

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



“Producción de biogás a partir de mezclas de estiércol inoculadas: variable tipo de inóculo”

P O R:

Raul Ruiz Castañeda

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

DICIEMBRE DEL 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

"Producción de biogás a partir de mezclas de estiércol inoculadas: variable tipo de inóculo"

P O R:
RAUL RUIZ CASTAÑEDA

TESIS

QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE ASESORES, COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

COMITÉ PARTICULAR

Asesor
principal:



ING. RUBI MUÑOZ SOTO

Asesor :



DR. JOSÉ LUIS REYES CARRILLO

Asesor :

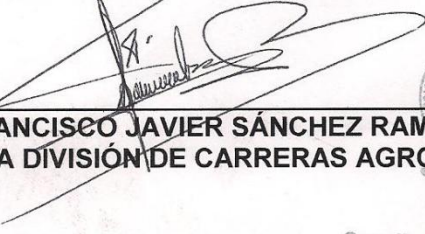


MC. CYNTHIA DINORAH RUEDAS ALBA

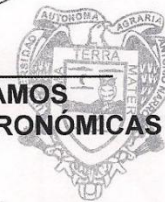
Asesor:



MC. MIGUEL ÁNGEL URBINA MARTÍNEZ



DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

DICIEMBRE DEL 2012

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

P O R

RAUL RUIZ CASTAÑEDA

TESIS

**"Producción de biogás a partir de mezclas de estiércol inoculadas: variable
tipo de inculo"**

**QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR,
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

APROBADA POR:

PRESIDENTE:



ING. RUBI MUÑOZ SOTO

VOCAL:



DR. JOSÉ LUIS REYES CARRILLO

VOCAL:



MC. CYNTHIA DINORAH RUEDAS ALBA

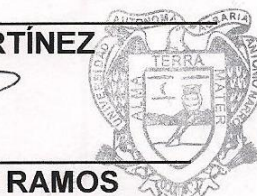
VOCAL:



MC. MIGUEL ÁNGEL URBINA MARTÍNEZ



DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

DICIEMBRE DEL 2012

Agradecimiento:

Le agradezco a mi diosque me dio la vida para poder aprender cosas nuevas y por dejarme hacer mis sueños como terminar mi ingeniería ya que esto es muy importante para mi vida.

Dedicatoria:

Lededico este trabajo a mi madre Sr. Angélica Castañeda Lorenzo, lo cual ha sido el pilar de mi vida por darme amor y apoyo en todo los sentidos. Así mismo se la dedico a mis hermanos, Adelfo, Rosa, David, ya que ellos han sido muy importante en mi vida. Como también le dedico esta tesis a mi esposa Dolores Ventura, por estar siempre a mi lado en las buenas y en las malas y por creer en mí.

Resumen:

La base de proceso de producción de biogás es la digestión anaerobia, mediante la cual los desechos son descompuesto en presencia de altos contenidos de humedad (90-99.5%) y sin oxígeno. Los desechos sufren descomposición: produciendo primero ácidos volátiles y a continuación biogás. A partir de los ácidos volátiles (Stuckey ,1996). Para producir metano (CH_4), bióxido de carbono y otros compuestos implican la relacion de una serie de reacciones bioquímica, donde participan una gran variedad de microorganismos, los cuales a una parte del carbono lo oxidan completamente formando anhídrido carbónico y a la otra lo reduce en alto grado para formar metano, siendo químicamente estables ambos compuestos (Guevara,1996).

El desarrollo del presente trabajo se llevo a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en el laboratorio de suelos, determinando nitrógeno, materia orgánica, carbono, pH inicial y final, conductividad electrica inicial y final, esto para determinar los pesos y cantidades de cada estiércol para su relacion carbono/nitrógeno de 30-1 que resultaba indispensable determinar para la produccion óptima del biogás de los 16 tratamientos con 3 repeticiones cada tratamiento, estos inoculandolos con 4 tipod de estiércol diferentes (vaca, cabra, conejo y equino). Dandonos 48 mezcla distintas. A las mezclas resultantes se les midio los ml de biogás con jeringas de 20 ml. Diariamente, comenzando del día 09/05/2012 y terminando con estas el día 28/05/2012.

Los resultados de esta mediciones fueron analizados con el método estadístico Bloques al azar. Dandonos como resultado lo siguiente, para A = tratamiento 16 que resulta ser la mezcla de equino-maíz inoculado con estiércol de conejo; con lo que podemos determinar que la mejor mezcla fue la inoculada con conejo produciendo mayor cantidad de biogas en relación a las restantes mezclas inoculadas.

Palabras claves:

Biogás, estiércol, anaerobio, inoculo.

