

Generación de biogás mediante el proceso de digestión anaerobia a partir de aprovechamiento de sustratos orgánicos (pasto y aserrín), en la ciudad de Estelí en el año 2017

UNAN- Managua, FAREM- Estelí.

Autores:

Octavio José Sanabria Vindell. ocjosavi@gmail.com

Ariel Eduardo Sánchez Melgara. Arielsanchez403@gmail.com

Yalmar Salatiel Rodas Espinoza.

Tutor: M.Sc Edwin Antonio Reyes. Edwinra11@yahoo.es

RESUMEN

El presente trabajo investigativo tuvo como propósito desarrollar un estudio de producción de biogás por medio del proceso de digestión anaerobia no controlada a partir del aprovechamiento y caracterización de diversos sustratos orgánicos como son en aserrín y el pasto. El presente estudio se rige por el enfoque filosófico mixto, de acuerdo al método de investigación el presente estudio es experimental y según el nivel de profundidad del conocimiento es descriptivo, de acuerdo a la clasificación del tipo de estudio es correlacional. De acuerdo, al tiempo de ocurrencia de los hechos y registro de la información, el estudio es prospectivo, por el período y secuencia del estudio es transversal y según el análisis y alcance de los resultados el estudio es analítico. La investigación se concluye de manera satisfactoria; el biogás generado en la fermentación de los sustratos estudiados puede utilizarse en estufas convencionales, como una forma de energía sustentable que funcionan a base de dicho combustible son una más de las alternativas energéticas sustentables en comunidades rurales.

Palabras claves: Ph, temperatura, masa seca, masa húmeda, ceniza

INTRODUCCION

La biomasa es aquella materia orgánica de origen vegetal o animal, incluyendo los residuos y desechos orgánicos, susceptible de ser aprovechada energéticamente. Las plantas transforman la energía radiante del sol en energía química a través de la fotosíntesis, y parte de esta energía queda almacenada en forma de materia orgánica. También la biomasa se puede considerar como un grupo de productos energéticos y materia primas de tipo renovable que se originan a partir de materia orgánica formada por vía biológica.

Como fuente alternativa se puede producir diferentes biocombustibles (llamados de segunda generación) a partir de algas a través del uso de nuevas tecnologías donde se integra su producción a la de otros productos de valor comercial dentro de lo que se conoce como biorrefinería.

Un biodigestor es un contenedor hermético que permite la descomposición de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas y facilita la extracción del gas resultante para su uso como energía. El biodigestor cuenta con una entrada para el material orgánico, un espacio para su descomposición, una salida con válvula de control para el gas (biogás), y una salida para el material ya procesado.

La investigación es de mucha importancia ya que el biogás generado en la fermentación de los sustratos estudiados puede utilizarse en estufas convencionales, como una forma de energía sustentable que funcionan a base de dicho combustible (aserrín y pasto) son una más de las alternativas energéticas sustentables en comunidades rurales.

JUSTIFICACION

Con esta investigación se ha evaluado el potencial energético generado en diferentes sustratos orgánicos (aserrín, pasto) que han sido nulos o poco estudiados, de esta forma puedan implementarse tecnologías para reducir los despales indiscriminados generados por el alto consumo de leña, así mismo permitirá reducir enfermedades y por ende contribuir a la calidad de vida de las personas.

La generación de biogás a partir de diversos sustratos orgánicos tiene como propósito coadyuvar en la reducción de emisiones de gases que provocan el efecto invernadero del planeta, pero también es una alternativa que permite obtener energía para cubrir las necesidades de combustible en los hogares sobre todo de la zona rural de nuestro país, y resolver problemas como la disposición final de desechos, malos olores, fauna nociva, transmisión de enfermedades y contaminación de mantos freáticos. Además de que se puede obtener biofertilizantes a partir de los lodos residuales.

MATERIALES Y METODOS

Tipo de estudio

Se rige por el enfoque filosófico mixto, de acuerdo al método de investigación el presente estudio es experimental y según el nivel de profundidad del conocimiento es descriptivo, de acuerdo a la clasificación del tipo de estudio es correlacional. De acuerdo, al tiempo de ocurrencia de los hechos y registro de la información, el estudio es prospectivo, por el período y secuencia del estudio es transversal y según el análisis y alcance de los resultados el estudio es analítico.

Universo

El universo de este estudio fueron todos los sustratos orgánicos a estudiar y contaron con seis repeticiones y dos tratamientos, las unidades experimentales

Tipo de muestreo

Muestreo probabilístico.

Muestra

2 muestras (pasto y aserrín)

Técnicas de recolección de datos

La observación, entrevista.

