

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA

RECINTO UNIVERSITARIO “CARLOS FONSECA AMADOR”

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

UNAN – RUCFA



Seminario de Graduación para optar al título de Lic. en Economía
Agrícola 2014

Tema:

Biodigestor: Una Alternativa de Innovación Socio – Económica
Amigable con el Medio Ambiente.

Elaborado por:

Br. Roger Israel Andino Bermúdez.

Br. Kevin Alexi Martínez Arcia.

Tutor:

➤ Msc. Mario López.

Abril 2015

INDICE

TEMA DE LA INVESTIGACIÓN..... v

DEDICATORIA..... vi

AGRADECIMIENTO..... viii

VALORACIÓN DEL DOCENTE..... x

RESUMEN 11

INTRODUCCIÓN..... 13

JUSTIFICACIÓN..... 16

OBJETIVOS..... 18

1.2. Objetivo General:..... 18

1.3. Objetivos Específicos: 18

MARCO TEÓRICO..... 19

MARCO CONCEPTUAL..... 25

CAPÍTULO I IMPLEMENTACIÓN DE BIODIGESTORES Y SU FACTIBILIDAD EN EL SECTOR RURAL NICARAGÜENSE 29

1.1. Antecedentes 29

1.6. Historia del biodigestor..... 38

1.7. Historia del biogás en Nicaragua..... 40

1.8. Origen del biogás 41

1.9. Ventajas de la utilización de biogás (elaborado en base a información de Cabrera 2011)..... 44

1.10. Desventajas de la utilización de biodigestores..... 45

1.11. El proceso de producción de biogás 46

1.12. El biodigestor en el sistema agrícola 49

1.13. Bondades de un biodigestor..... 49

1.15. Ventajas de su uso: 51

1.16. Dificultades técnicas de los biodigestores:..... 52

1.17. Componentes de un biodigestor común..... 54

1.18. Componentes de un biodigestor tubular..... 55

1.19. Condiciones que deben de tomarse en cuenta para la implementación de un biodigestor..... 59

1.20. Procedimientos para la construcción de un biodigestor..... 60

1.21. Operación y mantenimiento de biodigestores 65

1.22. Asistencia técnica para construir un biodigestor..... 66

1.22. Formas de aplicación del bioabono o biol: 67

1.23. El efluente como alternativa de alimento para animales: 67

CAPÍTULO II IMPACTOS PROVOCADOS POR EL USO DE BIODIGESTORES	69
2.1. Impactos en la salud.....	69
2.2. Impacto ambiental.	70
2.3. Impacto económico.	72
2.3.1. Ahorro bruto en energía para cocinar.....	72
2.3.2. Ahorro en abonos químicos.....	73
2.4. Impacto Social.	74
2.4.1. Cambio cultural.....	74
CAPÍTULO III EVALUACIÓN SOCIO-ECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE BIODIGESTORES. .	76
3.1.1 Beneficios económicos.	77
3.1.2 Beneficios en la salud.....	77
3.1.3 Beneficios al ambiente.....	77
3.2. Uso del biol en la Finca Ventía.	78
3.3. Tiempo en producir biogás	78
3.6. Materiales de Construcción	79
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	84
Conclusiones.....	84
Recomendaciones.....	87
BIBLIOGRAFÍA	88
ANEXO.....	91

INDICE DE TABLA

Tabla 1 Composición del biogás.....	43
Tabla 2 Temperaturas para la producción de biogás.....	65
Tabla 3 Materiales para la construcción del biodigestor.....	79
Tabla 4 Costo de complementos para la construcción de un biodigestor.....	81
Tabla 5 Costo de transporte para la construcción de un biodigestor.....	81
Tabla 6 Costo de asesoría de la construcción y utilización del biodigestor.....	82
Tabla 7 Costo de la construcción del biodigestor.....	82

INDICE DE CUADRO

Cuadro 1 Algunos biodigestores en Nicaragua	41
Cuadro 2 Tipos de biodigestores con sus ventajas y desventajas.	53
Cuadro 3 Características a tomar en cuenta para implementar un biodigestor según el tipo de finca.	58
Cuadro 4 Resumen de los beneficios asociados con el uso del biodigestor.....	75
Cuadro 5 Problemas y soluciones al usar tecnología de biodigestor.	102

INDICE DE DIAGRAMA

Diagrama 1 El biodigestor en el sistema agrícola	48
--	----

TEMA DE LA INVESTIGACIÓN

Biodigestores: “Una Alternativa de Innovación Socio – Económica Amigable con el Medio Ambiente”.

DEDICATORIA

Mi dedicatoria, es para mi padre omnipotente porque él fue testigo de mis incansables esfuerzos día a día. Otros dos seres maravillosos a los cuales dedicar éste trabajo son mi madre y mi apreciada abuelita, ya que ellas son un tesoro en mi corazón, porque sin ellas en mi camino, motivándome a alcanzar mis metas y propósitos, pienso que nada de esto sería posible. Gracias infinitas a estos tres seres divinos.

Roger Israel Andino Bermúdez

DEDICATORIA

Este trabajo se la dedico a mi Dios quién supo darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se me presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad, ni desfallecer en el intento.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy. A mi madre y mis abuelos por sus consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos más difíciles. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia y mi coraje para conseguir mis objetivos.

Gracias a mis queridos compañeros, que me apoyaron y permitieron entrar en su vida durante estos cinco años de convivir dentro del salón de clase.

Kevin Alexi Martínez Arcia.

AGRADECIMIENTO

Primero que todo agradezco éste trabajo a nuestro padre celestial por brindarme vida suficiente para culminar una etapa más en mi formación como persona; que es la preparación universitaria. Otro agradecimiento para mi Dios por obsequiarme una familia maravillosa y en especial una madre extraordinaria porque a ellos también les agradezco el apoyo, la confianza y la fe que depositaron en mí a lo largo de éste tiempo.

Mis agradecimientos también van para todos los docentes que a lo largo de estos cinco años compartieron sus conocimientos en cada materia que impartían. No sólo me prepararon profesionalmente, sino también de una manera u otra me enseñaron a prepararme para enfrentar los desafíos que se me crucen en esta vida y mirar con optimismo hacia el futuro.

Por último pero no siendo menos importante, tengo que destacar en éste pequeño párrafo a las amistades con las que compartí estos años de carrera, con ellos disfruté momentos especiales, alegres, tristes y destacables. Siempre estuvieron para mí tanto en las buenas como en las malas, apoyándome y motivándome a seguir adelante.

Bendiciones a todos a los que aquí mencioné (familiares, docentes y amistades), siempre los llevaré con mucho sentimiento en mi mente y corazón. Muchas gracias a todos.

Roger Israel Andino Bermúdez

AGRADECIMIENTO

Primeramente me gustaría agradecerte a ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A mi madre y mis abuelos por el apoyo incondicional que me han brindado desde que tengo uso de razón.

A la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

A mi tutor de tesis, Msc. Mario López por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito. También me gustaría agradecer a mis profesores durante toda mi carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Kevin Alexi Martínez Arcia.

VALORACIÓN DEL DOCENTE

Los Bachilleres, **Roger Israel Andino Bermúdez y Kevin Alexi Martínez Arcia**, después haber cumplido con los requisitos y obligaciones que la normativa para la modalidad de seminario de graduación de estudios, plan 1999 Aprobado por el consejo universitario en sesión No.15 del 08 de agosto de 2003, presentan el tema:

“Biodigestor: Una alternativa de Innovación Socio-económica Amigable con el Medio Ambiente”

Este estudio está acorde con el perfil profesional de la carrera de Economía Agrícola contribuyendo así a la aplicación estudios de innovación que valora la dimensión socio-técnica y económica de las tecnologías energéticas vinculadas al sector productivo agrícola del país.

Los investigadores durante el proceso de elaboración de su tesis de seminario han activado procesos de búsqueda de información y conocimiento entablado un dialogo con el actor empresarial objeto de investigación mostrando así disciplina investigativa y sistematicidad para elaborar un ejercicio académico investigativo aplicado.

Tomando en cuenta la participación del bachiller **Andino Bermúdez** y el bachiller **Martínez Arcia** durante el seminario de graduación, los informes escritos, sus aportes y asistencia de cursos les doy la valoración de 50 puntos a cada uno, acumulado a su nota final.

Por lo antes expuesto me permito solicitar a la dirección del departamento de Economía Agrícola la presentación y defensa de su tema.

Managua trece de abril del año dos mil quince



M.A., Mario Ramón López
Docente Titular Departamento Economía Agrícola
Tutor

RESUMEN

Nicaragua es el país centroamericano que posee el menor rendimiento en cuanto a la generación de energía se refiere, aparte de tener el más bajo rendimiento de pobladores con acceso a la electricidad. Nicaragua depende en gran medida al petróleo para la generación de electricidad, con una dependencia del 75%, la cobertura en las áreas rurales es inferior al 40%, mientras que en áreas urbanas alcanza el 92% según datos de FODIEN año 2006.

Este documento pretende analizar las bondades de tecnologías de biodigestores, apropiadas en el área rural, como una alternativa de desarrollo, protección y conservación del medio ambiente de Nicaragua.

Para ello, los principales aspectos que se tomaran en cuenta se relacionan con lo siguiente:

- Identificar los factores que hacen factible la implementación de biodigestores.
- Caracterizar los efectos positivos y negativos que conlleva la construcción de un biodigestor en las familias rurales de Nicaragua.
- Evaluar la importancia socio-económica del biodigestor.

Los biodigestores suponen un adecuado tratamiento de los residuos orgánicos, que generan biogás y biol. Los biodigestores se convierten así en una herramienta de mitigación de la contaminación por manejar correctamente los residuos, produciendo combustible y evitando la deforestación, generando fertilizante natural, evitando el uso de químicos, aumentando la productividad y reduciendo la ampliación de frontera agrícola.

Se mejora la calidad de vida de las comunidades, primeramente por cuestión de salud en mujeres y niños al poder cocinar sin humo. La producción y uso de fertilizante natural añade el valor agregado de ecológico a los productores, permitiendo incrementar los ingresos y aumentando la producción agropecuaria

hasta un 50%, lo que repercute directamente en la economía obtenida por las familias. Además el biol puede ser vendido por los campesinos como fertilizante orgánico generando otra forma de ingreso.

La investigación realizada encuentra que la adopción de tecnologías de biodigestores rurales en Nicaragua se muestra factible para su ejecución, debido al constante monitoreo y asistencia técnica brindadas para los productores nicaragüenses por parte de personas capacitadas para el aprovechamientos de los recursos con los que cuenta en su finca. Actualmente Nicaragua cuenta con 1500 unidades de biodigestores implementados a nivel nacional, con resultados alentadores.

Los biodigestores de bajo costo son una alternativa eficaz para obtener beneficios del tratamiento de residuos.

INTRODUCCIÓN.

La energía es un insumo clave y esencial para el desarrollo de cualquier comunidad, pero cuando hablamos de energía también hablamos de su uso y abuso, fuentes de abastecimiento, contaminación generada por la misma, etc.

En el mundo se viene trabajando en la búsqueda y explotación de fuentes renovables, una de ellas es la obtención de biogás producto de la digestión de residuales, por medio de los biodigestores, debido a la ventaja de no ser contaminantes.

El biodigestor es un sistema mediante el cual se genera un ambiente adecuado para que la materia orgánica se descomponga con ausencia de oxígeno. A este fenómeno se le llama digestión anaeróbica de subproductos orgánicos con la consecuencia natural de emisión de biogás. Estos subproductos pueden ser: residuos de frutas y verduras, estiércol de cerdos, bovino y ovino, gallinazas o subproductos de la industria agroalimentaria. Básicamente no es más que acelerar un proceso, la fermentación anaeróbica, que ocurre en forma espontánea en la naturaleza.

La importancia de los biodigestores está presente en países desarrollados, como China e India, donde en los últimos 20 años se han logrado construir millones de biodigestores. A nivel latinoamericano también están presentes en países como Colombia, Perú, Bolivia, México, Costa Rica y Nicaragua (Vera, 1996).

Según una valoración realizada por el Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo (SNV), en Nicaragua aparentemente existe un potencial de mercado para biogás de consumo doméstico. En el país el combustible más común para cocinar en las zonas rurales sigue siendo la leña. Por ello, SNV con apoyo de HIVOS ha realizado estudios con el objetivo de adoptar estas tecnologías que sean amigables con el medio ambiente y contribuir a incrementar el acceso y el uso de energía

renovable no convencional en zonas rurales de Nicaragua.

Para el presente trabajo de investigación, obtuvimos la información necesaria por medio del tipo de estudio exploratorio, siendo un estudio del cual se posee pocos antecedentes dentro de su marco teórico en nuestro país, debido a que no ha sido muy abordado antes y mediante el estudio exploratorio se podrá aumentar el grado de familiaridad con el fenómeno relativamente desconocido y obtener así información que sirva como base para la realización de investigaciones más completa por parte de nuevos autores.

Para el desarrollo de nuestro trabajo de investigación, requiere de procedimientos denominados métodos, lo que nos permitió alcanzar los resultados y cumplir con los objetivos trazados.

El método que se llevó a cabo en ésta investigación es el método científico deductivo, ya que considera que la conclusión se encuentra implícita dentro de las premisas, es un proceso que parte del conocimiento e inicia con una observación del fenómeno. Permittiéndonos así llegar a conocer la verdadera situación general de la investigación.

Las técnicas empleadas en la elaboración de la investigación, son:

- **Técnica documental o bibliográfica:** nos permite revisar la documentación de carácter teórico y sirve de sustento en la ejecución de la investigación.
- **Técnica de la entrevista:** Con ayuda del instrumento obtendremos información, sobre los beneficios que percibe al utilizar tecnologías de biodigestores. La entrevista fue aplicada al productor Ismael García de la finca Ventía municipio de San Ramón departamento de Matagalpa.

El documento presenta el estudio de **Biodigestores**: “Una alternativa de innovación socio – económica amigable con el medio ambiente” para ello se desarrollará en tres capítulos.

El capítulo 1 abarca los aspectos metodológicos, concepto, historia, diversidades existentes y algunas recomendaciones en la construcción de biodigestores, además de la implementación y factibilidad de estas tecnologías en el sector rural de Nicaragua.

En el capítulo 2 muestra los impactos y resultados que provoca el uso e implementación de las tecnologías de los biodigestores además de las dificultades que puedan presentarse.

En el capítulo 3 presenta la evaluación socio-económica que incide en la construcción de biodigestores.

JUSTIFICACIÓN.

El aumento de la demanda de energía, el alza de los precios en los combustibles, ha limitado el desarrollo de los pequeños y medianos productores. Nicaragua presenta en la actualidad una crisis de abastecimiento energético y una gran dependencia de los combustibles fósiles y la biomasa. En el país el 60% de población rural no tiene acceso al servicio energético, condicionándose a la utilización de productos primarios (leña), como fuente principal de energía provocando efectos negativos en la salud y el medio ambiente (INAFOR, 2008).

El presente estudio pretende analizar las tecnologías de biodigestores, como una alternativa de desarrollo y conservación del medio ambiente en zonas rurales de Nicaragua. Y así poder beneficiar a pequeños y medianos productores, para que tengan una mejor visión sobre las innovaciones en la adopción de estas tecnologías.

El uso de biodigestores es de gran interés ecológico ya que por medio de ellos se disminuye la deforestación, la contaminación de los ríos, los campos y se contribuye a proteger la salud pública y ambiental además de obtener productos como fertilizantes y biogás.

El tipo de justificación que se plantea en el estudio es de carácter teórico – práctico. En parte es teórico debido a que se basa en constatar la forma en que los sistemas de biodigestores se presentan en la realidad de los productores nicaragüense y como han sido adoptadas estas tecnologías de bioenergía, de la cual se tiene conocimiento previo en nuestro país, puesto que tiempo atrás se ha venido debatiendo la implementación de biodigestores que ayuden a la economía de las familias rurales y a la vez tuviera un impacto positivo en el ambiente.

También el estudio presenta rasgos prácticos porque los resultados de la investigación pretenden contribuir o ayudar a solucionar el deterioro del medio

ambiente que ha venido creciendo cada vez más, por tal razón la información proporcionada en el documento puede contribuir a la toma de decisiones de los pequeños y medianos productores a buscar alternativas alternas de reciclaje de materia orgánica y motivar el uso del biodigestor para obtener energía a base de fuentes naturales que sean amigables con el medio ambiente y que no afecte tanto el “bolsillo” de las familias campesinas.

OBJETIVOS.

1.2. Objetivo General:

Analizar la tecnología de Biodigestores, para la obtención de biogás, como una alternativa de desarrollo, protección y conservación del medio ambiente en zonas rurales de Nicaragua.

1.3. Objetivos Específicos:

- Identificar los factores que hacen factible la implementación de biodigestores en el campesinado nicaragüense.

- Caracterizar efectos positivo y negativo que produce el uso de biodigestores en las condiciones de vida de las familias rurales

- Evaluar la importancia socio - económica del biodigestor.

MARCO TEÓRICO.

Según Dagoberto Elizondo (INTA, 2005) considera a un biodigestor como un sistema sencillo de conseguir solventar la problemática energética-ambiental y así realizar un adecuado manejo de los residuos tanto humanos como animales. Definiendo al sistema de un biodigestor como elementos que se encuentran interrelacionados que interactúan entre sí.

La producción y el uso de la energía suponen la principal causa, junto con el transporte, de las emisiones de gases de efecto invernadero, gases responsables del cambio climático. Por ello, una de las formas de actuar para limpiar e impedir las consecuencias ambientales, sociales, y económicas, consiste en reducir el consumo energético de energías no renovables por alternativas como bioenergía amigables al medio ambiente.

Nauzet y Oswaldo definen las energías no renovables como aquellas fuentes de energía que se encuentran en una cantidad limitada, por lo que una vez éste se agote, no podrá sustituirse.

Las fuentes de energía no renovables son fuentes que, una vez agotas desaparecen, Felicia Dye plantea en su blog de energías ambientales un comunicado 2010, opciones alternas como el uso del biogás para no depender de estos recursos y poder realizar las necesidades básicas como cocinar, utilizar transporte, realizar actividades agrícolas amigables con el ambiente. Debido que actualmente la mayoría de la electricidad se genera quemando combustible fósiles ocasionando altas temperaturas, contaminación de la atmosfera, de las aguas y de los suelos.

