23
23	Malla ciclón 4 pie	½	Rollo	1380,00	52,93	690,00	26,47
24	Lamina de zinc de 10 pie	6	Unidad	335,00	12,85	2010,00	77,10
25	Madera protección (cuartón)	4	Unidad	60,00	2,30	240,00	9,21
26	Clavos de 3"	1	Lb	12,00	0,46	12,00	0,46
27	Clavos de 4"	1	Lb	12,00	0,46	12,00	0,46
28	Clavos de zinc	1	Lb	13,00	0,50	13,00	0,50
29	Mano de obra cavado de fosa	4	jornales	80,00	3,07	320,00	12,27
30	Mano de obra protección	5	jornales	120,00	4,60	600,00	23,01
GRAN TOTAL						C\$ 9.117,30	\$ 349,72

Fuente: Trabajo de Protocolo III año Carrera de CCNN, FAREM Estelí (Castellón, F. *et al*, 2012)