Recolección de datos e información

Una vez estructurados los instrumentos se inició el trabajo de campo de acuerdo a los objetivos de la investigación.

La caracterización de las propiedades básicas de la materia orgánica se basó en la norma UNE 77030:1982, para establecer la relación causa y efecto de los sustratos a evaluar a través de la periodicidad de la realización de los experimentos, y el contar con una normativa de evaluación es esencial en el estudio de un fenómeno, con una serie de pasos por lo que se llega a percibir mayor objetividad en el proceso de investigación, un componente esencial para el investigador.

En esta etapa se determinaron los sólidos volátiles, se pesaron los sustratos orgánicos que posteriormente se introdujeron en un horno en capsulas de porcelana, a una temperatura de 105°C durante un intervalo determinado de tiempo. Se introdujo nuevamente en el horno a una temperatura de 550°C durante seis horas. Una vez concluido el proceso de secado se procedió a la extracción de las muestras, pesándolas para conocer el porcentaje de cenizas y el contenido de sólidos volátiles presente en las muestras.

Se realizó la construcción de la unidad experimental que consta de 2 biodigestores, con capacidad de 20 litros, en cada uno de ellos, se perfora la parte frontal y se conecta una válvula de seguridad, además cuenta con una línea de entrada y sus respectivas llaves de abre y cierre tanto para la carga como para la descarga de los biodigestores Para el almacenamiento del metano se colocó un sistema de manguera que va conectado al neumático. Para cargar los reactores de materia orgánica tipo batch se procedió a aplicar las relaciones de (sustrato agua) con valores específicos que se determinen una vez iniciado la fase experimental. Se aplicará la relación 2:1, es decir por cada 2 kilogramos de sustrato, un litro de agua, los reactores tienen capacidad de 20 litros, se utiliza el 75% para la cámara gaseosa y el 25% (almacenamiento de biogás).

Se realizaron las pruebas para obtener los datos para la comparación de estos:

- **Grado de Acidez**

Se recolecto líquido de la mezcla a través de la válvula que se sitúa en la parte inferior del biodigestor portátil, se introdujo el instrumento digital PH-metro. Para ver en qué valor está ya que el valor óptimo para la digestión metanogénica es de 6.5 a 7.5, cuando baja de 5 o sube de 8 puede inhibir el proceso de fermentación o incluso detenerlo.

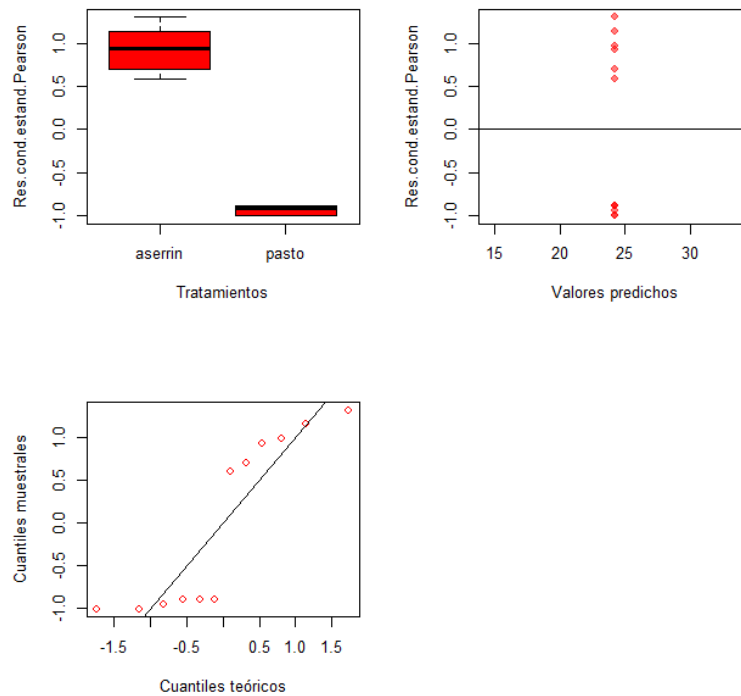
- **Rango de temperatura**

Para la obtención de los datos de este parámetro se dispuso de un termómetro digital insertado directamente en la parte superior del biodigestor para conocer el régimen de operación de los biodigestores, si es Psicrófilas Menos de 20°C, Mesófilas entre 20°C y 40°C, Termófilas más de 40°C

Se realizaron entrevista en la comunidad escogida para conocer los factores que nos propusimos a investigar, la entrevista se hizo con la población que utiliza biodigestores este factor dependiendo de la cantidad de la población.

RESULTADOS

OE1: Caracterizar las propiedades básicas de los sustratos orgánicos que permiten la generación de biogás que se obtiene en el proceso de conversión.