En su forma simple un biodigestores un contenedor (llamado reactor) el cual está herméticamente cerrado y dentro del cual se deposita material orgánico como excremento y desechos vegetales (exceptuando los cítricos ya que éstos acidifican). Los materiales orgánicos se ponen a fermentar con cierta cantidad de agua,

produciendo gas metano y fertilizantes orgánicos ricos en fósforo, potasio y nitrógeno. Este sistema también puede incluir una cámara de carga y nivelación del agua residual antes del reactor, un dispositivo para captar y almacenar el biogás y cámaras de hidropresión y pos tratamiento (filtro y piedras, secado, entre otros) a la salida del reactor.

Los biodigestores como alternativas limpias y amigables con el medio ambiente, hacen a estas tecnologías interesantes para su difusión, divulgación y diseminación a gran escala. Las familias dedicadas a la agricultura, suelen ser propietarias de pequeñas cantidades de ganado (dos o tres cabeza de ganado) y pueden, por tanto, aprovechar el estiércol para producir su propio combustible y un fertilizante natural mejorado, este puede provenir de animales, humanos, restos vegetales de alimentos y restos de cultivos.

Considerando que el estiércol acumulado cerca de las viviendas supone un foco de infección, olores y propagación de moscas que desaparecerán al ser introducido el estiércol diariamente en el biodigestor familiar. También es importante recordar la cantidad de enfermedades respiratorias que sufren, principalmente las mujeres, por la inhalación de humo al cocinar en espacios cerrados con leña. La combustión del biogás no produce humos visibles y su carga en ceniza es infinitamente menor que el humo proveniente de la quema de madera.

La materia prima orgánica es idónea para obtener un producto derivado de un subproducto como lo son los desperdicios. En general, los materiales deben tener un alto contenido de energía y fácil de descomponerse. El estiércol de los animales se convierte fácilmente y rápidamente en biogás.

Un biodigestor es una alternativa innovativa ya que es considerada como una opción para convertir los residuos procedentes de animales, humanos, restos vegetales de alimentos y restos de cultivos en nuevos productos amigables al medio ambiente y así lograr solventar la problemática energética ambiental.

El biodigestor es considerado social, económico y amigable con el medio ambiente, principalmente porque evita la contaminación y disminuye el consumo de gas convencional, permitiendo realizar un gas natural (biogás) producido con desechos de los animales, plantas y excrementos humanos. La poca cultura conservacionista que tienen algunos de los productores, no miden las consecuencias y repercusiones, que sus acciones no amigables con el medio ambiente provocan, como sequía, destrucción de las fuentes hídricas, etc.

Cristobal Nelo (2013) en su blog define la cultura conservacionista como la Conservación ambiental, de las especies, de la naturaleza o protección de la misma para proteger y preservar el futuro de la naturaleza, el medio ambiente, o específicamente algunas de sus partes: la flora y la fauna.

En cuanto los agentes económicos sociales locales en su búsqueda de resolver los problemas en el territorio han visto a la innovación como un paradigma actual hacia el desarrollo rural.

Así entonces, para Charlier (1997)(p. 15) la innovación es definida como un proceso de carácter fundamentalmente social, donde la consolidación de vínculos de nuevas relaciones entre los agentes da lugar a aprendizajes colectivos a nivel local. Innovar socialmente en el área rural es mucho más que trabajar con personas y tecnología, la innovación social reúne numerosas aplicaciones que hacen de este proceso una importante piedra angular en un momento en el que la sociedad necesita de nuevos enfoque o caminos para hacer frente a los actuales retos sociales. Innovar socialmente es lograr cambios sociales o medio ambientales positivos con énfasis en las poblaciones más necesitadas.

Según Dagoberto Elizondo (MAG, 2005): Un sistema de biodigestor es considerado una innovación económica, ya que es el proceso por el cual las ideas de preservar y aprovechar los desechos orgánicos que se producen a diario en una zona rural, se convierten en nuevos bienes y servicios, ahorrando así tiempo y dinero, aumentando la calidad de vida y mejorando la salud de los y las productores nicaragüenses.

La iniciativa llevada a cabo por SNV en implementar la tecnología de biodigestores en los pequeños y medianos productores del país, esta iniciativa es calificada como innovación, logrando obtener energía, biogás y abono orgánico sin necesidad de deforestar el medio ambiente.

Las innovaciones tecnológicas amigables con el medio ambiente parecen ser el camino ideal para un futuro más verde porque se reduce la deforestación, las emisiones de gases y contaminación de los mantos acuíferos. Detrás de la técnica y la ingeniería aplicada a un biodigestor, hay una función destacada que es satisfacer las necesidades de comunidades rurales.

El Aporte de Joseph Schumpeter.

El primer economista importante en desarrollar ampliamente el concepto de innovación fue el austro-estadounidense Joseph Alois Schumpeter (1883-1950) entre sus principales obras desarrolló "la teoría del desolvimiento económico" en donde analiza e identifica los factores determinantes del desarrollo económico. En el año 1939 estableció la diferencia entre invención, innovación y difusión.

Definiendo invención como aquel producto o proceso que ocurre en el ámbito científico-técnico y perdura en el mismo (ciencia pura); y a la innovación la relacionó con un cambio de índole económico. Por último, consideró que la difusión, es la transmisión de la innovación, es la que permite que un invento se convierta en un fenómeno económico-social (Medina Salgado y Espinoza Espíndola, 1994 citado por Formichella 2005) (Heysel Gonzaga, 2009).

El gas combustible que se produce por la descomposición natural de la materia orgánica en ausencia de oxígeno, es un producto amigable con el medio ambiente porque permite constituirse como una alternativa sustentable a los recursos no renovables como el gas tradicional que se consume a diario para la cocción de alimentos. Además, no se incrementa la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera y permite aprovechar los residuos para la generación de un combustible y reducir así la basura que se genera a diario.

La implementación de las nuevas tecnologías de biodigestores aporta un mejoramiento del medio ambiente, reduciendo la emisión de gases contaminantes, además, disminuye el consumo de combustible debido a la alternativa de tratamiento de desechos orgánicos que se producen a diario para la generación de bioenergía.

Al respecto, Janez Potočnik (2009), comisario de Medio Ambiente de la UE, ha declarado en un comunicado lo siguiente: «Las innovaciones deben estar orientadas a la protección, conservación y sostenibilidad de los bienes naturales, la flora y fauna, así como la diversidad y belleza paisajística, especialmente cuando se ponen en marcha alternativas en la propia naturaleza que tienen una relación coste/eficacia muy ventajosa que resultarían ser beneficioso para nuestro entorno».

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y Recursos Naturales (UICN) considera a la conservación ambiental como la utilización humana de la biosfera para que rinde el máximo beneficio sostenible, a la vez que mantiene el potencial para las aspiraciones de futuras generaciones para garantizar el subsistencia de la fauna y la flora, evitando la contaminación y depredación de recursos.

El desarrollo sostenible ambiental consiste en enfocarse en el estudio, la utilización de los recursos naturales y en ejercer control de los mismos. En 1983 fue creada la Comisión Mundial del Medio Ambiente de la ONU, considerando al ambiente como parte integral del desarrollo económico y social, los cuales no podrían ser alcanzados sin la preservación del medio ambiente.

De acuerdo a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), el desarrollo sostenible es un patrón de uso de los recursos, que tienen como objetivo satisfacer las necesidades humanas de orden material, social, intelectual y espiritual, preservando el medio ambiente para que estas necesidades puedan ser satisfechas, no sólo en el presente, sino también para las futuras generaciones.

El ser humano en busca de satisfacer sus necesidades, realizan un conjunto de actividades (tala de árboles, uso de fertilizantes químicos, etc.) que afectan el medio ambiente.

MARCO CONCEPTUAL.

Biodigestor:

un biodigestor es el recipiente dentro del cual se efectúa la fermentación de la materia orgánica para producir gas. El recipiente puede ser de cualquier material pero debe estar completamente sellado.

Biogás:

El biogás está conformado por pequeñas cantidades de gases como el Hidrógeno, Nitrógeno, etc., pero también posee entre un 50% y un 70% de presencia de Metano lo que le da gran poder de cocción a los alimentos y entre un 25% y 45% de Dióxido de Carbono¹.

Bioenergía:

Es un tipo de energía renovable procedente del aprovechamiento de la materia orgánica formada en algún proceso biológico o mecánico, generalmente es sacada de los residuos de las sustancias que contribuyen los seres vivos (plantas, ser humano, animales, entre otros). La bioenergía es la más versátil de las fuentes de energía renovable.

Biocombustible:

Es un combustible de origen biológico obtenido de manera renovable a partir de restos orgánicos. Es una mezcla de sustancias orgánicas que se utiliza como combustible en los motores de combustión interna. Se entiende por biocombustibles, al biodiesel, bioetanol y biogás que se produzcan a partir de materias primas de origen agropecuario, agroindustrial o desechos orgánicos.

¹Cuando se habla de cocción, se refiere a la acción que se toma del calor para darle el sabor o el toque culinario distintivo a los alimentos que se sirven en los diversos hogares, ayudando a su vez a la conservación del mismo.

² La bioenergética es la energía renovable obtenida de materiales biológicos.

Biol:

Es otro producto del sistema de biogás, sale de forma líquida del Biodigestor y sirve de abono orgánico para pastos y cultivos. Además de obtener un buen abono orgánico natural, es un excelente estimulante foliar para las plantas y un completo potenciador de los suelos.

Biomasa:

Según el diccionario de la Real Academia Española éste concepto posee dos acepciones, pero el que se aplica al contexto del estudio realizado es el siguiente: (materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía).

Campesinado

Uno de los primeros antropólogos que ha estudiado el sector, es Kroeber. En su antropología, publicada en 1948, aparece una breve nota sobre “campesinos” que, hoy en día es clásica entre los antropólogos:

“Los campesinos son definitivamente rurales, aunque viven relacionados con los mercados urbanos. Forman un sector de clase de una población más amplia que normalmente contiene centros urbanos, y a veces capitales con carácter de metrópoli. Constituyen sociedades parciales con una cultura parcial. Carecen del aislamiento, la autonomía pública y la autosuficiencia de la población tribal, y sin, embargo, sus unidades locales retienen mucho de su identidad, integración y apego al suelo y su cultivo” (Kroeber, 1948).

Wolf distinguen tres características esenciales para la definición del campesino:

El campesino es un productor agrícola; es propietario de la tierra y controla efectivamente el terreno que cultiva; y cultiva su propia subsistencia, pues aunque venda parte de sus cosechas lo hace para cubrir sus necesidades cotidianas. (Wolf, 1955).

Es decir el campesinado es una clase social formada por las personas que viven y trabajan en el campo.

Compostaje:

Es el proceso microbiológico aerobio mediante el cual los microorganismos transforman los materiales orgánicos en materiales biológicamente estables que pueden utilizarse como enmiendas o abonos orgánicos.

En el compostaje se utiliza como materia prima residuos como: raquis, fibra, ceniza, lodos de las lagunas y efluentes.

Innovar:

“Es un proceso empresarial capaz de convertir una buena idea (o conjunto de buenas ideas) en un producto, servicio, estrategia, etc., que sea valorado exitosamente por un público determinado. Es decir, innovar es hacer que una buena idea aporte valor y se convierta en algo rentable” (Ponti, 2010).

Innovar es introducir novedades en algo, tratar de reinventar y también de responder a los cambios que se producen en nuestras vidas mediante la adopción de los productos y de las técnicas y tecnologías que los producen, comercializan y los distribuyen.

En términos etimológicos, el concepto innovar proviene del latín innovare, que quiere decir cambiar o alterar las cosas introduciendo novedades (Medina Salgado, 1994).

Residuos

La palabra residuo (con origen en el latín **residuum**) describe al material que pierde utilidad tras haber cumplido con su misión o servicio para realizar un determinado trabajo. El concepto se emplea como sinónimo de basura por hacer referencia a los desechos que el hombre ha producido.

El término residuo comprende todo bien u objeto que se obtiene a la vez que el producto principal, e incluye tanto los que han devenido inaprovechables (desechos), como los que simplemente subsisten después de cualquier tipo de proceso (restos o residuos propiamente dichos) (Campinis Eritja, M., 1994).

Sistema de Biodigestión:

Es el conjunto de componente que facilita la conversión de un residuo en energía.

Existen diferentes calificaciones de sistemas de biodigestión pero, de manera general, se pueden clasificar según el proceso de carga de la materia (agua residual, excretas) y se considera así:

Sistemas Continuos: se caracterizan porque el afluente o flujo de materia que ingresa es constante, dentro de esta clasificación caben diferentes sistemas de biodigestión, como biodigestores de mezcla completa, filtro anaerobio, plantas de lecho fluidizado, lecho de lodos, biodigestores tiburales, entre otros.

Sistemas Discontinuos: Poseen la característica que el afluente o materia orgánica se mantiene por tiempos prolongados dentro de la cámara de digestión. Se cargan una sola vez en forma total y la descarga se efectúa una vez que ha dejado de producir gas.

Sistemas de dos etapas: este sistema constan de dos biodigestores en serie, en cada uno de ellos se realizan diferentes etapas de degradación. En el primer biodigestor se aplican elevados tiempos de retención y resultado de esto se desarrolla la hidrólisis. Una vez terminado este proceso, el afluente es trasladado a un segundo biodigestor con tiempos de retención bajos, este último se encarga de terminar el proceso de descomposición y producir el biogás.

CAPÍTULO I IMPLEMENTACIÓN DE BIODIGESTORES Y SU FACTIBILIDAD EN EL SECTOR RURAL NICARAGÜENSE

Para comenzar éste capítulo es necesario hablar particularmente del biodigestor, dando generalidades tales como: concepto, historia, diversidades existentes y algunas recomendaciones en la construcción de los mismos. Por tanto en el siguiente acápite se procura nutrir al lector de información pertinente y concisa con relación a dicha tecnología.

1.1. Antecedentes

“El biodigestor es una alternativa sencilla y práctica que sirve para aprovechar los desechos orgánicos que se producen en las fincas. El proceso permite convertir el estiércol de los animales y algunos rastrojos de cosechas en gas metano para cocinar y en abonos para los cultivos, contribuyendo en la economía familiar al bajar los costos de producción mejorando el ambiente” (Dagoberto Elizondo MAG, 2005).

Los biodigestores surgen como una alternativa de solución al gran problema del despale.

En el pasado, los biodigestores fueron considerados principalmente como una manera de producir gas combustible a partir de materia orgánica de desecho. Debido a la creciente importancia del uso sostenible de los recursos naturales en los sistemas agrícolas, hoy se aprecia el papel de los biodigestores en una perspectiva mucho más amplia y, es específicamente, por su aplicación potencial para el reciclaje de los nutrientes de las plantas. Esto puede contribuir en la reducción de la dependencia de los fertilizantes sintéticos (Preston, 2005).

Se conoce que en la actualidad el alto índice de consumo de recursos no renovables es un tema alarmante en el país, debido a la explotación y consumo de

los combustibles fósiles, y el alto nivel de contaminación e impacto ambiental que estos ocasionan.

El hombre se ha visto en la necesidad de buscar nuevas fuentes de energías renovables que permitan el sustento del equilibrio de los ecosistemas. Un claro ejemplo es la bioenergética². La base de esta energía es llamada biomasa, refiriéndose a toda materia orgánica que proviene de árboles, plantas, desechos de animales y humanos.

El proceso consiste en el tratamiento anaeróbico de estiércol vacuno, a través de la digestión en un sistema de reactor anaeróbico, donde se generará el biogás. En este proceso realizado por bacterias, se libera una mezcla de gases formada por metano (principal componente del biogás), dióxido de carbono, hidrógeno, nitrógeno y ácido sulfhídrico.

El resultado generado por el reactor se utilizará para la generación de energía calorífica de uso doméstico en la preparación de alimentos o el uso que sea necesario. Además de aprovechar la materia considerada como desperdicio, es considerado un fertilizante de calidad excelente. Es un combustible económico y renovable.

Estas tecnologías, no son alternativas nuevas en el mundo, pero si vigentes y novedosas. En Honduras al igual que en Nicaragua, durante la crisis del petróleo en 1979, las energías renovables tuvieron un primer impulso, con el apoyo de organismos como la FAO. En particular, durante el primer gobierno Sandinista, en la década de los 80 se realizaron esfuerzos en Nicaragua para producir biogás a pequeña escala, instalándose aproximadamente 62 biodigestores en fincas pequeñas, ubicadas en los departamentos de Matagalpa y Carazo.

Los biodigestores fueron construidos de manera gratuita. La contrapartida por parte

² La bioenergética es la energía renovable obtenida de materiales biológicos.

de la familia beneficiaria fue asignar un área en el patio, trabajar en la construcción y comprometerse a su alimentación y mantenimiento. Éste tipo de tecnologías ha tenido muy buena acogida.

En Nicaragua, se han venido realizando proyectos similares, en zonas de Nueva Guinea, y en otros departamentos del país. Proyecto liderado por la Universidad Centroamericana, UCA. En el departamento de Chontales ha habido algunos esfuerzos dispersos, con el propósito de mostrar y acercar estas tecnologías a productores, campesinos y a todos los sectores interesados en ser beneficiados directamente o indirectamente, con la implementación de este tipo de tecnologías.

El centro para la Promoción, la Investigación y el Desarrollo Rural y Social (CIPRES), ha capacitado y validado el sistema ambiental alternativo de biodigestores en diferentes comunidades campesinas de Nicaragua, bajo un programa llamado Sistema Higiénico Ambiental para eliminar charcos, descontaminar aguas negras y generar biogás, con el objetivo principal de frenar la deforestación causada últimamente por el uso de leña para cocinar por parte de las familias empobrecidas del campo y la ciudad; además de mejorar el nivel de vida de la población de escasos recursos, ya que gracias al sistema contarán con energía renovable en el campo.

El modelo adoptado por el CIPRES es asimilable por la familia campesina, tanto por el tamaño (de mediana escala), como por los costos de construcción y el volumen requerido de estiércol para alimentarlo. El CIPRES ha instalado centenares de biodigestores en el campo nicaragüense con buenas experiencias de asimilación y funcionamiento.

En el campo se produce una gran cantidad de sub productos o desechos, que al ser considerados “basuras” no son aprovechados al máximo, ni de la manera adecuada y productiva.

Organismos como IICA, NITIPLAN-FDL, TECNOSOL, UCANS Somoto, la Cooperativa de Servicios Múltiples “5 de junio” del municipio de Las Sabanas,

Madriz y la Universidad Campesina de Estelí, aprovechan esta basura con cierta tecnología sencilla y están logrando satisfacer una de las necesidades más sentidas de las familias campesinas: la escasez de leña. Los biodigestores a nivel doméstico han sido ampliamente diseminados por programas independientes en cada organismo e institución, todo ellos están promoviendo en el sector de pequeños finqueros el uso de biodigestores de bajo costo tipo Taiwán.

1.2. Aplicación del sistema de biodigestor en el área rural.

La aplicación del biogás en el área rural ha sido muy importante, en este caso la tecnología desarrollada por SNV en Nicaragua ha buscado realizar digestores de fácil uso, mínimo costo y mantenimiento, aunque sus rendimientos son bajos, sus objetivos son dar energía, sanidad y fertilizantes orgánicos a los agricultores especialmente de zonas marginales y difícil acceso a las fuentes convencionales de energía.

En principio el biogás puede ser utilizado en cualquier tipo de equipo comercial como uso de gas natural. Las cocinas son fácilmente modificables, agrandando el paso del gas de los quemadores.

La lámpara a gas tienen una muy baja eficiencia y el ambiente donde se las utilice debe estar adecuadamente ventilado para disipar el calor que generan. El biogás puede ser utilizado en motores de combustión interna tanto a gasolina como diesel.

1.3 La noción de tecnologías y cambio climático

Describir tecnología es arduo, hay muchas definiciones y puntos de vistas al respecto. Para unos autores la tecnología es una palanca para el progreso y el desarrollo económico. Según Müller (1999) un término viable de análisis es considerar el sistema tecnológico contenedor de cuatro elementos. Estos elementos contenedores son: Conocimiento, Organización, Técnicas y Producto.

Al respecto una tecnología (biodigestor) se analiza, según estas cuatro partes.

Conocimiento:(En el biodigestor) como se realiza, que principios de la física están contenidos en él, como se diseña y que disciplinas de la ciencia y el conocimiento generan un artefacto como este. A través de asistencia técnica profesionales lograr

capacitar a familias rurales en el diseño, instalación, manejo diario, aplicaciones de fertilizantes, aplicación del biogás y sostenibilidad.

Organización: Para elaborar un producto (el biodigestor) hay un proceso organizativo. Dentro del cual se encuentran los siguientes aspectos a tener en cuenta en el diseño, planificación y construcción de un biodigestor.

Factores Humanos:

- La idiosincrasia.
- La necesidad, la cual puede ser sanitaria, energía y de fertilizantes.
- Los recursos disponibles de tipo económico, materiales de construcción, mano de obra, utilización del producto, área disponible.
- Disponibilidad de materia prima, si se cuenta con desechos agrícolas, desechos pecuarios, desechos domésticos, desechos urbanos, desechos industriales, etc.

Factores biológicos:

- Enfermedades y plagas tanto humanas como pecuarias y agrícolas

Factores físicos:

- Localización, la ubicación si es en zona urbana, rural o semi-urbana.
- Climáticos dentro de estos aspectos están las temperaturas máximas y mínimas, la precipitación pluvial, la humedad, la intensidad solar y los vientos.
- Vías de acceso.
- Topografía.

Factores de construcción:

- Técnicas de construcción si es de tierra compactada, cal o ladrillo, planchas prefabricadas, concreto, etc.

Factores utilitarios:

- Función principal, si se construye de manera experimental, demostrativa o productiva.
- Usos, si el uso es de tipo sanitario, energético, fertilizante, etc.

- Organizativo si el biodigestor se va a construir a escala doméstica, para grupo familiar, comunitario o empresas.
- Capacidad, si es pequeño de 3 a 12 m³/ digestor, si es mediano de 12 a 45 m³/ digestor y si es grande de 45 a 100 m³/ digestor.
- Operación de la instalación contemplando aspectos como el funcionamiento, la mezcla, la carga y controles del PH, obstrucciones de líquidos, sólidos y gases.

Técnica: el biodigestor es una técnica para generar energía. Desde los albores de la humanidad el hombre ha empezado a dominar la energía, el invento del fuego es el ejemplo clásico. Estos modelos de biodigestores, contruidos a partir de mangas de polietileno tubular, se caracterizan por su bajo costo, fácil instalación y mantenimiento, así como por requerir sólo de materiales locales para su construcción. Por ello se consideran una tecnología apropiada. Además de ser una técnica que proporciona grandes beneficios y logrando hacer uso de la reutilización de los desechos, permitiendo al ser humano remplazar el uso de madera para la creación de los productos dañinos o perjudiciales al medio ambiente y remplazarlo por nuevas tecnología que resulte ser amigable con el mismo.

Producto: El biodigestor es un producto. Podemos decir que es un producto tecnológico. Como tal tiene un uso y aplicación, hay un mercado del mismo y presenta atributos físicos y de valor. Es una mercancía que se vende en el mercado, dado que en el marco económico actual estamos condicionados por el uso de energía cada día más escasa y cara procedente de los países productores de petróleo, es necesario la utilización de energía propia y renovable que tenemos a nuestro alcance; tal como lo es la energía de la biomasa utilizando biodigestores para la producción de gas metano y biol.

En teoría, toda finca que tenga animales bovinos, porcinos o avícolas, que tenga letrinas y que desarrolle alguna actividad agrícola generadora de residuos, es apta para producir biogás, siempre y cuando la cantidad de residuos, sea suficiente y que el residuo se genere de manera continua, para producir en cantidades atractivas y sostenibles (MULTICONSULT/SNV 2008).

1.4. El enfoque de sistema de innovación y tecnologías limpias o amigables al medio ambiente

El enfoque de sistema de innovación, plantea que el punto clave en la generación de una innovación es el aprendizaje. La definición de Johnson & Lundvall 1999 es la siguiente: es útil como herramienta analítica y como guía para elaboración de políticas, es decir son aquellos sistemas constituidos por las organizaciones e instituciones de un país que influye en el desarrollo, difusión y uso de las innovaciones.

La teoría de sistemas de innovación ofrece una perspectiva que toma en cuenta múltiples actores sociales, lo que permite superar la contraposición esquemática entre Estado y mercado, destaca la importancia de una variedad de aspectos, no sólo económicos sino también políticos, institucionales y culturales.

Un sistema de innovación debe buscar generar innovaciones que sean amigables al medio ambiente, algunos autores les llaman innovaciones eco-innovaciones. La idea de la innovación medioambiental o eco-innovación es relativamente reciente, y se refiere a aquellas innovaciones, productos o procesos que contribuyen al desarrollo sostenible. Aunque no hay una definición comúnmente aceptada, la eco-innovación puede definirse como:

Los productos, técnicas, servicios o procesos eco-innovadores cuyo objetivo es la prevención o reducción de los impactos medioambientales o que contribuyen a un uso óptimo de los recursos. La eco-innovación promueve la introducción de tecnologías avanzadas y enfoques sostenibles (incluyendo aquellos no tecnológicos), que optimizan el uso de los recursos, independientemente de la intencionalidad o no de ese efecto. Dicho en palabras de Javier Carrillo en su libro *Eco-innovation: Whensustainability and competitiveness ShakeHands*: "la eco-innovación considera el impacto que las actividades económicas tienen en nuestro medio ambiente y explora nuevas vías de un desarrollo más sostenible".

Bioeconomía.

Es un concepto que enfatiza el procesamiento integrado y sustentado de la biomasa para obtener alimentos, biocombustibles, energía térmica, compuestos químicos y

materiales con distintos fines productivos. Además destaca la importancia de las aplicaciones de la biotecnología, la nanotecnología y la informática para incrementar la eficiencia y la competitividad del área agroindustrial.

La bioeconomía es el nuevo paradigma de la ciencia económica. Ha surgido como consecuencia de la alerta ecológica de los años setenta, que descubrió al proceso económico como una extensión de la evolución biológica. La bioeconomía no debe ser entendida como una aproximación económica a lo viviente, sino como una aproximación viviente a la economía.

La bioeconomía o economía biológica ofrece una nueva epistemología para investigar el sistema socioeconómico en asociación con el sistema biológico como un todo y así estudiar las interacciones no lineales entre sus componentes. El principal objetivo de la bioeconomía es servir de puente entre la ciencia empírica de la biología y la ciencia literaria de la economía y acabar con la desunión y separación de las dos culturas (Mohammadiam Mansour, 2004).

Biología.

La biología no es, en sí misma, una ciencia; es un enfoque multidisciplinario que involucra varias disciplinas: biología y tecnología, entre otras. Existen muchas definiciones para describir la biología. En términos generales biología es el uso de organismos vivos o de compuestos obtenidos de organismos vivos para obtener productos de valor para el hombre (Osorio, 2012).

Suele utilizarse para conseguir que determinados microorganismos, como bacterias o virus, aumenten la síntesis de compuestos, formen compuestos nuevos o se adapten a medios diferentes.

Las aplicaciones de la biología son numerosas y se suelen clasificar según CB UdeC (Centro de Biología Universidad de Concepción) como:

Biología roja: se aplica a la utilización de biología en procesos médicos. Algunos ejemplos son el diseño de organismos para producir antibióticos, el desarrollo de vacunas y nuevos fármacos, los diagnósticos moleculares, las terapias regenerativas y el desarrollo de la ingeniería genética para curar enfermedades a través de la terapia génica (CB UdeC).

Biotecnología blanca: conocida como biotecnología industrial, es aquella aplicada a procesos industriales. Un ejemplo de ello es el diseño de microorganismos para producir un producto químico o el uso de enzimas como catalizadores industriales, ya sea para producir productos químicos valiosos o destruir contaminantes químicos peligrosos. También se aplica a los usos de la biotecnología en la industria textil, en la creación de nuevos materiales, como plásticos biodegradables y en la producción de biocombustibles. Su principal objetivo es la creación de productos fácilmente degradables, que consuman menos energía y generen menos desechos durante su producción. La biotecnología blanca tiende a consumir menos recursos que los procesos tradicionales utilizados para producir bienes industriales (CB UdeC).

Biotecnología verde: es la biotecnología aplicada a procesos agrícolas. Un ejemplo de ello es el diseño de plantas transgénicas capaces de crecer en condiciones ambientales desfavorables o plantas resistentes a plagas y enfermedades. Se espera que la biotecnología verde produzca soluciones más amigables con el medio ambiente que los métodos tradicionales de la agricultura industrial. Un ejemplo de esto es la ingeniería genética en plantas para expresar plaguicidas, con lo que se elimina la necesidad de la aplicación externa de los mismos, como es el caso del maíz Bt. Si los productos de la biotecnología verde como éste son más respetuosos con el medio ambiente (CB UdeC).

Biotecnología azul: también llamada biotecnología marina, es un término utilizado para describir las aplicaciones de la biotecnología en ambientes marinos y acuáticos (CB UdeC).

1.5 Adaptación o asimilación tecnológica en los países en vías de desarrollo.

La mejor manera de predecir el futuro es inventándolo y haciéndolo realidad día a día, afirmó Lic. Juan Alberto González, director General de Microsoft México (González, Blog.UDLAP, 2011), aseverando que la inversión hacia nuevas investigaciones y desarrollos tecnológicos es la fórmula para tener un impacto positivo en la vida de las personas en los países de desarrollo (González, 2011).

La tecnología puede hacer grandes cambios debido a que la competitividad y su inserción económica depende de su adaptación a las nuevas tecnologías, por lo que países en vías de desarrollo necesitan jóvenes que piensen en grandes, que

quieran emprender, trascender y hacer cosas diferentes, son los jóvenes, quienes serán los encargados de impulsar el desarrollo de nuestro país.

La realidad es que los países en vías de desarrollo no están invirtiendo en investigación biotecnológica, el cual es el motivo que explica la creciente brecha entre los países desarrollados y aquellos en vías de desarrollo (Brathwaite, 2009).

1.6. Historia del biodigestor.

Según el Programa de Pequeñas Donaciones (PPD) un biodigestor es el recipiente dentro del cual se efectúa la fermentación de la materia orgánica para producir gas. El recipiente puede ser de cualquier material pero debe estar completamente sellado.

En el año 1890 se construye el primer biodigestor a escala real en la India y en el año 1896 en Inglaterra, las lámparas de alumbrado público eran alimentadas por el gas recolectado de los biodigestores que fermentaban los lodos cloacales de la ciudad. Tras las guerras mundiales comienza a difundirse en Europa las llamadas fábricas productoras de biogás cuyo producto se empleaba en tractores y automóviles de la época.

Durante los años de la segunda guerra mundial empieza la difusión de los biodigestores a nivel rural tanto en Europa como China e India que se transforman en líderes en la materia. Esta difusión se ve interrumpida por el fácil acceso a los combustibles fósiles.

Con la crisis energética de la década de los años 70 se reinicia con ímpetu la investigación y extensión de los biodigestores en todo el mundo incluyendo la mayoría de los países latinoamericanos.

Los últimos 20 años han sido productivos en cuanto a descubrimiento sobre el funcionamiento del proceso microbiológico y bioquímico gracias al nuevo material de laboratorio que permite el estudio de los microorganismos intervinientes en condiciones anaeróbicas.

Los biodigestores más grandes del mundo pueden procesar más de 100 mil litros de materia orgánica al día. En Nicaragua, los biodigestores para las familias de menores recursos económicos empezaron a ser utilizados en los años ochenta.

Estos modelos de biodigestores familiares, construidos a partir de mangas de polietileno tubular, se caracterizan por su bajo costo, fácil instalación y mantenimiento, así como por requerir sólo de materiales locales para su construcción. Por ello se consideran tecnología apropiada.

Las familias nicaragüense dedicadas a la agricultura, suelen ser propietarias de pequeñas cantidades de ganado (mayor o menor por ejemplo) y pueden, por tanto, aprovechar el estiércol para producir su propio combustible y un fertilizante natural mejorado. Se debe considerar que el estiércol acumulado cerca de las viviendas supone un poco de infección, olores y moscas que desaparecerán. Además la adopción de esta tecnología se reduciría el consumo de leña como fuente de calor.

El 60% de la población nicaraguense sigue utilizando leña como un recurso para producir calor en la cocina. En el país, a nivel del casco urbano y rural, alrededor de unas 800,000 familias utilizan el recurso, es decir, unos 3.2 millones de personas (INAFOR, MEM, MARENA, MAGFOR, 2011), , siendo éste un elemento que provoca la muerte de unas 37,000 personas en Centroamérica al año, a causa de la contaminación del aire en el hogar (Arias, 2013).

Todas las familias que optan por este recurso dañino no tienen idea de otro método energético innovador para su consumo, es decir, por la falta de conocimiento y el paradigma al cambio, no buscan una nueva forma de indagarse o de investigar de otro recurso renovable para sustituirla.

Mediante una alternativa para la sustitución, se optaría en el recurso del biogás como una solución del consumo de leña, se puede decir que este cambio tendría ventajas puesto que el uso del biogás es igual al uso de leña con la diferencia que el primer recurso no es dañino.

Los límites de la tecnología de los biodigestores son básicamente tres: la disponibilidad de agua para hacer la mezcla con el estiércol o desechos orgánicos

que serán introducidos en el biodigestor, la cantidad de ganado que posea la familia y la apropiación o adopción de la tecnología por parte de la familia.

1.7. Historia del biogás en Nicaragua.

En Nicaragua durante el período de los años 80, luego de la crisis del petróleo que se produjo el 1979, se logró impulsar las energías renovables en el país con el apoyo de ciertos organismos tales como la FAO y la cooperación bilateral. Éste apoyo vino en particular en el primer gobierno sandinista, quienes realizaron esfuerzos para la producción en pequeña medida de biogás, especialmente a nivel doméstico.

El biogás específicamente radica en dos grandes aspectos fundamentales que son: la fácil obtención de materia prima estiércol de bovinos, equinos, porcinos, etc., y heces humanas, desperdicios de frutas o plantas y el bajo costo de elaboración de un biodigestor. El biogás es más económico a largo plazo que el uso de leña, menos contaminante y con más amplias utilidades, puesto que se puede obtener energía eléctrica. Además del material de desecho que se convierte en un poderoso fertilizante, que puede ser utilizado a lo inmediato.

Ante la necesidad buscar tecnologías amigables con el medio ambiente surgen los biodigestores como una alternativa de solución ante la problemática del despale. La agricultura, ganadería, tala de los bosques y 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 (CATIE, 1984).

La poca cultura conservacionista que poseen la mayoría de los productores de nuestro país, no logran medir las consecuencias y repercusiones, que sus acciones provocan al medio ambiente, como el calentamiento del planeta, la destrucción de las fuentes hídricas, la sequía, etc.

A partir del año 2007, se retomó el auge por la instalación de Biodigestores caseros rurales. A través del Programa Productivo Alimentario (APP), por parte del gobierno se capacitó a 75,000 familias campesinas pobres para la entrega de estos bienes. Los Biodigestores fueron construidos de manera gratuita, en compensación por parte de las familias se comprometieron en el mantenimiento y en su alimentación.

Cuadro 1. Algunos biodigestores en Nicaragua

En el cuadro número 1 podemos observar algunos de los biodigestores que se han construido en el territorio del país, al igual que los organismos encargados de llevar a cabo dicha ejecución.

Año	Organismo/Ejecutor	Ubicación	N.º	Tecnología	Estatus actual
1985-1989	FAO y Programa PER-INE	Matagalpa, Carazo	62	Hindú de Campana	Funcionando algunos
1995-1999	CIPRES	Estelí, Pueblo nuevo, Chinandega	600	Bolsa Plástica	100-200 operando
2007-2010	MAGFOR (Programa Hambre Cero)	Nueva Segovia, RAAN	550	Modelo Taiwán	50-60 operando
	CRM	León y Chinandega	300	Bolsa Plástica	100-150 operando

Fuente: Estudio de factibilidad para un programa de Biogás en Nicaragua 2010, con datos del CIPRES 2003.