Grafica 1: Diagnósticos generados con el programa

El grafico de caja muestra una considerable diferencia entre los dos sustratos conformen a los aprovechamientos de los sólidos volátiles siendo el aserrín mejor según los resultados

obtenidos por el programa, en los diagramas de dispersión se muestra las doce repeticiones realizadas (6 de cada sustrato) las cuales siguen la línea de parámetro por lo que se muestra que los puntos están en secuencia o siguen un orden demostrando estos la normalidad de los datos.

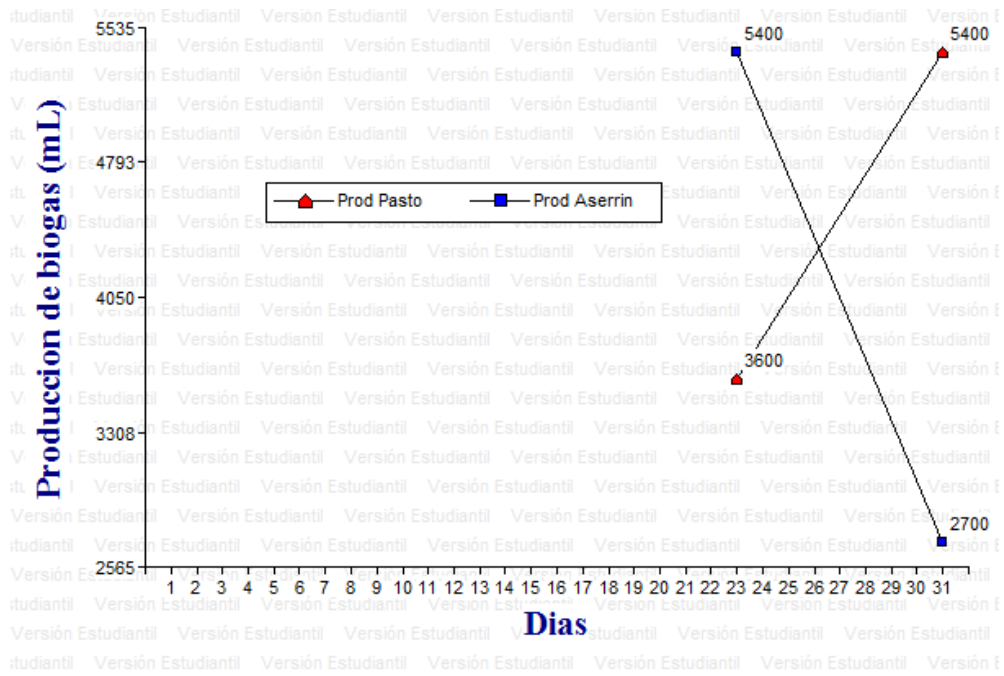
OE2: Producción de biogás de los diversos sustratos orgánicos en función del rendimiento de cada una de las muestras que se sometan a dicho proceso.

En la gráfica N°2 se aprecia los valores referentes a la producción de biogás conforme a los días de operación de los reactores tipo Batch, donde se observa la máxima cantidad producida en ml de cada sustrato, así como también los niveles en el que el volumen producido de biogás comienza a decaer hasta finalizar su producción.

Los valores de producción se han obtenido realizando mediciones en los días 23 y 31, obteniendo el volumen total de producido de cada sustrato correspondiente a los días de medición, que conllevaron a obtener la producción total de los mismos, mediante el desplazamiento de agua mencionado en la metodología.

El sustrato que presenta mayor volumen de biogás generado, corresponde al de Aserrín, con una producción total de 9000 ml, equivalente a 9 litros de biogás, seguido por el de pasto con una producción 8100 ml, equivalente a 8.1 litros.

Se observa la producción a partir del día 23, siendo el aserrín el sustrato con mayor producción y en el otro sustrato, el pasto se muestra un aumento en la producción del considerablemente al agregar inóculo de una materia fresca (caballo).



Grafica 2: Producción de Biogás

OE3: Correlacionar los parámetros ambientales y operacionales del proceso metanogénico de la generación de biogás generado en un biodigestor tipo Bach.

a) Temperatura

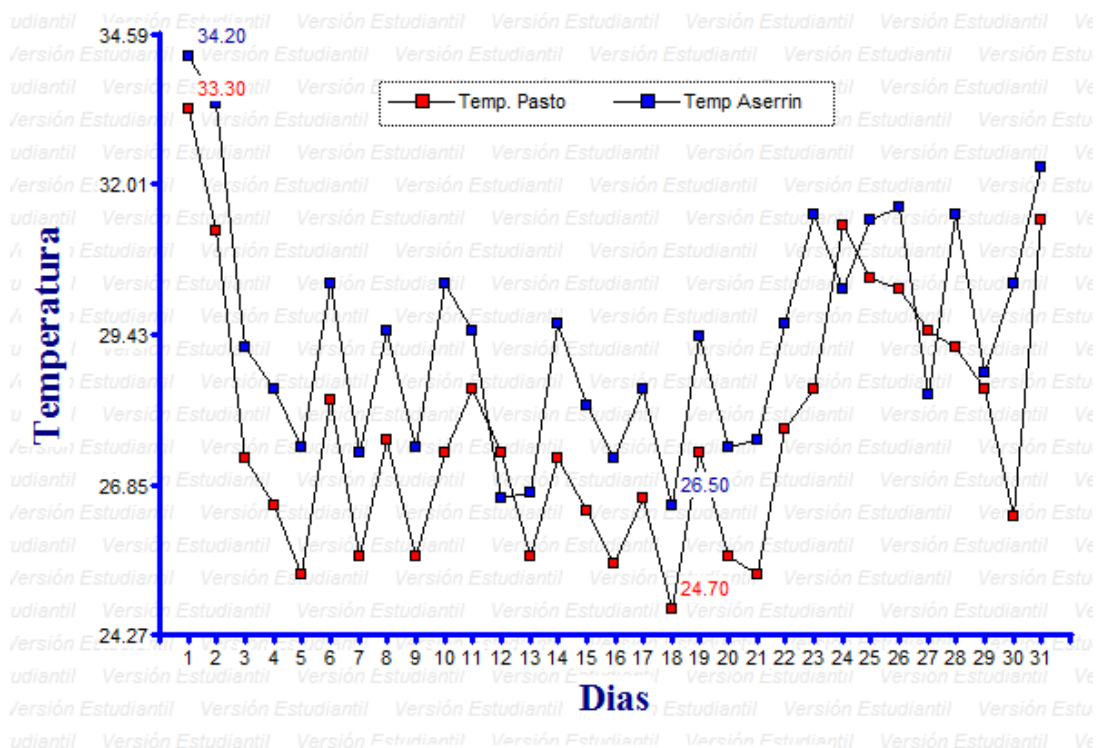
Uno de los factores ambientales más importantes dentro del proceso de digestión anaerobia es la temperatura de operación de los biodigestores, además de ser considerado un parámetro principal para el diseño, debido a la gran influencia de este factor en la velocidad de la digestión anaerobia. Existen tres rangos de temperatura en los que se puede llevar a cabo la digestión anaerobia, los Psicrófilicos que se encuentran por debajo de los 25°C, los mesófilicos (25 y 45°C) y termófilicos (45 y 65°C). (Martí Ortega, 2002). La tabla N°6 recoge los valores promedios de este experimento.

Biodigestores	Temperatura °C
Aserrín	29.38
Pasto	27.79

Tabla 1: Valores promedios de temperatura de los biodigestores

La media de temperatura obtenida a través del programa Infostat, nos indica que los biodigestores estaban operando en régimen mesofílicos (25 y 45°C), no se detectaron variaciones bruscas de temperatura dentro del, por tal motivo se considera excelente la temperatura obtenida.

El gráfico N°3 muestra las temperaturas obtenidas en los 2 biodigestores, se muestra que desde el inicio de la puesta en operación de los biodigestores se mantuvo en el rango normal de operación hemofílico alcanzando mayores temperaturas los primeros días luego siendo constantes si cambios bruscos.