Según el Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo (SNV) con el uso de biodigestores se resolverían una seria de problemas que enfrenta nuestro país, tanto en el sector rural, como en el urbano, destacando quemas y despale de los bosques; generando un impacto positivo en la naturaleza, reduciendo focos de contaminación y el volumen de desechos orgánicos. Son muchas las bondades de este proyecto, en comparación con los requerimientos económicos para la inversión son relativamente bajos, cuando se compara con los beneficios que se puede obtener con estas tecnologías.

1.8. Origen del biogás

El biogás es una fuente de energía renovable, cuyo fundamento es el gas producto de la descomposición anaeróbica de materia orgánica. Es una mezcla de gases originada por la descomposición microbiana de sustancias orgánicas en ausencia de aire.

El Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo (SNV) define el Biogás como un tipo de energía renovable producido a partir de la descomposición del estiércol del ganado, que contribuye a satisfacer las necesidades de energía de los hogares rurales de las familias ganaderas.

La creación y utilización del biogás de manera artificial se remonta a mediados de los años setenta del siglo XX, cuando el precio del petróleo subió ostensiblemente, lo que hizo que se investigasen otras posibilidades de producir energía. Es cuando se experimentó con reactores, los llamados de alta carga, capaces de retener los microorganismos anaeróbico y de tratar las aguas residuales mediante este proceso.

En un primer momento, el desarrollo del biogás fue más fuerte en la zona rural, donde se cuenta de manera directa y en cantidad con diversos tipos de desechos orgánicos, como el estiércol. De esta manera, el aprovechamiento de los residuos agrícolas se práctica desde hace años en instalaciones individuales de tamaño mediano que utilizan el biogás para cocinar o como fuente de iluminación.

El biogás es un producto del metabolismo de las bacterias metanogénicas³ que participan en la descomposición de tejidos orgánicos en ambientes húmedos y carentes de oxígeno. Durante el proceso de descomposición anaeróbico, se puede obtener entre otros, etanol, metanol y gas metano en cantidades apreciables, además de algunos compuestos orgánicos que son transformados a minerales, que pueden ser utilizados fácilmente como fertilizantes para los cultivos.

La producción de biogás va depender, principalmente, de los materiales utilizados, de la temperatura y del tiempo de descomposición.

El Biogás es un gas combustible formado en su mayoría por metano (CH₄) y por el dióxido de carbono (CO₂), aparte de contener pequeñas cantidades de hidrógeno,

³ Son microorganismos procariontes que viven en medios estrictamente anaerobios y que obtienen energía mediante la producción de gas natural, el metano (CH₄).

nitrógeno, oxígeno, monóxido de carbono y trazas de sulfuro de hidrógeno (H₂S) (Tabla 1.1). La llama producida por el biogás al ser quemado es de color azul pálido, casi invisible a la luz del día.

Tabla 1. Composición del biogás.

En la tabla número 1 podemos apreciar detalladamente la composición del biogás y el porcentaje de cada componente.

Composición del Biogás	
Componente	Porcentaje %
Metano (CH ₄)	54-70%
Bióxido de Carbono (CO ₂)	27-45%
Nitrógeno (N ₂)	0.5-3%
Hidrógeno (H ₂)	1-10%
Ácido Sulfhídrico (H ₂ S)	0.1%

Fuente: Manual de construcción y operación planta biogás, ICAITI 1983

Digestión anaeróbica

Es una fermentación microbiana en ausencia de oxígeno que da lugar a una mezcla de gases (principalmente metano y dióxido de carbono), conocida como biogás y a una suspensión acuosa o lodo que contiene los componentes presentes en la biomasa.

Es el proceso en el cual microorganismos descomponen materiales biodegradables en ausencia de oxígeno. La digestión anaerobia (DA) es un proceso de 4 etapas:

En la primera se debe hidrolizar los compuestos de mayor peso molecular, tanto los disueltos como los no disueltos, por medio enzimas (por ejemplo, amilasas y proteasas), en esta primera etapa se hidrolizan polímeros tales como polisacáridos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, formándose los correspondientes oligómeros y monómeros (azúcares, alcoholes, ácidos grasos, aminoácidos y compuestos aromáticos).

La segunda etapa la llevan a cabo bacterias ácido génicas que transforman los oligómeros y monómeros a ácidos grasos volátiles (ácidos: acético, propiónico, butírico y valérico principalmente).

Las bacterias acetogénicas en la tercera etapa transforman a los ácidos grasos volátiles (AGV) a ácido acético, para que a su vez la bacterias metanogénicas acetoclastas.

En la última etapa, los transforman a metano (CH_4) y bióxido de carbono (CO_2), en esta cuarta etapa participan también las bacterias hidrogenotróficas, que mantienen el equilibrio del hidrógeno (H_2) en el medio, utilizándolo para reducir el CO_2 a CH_4 .

Proceso de biodegradación

El reactor anaeróbico en su forma más simple es un contenedor, el cual está herméticamente cerrado y dentro del cual se deposita material orgánico como excremento y desechos vegetales (exceptuando los cítricos ya que éstos acidifican).

Los materiales orgánicos se ponen a fermentar con cierta cantidad de agua, produciendo gas metano y fertilizantes orgánicos ricos en fósforo, potasio y nitrógeno. El proceso de biodigestión se origina porque existe un grupo de microorganismos bacterianos anaeróbicos en los excrementos que al actuar en el material orgánico produce una mezcla de gases (con alto contenido de metano) el cual se le llama biogás.

El biogás es un excelente combustible y el resultado de este proceso genera residuos con alto grado de concentración de nutrientes el cual puede ser utilizado como fertilizante y puede usarse fresco, ya que por el tratamiento anaeróbico los malos olores desaparecen.

1.9. Ventajas de la utilización de biogás (elaborado en base a información de Cabrera 2011).

- ✓ Su producción es renovable.
- ✓ Su proceso de producción determina un balance de carbono menos contaminante que los combustibles fósiles.

- ✓ Cumple con los requerimientos de la EPA (Environmental Protection Agency) para los combustibles alternativos.
- ✓ Puede emplearse puro o combinado con los combustibles fósiles en cualquier proporción. No contiene azufre y por tanto no genera emanación de este elemento.
- ✓ Mejor combustión, reduce el humo.
- ✓ Los derrames de este combustible en las aguas de ríos y mares resultan menos contaminantes y letales para la flora y fauna marina que los combustibles fósiles.
- ✓ Volcados al medio ambiente se degradan más rápido que los petro combustibles
- ✓ Su combustión genera menos elementos nocivos que los combustibles tradicionales reduciendo así las posibilidades de producir cáncer.
- ✓ Es menos irritante para la epidermis humana.
- ✓ Actúa como lubricante de los motores prolongando su vida útil.
- ✓ Su transporte y almacenamiento resulta más seguro que el de los petróleos convencionales ya que posee un punto de ignición más elevado.

1.10. Desventajas de la utilización de biodigestores.

- ✓ El digester debe encontrarse cercano a la zona donde se recoge el sustrato de partida y a la zona de consumo.
- ✓ Debe mantenerse una temperatura constante y cercana a los 35°C. Esto puede encarecer el proceso de obtención en climas fríos.
- ✓ Es posible que, como subproducto, se obtenga SH₂, el cual es tóxico y corrosivo, dependiendo del sustrato de partida y de la presencia o no de bacterias sulfato reductoras. La presencia de SH₂ hace que se genere menos CH₄, disminuyendo la capacidad calorífica del biogás y encarece el proceso por la necesidad de depurarlo.

- ✓ Riesgo de explosión, en caso de no cumplirse las normas de seguridad para gases combustibles.
- ✓ Requiere de un trabajo diario y constante, sobre todo para la carga de la materia orgánica.
- ✓ Dependiendo del modelo, requieren de mucho cuidado sobre todo cuando son contruidos con plásticos, ya que éstos pueden ser fácilmente cortados y quedar inutilizados.
- ✓ Otros modelos pueden ser también de costos elevados aunque de mayor duración.
- ✓ Los beneficios de los biodigestores no han sido lo suficientemente difundidos.
- ✓ Los costos asociados a la construcción de los digestores anaerobios son altos, comparado con sistemas no convencionales de tratamiento, principalmente porque necesita de un sistema integrado, para proporcionar un tratamiento completo y adecuado a los purines⁴. Además necesita la instalación de dispositivos que permitan, calentar los purines hasta una temperatura adecuada y la instalación de un sistema de recolección y acumulación del gas, para su posterior uso o quema.
- ✓ Los costos de operación y mantención no son altos, solo requiere personal capacitado, para que realicen las labores de mantención, que por lo general no son muy frecuentes.

1.11. El proceso de producción de biogás

El proceso de producción de biogás y generación energética se presenta en cinco etapas:

- Gestión de los residuos.
- Digestión anaerobia.
- Almacenamiento y filtrado del biogás.
- Compostaje.

⁴ Son cualquiera de los residuos de origen orgánico, como aguas residuales y restos de vegetales, cosechas, semillas, concentraciones de animales muertos, comida, excrementos sólidos o líquidos con capacidad de fermentar que tienen impacto ambiental.

- Generación de energía.

Antes de introducir los residuos orgánicos dentro del reactor hay que realizar una serie de operaciones de acondicionamiento. Dependiendo del tipo de reactor, el grado de pre tratamiento será diferente. La finalidad de estas operaciones es introducir el residuo lo más homogéneo posible, con las condiciones fisicoquímicas adecuadas al proceso al que va a ser sometido, y sin elementos que puedan dañar el digestor.

La forma de acondicionar los residuos de entrada puede ser por pre tratamientos, reducción del tamaño de partícula, espesamiento, calentamiento, control de pH, eliminación de metales y eliminación de gérmenes patógenos.

Cuando se manejan ciertos sustratos, como los purines, es muy importante no almacenar demasiado tiempo, ya que decae muy deprisa la productividad de biogás, al producirse fermentaciones espontáneas.

Para que una planta de digestión anaerobia sea rentable es imprescindible la garantía en el suministro de materia prima, tanto en tiempo como en calidad.

Además, es muy importante la homogeneidad del sustrato a la entrada del reactor, para conseguir una eficiencia y rendimiento elevado de biogás.

Selección de la biomasa.

La biomasa es la utilización de la materia orgánica como fuente energética. Por su amplia definición, la biomasa abarca un amplio conjunto de materias orgánicas que se caracteriza por su heterogeneidad, tanto por su origen como por su naturaleza.

La biomasa puede considerarse como la materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía. Desde la prehistoria, la forma más común de utilizar la energía de la biomasa ha sido por medio de la combustión directa: quemándola en hogueras a cielo abierto, en hornos, cocinas artesanales, convirtiéndola en calor para suplir las necesidades de calefacción, cocción de alimentos y generación de electricidad.

El uso de la biomasa aporta beneficios que son no sólo energéticos, sino que su transformación se convierte en beneficiosa y necesaria para el entorno. Es un sistema idóneo de eliminación de residuos y disminución del volumen de basura, dado que estos mismos se convierten para su posterior uso en producción energética.

Para la obtención de biomasa a utilizarse en la producción de energía cubre un amplio rango de fuentes y materiales:

- Los residuos de la industria forestal.
- Desechos agrícolas.
- Los residuos de la acuicultura.
- Estiércol de animales.
- Los residuos de los desechos urbanos.

Diagrama 1 El biodigestor en el sistema agrícola

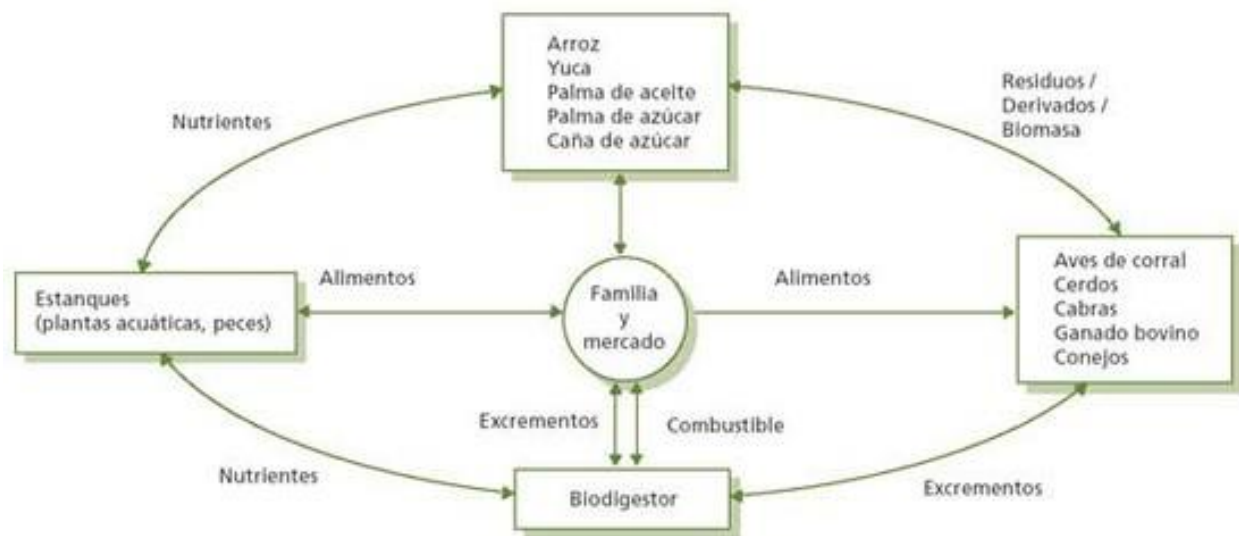


Diagrama 1. El sistema agrícola integrado

Fuente: (Preston, 2005)

1.12. El biodigestor en el sistema agrícola

Para que un sistema agrícola sea sostenible, debe haber una relación muy directa entre los diversos componentes que interactúan en la conversión de la energía y los nutrientes de la tierra en alimentos de origen animal y vegetal, tal y como lo muestra el diagrama anterior.

Al estar estrechamente integrado al sistema agrícola, un biodigestor puede: reducir la necesidad de leña y el trabajo que implica recogerla, además, de ser una fuente renovable de combustible para cocinar y la ausencia de humo mejora la salud, ya que las cantidades de enfermedades respiratorias que se presentan, por la inhalación de humo al cocinar en espacios cerrados con leña desaparecerían.

Un eficiente manejo del estiércol de bovinos y cerdos, además del agua de lavado de las instalaciones, se lo realiza con la construcción de un biodigestor que es un recipiente cerrado o tanque el cual puede ser construido con diversos materiales como ladrillo y cemento, metal o plástico. Los materiales que ingresan y abandonan el biodigestor se denominan afluente y efluente respectivamente. El proceso de digestión que ocurre en el interior del biodigestor libera la energía química contenida en la materia orgánica, la cual se convierte en biogás. Dentro de las bondades que ofrece la construcción de un biodigestor en la finca tenemos:

1.13. Bondades de un biodigestor.

a. Descontaminación ambiental por la disposición final de la biomasa.

Este efecto de descontaminación ambiental, quizá por lo intangible del hecho en sí, difícilmente pueda valorarse en términos contables pero su efecto ventajoso sobre el ambiente es en muchos de los casos la principal razón para la instalación de biodigestores.

b. Producción de biogás:

Con el término biogás se designa a la mezcla de gases resultantes de la descomposición de la materia orgánica realizada por acción bacteriana en condiciones anaerobias.

Por medio de un generador, se podría utilizar el biogás como combustible en motores que necesiten diesel o bien gasolina para la producción de energía eléctrica. En los motores que suelen necesitar de diesel para su funcionamiento, el biogás puede llegar a reemplazar hasta un 80% del ACPM o diesel (debido a que éste tipo de motores carece de bujía para la combustión y a la capacidad de ignición del biogás, no es posible reemplazar el diesel o ACPM en su totalidad). Puesto que para los motores que trabajan con gasolina se le es posible reemplazar el 100% de la misma con el biogás, en los trabajos agropecuarios se le da preferencia a los motores diesel porque se consideran motores más fuertes y resistentes y también son los más comunes dentro del ámbito rural.

Un metro cúbico de biogás totalmente combustionado es suficiente para:

- Generar 1.25 Kw/h de electricidad.
- Generar 6 horas de luz equivalente a un bombillo de 60 watt.
- Poner a funcionar un refrigerador de 1 m³ de capacidad durante 1 hora.
- Hacer funcionar una incubadora de 1 m³ de capacidad durante 30 minutos.
- Hacer funcionar un motor de 1 HP durante 2 horas.

c. Producción de abono orgánico.

En el proceso de fermentación se remueven sólo los gases generados, tales como el Metano (CH₄), Dióxido de Carbono (CO₂) y Ácido Sulfhídrico (H₂S) que representan del 5% a 10% del volumen total del material de carga. Se conservan en el efluente todos los nutrientes originales (N, P, K) contenidos en la materia prima, que son esenciales para las plantas. Lo anterior lo convierte en un valioso abono orgánico, prácticamente libre de olores, patógenos y de fácil aplicación.

1.14 El diseño técnico más apropiado del biodigestor.

En Nicaragua ya se ensayaron un gran número de biodigestores, es preciso identificar el modelo más apropiado, según las ventajas y desventajas. Según estudios de factibilidad para un Programa de Biogás en Nicaragua en 2010 ilustra 3 modelos de biodigestores construidos en Nicaragua en los últimos 20 años.

El modelo Taiwán o de saco plástico tiene sus limitaciones por el clima y por el ciclo de vida útil; aunque su ventaja comparativa es ser más barato que los demás permitiendo un mejor posicionamiento en el mercado. El modelo de Campana flotante ha dado buenos resultados en Nicaragua, pero los costos de hierro, lo hace menos competitivo.

El modelo de domo fijo podría ser el más competitivo dado que los materiales para su construcción se encuentran localmente y que en un programa nacional se podría disponer de una asistencia técnica constante.