Grafica 3: Temperatura de los biodigestores

b) Ph y Alcalinidad

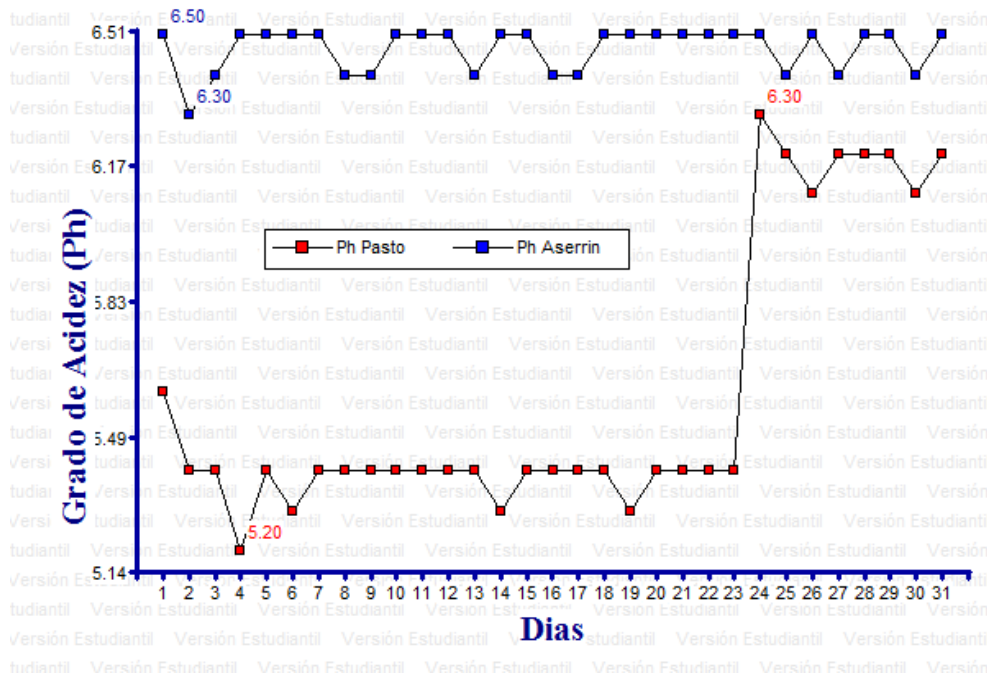
El valor de pH en los digestores no sólo determina la producción de biogás si no también su composición, el descenso del pH menor de 6 genera un biogás muy pobre en metano y por consecuencia tiene menores cualidades energéticas.

El rango óptimo del pH para lograr una mayor eficiencia en la biodigestión es entre 6 a 8 (McCarty, 2013). La tabla N°7 recoge los valores promedios de este experimento.

Biodigestores	pH
Aserrín	6.4
Pasto	5.5

Tabla 2: Medidas promedio de Ph

La media de pH obtenida a través del programa Infostat, nos indica que los biodigestores estaban operando correctamente. El equilibrio ácido-base que tiene lugar en la operación de los biodigestores anaerobios es muy importante por la presencia de los diversos tipos de microorganismos que están en el medio y que requieren ser neutralizados para restituir el pH.



Grafica 4: Mediciones de Ph de los biodigestores

El grafico N°4 muestra que en los primeros días el pH se mantuvo por debajo del rango normal de operación en nivel ácido, estabilizándose en nivel neutro a partir del día 23 manteniéndose en el rango hasta el día en que finalizó la experimentación.

Prueba de hipótesis estadística

Ho: En las etapas de digestión anaerobia, la generación de biogás se mejoraría a partir de aprovechamiento de sustratos orgánicos (aserrín y pasto), siempre y cuando los parámetros, físicos (Temperatura, Masa seca, Masa Húmeda), químicos (PH) y biológicos (Contaminantes) se encuentre en rangos óptimos, en la ciudad de Estelí en el año 2017.

E:\BDDBiogas2.aserrin.IDB2: 24/11/2017 - 11:36:47 a. m. - [Versión: 11/9/2017]

Coefficientes de correlación

Correlación de Pearson

<u>Variable (1)</u>	<u>Variable (2)</u>	<u>n</u>	<u>Pearson</u>	<u>p-valor</u>
Prod Pasto	Ph Pasto	2	1.00	0.0001
Prod Pasto	Temp. Pasto	2	1.00	0.0001
Ph Pasto	Temp. Pasto	31	0.56	0.0010

E:\BDDBiogas2.aserrin.IDB2: 24/11/2017 - 11:37:41 a. m. - [Versión: 11/9/2017]

Coefficientes de correlación

Correlación de Pearson

<u>Variable (1)</u>	<u>Variable (2)</u>	<u>n</u>	<u>Pearson</u>	<u>p-valor</u>
Prod Aserrin	Ph Aserrin	2	0.00	>0.9999
Prod Aserrin	Temp Aserrin	2	-1.00	sd
Ph Aserrín	Temp Aserrín	31	-0.07	0.6935

La realización de esta prueba de correlación de Pearson, dado el resultado obtenido se puede afirmar que se acepta la H_0 : En las etapas de digestión anaerobia, la generación de biogás se mejoraría a partir de aprovechamiento de sustratos orgánicos (aserrín y pasto), siempre y cuando los parámetros, físicos (Temperatura, Masa seca, Masa Húmeda), químicos (PH) y biológicos (Contaminantes) se encuentre en rangos óptimos, en la ciudad de Estelí en el año 2017., con la obtención de un $p = 0.0001$ y $p = 0.0001$, el cual es menor que el nivel crítico de comparación establecido de $\alpha = 0,05$. Claramente se ve que existe *una diferencia significativa (sd)*, lo cual demostró que existe una correlación de significancia de la temperatura y pH sobre la variable respuesta *producción de biogás*.

Se presentan ambas pruebas de los dos sustratos resultando que el sustrato Pasto cumplió que la producción de biogás cumple con los parámetros (Ph y Temperatura), al igual en el sustrato aserrín se muestra un valor de p con diferencia significativa, pero los demás datos alterados ya que su producción fue alterada al introducir un inóculo de muestras fresca.

OE4: Establecer el impacto económico, social, ambiental y de salud del uso de biodigestores en distintas en la comunidad de Potrerillo.

N°	Preguntas	Aspecto	Respuesta
1	¿Considera que con el uso de los biodigestores los beneficiarios han mejora su calidad de vida?	Económico	Si. <ul style="list-style-type: none"> • Reduccion de Gasto (Cilindro de Gas, trabajo en recoleccion de leña)
2	¿De dónde provino el financiamiento de este proyecto, el beneficiario pago todo, un porcentaje o nada?	Económico	CARITAS - ESTELI
3	¿Cuál fue la razón que los motivo a implementar el proyecto de biodigestores en esta comunidad?	Social	<ul style="list-style-type: none"> • La comunidad a tenido participacion en estos proyectos

4	¿Cómo se dio inicio a la organización del proyecto con los comunitarios?	Social	<ul style="list-style-type: none"> • Mediante el secretario de la comunidad
5	¿Han sido capacitados los beneficiarios para el uso y mantenimiento de los biodigestores?	Ambiental	<p>Si.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Al inicio del proyecto en el uso y para dar el mantenimiento
6	¿Cuáles son las lecciones aprendidas con la implementación de este tipo de tecnología?	Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Menos tala de arboles • Menos emisiones de humo • Se mantienen los rios
7	¿Cuáles son los beneficios que se ha logrado con la implementación de esta tecnología?	Salud	<ul style="list-style-type: none"> • No se perjudica a la familia con el humo • Se ahorra tiempo y trabajo
8	¿Considera usted que con la implementación de esta tecnología, ha ayudado a mejorar su salud?	Salud	<p>Si.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Menos dolores musculares • Se evita cualquier accidente • No se absorbe humo a la hora de encender el fuego.

Tabla 3: Matriz de Entrevista

Como podemos observar en la matriz anterior se aplicó una entrevista con 8 preguntas esenciales, que corresponden 4 aspectos importantes para comprender lo que dice la población sobre el uso de los biodigestores en la comunidad de Potrerillo.

La entrevista se aplicó a las personas responsables de la comunidad quienes nos brindaron información necesaria como:

En la Parte económica se conoció que el implemento de esta tecnología trajo consigo una reducción al ahorro de las casas ya que no comprarían cilindros de gas, al pagar por leña y a la pérdida de tiempo.

El organismo que financio este proyecto fue Caritas Estelí, el cual entrego el apoyo completo a algunas familias de la comunidad, mientras que otras recibieron la mitad del financiamiento y algunas solamente la bolsa que cubre el biodigestor.

En la parte social las personas de la comunidad compartieron que este proyecto se realizó en esa comunidad ya que se había participado en otros proyectos similares y los cuales se había cumplido con las actividades, manteniendo los proyectos

El organismo contacto al secretario de la comunidad el cual organizo reuniones en la comunidad para llegar a un acuerdo que permitiera llevar a cabo la realización del proyecto.

En la parte ambiental las personas de la comunidad comentaron, que recibieron una capacitación al inicio del proyecto sobre el uso de los biodigestores y al igual a darle un correcto mantenimiento para aprovechar completamente los residuos y no contaminar el ambiente, También que hubo reducción de la tala de árboles por la cual los ríos no se secaban y ya no había emisión de humo.

Por último, en la parte de salud, expresaron que ya las familias no se perjudicaban con el humo, que se evitaban la carga de leña la cual causaba dolores musculares, se evitaban accidentes como caídas o cortes y se ahorran tiempo en traer leña y dinero en la compra de esta.

CONCLUSIONES

La Caracterización de las propiedades básicas de la materia orgánica utilizada en el estudio realizada mediante modelos lineales generales permitió demostrar que, el sustrato orgánico aserrín es el mejor en cuanto a los sustratos utilizados, esto también quedo demostrado al hacer la prueba de la llama utilizando un encendedor , sin embargo si existen diferencias estadísticamente significativas con el sustrato de pasto que en la prueba presento un bajo nivel de volatilidad, de igual forma quedo demostrado en la prueba de la llama el cual necesitaba más tiempo para su combustión y se apagaba rápidamente.