1.15. Ventajas de su uso:

- ✓ El efluente lleva parte de sus nutrientes en forma no disponible de inmediato para las plantas, es decir, los libera paulatinamente mediante ciertos procesos de descomposición de materia orgánica. De esta forma, la nutrición es lenta, pero continúa.
- ✓ Aumenta el contenido del humus del suelo, el cual mejora la estructura y la textura del terreno, facilita la aireación, la rata de formación de depósitos de nutrientes, y la capacidad de retención e infiltración del agua.
- ✓ Permite el ahorro de la cantidad de otros abonos convencionales sin disminución de la producción.
- ✓ Presenta incrementos de la producción, al compararla con la de suelos no abonados.

1.16. Dificultades técnicas de los biodigestores:

La construcción de biodigestores conlleva una serie de dificultades técnicas:

- El digester debe encontrarse cercano a la zona donde se recoge el sustrato de partida y a la zona de consumo.
- Debe mantenerse una temperatura constante y cercana a los 35°C. Esto puede encarecer el proceso de obtención en climas fríos.
- Es posible que, como subproducto, se obtenga SH₂, el cual es tóxico y corrosivo, dependiendo del sustrato de partida y de la presencia o no de bacterias sulfato reductoras. La presencia de SH₂ hace que se genere menos CH₄, disminuyendo la capacidad calorífica del biogás y encarece el proceso por la necesidad de depurarlo.
- Necesita acumular los desechos orgánicos cerca del biodigestor.
- Riesgo de explosión, en caso de no cumplirse las normas de seguridad para gases combustibles.

Cuadro 2 Tipos de biodigestores con sus ventajas y desventajas.

Modelos	Ventajas	Desventajas	Recomendaciones
Modelo Taiwán o Saco plástico	Bajos Costos	Sensible a daños	Donde no hay peligro de que se dañe la pared de la bolsa y donde predominan temperaturas altas constantes
	Construcción plana	Poco trabajo propio posible	
	Altas temperaturas en el biodigestor	No se crean fuentes de trabajo local	
	Fácil limpieza, descarga y mantenimiento	El plástico es importado Corta vida útil (cerca de 5 años)	
Modelo de Domo fijo o Chino	Bajos costos de construcción	Algunas veces no están bien selladas	Donde la obra de construcción es supervisada por técnicos con mucha experiencia en materia de biogás. Los usuarios deben ser asesorados con regularidad
	No posee partes móviles	Presión de gas muy alta	
	No posee partes metálicas	Manejo complicado	
	Tiene larga vida útil 20 años o más	Bajas temperaturas de fermentación	
	Construcción subterránea		
	Protegido contra bajas temperaturas		
Crea fuentes de trabajo local			
Modelo Hindú o de Campana flotante	Manejo fácil y razonable	Altos costos de construcción de la campana	Aun con estas desventajas se pueden usar campanas flotantes de vidrio o polietileno, sin embargo con costos más altos
	Presión de gas constante	Costos de mantenimiento alto, trabajo de pintura	
	El gas almacenado es directamente visible	Muchas piezas metálicas se corroen fácilmente	
	Pocos errores posibles en la construcción	Tiempo de vida corto en climas tropicales 5 años de vida para la campana	

Fuente: PBN 2010

De acuerdo al cuadro número 2 se aprecian las ventajas y desventajas y según a los diferentes modelos de biodigestores y algunas recomendaciones de cada uno de ellos, donde el biodigestor más óptimo para las familias rurales en Nicaragua tendría que ser aquel que utilice la mayor cantidad de productos locales y que dichos productos locales sean los menos contaminantes y baratos posibles.

1.17. Componentes de un biodigestor común.

Según (Dagoberto Elizondo (MAG), 2005) un biodigestor común (media bolsa) está conformado por cinco partes que son:

1. La Pila de Carga: Es una pileta pequeña donde se deposita y se mezclan los materiales que alimentan el tanque digestor. Debe estar a mayor altura que el nivel de carga del digestor (tanque totalmente lleno).

2. El Digestor: Es un tanque alargado excavado en la tierra. Dentro de él los desechos son descompuestos. Por un extremo se conecta el tubo de pila de carga y por el otro a la pila de descarga.

No importa cuál sea el sistema a utilizar, la cámara de digestión deberá cumplir los siguientes requisitos:

- ❖ Impermeable al agua y al gas para evitar la pérdida del líquido en digestión, con el consecuente peligro de contaminación; y la pérdida de gas disminuirá la eficiencia y provocará el riesgo de explotaciones en las cercanías del digestor.
- ❖ Aislante, las pérdidas de calor deben ser evitadas al máximo, puesto que el mantenimiento de la temperatura de digestión es logrado con el aporte de calor externo y por lo tanto todo ahorro en este sentido redundará en una mayor cantidad de energía neta disponible.
- ❖ Estabilidad estructural, capaz de soportar cargas estáticas y dinámicas; incluyendo un cuidadoso estudio del suelo, especialmente en los que serán construidos bajo tierra.

3. Pila de Descarga: Sirve para retirar los residuos provenientes del tanque que fueron digeridos. Está colocada a menor nivel que la pileta de carga.

4. Cubierta Plástica: Se coloca sobre el tanque digestor, cierra la entrada de aire al interior del mismo y almacena la cantidad de gas producido.

5. Tubería, Válvula y Llave de Paso: Se conecta una tubería en la parte superior de la cubierta plástica que conduce el gas donde será aprovechado; además, se conecta una sencilla válvula de seguridad que evite la sobre presión interna en la cubierta plástica y elimina el agua condensada en la tubería. También es importante una llave que permita el paso del gas cuando se necesita.

1.18. Componentes de un biodigestor tubular.

Según (Robert Franklin Cotrina, 2013) un biodigestor tubular posee los siguientes componentes:

a. Poza de entrada

Es el lugar donde se realiza la mezcla de estiércol y agua, la cual ingresa al reactor a través de la tubería de entrada. A esta se le coloca una canastilla o rejilla que impide el paso del material sólido que pueda haber en el estiércol.

El volumen de poza de entrada está relacionado con el volumen de carga diaria que necesita el biodigestor. Es recomendado construirla de concreto.

b. Reactor

Es el elemento principal del sistema. Consiste en una estructura de forma de tubo, considerada por una geomembrana de PVC, con un volumen total promedio de 10m³. El 75% del volumen contiene la mezcla de agua y estiércol y el 25% restante contiene el biogás; el reactor está compuesto por cuatro tuberías:

1. Una conectada a la poza de entrada, donde se realiza la mezcla.
2. Otra conectada a la poza de salida, donde se almacena el biol.
3. Una tercera para la salida de los sólidos.
4. Una última que sirve de salida para el biogás.

c. Poza de salida

Está ubicada a la salida del biodigestor. Es la estructura que permite recibir y almacenar el biol que se obtiene como producto de la carga y descarga diaria del biodigestor, esta poza debe estar revestida con cemento para evitar filtraciones. Es recomendable que el volumen de recepción de la poza corresponda al volumen de carga del biodigestor, para evitar derrames al momento de realizar la descarga.

d. Tubería de conducción de biogás

Compuesta por una manguera PET o una tubería de PVC, la cual se encarga de llevar el biogás desde el reactor hacia el reservorio, pasando por la válvula de seguridad y luego hacia la cocina.

e. Válvula de seguridad

Es construida en base a una botella plástica transparente conectada a la tubería de conducción de biogás mediante una "T". Dicha botella contiene una cantidad determinada de agua y su función es dejar escapar parte del biogás cuando hay mucha presión en el reservorio evitando que se rompa. También ayuda a atrapar el agua que pueda condensarse al interior de las tuberías. El nivel de agua no debe sobrepasar los 3 o 4 cm a la salida de la tubería, ya que una altura mayor haría que no cumpla su función de seguridad.

f. Techo invernadero

Es la cubierta superior que se le pone al biodigestor. Su función es mantener una temperatura apropiada y constante para que el reactor y las bacterias que habitan en él tengan un ambiente adecuado para funcionar, además de protegerlo de posibles daños causados por las personas, animales, lluvia, etc. Consta de un toldo construido en base a una estructura en forma de cúpula, cubierta con un plástico especial para invernadero.

g. Paredes

Construidas lateralmente, las paredes sirven al reactor para protegerlo del frío. Junto con el techo invernadero, ayudan a mantener una temperatura adecuada de trabajo del reactor. Pueden ser adobe, ladrillos, etc.

h. Reservorio

Es el lugar donde se almacena el biogás cuando no es utilizado en la cocina. Está construido de plástico simple, pero también puede ser de geomembrana. Su ubicación puede ser horizontal o vertical, en un lugar no muy transitado, evitando que elementos extraños puedan dañarlo. Las dimensiones recomendadas son de 3 m de largo por 1.5 m de diámetro, y permite almacenar aproximadamente 5m³ de biogás.

i. Filtro para H₂S (ácido sulfhídrico)

Es una estructura tubular construida de tubería PVC, la cual contiene en su interior una viruta de hierro como filtro, instalado en la tubería por donde pasa el biogás.

Su función es purificar el biogás, ayudando a atrapar el ácido sulfhídrico (H₂S) antes de llegar a los quemadores, de modo que no cause problemas en el sistema (como la corrosión), malos olores y, en casos extremos, alguna molestia a los que utilizan la cocina.

j. Cocina de arcilla a biogás

Se utiliza para la cocción de alimentos y funciona de la misma manera que cualquier cocina a gas convencional. Puede construirse de arcilla y consta de dos quemadores u hornillas, adaptados a la parte final de la tubería de conducción del gas. Cada hornilla se controla con una llave de paso.

Cuadro 3 Características a tomar en cuenta para implementar un biodigestor según el tipo de finca.

En el cuadro número 3 podemos observar las características de acuerdo a las fincas donde se implementará los biodigestores en función de las actividades que se desarrolle como cría de animales, siembra, granjas mixtas, etc.

Tipo de finca	Características relevantes para la generación de biogás		Implementación de un biodigestor
1. Sólo cría de animales	Pastos (Pastoreo de animales)		No aconsejable
	Engordes estacionarios intensivos		Adecuado
2. Sólo siembra de vegetales	Únicamente residuos de cosecha		No aconsejable
	Difícil fermentación		
3. Granjas mixtas			
Cría de animales para:			
Animales de carga	La mayoría del ganado duerme en establo, sólo algunos animales, 50% del estiércol recolectado		Posible
Producción de carne	Extensiva	Pastos; sin establo, estiércol derrochado	No aconsejable
	Intensiva	Engorde en establos; estiércol recolectado	Adecuado
Producción de leche	Ganado normalmente estabulado; todo el estiércol y orina usable		Adecuado
Siembra de vegetales:			
Vegetales	Próximo a la casa; residuo vegetal y agua disponible todo el año		Posible
Cosecha de campos	Sin riego	Una cosecha al año, escasez de forraje, largas distancias de recolección de los residuos y el estiércol	No adecuado
	Con riego	2-3 cosechas al año; agua disponible, campos pequeños	Posible
Fuente: Datos obtenidos de la guía de implementación de biodigestión de ecoempresas SNV 2012.			

Una vez que se ha determinado el tipo de finca, es necesario evaluar una serie de criterios técnicos, económicos, sociales y ambientales para determinar si es posible la puesta en marcha del sistema de biodigestión. Al igual que las condiciones a tomarse en cuenta y los procedimientos que incurren en la construcción de un biodigestor.

1.19. Condiciones que deben de tomarse en cuenta para la implementación de un biodigestor.

Según estudios por parte servicio Holandés de Cooperación al desarrollo (SNV, 2012) los criterios para la evaluación de la implementación de un Biodigestor son:

- ✓ Temperaturas diarias con poca variación (temperaturas mínimas de 15 a 20 ° C).
- ✓ Producción y condición económica de la finca estable
- ✓ Demanda regular de gas (energía eléctrica o térmica).
- ✓ Disponibilidad de establos con el suelo de plancha de cemento (alta recolección de estiércol). Animales semi-estabulados.
- ✓ Un mínimo de 30kg/día de estiércol generado.
- ✓ Disponibilidad del agua potable durante todo el año.
- ✓ Ubicación de las plantas en los establos y en los puntos de consumo en condiciones favorables.
- ✓ Contraparte con acceso y experiencia en el trato de campesinos. Contraparte con experiencias similares a programas de biogás.
- ✓ El coste de construcción de la planta puede ser asumido por la economía de los campesinos.
- ✓ Materiales de construcción y uso del gas disponibles a nivel local.
- ✓ Separación del sistema de recolección de aguas lluvias del sistema de aguas negras o de lavado de establos.
- ✓ Disponibilidad de mano de obra calificada en la zona para actividades de construcción y obra gris del sistema de biodigestión.
- ✓ Maquinaria pesada disponible en la zona.
- ✓ En mataderos (porcino, avícola, bovino), suelos de cemento y buen sistema

de drenaje que recolecte y transporte el agua de lavado.

- ✓ Disponibilidad de espacio donde ubicar el sistema de biodigestión en la finca.
- ✓ Nivel de agua subterránea bajo a niveles freáticos bajos, a más de 3 metros.

1.20. Procedimientos para la construcción de un biodigestor.

Paso 1: Elegir el lugar

El primer paso antes de instalar el biodigestor es identificar la ubicación más adecuada, elegir un suelo compacto para asegurar mayor tiempo de vida al biodigestor. Este debe estar cerca del lugar donde se produce los desechos de origen animal. Siendo una ventaja si los desechos pueden ser escurridos con agua y luego, por gravedad, hacer que fluyan directamente hasta la entrada del biodigestor. Resulta relativamente fácil transportar el gas por una tubería, pero difícil y tedioso transportar los desechos.

El lugar debe tener las siguientes características:

- Terreno plano, sin riesgos de inundaciones o derrumbes
- El terreno debe ser propiedad de la familia que desee tener un biodigestor
- El lugar no debe estar bajo sombra
- La zanja debe tener orientación Norte-Sur
- Tener acceso a fuente de agua no clorada
- Debe estar cerca de la cocina de la vivienda (a menos de 20 m)

Paso 2: Preparar el lugar

Una vez que el lugar ha sido elegido, el paso a seguir es determinar el tamaño del biodigestor, (Robert Franklin Cotrina, 2013) en su informe sobre tecnologías para servicios básicos propone que la construcción de un biodigestor requiere las siguientes medidas. (Cabe destacar que hay diferentes variables a considerar para el cálculo del tamaño de los biodigestores).

Medidas para la Zanja:

- Largo: 8.40m
- Ancho superior: 1.20m
- Ancho base; 0.80m
- Profundidad: 0.80m (entrada) y 0.90m (salida)

Medidas para la pared deben ser las siguientes:

- Largo: 8.4m
- Altura: 0.50m
- Ancho: 0.40m

Las paredes pueden se construyen de adobe o tapial. Para ello se puede aprovechar la misma tierra que sale de la zanja para hacer los adobes. La zanja debe tener forma trapezoide y, una vez terminada, hay que asegurarse que no haya elementos que puedan causar daño al biodigestor, tales como ramas, raíces, piedras puntiagudas entre otros, de encontrarlos, es preciso retirarlos.

Paso 3: Acondicionamiento de la zanja

Una vez cavada la zanja y revisada, se procede a emparejar y compactar las paredes y la base. Una vez terminada la actividad, se coloca un plástico protector que tiene como función revestir la zanja e impedir el ingreso de agua o humedad.

Paso 4: Instalación del reactor

Para hacer la instalación del biodigestor se tapan todas las tuberías, dejando abierta la tubería de entrada, por medio de ésta se procede a inflar el biodigestor a través de una manga de plástico. Una vez inflado debe ser llevado a la zanja, asegurándose que la entrada y la salida estén ubicadas correctamente.

Paso 5: Nivelación de las tuberías de entrada y salida

Ambas tuberías deben estar ubicadas en un canal inclinado y deben ser niveladas utilizando el nivel de manguera. Se clavan dos estacas junto a la pared para fijar con alambre las tuberías, de tal forma que la salida esté ubicada a una altura que

permita que el líquido ocupe el 75% de la capacidad del reactor y, si hay más líquido este se rebalse hacia la poza de biol.

Paso 6: Instalación de salida de los sólidos

Consta de una tubería de PVC de 4 pulgadas unida a una llave de paso de 4", la cual permite la evacuación del material sedimentado en el fondo del reactor. Se encuentra ubicada en la base del biodigestor por debajo de la salida del biol y tiene como función principal facilitar la descarga del biodigestor y realizar la limpieza de sólidos sedimentados cada vez que sea necesario.

Paso 7: Instalación de la conducción de biogás

El transporte del biogás se realiza a través de una manguera de plástico de 1/2" de diámetro, la cual lleva al biogás desde el reactor hacia el reservorio y a la cocina. Esta manguera deberá estar bien estirada en su trayectoria para evitar la acumulación de agua por condensación en las partes bajas, evitando que se forme una "u" en alguna parte.

La manguera se sujeta a los nipples por medio de abrazaderas; esto asegura que no haya fugas. La manguera deberá instalarse en postes, ya que si se instala en el suelo o a una altura bajo, puede obstruir el tránsito. Una vez llegada a la pared de la vivienda, se debe instalar la válvula de seguridad.

Paso 8: Instalación de la válvula de seguridad

El sistema consta de una "T" y tres nipples, uno de los nipples va conectado a una válvula de paso, el otro a la tubería de gas y el tercero va al interior de una botella plástica. La válvula se ubica entre el reactor y el reservorio. Sirve para dejar escapar una parte del biogás cuando la presión es excesiva y evita la ruptura del reservorio o del reactor.

Paso 9: Construcción del techo invernadero

El techo está construido de los siguientes materiales:

- 12 arcos de fierros corrugados de 3/8" x 2.25m de largo.

- 12 tubos de plásticos de ½ " x 2m de largo para forrar el hierro.
- 100m de soguilla.
- Plástico invernadero (10m de largo x 3m de ancho).

Los arcos de fierro se introducen en los tubos de plástico, a fin de protegerlos de las condiciones ambientales. Luego se clavan los extremos del arco en cada una de las paredes del extremo del biodigestor, asegurándose que los arcos se claven en el centro de la pared de manera perpendicular a estas. La distancia estimada entre arco y arco es de 72 cm. Una vez terminada la instalación de los arcos, se coloca la soguilla por la parte central a lo largo del techo.