El proceso de digestión anaeróbico en los biodigestores se realizó de manera satisfactoria, el comportamiento del pH se presentó de una forma estable en el aserrín, variando un poco en el pasto al aumentar en los últimos días de las mediciones y dentro de la neutralidad, reduciendo las posibilidades de inhibición por acidificación de la materia.

El comportamiento promedio de la temperatura interna de los Biodigestores, se mantuvo dentro de un rango mesofílico en toda la unidad experimental no se detectaron variaciones bruscas de temperatura dentro de los biodigestores.

La investigación se concluye de manera satisfactoria; el biogás generado en la fermentación de los sustratos estudiados es eficaz y como una forma de energía sustentable que funciona a base de dicho combustible es una más de las alternativas energéticas sustentables en comunidades rurales.

La llama obtenida en la quema del biogás generado por los biodigestores era completamente azul, debido a que a los biodigestores se les instalo un filtro o trampa con agua y cal (solución acuosa), que permitió absorber el CO₂ y los H₂S.

Este tipo de biodigestores es adecuado para fincas y granjas donde el clima es frio y que requieren autoabastecerse de energía tanto para la cocción de sus alimentos como para la generación de electricidad y calefacción mediante generadores pequeños y calentadores que pueden adaptarse al funcionamiento con biogás.

El Biodigestor es un recurso barato ya que permite a la población rural abastecerse de energía, un Biodigestor y la vez reutiliza los desechos. También se puede usar en ambientes urbanos, sirviendo como gran reciclador de materia. Otra de las grandes ventajas de este método es que los residuos materiales que quedan de la fermentación son absolutamente útiles ya que funcionan como abono.

Para finalizar, la entrevista realizada en la comunidad de potrerillo la cual por medio de CARITAS – ESTELI realizo el proyecto de construcción de 5 biodigestores, los cuales actualmente solo están en funcionamiento 2, el proyecto se llevó a cabo en coordinación con

el secretario de la comunidad, organizando reuniones con la población, la entrevista se realizó con los jefes de familia, los cuales compartieron sus experiencias con los biodigestores. En la Parte económica se conoció que el implemento de esta tecnología trajo consigo una reducción al ahorro de las casas ya que no comprarían cilindros de gas, al pagar por leña y a la pérdida de tiempo, en la parte social las personas de la comunidad compartieron que este proyecto se realizó en esa comunidad ya que se había participado en otros proyectos similares y los cuales se había cumplido con las actividades, manteniendo los proyectos, en la parte ambiental las personas de la comunidad comentaron, que recibieron una capacitación al inicio del proyecto sobre el uso de los biodigestores y al igual a darle un correcto mantenimiento para aprovechar completamente los residuos y no contaminar el ambiente, también que hubo reducción de la tala de árboles por la cual los ríos no se secaban y ya no había emisión de humo y por último en la parte de salud, expresaron que ya las familias no se perjudicaba con el humo, que se evitaban la carga de leña la cual causaba dolores musculares, se evitaban accidentes como caídas o cortes y se ahorran tiempo en traer leña y dinero en la compra de esta.

RECOMENDACIONES

Recomendaciones al realizar investigaciones sobre Biodigestores de digestión anaerobia.

- Utilizar un programa como es infostat este es un programa estadístico desarrollado en el ambiente Windows y este programa nos permite un rápido acceso a herramientas para el manejo de datos como por ejemplo utilizar fórmulas, aplicar transformaciones, ordenar, categorizar variables, generar variables aleatorias mediante el uso de la simulación, concatenar tablas, seleccionar registros activos, etc.
- Mantener controlado el PH para lograr una mejor digestión, utilizando un pH metro e instalar termómetros para mantener controlada la temperatura e identificar así en que rango de temperatura se mantiene el biodigestor

- Realizar diferentes tipos de mezclas en las relaciones de los sustratos para mejorar rendimientos en cuanto a la producción de biogás aplicando relación 2:1, 3:1, 4:1. En este caso utilizamos 2:1
- Utilizar un inóculo para acelerar la digestión anaerobia. Este inóculo puede ser un poco de estiércol. El inóculo utilizado en esta investigación fue estiércol de caballo.
- Para que el proceso de digestión anaerobia sea correcto se necesita de un contenedor herméticamente cerrado para que al producirse dicha digestión los gases no se escapen.
- Utilizar un filtro para que la llama resultante sea azul y no contenga ningún contaminante en este caso utilizamos un filtro con agua y cal (solución acuosa), que permitió absorber el CO₂ y los H₂S.
- Se puede utilizar el biogás generado en la fermentación de los sustratos estudiados en estufas convencionales, como una forma de energía sustentable que funcionan a base de dicho combustible son una más de las alternativas energéticas sustentables en comunidades rurales.
- Para este tipo de investigaciones se recomienda utilizar biodigestores tipo batch, Este tipo de digestor se carga una sola vez en forma total y la descarga se efectúa una vez que ha dejado de producir gas. Este tipo de digestor es también ideal a nivel de laboratorio si se desean evaluar los parámetros del proceso o el comportamiento de un residuo orgánico o una mezcla de ellas.