Esta soguilla debe estar amarrada en cada arco, su función es darle soporte al plástico. Se repite la operación cada 20 cm hacia ambos lados del arco. Finalmente se coloca el plástico invernadero. Hay que asegurarse que el plástico cierre adecuadamente el biodigestor, para evitar que por las noches entre aire frío al interior.

Paso 10: Construcción e instalación del reservorio

Se corta un segmento de plástico tubular de 4 m de largo por 1.5 m de diámetro. Se coloca el tubo de entrada de biogás a un extremo y se introduce 30 cm en el plástico. El plástico se dobla en forma de acordeón alrededor del tubo. Una vez doblado se amarra con jebe de tal manera que no permita la entrada de aire. Esta operación se repite al otro extremo con un listón de madera. Debe asegurarse que los amarres sean lo suficientemente fuertes para evitar fugas de biogás. Finalmente, se acopla la manguera de biogás al tubo por donde ingresará el gas.

Paso 11. Instalación de la cocina

La instalación empieza desde la llegada de la línea del biogás, que se une mediante una unión de fierro galvanizado de ½", el mismo que es conectado a la tee a través de un niple de 4" de longitud. Desde la tee se colocan 2 niples a cada extremo del fierro galvanizado de ½" y 2" de longitud.

A continuación se instalan las válvulas de paso, luego se coloca un par de niples de 1" de longitud y un codo (ambos codos deben estar paralelos al suelo o a la base de la cocina). Luego se colocan los niples de 8" y en sus extremos un codo, apuntando hacia arriba perpendiculares a la base. Allí se colocan los niples de 5". A las cocinas de briquetas se les abre un pequeño agujero en la parte media de la base, por donde pasan los niples; una vez instalados, se colocan los quemadores en la parte superior de cada uno.

El filtro para ácido sulfhídrico (H₂S) se instala en la tubería de ingreso, entre el reservorio y la cocina, previo a la entrada de biogás hacia la cocina. Este tiene la función de evitar malos olores producidos por el H₂S, así como los problemas de corrosión que se puedan generar.

Paso 12: Construcción de las pozas de entrada y salida

Las pozas pueden ser construidas con ladrillo, adobe o piedra, y revestidas con cemento para impermeabilizarlas. La poza de entrada tiene las siguientes medidas sugeridas: 80 cm de largo por 60 cm de ancho y 40 cm de profundidad. Estas medidas aseguran que la carga diaria pueda caber sin mayor problema.

En caso el usuario lo crea conveniente, se puede instalar una pequeña compuerta a la entrada de la tubería, lo que consiste en colocar una pequeña plancha de acero con el fin de evitar el ingreso de sustancias extrañas fuera de las horas de carga. La poza de salida de biol se construye de la misma manera, pero debe ser mucho más grande que la de entrada, ya que allí se almacenará el biol obtenido diariamente (se recomienda que tenga 1m³ de capacidad). También se recomienda colocar una pequeña compuerta a la salida.

Tabla 2 Temperaturas para la producción de biogás.

En la tabla número 2 podemos observar que de acuerdo a la temperatura se tiene el tiempo producción y retención del biogás, y así explicar su forma de operación y mantenimiento de un biodigestor.

Temperatura (T°)	Tiempo de retención (días)
35°	17
30°	20
25°	25
18°	35
15°	55

Fuente: Cartilla técnica biodigestores, CORANTIOQUIA

1.21. Operación y mantenimiento de biodigestores

Una vez instalado el biodigestor se realiza la primera carga. Entre 3 semanas y 2 meses el biodigestor empezará a producir biogás, variará de acuerdo a las condiciones ambientales de la zona donde se instale. El gas producido al comienzo tiene muy poco contenido de metano en su composición, pero cuando el biogás enciende, ya puede ser utilizado en la cocina y el biol está listo para ser usado en la fertilización de los cultivos.

El funcionamiento de un biodigestor depende de las personas que están a cargo de él, teniendo presente los siguientes pasos:

1. Cargarlo todos los días con estiércol (de vacas o cerdos) revuelto con agua. Por cada parte de estiércol se utilizan dos partes de agua no contaminada con sustancias de síntesis químicas, tierra ni otros residuos (plantas forrajeras). Realizar la mezcla por las mañanas.
2. Revisar la manguera de conducción del gas del biodigestor a la cocina para sacarle el agua evaporada y condensada que no permite el paso del gas

hasta la estufa u hornilla.

3. En caso de observarse pérdida de gas dentro del biodigestor se debe revisar si presenta orificios para taparlos por medio de parches con tornillos o con cinta especial para polietileno.
4. Proteger el biodigestor de la acción de animales, asegurándose de que no hayan roedores en la zona de reservorio, y no usar nunca el estiércol de animales recién vacunados.
5. Aproximadamente a los ocho días de construido el biodigestor es recomendable sacarle el aire para tener la seguridad absoluta que el gas presente en él es en su mayoría gas metano (utilizado para la cocción de alimentos).
6. Revisar semanalmente el agua de la botella de la válvula de seguridad, asegurándose de no estar vacía, y de estarlo, es preciso llenarla hasta el nivel establecido (no debe superar los 3 o 4 cm de la columna de agua sobre la base de la tubería).
7. Es necesario revisar periódicamente que el techo invernadero esté bien cerrado para evitar el ingreso del frío o de cualquier cuerpo extraño al interior del biodigestor. El aire frío disminuye la temperatura y con ello la producción de biogás. Por tal razón es importante la asistencia técnica adecuada para la construcción de un biodigestor.

1.22. Asistencia técnica para construir un biodigestor.

El establecimiento de biodigestores en determinada comunidad requiere una capacitación teórico/práctica de dos días de duración mínimo, por parte de un o una profesional con experiencia en el campo. Esto, con el fin de evitar problemas posteriores que se generan ante una mala instalación, uso y seguimiento.

Cada instalación de un biodigestor requiere entre 4-5 visitas del técnico/a, según SNV.

1. Visita de inspección previa para orientar la ubicación con respecto a la porqueriza o la actividad pecuaria
2. Dar las orientaciones después de que se ha iniciado la construcción de la zanja

3. Instalar el plástico, hacer la conexión de la cocina y ponerla a funcionar
4. Visita adicional para solucionar detalles como por qué no produce bastante gas y otros cuidados.

1.22. Formas de aplicación del bioabono o biol:

- ❖ **Efluente líquido:** Presenta ventajas como la alta disponibilidad de nutrientes y la buena absorción por parte de las plantas, puede aplicarse inmediatamente sale del biodigestor, o almacenarse en tanques tapados por un periodo no mayor a 4 semanas, para evitar grandes pérdidas de nitrógeno.
- ❖ **Efluente compostado:** Otro manera de manejar el efluente es agregándole material verde (desechos de forraje de establo) y compostándolo, este método produce pérdidas de nitrógeno del 30% al 70%, pero tiene la ventaja de que el producto final es compacto, en forma de tierra negra, lo que facilita el transporte y aplicación.
- ❖ **Efluente seco:** El resultado del secado es una pérdida casi total del nitrógeno orgánico (cerca del 90%), lo que equivale al 5 % del nitrógeno total. Las producciones observadas en cultivos al utilizar el efluente seco son las mismas que al usar estiércol seco o estiércol almacenado, este procedimiento se recomienda cuando se vayan a fertilizar grandes áreas, o la distancia a cultivos sea largo y difícil.

1.23. El efluente como alternativa de alimento para animales:

- ✓ El efluente puede ser utilizado como alimento para peces, en lagos o estanques artificiales; en este caso es necesario exponerlo al sol y al aire durante unos dos días, para evitar que consuma el oxígeno del agua, después de la aireación se distribuye uniformemente sobre el lago.
- ✓ La lombricultura, es otra actividad en la cual puede ser utilizado el efluente. Normalmente se emplea en seco, como sustrato principal, o en forma líquida,

con residuos sólidos como paja de arroz, paja de maíz o sorgo, residuos de plantas de forraje, entre otros.

Como se ha venido dando a conocer anteriormente, la implementación de la tecnología de biodigestores, beneficiaría a que se reduzca la contaminación en las porquerizas de las fincas campesinas así como también mejoraría las condiciones en las que se extrae la leche del ganado, ya que con la utilización del estiércol del mismo, el ordeño se realizaría en condiciones más higiénicas y salubres y se obtendría una leche de mejor calidad.

En la actualidad se le exige a los que ejercen su fuerza de trabajo en el sector rural que trabajen en armonía con el medio en el que labora y que sea favorable para todos en él. El excremento de los animales domésticos y que son de corral, es uno de los principales contaminantes y factores de enfermedades en las personas. Muchas de las técnicas modernas no pueden cumplir con estos requisitos, mas sin embargo el biodigestor podría ser suficiente para colaborar con el ecosistema.

CAPÍTULO II IMPACTOS PROVOCADOS POR EL USO DE BIODIGESTORES

En éste acápite se presentan los resultados que se obtienen luego de que en una finca se comienza a trabajar con una tecnología que no es una novedad, pero que sirve como innovación para los productores agrícolas. Se brindaran detalles acerca de los beneficios o bien perjuicios que provoca la implementación de biodigestores.

El uso de biodigestores, puede contribuir a la reducción de los problemas de contaminación de las aguas residuales por excretas, mantener un equilibrio ambiental y mejorar la estructura del suelo. La aplicación de biol efluente producido por el biodigestor, aumenta la fertilidad del suelo permitiendo así el aumento de las plantas cultivadas.

Además la instalación de Biodigestores trae consigo grandes beneficios económicos, sociales, ambientales y en la salud, para el campesinado nicaragüense, ya que encontramos diferentes usos: producción de gas metano, utilizado para la iluminación, reduciendo así el uso de energía convencional. Y esta es una forma de producir energía que no resulte contaminante ni el proceso ni en su combustión.

El biogás producto del biodigestor y como fuente de energía, presenta varias características que lo hacen atractivo para su uso e implementación, en comparación con los combustibles fósiles tradicionales, según guía de TECNOSOL el uso de biodigestores traería los siguientes efectos o impactos.

2.1. Impactos en la salud

Los miembros de la familia mejoran su salud, en especial las mujeres, que son las encargadas de cocinar con leña y de sus niños pequeños que las acompañan. Al evitar el humo van desapareciendo o disminuyendo enfermedades respiratorias y de los ojos.

Con el gas producido por los biodigestores, no se corre ese riesgo ya que no produce humo ni olores desagradables en la cocina. Los resultados para la salud que se obtienen son:

- Disminución en la tasa de enfermedades respiratorias al dejar de cocinar con leña
- Reducción de malos olores (limpieza de la casa), el biodigestor evita el 90% malos olores. Favoreciendo la convivencia vecinal.
- Reducción de fuentes de enfermedades por el manejo de excretas de animales
- Insectos. En las actividades pecuarias abundan los insectos, principalmente moscas y zancudos, que traen a casa suciedad. Con el biodigestor se reduce la posibilidad de propagación de plagas.

Otro aspecto difícil de cuantificar son los derivados del uso de fertilizantes de procedencia orgánica que compartirían una mejora en la nutrición de los consumidores.

El consumo de alimentos más sanos junto con la menor inhalación de humo es una apuesta por la prevención. Una población más sana conlleva a un menor gasto médico. Y un medio ambiente más sano implica una mejora de las condiciones de vida de las personas.

2.2. Impacto ambiental.

De no contar con biodigestores los daños generados al ambiente ya sea en forma de deforestación, emisiones de gases o contaminación de mantos acuíferos, se tendrían que calcular y para poder obtener estimaciones podemos utilizar indicios que nos proporciona la literatura.

Deforestación: se ha calculado que 1 m³ de biogás utilizado para cocción imposibilita la deforestación de 0.335 hectáreas de bosques con un promedio de 10 años de vida de los árboles (Sasse, 1989). Si un biodigestor promedio produce 1.5 m³ de biogás al día, 547.5 m³ al año, dejándose de cocinar con leña se evitaría la deforestación de 183.41 hectáreas de bosques cada año por cada biodigestor operando.

El uso del biodigestor puede contribuir a mitigar una amplia gama de impactos ambientales, provocados, por un lado por el pique de leña y por otro lado por la ganadería extensiva.

En las áreas donde se utilizan biodigestores se reduce la tala de los bosques por consumo de leña, favoreciendo la conservación de las especies de plantas y animales, contribuyendo a mantener la calidad de los flujos de agua y conservando los nutrientes de los suelos. Otro factor importante es la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero, ya que con el uso del biogás no se produce ningún tipo de humo, beneficiando en conjunto el buen manejo de la cuenca.

Impacto en la atmosfera (manejo de excretos y combustión), por la libre circulación de aire por encima del depósito de estiércol origina emisiones de amoníaco a la atmosfera. Estos procesos de liberación de gases son los responsables del deterioro de la capa de ozono causando daños irreversibles a la salud humana y la producción agrícola.

Otro efecto amigable con el medio ambiente es que si no se cocina con leña los utensilios de cocina no quedan tiznados de modo que se ocupará menos agua y productos químicos para limpiarlos.

Con la implementación de biodigestores el ambiente es el gran beneficiado ya que se soluciona el problema de contaminación de las excretas, puede disminuir las emisiones de gases contaminantes a la atmosfera. La producción diaria de biogás permite reducir la dependencia de insumos como: agroquímicos, gas comercial y energía eléctrica.

En resumen su factibilidad ambiental puede sintetizar lo siguiente:

- Combustible limpio al estilo GLP en sustitución de la leña.
- Produce un biol que puede sustituir en parte el abono y urea de naturaleza sintética.

- Contribuye a mitigar el impacto de la fermentación al aire libre del excremento del ganado.
- Mitiga el impacto de generación de metano por descomposición de residuos orgánicos, vegetales y animales.

2.3. Impacto económico.

Los resultados económicos además del beneficio directo de la sustitución de la leña, el beneficio de uso del biol en sustitución de urea, el beneficio de la reducción del trabajo doméstico y el beneficio del impacto en la reducción de gases GEI.

En resumen los resultados son:

- Ahorro en consumo energético (gas, leña, electricidad y gasolina).
- Ahorro en costos de fertilizantes químicos.
- Potencial ingreso por medio de la venta de Biol.
- Incremento de los rendimientos agrícolas y mayor volumen de forraje
- Posibilidad de producción orgánica.
- Disminución de la carga de trabajo doméstico.

2.3.1. Ahorro bruto en energía para cocinar.

Con la utilización de una nueva fuente calorífica disminuye la dependencia energética y al mismo tiempo permite dedicar el ahorro generado a cubrir otras necesidades básicas. Se estima que en promedio una familia campesina consume, aproximadamente, para la cocción de alimentos:

Leña: el usuario rural quema en promedio 1,5 metros cúbicos de leña al mes para satisfacer sus necesidades de cocción de alimentos en una familia integrada por 4-5 miembros (Preston B. , 1987)

Gas: un cilindro de gas propano cada mes. El costo del cilindro de 25 libras es de C\$ 258.75 (INE 2014).

Electricidad: una familia estándar consume un promedio mensual de 350Kwh. El Kwh. Tienen un costo unitario de U\$0.19, lo que representa un gasto promedio mensual de U\$66.5. (Jarquín, 2014).

El poder calorífico del biogás es de 18,8 y 23,4 megajulios por metro cúbico (MJ/m³), inferior al del gas. Según Botero y Preston se puede esperar una producción de biogás equivalente al 25% del volumen de la fase líquida. Es decir, un biodigestor de media bolsa promedio, 1.5 de ancho y 3 metros de largo, tiene capacidad para almacenar 1.5 m³ de gas diario.

La aceptación que puede tener el uso de biodigestores en el medio rural, se puede decir, que está relacionado directamente con el rol de la mujer, ya que el biogás contribuye directamente a los quehaceres domésticos; por ejemplo:

1. No tiene que levantarse temprano para buscar leña y preparar el desayuno, principalmente en la época lluviosa.
2. Es beneficioso para la salud ya que el biogás es limpio y no quema produciendo humo.
3. Los utensilios (cacerolas) de la cocina se mantienen limpios
4. Menos desgaste físico para las mujeres de la casa
5. Más tiempo libre para descansar y/o dedicar a otras actividades.

2.3.2. Ahorro en abonos químicos.

Si la familia rural nicaragüense se dedica a la producción agrícola y emplea fertilizantes el costo de los mismos es alto. El efluente líquido (biol) sale de forma líquida del biodigestor y sirve de abono orgánico para pastos y cultivos, equivalente a un fertilizante de fórmula completa.

El abono orgánico permite sustituir el abono químico Nitrógeno, Fósforo, Potasio (N, P, K). A continuación se enumeran las principales ventajas de su uso, según estudios del SNV en Nicaragua:

- Aporta nutrientes que no se encuentran de forma disponibles inmediata para las plantas en forma de humus que son fácilmente asimilables. Mejora la estructura y la textura del terreno; soltando los suelos excesivamente compactos y compactando los excesivamente sueltos, facilita la aireación y aumenta la capacidad de retención e infiltración del agua.

- Permite el ahorro de abonos convencionales y permite incrementos de la producción.
- Dificulta la multiplicación de hongos patógenos ya que no presenta condiciones para la multiplicación de insectos, moscas y bacterias.

El biol fertilizante natural y gratuito, mejora el rendimiento de los cultivos hasta 50%. Se puede utilizar directamente sobre la tierra, como pre-tratamiento sobre las semillas, o de forma foliar en las plantas. De tener vacas lecheras, el empleo del fertilizante sobre los cultivos forrajeros como alfalfa, aumenta su producción y calidad; obteniendo mayor producción de leche de las vacas.

El uso del estiércol de ganado bovino en Nicaragua, no es una práctica muy difundida como en Asia y África, donde se usa el estiércol como combustible para quemar y como material de construcción. Algunos proyectos de desarrollo han promovido el uso de las excretas de animales como ingredientes para la fabricación de abono orgánico en algunas zonas del país.

La utilización de los biodigestores además de permitir la producción de biogás ofrece enormes ventajas para la transformación de desechos:

Mejora la capacidad fertilizante del estiércol. Todos los nutrientes tales como nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio así como los elementos menores son conservados en el efluente. En el caso del nitrógeno, buena parte del mismo, presente en el estiércol en forma de macromoléculas es convertido a formas más simples como amonio (NH_4^+), las cuales pueden ser aprovechadas directamente por la planta. El proceso de digestión del biodigestor lo convierte en un valioso abono orgánico, prácticamente libre de olores, patógenos, y de fácil aplicación.

2.4. Impacto Social.

2.4.1. Cambio cultural.

Hay aceptación y valoración sobre la importancia y el deber ciudadano de preservar el medio ambiente.

La necesidad de cocción de los alimentos puede realizarse sin depender de los combustibles fósiles no renovables (electricidad, leña o gas). Se gana tiempo, seguridad dentro del hogar y la cocina no se deteriora, además que el ahorro

mensual por familia calculado en adquirir gas butano o leña puede destinarse a otras necesidades.

El uso del fertilizante producido por el biodigestor permite aumentos en la productividad. En el caso de que los productos orgánicos sean vendidos el margen de beneficio obtenido por el productor es mayor.

Cuadro 4 Resumen de los beneficios asociados con el uso del biodigestor.

En el cuadro numero 4 podemos observar los beneficios tanto para la familia como para el medio ambiente como resultado del uso de los sistemas de biodigestor.

Para la familia	Para el medio ambiente
No hay humo en el hogar	Disminuye la producción de CO2
Los trastos no quedan tiznados	Menos desechos contaminantes
Dejar de jalar y picar leña	No proliferación de insectos
Es más rápido prender el fuego	Fertilizantes y abonos orgánicos
No hay peligro de explosiones dentro del hogar	Se evita la tala de arboles
Se evita el deterioro del hogar	
Es más rápido para cocinar	
Mejora la economía del hogar	

CAPÍTULO III EVALUACIÓN SOCIO-ECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE BIODIGESTORES.

Debido a la situación socioeconómica que atraviesa Nicaragua se han venido desarrollando proyectos con la intención de mejorar la economía y preservar el medio ambiente, ADDAC ha impulsado proyectos utilizando la tecnología de biodigestores con el objetivo de incentivar y ayudar al productor a entender los beneficios de un biodigestor.

De acuerdo a un proyecto realizado en el departamento de Matagalpa en la comunidad El Tepeyac del municipio de San Ramón en el año 2007, se realizó un estudio en toda la zona en diferentes propiedades de dicho municipio, en función de conocer el tipo de finca más adecuado para implementar estas nuevas tecnologías, llegando a la conclusión que la más apropiadas son las fincas de crías de animales, de engorde intensivo o bien para la producción de leche ya que normalmente se encuentran estabulados y así poder aprovechar al máximo el estiércol y orina del ganado.

En el aspecto económico el proyecto de un biodigestores una alternativa viable para disminuir los costos de producción, refiriéndose al uso del abono orgánico, así como la reducción de gastos en consumo de leña y de gas metano.

El tipo de biodigestores que han implementado, recibe el nombre de biodigestores de campana, el cual les han sido beneficiados por la Asociación para la Diversificación y el Desarrollo Agrícola Comunal (ADDAC).

Para comprobar in situ se tomo la información brindada en entrevista realizada al Señor Ismael García productor y propietario de la Finca Ventía, municipio San Ramón departamento Matagalpa el uso del biodigestor les ha brindado grandes beneficios en su finca.

En la finca Ventía existen alrededor de 60 vacas lecheras, las cuales las tiene bajo

el sistema de estabulación, con suelos fríos de cementos, ya que la forma estabulada es la idónea para la recolección de estiércol en sus jornadas de limpieza del establo, haciéndolo ideal para el uso de tecnologías de biodigestores.

Al preguntarle el funcionamiento del biodigestor nos comentó que lo hace producir con excretas de ganado. Se recolecta el estiércol del ganado por las mañanas, se lleva a la pila de carga o pila de entrada donde se deposita y se bate con agua para el proceso de descomposición y así usarlo como biogás en la cocina, y como energía en toda la casa. Es un trabajo de media hora solamente para producir energía todo el día. Logrando beneficios económicos, ambiental y beneficios para la salud.

3.1.1 Beneficios económicos.

El sistema de biodigestor ha venido a disminuir el consumo de ciertos elementos productores de energía como leña o adquirir gas y se ha reducido considerablemente la compra de estos mismos. Ahora mi ganado además de leche y carne producen gas (García, 2015).

3.1.2 Beneficios en la salud.

Nosotros usábamos diferentes tipos de fuente de calor para generación de comida, como leña que normalmente es un contaminante generador de humo, ahúma la casa y uso era mucho más complicado en época lluviosa, porque al salir a buscar leña nos mojábamos y eso provocaba gripe, resfriados y sinusitis (García, 2015).

Ahora con el uso de esta tecnología no tenemos que almacenar leña durante el verano, para garantizar el funcionamiento de la cocina durante la época de invierno y nadie en la casa está expuesto al humo producto de los fogones. (Ver anexos No. 7 y No. 8).

3.1.3 Beneficios al ambiente.

La reducción de contaminación a través de estiércol se reduce, más o menos quitamos 200 libras diarias de estiércol (ver anexo No. 12) que estamos usándola

para producir algo que es útil y en el caso anterior era algo que nos estorbaba, contaminaba, ensuciaba las aguas y aunque lo estábamos usando como fertilizante y de forma directa siempre había mucho más desuso, obviamente hoy estamos ganando más con esta tecnología. Y la tala de árboles está disminuyendo.

Por tanto podemos indicar que la producción del biogás tiene grandes beneficios a los usuarios, a la sociedad como al medio ambiente.

- a. Producción de energía: calor, luz, electricidad.
- b. Transforma los desechos orgánicos en fertilizantes de alta calidad.
- c. Mejora las condiciones higiénicas por la reducción de patógenos, huevos de moscas, etc.
- d. Reduce la cantidad de trabajo con respecto a la recolección de leña.
- e. Favorece la protección del suelo, agua, aire y vegetación, obteniendo menor deforestación.
- f. Beneficios micro-económicos a causa de la sustitución de energía y fertilizantes, del aumento de los ingresos y aumento de la producción agrícola-ganadera.

3.2. Uso del biol en la Finca Ventía.

El biol es un líquido con alto contenido de nutrientes obtenido de los residuos del biodigestor(ver anexo No. 11) y lo aplicamos directamente en la base de la planta de café para que lo absorban y sirva para su crecimiento y producción, es un fertilizante líquido natural que no lo tengo que comprar, logrando así autosuficiencia en el finca, porque estoy ahorrando recursos directamente de dinero y logrando plantas más nutritivas que soportan mejor la época de verano ya que les proporciona agua y nutrientes(García, 2015).

3.3. Tiempo en producir biogás

No se obtiene biogás inmediatamente, una vez construido el biodigestor y cargado, hay que esperar aproximadamente unas tres semanas para que se produzcan las reacciones anaeróbicas y logre descomponerse el estiércol del ganado y así tener biogás. (Ver anexo No. 9)

Los costos de implementar un sistema de biodigestión son varios y dependen de las características específicas del diseño del sistema, el cual está directamente relacionado con las particularidades del productor o ecoempresa (volumen y tipo de residuos; como excretas de ganado bovino o porcino, sangre de animales, aguas mieles en el sector café, la disponibilidad del espacio físico, costos de materiales, maquinaria, mano de obra según la zona, entre otros). Conforme lo anterior, el costo de un biodigestor es variable.

La inversión inicial según datos obtenidos del informe del SNV del año 2007, para la construcción de un biodigestor el costo asciende a C\$ 15,689.50 córdobas incluyendo la mano de obra; pero el ahorro y beneficios que les genera la utilización de esta estructura creadora de gas natural son mayores que su costo. Estos costos se han establecido con base en la experiencia del proyecto de construcción de biodigestores en el municipio de San Ramón del departamento de Matagalpa.

3.6. Materiales de Construcción

Tabla 3 Materiales para la construcción del biodigestor.

Entre los materiales encontramos una serie de insumo necesario para la construcción tanto del biodigestor como de la casa de protección y la asesoría para la ejecución. Podemos apreciar los costos unitarios y totales tanto en córdobas como en dólares.

CONCEPTO	CANTIDAD	C. UNITARIO C\$	COSTO TOTAL C\$
Materiales de construcción			
Hierro de 3/8	1 ½	780.00	1,170.00
Hierro ¼	½ qq	710.00	355.00
Ladrillo cuarterón	660	1.20	792.00
Arena	1 ½ m	350.00	525.00
Piedrín	½ m	500.00	250.00
Cemento	11	121.50	1,336.50

Plástico	5 yardas	20	100.00
Alambre de amarre	5 lbr	12.00	60.00
Tubo pvc ½ pulg.	6	39.00	234.00
Tubopvc 3'' pulg.	1	185.00	185.00
Codo 3'' pulg.	1	48.00	48.00
Plástico salinero	1	910.00	910.00
Accesorio pvc cocina	1	449.00	449.00
Madera 5vrs	4	210.00	840.00
Tapón liso 3''	1	39.00	39.00
Pegamento pvc	1	200.00	200.00
Sub total C\$			C\$ 7,493.50
Sub total U\$			U\$ 280.55
Const. de la casa de protección			
Materiales			
Madera 2'' x 4''	6 reglones	65.00	390.00
Madera 1'' x 4''	4 reglones	70.00	280.00
Madera 1'' x 2''	2 reglones	35.00	70.00
Clavos 4''	2 lbr	11.50	23.00
Clavos 2 1/2 ''	6 lbr	12.50	69.00
Clavos de Zinc	2lbr	15.00	30.00
Zinc	3 laminas	238.00	714.00
Sub. Total C\$			C\$ 1,576.00
Sub. Total U\$			U\$ 59.00
TOTAL C\$			C\$ 9,069.5
TOTAL U\$			U\$ 339.55
Fuente: datos obtenidos del proyecto, construcción de un biodigestor, en el municipio de San Ramón, departamento de Matagalpa, II semestre 2007.			

T/ C: 26.71

Tabla 4 Costo de actividades para la construcción de un biodigestor.

Actividad	D/H	Costo días trabajados C\$
Limpieza del lugar	1	80.00
Cavación del hueco	3	600.00
Armado de hierro	1	150.00
Pegado de ladrillo	3	690.00
Repello	2	460.00
Afinado	2	460.00
Embaldosado fondo	2	230.00
Construcción de la caja de entrada y salida	2	460.00
Construcción de la casa de protección del biodigestor	3	690.00
Total C\$		C\$ 3,820.00
Total U\$		U\$ 143.01
<small>Fuente: datos obtenidos del proyecto, construcción de un biodigestor, en el municipio de San Ramón, departamento de Matagalpa, II semestre 2007.</small>		

Tabla 5 Costo de transporte de materiales para la construcción de un biodigestor

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario C\$	Costo total C\$
Transporte materiales y accesorios	Viajes	3	600.00	1800.00
Total C\$				C\$ 1,800.00
Total U\$				U\$ 67.39
<small>Fuente: datos obtenidos del proyecto, construcción de un biodigestor, en el municipio de San Ramón, departamento de Matagalpa, II semestre 2007.</small>				

Tabla 6 Costo de asesoría de la construcción y utilización del biodigestor.

Descripción	Unidad de medida	Costo C\$
Asesoría para la construcción	1	500.00
Asesoría de la utilización	1	500.00
Total C\$		C\$ 1,000.00
Total U\$		U\$ 37.43

Fuente: datos obtenidos del proyecto, construcción de un biodigestor, en el municipio de San Ramón, departamento de Matagalpa, II semestre 2007.

Tabla 7 Costo de materiales, mano de obra, asistencia técnica y transporte para la construcción del biodigestor.

Descripción	Costo total
Materiales	C\$ 9,069.50
Mano de obra	C\$ 3,820.00
Asistencia técnica	C\$ 1,000.00
Transporte	C\$ 1,800.00
Total C\$	C\$ 15,689.50
Total U\$	U\$ 587.40

Fuente: datos obtenidos del proyecto, construcción de un biodigestor, en el municipio de San Ramón, departamento de Matagalpa, II semestre 2007.

Nota: La tasa de cambio que se utilizó es de 26.71 córdobas por cada dólar.

Debido a que la zona donde fue ejecutado el proyecto ejerce una actividad ganadera, la mayoría del estiércol utilizado para la elaboración del biogás es estiércol de ganado, aunque algunos productores emplean estiércol mixto (estiércol mezclado de ganado, cerdo, humano) al igual que la pulpa de café y otros desechos.

El estudio constató que uno de los principales beneficios socioeconómicos que genera la utilización de biodigestor en esta zona es que ha reducido en casi el 50% el uso de leña, y por supuesto el ahorro de comprar gas para el uso de lámparas. El bioabono o biol es empleado para abonar las plantas de patio y parcelas, disminuyendo al menos en un 50% la compra de insumos agrícolas reduciendo de esta manera los costos de producción.

Según el productor Ismael García, el contar con este tipo de tecnologías genera impactos positivos en sus fincas, reduciendo el deterioro ambiental, ya que se evita la deforestación, se disminuye la contaminación de la biosfera y de las fuentes de agua.

El uso de esta práctica en la finca Ventía demuestra que la implementación de estas tecnologías de biodigestores es un método ecológico, amigable con el medio ambiente ya que tienen la capacidad de generar una energía alternativa limpia, cuyos frutos son reducciones de cargar contaminantes en el medio ambiente, además en las prácticas agrícolas se puede aprovechar todos los residuos e integrarlo con la producción animal a partir de las excretas para la fertilización agrícola y aprovecharlos en abono orgánico para los cultivos, reduciendo en un 50% el costo que incurren en la compra de insumos comerciales agrícolas; potenciando y mejorando el vigor del cultivo permitiéndoles soportar con mayor eficacia los ataques de plagas y enfermedades adversas del clima.

Conjuntamente resultando ser un abono que no contamina el suelo, agua, aire ni los productos obtenidos de las plantas. Por el contrario ha aumentado la fertilidad natural del suelo de la finca.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.

Los factores que encontramos en la investigación que hace posible la implementación de un biodigestor en el campesinado nicaragüense son:

Factor humano: cuentan con los recursos necesarios para la implementación de un biodigestor, contando con disponibilidad de tipo económica, como mano de obra, utilización del producto y disponibilidad del área para su construcción. Además de contar con materia prima, como desechos agrícolas, pecuarios o domésticos para su funcionamiento

Factores biológicos: Los factores biológicos que inciden en poseer un biodigestor son las diferentes enfermedades o plagas a las que están expuestas las familias rurales, debido a los excretas de animales o desechos orgánicos que se encuentran en el campesinado rural.

Factores físicos: para implementar estas tecnologías la localización es fundamental, debe tomarse en cuenta si es una zona rural o semi-urbana, además del factor climático, como las temperaturas máximas o mínimas del lugar, la humedad ambiental, la intensidad solar y la intensidad de los vientos.

La topografía, teniendo en cuenta si el suelo es plano, ondulado o quebrado. Todas estas consideraciones pueden hacer posible la implementación de un biodigestor.

Factores de construcción: la técnica de construcción del biodigestor, el material para la construcción del mismo (si es de tierra compactada o ladrillo, concreto o planchas prefabricadas).

Factores utilitarios: para adoptar esta tecnología debe de estar claro el productor la función que va cumplir el biodigestor dentro de su propiedad, el uso que se le dará, la escala en la que se construirá, porque de esto depende la capacidad del digestor y la operación del mismo contemplando el funcionamiento, la mezcla, la carga de los líquidos, sólidos y gases que incurren en un biodigestor.

Las limitantes para la implementación de un biodigestor

La construcción de biodigestores conlleva una serie de dificultades:

- ✓ El digestor debe encontrarse cercano a la zona donde se recoge el sustrato de partida y a la zona de consumo.
- ✓ Debe mantenerse una temperatura constante y cercana a los 35°C. Esto puede encarecer el proceso de obtención en climas fríos.
- ✓ Es posible que, como subproducto, se obtenga SH₂, el cual es tóxico y corrosivo. La presencia de SH₂ hace que se genere menos CH₄, disminuyendo la capacidad calorífica del biogás.
- ✓ Necesita acumular los desechos orgánicos cerca del biodigestor.
- ✓ Riesgo de explosión, en caso de no cumplirse las normas de seguridad para gases combustibles.

El uso de biodigestores en las condiciones de vida de las familias rurales produce los siguientes efectos:

Efectos Positivos

El principal efecto positivo es su consumo como combustible y, por tanto, la obtención de energía térmica y eléctrica. Ahorro en consumo energético (gas, leña, electricidad y gasolina). Una mayor propagación de esta tecnología puede ayudar a reducir el consumo de leña en más del 50% a nivel rural, y tener un impacto en la salud de los beneficiarios (as).

Los digestores cumplen una función ecológica como es reciclar totalmente los desechos a un coste bajo, por tanto el uso de biodigestores, contribuye a la reducción de los problemas de contaminación ambiental.

El aprovechamiento de la materia orgánica reduce el volumen de basura en los hogares rurales.

El biogás es un ahorro económico por la sustitución de reducción de la contaminación de las aguas superficiales con estiércol y otros desechos orgánicos.

Permite el ahorro de la cantidad de otros abonos convencionales sin disminución de la producción. Ahorro en costos de fertilizantes químicos.

Potencial ingreso por medio de la venta de Biol.

Mitiga el impacto de generación de metano por descomposición de residuos orgánicos, vegetales y animales.

Disminución de la carga de trabajo doméstico.

Efectos Negativo

Dentro de los efectos negativos que pueden incurrir un biodigestor, radica en lo económico y en la accesibilidad de materia orgánica que puede tener un productor rural para el funcionamiento del mismo.

La construcción de biodigestores requiere escasa inversión ya que utilizan materiales de fácil acceso; aunque en determinadas zonas rurales puede resultar una inversión demasiado costosa.

Acceso a la biomasa.

La dificultad de instalación y problemas en la consecución de las partes y repuestos.

La importancia socio - económica del biodigestor

Según información brindada por el Señor Ismael García propietario de la finca Ventía, el uso del biodigestor le ha generado impactos económicos, reduciendo considerablemente la compra de elementos productores de energía como leña o gas.

Con el uso de estas tecnologías nadie está expuesto al humo producido por los fogones.

Mejora las condiciones higiénicas de su hogar.

Favorece la protección del suelo, agua, aire y vegetación, obteniendo menor deforestación.