BIBLIOGRAFIA

- Asofenix. (2008). Instalación de Biodigestores en Comunidades de Teustepe y San Jose de los Remates. Managua : Asofenix. Recuperado el Mayo de 2016 .
- Boyle. (2004). Renewable Energy. New york: Oxford University Press.
- Calzada, A. G. (2006). *Producción de biogás a partir de Micro algas y cianobacterias*. España: Universidad Politecnica de Catalunia.
- Contretas. (2006). Producción de biogás con fines energéticos . De lo histórico a lo estratégico. .
- Dicovski, L. M., & Pedroza Pacheco, M. E. (2006). *Sistema de análisis estadísticos con SPSS*. Managua.

- FAO. (2013). Producción de biogas por metanogénesis. Aprovechamiento de residuos sólidos, 42-47. Recuperado el 5 de Mayo de 2016 .
- Garcia Guitierrez, G., Mondaca Fernandez, I., Meza Montenegro, M., Balledera Cortez, J., & Gortarez Moroyoqui, P. (Julio de 2012). Recuperado el 2017, de http://www.concyteg.gob.mx/ideasConcyteg/Archivos/85_1_GUTIERREZ_GARCIA_ET_AL.pdf
- Guevara, A. (1996). Biodigestores: factores químicos, físicos y biológicos relacionados con su productividad.
- Han, J. (2008). Small scale fuel wood project in rural china. *Energy Polici*, 36, 2154-2162.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Libro Metodología de la Investigación 6ta edición SAMPIERI*. 6ta edición SAMPIERI.
- Hilbert, J. (2007). Manual para la producción de biogás . México DF: Castelar . .
- Jarauta.L. (2005). Digestión anaerobia para el tratameinto de residuos orgánicos . El caso de Perú.
- Lugones. (2001). Analisis de biodigestores en funcionamiento . Habana, Cuba. .
- Mae-Wan, H. (2008). Biogas bonanza for third wordl development. Institute of science in societyt.
- Martínez Martín, M. (2002). La universidad como espacio de aprendizaje ético.
- Osorio Saraz, J. A., Ciro Velásquez, H. J., & González Sánchez, H. (2007). EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE BIODIGESTIÓN EN SERIE PARA CLIMA FRÍO.
- Pedroza Pacheco, M. (1993). *Fundamentos de Experimentación Agrícola 1era edicion*. Editorial de arte S.A.
- Peteiro, C., Prado, O., & Garcia-Tasende, M. (2016). El potencial de la maricultura de laminarias como fuente para la obtención de biocombustibles y otros bioproductos en la costa atlántica de España. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Alga*, 16-29.
- Pineda, E., De Alvarado, E. L., & Hernández De Canales, F. (1994). *Metodología de la Investigación (Segunda ed.)*. OPS.
- Piura López, J. (2006). *Metodología de la investigación científica*. Managua: PAVSA.
- Rehman, D. &. (1997). Biogas: the Indian NGO experience. AFPRO-CHF network programme.
- Rodriguez, M. (2013). Historia del biogás , primeros pasos. *Ciencia y sociedad*, 72-77. .
- Rong Cui, D. J. (2006). Enhanced Methane Production from Anaerobic Digestion of Disintegrated and Deproteinized Excess Sludge.
- Sandavol, A. (2006). Manual de tecnologías limpias en Pymes. Perú .
- Toruño Sotelo, L. A., Casco Dávila, D. M., & Lira Ruiz., E. I. (2016). *Estudio de producción de biogás por medio del proceso de digestión anaerobia no controlada a partir de diversos sustratos*

orgánicos en la Facultad Regional Multidisciplinaria (FAREM – ESTELÍ), II Semestre de 2016.
Esteli.

Valdivia. (2000). Uso de Biogás para la generación de energía eléctrica mediante un motor gasolinero estacionario modificado. Lima, Perú. .

Weiland. (2007). Meeting of IEA Bioenergy.

Winter, C. G. (1997). Mesophilic and thermophilic anaerobic digestion of source-sorted organic wastes: effect of ammonia on glucose degradation and methane production.

X. Flotats, E. C. (2001). Digestión anaerobia de purines de cerdo y co-digestión con.