Transforma los desechos orgánicos en fertilizantes de alta calidad. que lo aplican el café, logrando así autosuficiencia en el finca, porque está ahorrando recursos directamente de dinero y logrando plantas más nutritivas que soportan mejor la época de verano ya que les proporciona agua y nutrientes.

Recomendaciones.

Difundir y apoyar la implementación de tecnologías de biodigestores en los productores y productoras de Nicaragua.

Sobre la base de este estudio de innovación socio-económica, formular un documento más detallado para instar a los pequeños y medianos productores a seguir adoptando estas tecnologías a nivel familiar y en sus unidades productivas, como una política de ahorro y sostenibilidad de los recursos naturales y amigables con el medio ambiente y la salud.

Nicaragua debería elaborar una política que sirva de marco para procurar el desarrollo de múltiples aplicaciones de la tecnología del biogás, porque contribuye a preservar el ambiente, evitar la contaminación, reducir costos, ahorrar recursos (al sustituir fuentes de energía).

Los proyectos de este tipo tienen gran impacto social, económico y ecológico por lo que se debe y debería continuar con estos tipos de proyectos.

Elaborar una estrategia de información pública para divulgar y promover otras aplicaciones del biogás, ya que la gran mayoría lo utiliza sólo para cocinar y existe un excedente que se desperdicia (biol). Si bien se habla mucho de la importancia del efluente es mínimo el uso que se le da. Y por seguridad revisar todos los componentes antes de poner en marcha el digestor ya que se estará manipulando gas y es un combustible volátil y de alto poder calorífico por lo que se deben tomar todas las medidas de seguridad.

BIBLIOGRAFÍA

Arias, A. V. (30 de Agosto de 2013). El Humo de los Fogones es muy Dañino . *El Nuevo Diario* .

Camara de Industria y Comercio Italo - Nicaraguense (CCIN) según Escuela de Negocios de Latinoamerica (INCAE). (2011). *Energía Renovable en Nicaragua*.

Cabrera, J. J. (2011). *Diseño de un biodigestor para generar biogás y abono a partir de desechos orgánicos de animales aplicable en las zonas agrarias del litoral*. Guayaqui- Ecuador.

CB UdeC. (s.f.). *www.Centrobiotecnología.cl*. Recuperado el 12 de diciembre de 2014, de *www.Centrobiotecnología.cl*:

CEDECAP 2009. Taller de Intercambio de Experiencias de Biodigestores en América Latina (Resumen de Conclusiones), Cajamarca 18-22 de Mayo 2009.

Dagoberto Elizondo Ministerio De Agricultura y Ganadería (MAG). (2005). *El Biodigestor*. Costa Rica.

Wolf, E. R. (1955). *Types of Latinoamerican Pasantry* . Labor S.A.

FAO. (2007). *Guía dde Seguridad Alimentaria y Nutricional para uso del personal Agropecuario de Nicaragua*.

Fernando, A. (2007). *Estudio para el diseño de la implantación de sistema de generación de energía eléctrica alternativo a partir de desechos biodegradables*. Guayaquil.

FIDA. (2008). *El acceso a la tierra*. Managua.

Fundación Hábitat. (2005). *Biodigestores. Una Alternativa a la autosuficiencia energética y de biofertilizantes*.

Garcia, I. (10 de Enero de 2015). Evaluación socio económica de la impementación de biodigestores. (K. M. Roger Andino, Entrevistador)

González, J. A. (24 de Octubre de 2011). *BLOG UDLAP*. Recuperado el 03 de Febrero de 2015, de BLOG UDLAP: <http://blog.udlap.mx/blog/2011/10/conferenciamicrosoft/>

Hernández, G. (30 de Abril de 2014). Promueven biodigestores en zona rural. *La Prensa* .

Heysel Gonzaga, M. L. (2009). El Aporte de Schumpeter. En M. L. Heysel Gonzaga, *Innovaciones lacteas en el departamento de León, 2009* (pág. 17). León.

IICA 2004. Estudio comparativo de dos sistemas de producción de leche: pastoreo y confinamiento. IICA Managua Nicaragua 62 pp.

INAFOR, MEM, MARENA, MAGFOR. (2011). *Estrategian Nacional de Leña y Carbon Vegetal*.

Jarquín, L. (7 de Marzo de 2014). La batalla por los kilovatios. *El Nuevo Diario* , pág. 1.

Krober. (1948). *Definicion de campesinos y de sociendad campesina* . New York .

La Evaluación Internacional del Conocimiento, Ciencia y Tecnología en el Desarrollo Agrícola. (IAASTD). (2009). Bioenergía y Biocombustibles: Oportunidades y Limitaciones.

León G, Santana Y, 2003. Construcción y utilización de Biodigestores en comunidades rurales de Nicaragua, CIPRES Managua Nicaragua 77pp

Medina Salgado, E. E. (1994). *Evolución del concepto de Innovación*.

M, M. W. (2007). *Construcción de un Biodigestor para la Obtención de Biogas atraves del Estiércol de Res en San Pedro, Muhan*. Chontales.

Mohammadiam Mansour, P. (2004). *La Bioeconomia: Un Nuevo Paradigma Socieconómico para el XXI*. Madrid.

MULTICONSULT, SNV, 2008. Estudio de Biogás a nivel Centroamericano (CA-4)- Informe Final Nicaragua. Servicio de Cooperación Holandesa SNV

MULTICONSULT 2007. Encuesta nacional de Leña / Informe Final Tarea C (Sector Residencial), MEM, Managua Nicaragua 136pp

Osorio, M. A. (2012). *La biotecnología - Documento Monográfico*. Publicaciones Monografía.Com.

Perez, J. D. (23 de Mayo de 2014). Principales Productores de Pochocuape. (R. Andino, Entrevistador)

Ponti, F. (2010). *"Los Siete Movimientos de la Innovación"*. Bogotá: Norma.

Preston, B. (1987). *Biodigestor de bajo costo para la producción de combustible y fertilizante a partir de excretas*.

Preston, T. (2005). Los biodigestores en los sistemas agrícolas ecológicos. *LEISA Revista de Agroecología* , 18.

Programa de Pequeñas Donaciones (PPD) . (s.f.). Manual de Biodigestores. Costa Rica.

Programa Region de Investigación e Innovación por Cadenas de Valor PRIICA. (2014). *El plan estratégico de Innovación de los consorcios locales del PRIICA*. San Jose, Costa Rica.

Robert Franklin Cotrina, G. V. (2013). *Biodigestores Tubulares Unifamiliares* . Perú: No 201301057.

SNV, Hivos. (2010). *Estudio de Factibilidad para un Programa de Biogas en Honduras* . Tegucigalpa.

SNV, S. S. (2012). *Guía de sistemas de biodigestores* . Tegucigalpa.

Vera, I. A. (1996). *Fundamentos básicos para el diseño de biodigestores anaérobicos rurales*. Lima - Perú.

ANEXO

Entrevista

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA
RECINTO UNIVERSITARIO CARLOS FONSECA AMADOR
UNAN-RUCFA

Estamos realizando la investigación para nuestro seminario de graduación sobre la adopción de la tecnología de los biodigestores y conocer los beneficios socioeconómicos de la utilización de un biodigestor en el municipio San Ramón departamento de Matagalpa, por tal motivo solicitamos su cooperación para llevar a cabo nuestra investigación por medio de una entrevista.

I. DATOS GENERALES

Nombre del entrevistado:

Fecha:

II. Cuestionario.

¿Cómo funciona el biodigestor?

¿Cuáles son los beneficios que ha percibido con el uso de la tecnología del biodigestor en su finca?

¿Cuál es el tiempo que demora un biodigestor en producir biogás?

¿Qué uso se le da al sobrante del biodigestor?

¿Cuántas horas consecutivas le dura su biodigestor?

¿Considera usted que se reducen los costos de producción?

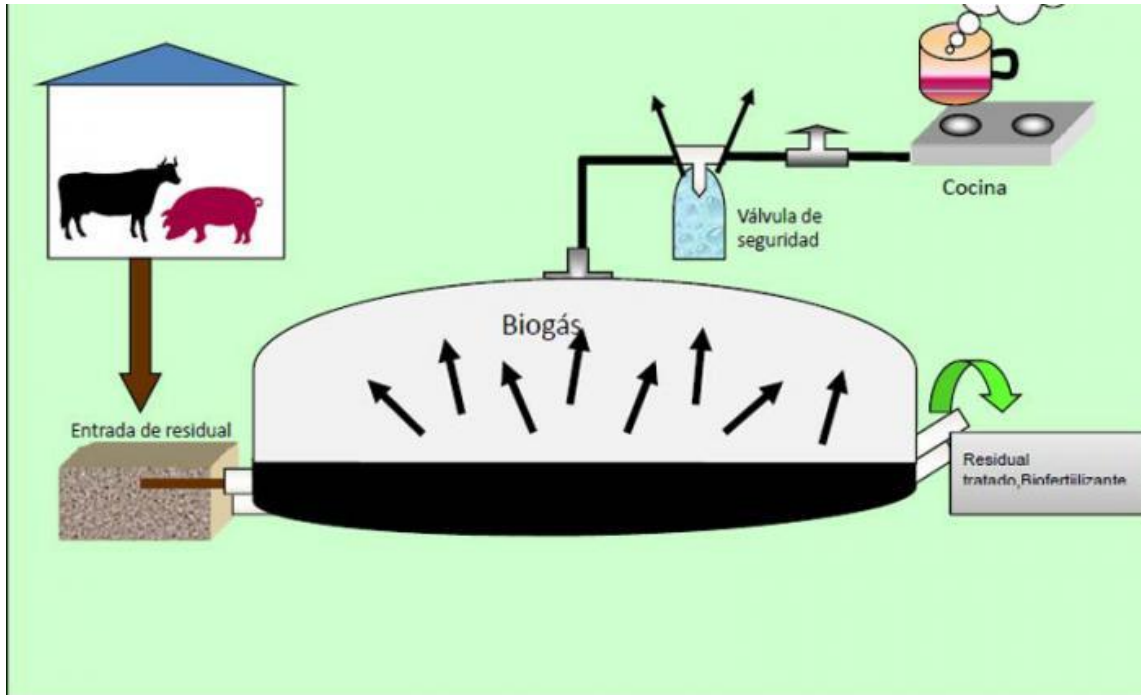
¿Qué le motivó a construir un biodigestor?

¿Estas tecnologías están siendo bien adoptadas por los productores de la zona?

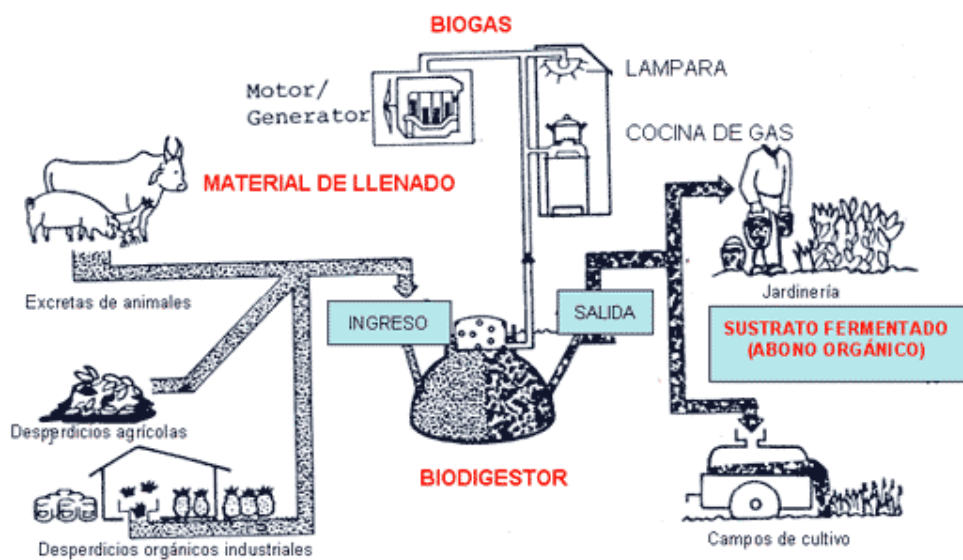
Figura No. 1: Beneficios del biogás



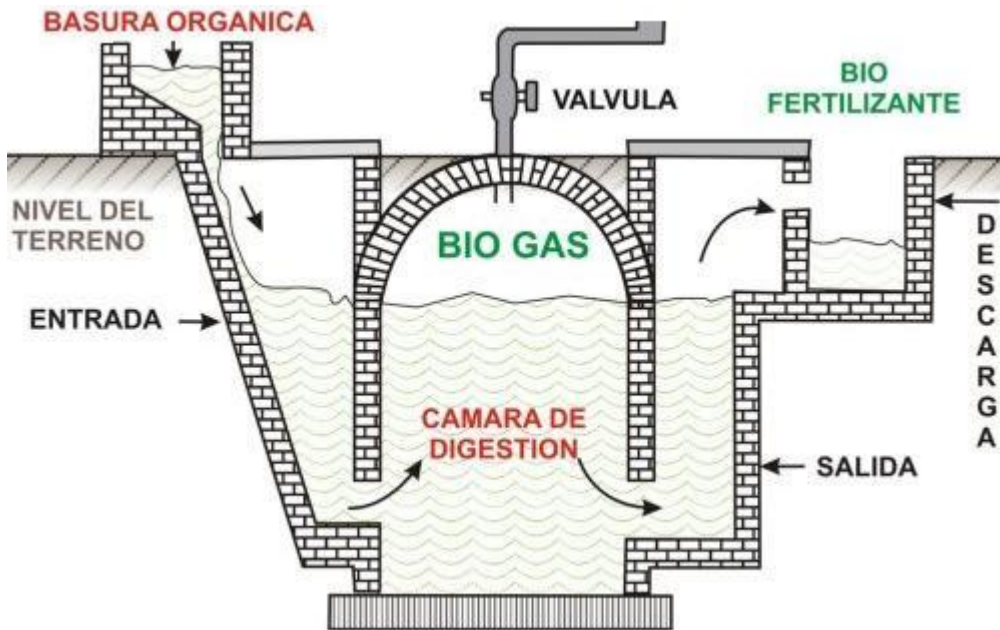
Anexo No 1: Biodigestor tubular



Anexo No. 2: Ciclo de un biodigestor.



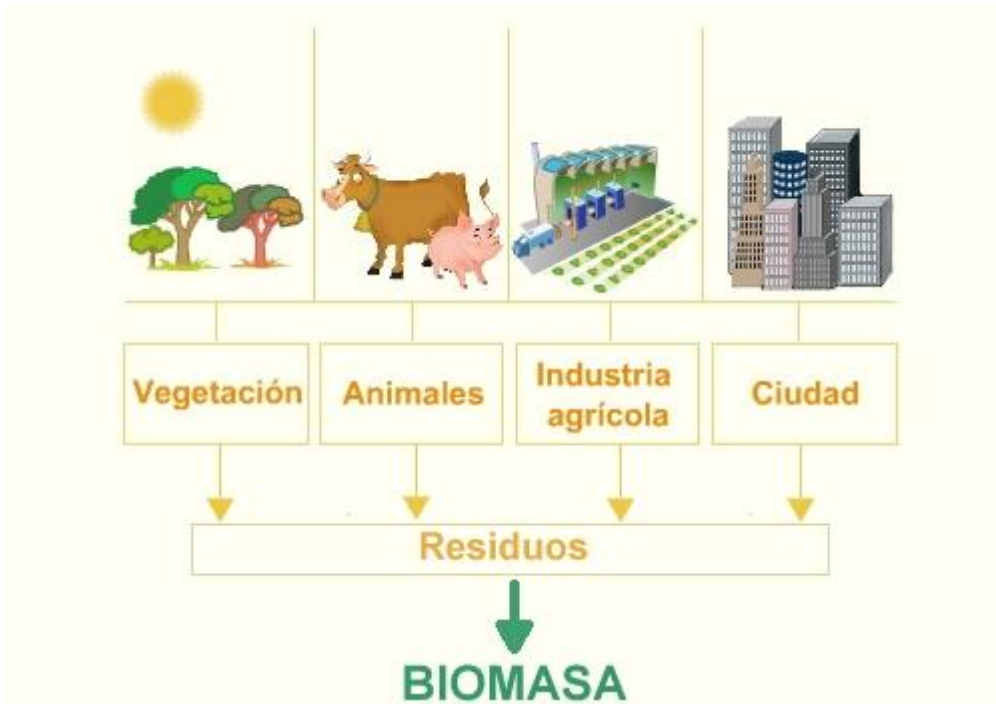
Anexo No. 3: Proceso de producción de biogás



Anexo No. 4: Ciclo de la biomasa



Anexo No. 5: Fuente para obtener biomasa



Anexo No. 6: Casa de habitación del Señor Ismael Garcia



Anexo No. 7: Cocina de biogás



Anexo No. 8: Flama del biogás producto del biodigestor



Anexo No. 9: Biodigestor propiedad del Señor Garcia



Anexo No. 10: Pila de Carga o entreda del biodigestor del Señor García



Anexo No. 11: Residuo del biodigestor (biol)



Anexo No. 12: Finca Ventía propiedad del Señor Ismael García



Anexo No. 13:Proceso de mezclado de excrementos con agua



Anexo No. 14



Anexo No. 15: Finca Ventía



Cuadro 5 Problemas y soluciones al usar tecnología de biodigestor.

Problemas	Soluciones
Huele a biogás	Hay perdida de gas, alguna conexión abierta o dañada.
Poco gas en el reservorio	Comprobar que hay agua en la válvula de seguridad para que no se escape el gas. De haber alguna fisura detener todo el funcionamiento.
No llega gas a la cocina	Abrir la llave para purgar el agua de la tubería de salida del biodigestor.
El biol presenta una nata (capa superficial dura)	Hace falta mezclar bien el compost antes de ingresarlo al reservorio anaerobio para que se logre una mezcla líquida.
Hay poca presión en la línea	Puede que la línea tenga obturaciones por lo que se debe colocar manómetros a la salida y la entrada del sistema.
El biodigestor no produce más gas	Se añadió estiércol de vacas que han tomado antibióticos, o ya terminó la vida útil de producción de gas del biodigestor.

Fuente:(Cabrera, 2011).