ÍNDICE DE CONTENIDO:

Agradecimiento:	I
Dedicatoria:	I
Resumen:	II
Palabras claves:	II
ÍNDICE DE TABLAS:.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS:	V
ÍNDICE DE ILUSTRACIÓN:.....	V
I.-INTRODUCCIÓN:	1
1.1 OBJETIVO GENERAL:	3
II.-Revisión de literatura:.....	3
2.1 PRODUCCIÓN DE BIOGÁS:	4
2.2 CUATRO ETAPAS DE DIGESTIÓN ANAEROBIA:.....	5
2.3 UTILIZACIÓN DEL BIOGÁS:	6
2.4 VALOR CALORÍFICO DEL BIOGÁS:	6
2.5 BACTERIA METANO GÉNICA:	6
2.6 MICROORGANISMOS PRODUCTORES DE BIOGÁS:.....	7
2.7 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL BIOGÁS:.....	8
2.8 POTENCIALIDADES DE BIOMASA:.....	9
III.MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA COMARCA LAGUNERA:.....	9
3.2 CLIMA DE LA COMARCA LAGUNERA:	9
3.3 LOCALIZACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL:	10
3.4PRODUCCIÓN DE LOS ESTIÉRCOLES:	10
3.5 DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA (WALKLE, BLACK) MODIFICADO:.....	10
3.6 EQUIPO DE LABORATORIO UTILIZADO:	11
3.7 DETERMINACIÓN DE PRODUCCIÓN DE BIOGÁS:.....	14
3.8 MEDICIÓN DE BIOGÁS:	15
IV.- Resultados:	15
.....	23
V Discusión:.....	25
VI.-Conclusión:	26

VII.-Literatura citada: 26

ÍNDICE DE TABLAS:

TABLA 1.-Mezclas de estiércol y tallo de maíz.	14
TABLA 2.- Determinación de nitrógeno total método KJELDAHL.	15
Tabla 3.- Determinación de Materia orgánica.....	15
TABLA 4.-Determinación de carbono orgánico.	16
TABLA 5.-Determinación de la relación carbono nitrógeno C/N.....	16
TABLA 6.-Resultados de la formula para realizar los pesos en gr.	16
TABLA 7.-Análisis estadístico:.....	17
TABLA 8.-De conductividad eléctrica inicial:.....	18
TABLA 9.-De conductividad eléctrica final:	19
TABLA 10.-DE pH inicial:	21
TABLA 11.-De pH final:	22

ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1.-Conductividad eléctrica inicial delas mezclas por tratamiento.....	23
Figura 2.-De conductividad eléctrica final de las mezclas por tratamiento.....	23
Figura 3.-De pH inicial de las mezclas de estiércol.	24
Figura 4.-De pH final de las mezclas de estiércol.....	24
Figura 5. Medición total de biogás del 09/05/2012 al 27/05/2012.de los cuatros tratamientos.	25

ÍNDICE DE ILUSTRACIÓN:

Ilustración 1 Balanza analítica: de precisión electrónica de la marca AND (modelo HR-200).....	11
Ilustración 2.-Balanza granataria digital sartorius.:	12
Ilustración 3.-Aparato KJELDAHL LABCONCO:	12
Ilustración 4.- Determinación de PH inicia y final:.....	13
Ilustración 5.-Determinación de conductividad eléctrica inicial y final:.....	14

I.-INTRODUCCIÓN:

Las energías alternas brindan la oportunidad de ofrecer energía útil en el presente y futuro con menos impactos ambientales que las fuentes convencionales, por ello la presente investigación trata sobre la captura de biogás, ya que está es considerada una fuente de energía alternativa(Aguilar Q, et al.,2009)En fechas recientes, y con base a la biotecnología, se han implementado técnicas para el procesamiento de materias primas de origen vegetal, que permiten disponer de nuevos agentes biocatalizadores como enzimas, levaduras y bacterias y que además amplían la capacidad de producción de energía a partir de la biomasa. (Magaña *et al.* ,2006).

La necesidad de alternativas de producción energética, mediante la implementación de prácticas amigables con el ambiente y el aprovechamiento de los recursos disponibles, crea un clima favorable para la promoción e implementación de la tecnología de biodigestores, obteniendo como beneficio la producción de biogás. Por tanto, aprovechar de manera eficiente este combustible es de importancia para sustituir las tradicionales fuentes energéticas no renovables, escasas y costosas, convirtiendo la explotación agropecuaria en una actividad económica más rentable y menos contaminante(Quesada*et al.*,2007).

El ganado es una fuente principal de producción de metano en Australia, con más de la mitad de las emisiones antropogénicas de metano totales atribuidos a ellos (Williamset *al.* 2001).la digestión anaerobia es un proceso bioenergética complejo mediante el cual se degrada la materia orgánica a productos más estables como, CO₂,CH₂, H₂, y otros gases (Marín *et al.*,2007).

Para que las bacterias aseguren su ciclo biológico en el proceso de digestión anaerobia es necesario que se presenten en condiciones óptimas los siguientes factores: temperatura, hermetismo, presión, tiempo de retención (Soria *et al.*, 2001) .La digestión anaeróbica se realiza en dos pasos. En el primer paso, llamado licuefacción, la materia orgánica es descompuesta por hidrólisis enzimática y fermentada para producir principalmente ácidos y alcoholes. Seguidamente, en la etapa de gasificación, las

bacterias metano génicas rompen los ácidos y los alcoholes, para producir metano y dióxido de carbono, nitrógeno y ácido sulfhídrico (Silva ,1999).

En el sector agropecuario de nuestro país, existen una gran cantidad de unidades productivas, que generan diversos desechos orgánicos, los cuales hasta hace relativamente poco tiempo, se habían considerado como un problema de salud pública y contaminación ambiental. Con el desarrollo de tecnologías de energía renovable, en particular el aprovechamiento de biogás, se abre la oportunidad para que estos desechos sean utilizados en la producción de energía eléctrica y calórica.(SAGARPA, 2007).

Biometano también puede ser utilizado para alimentar gas natural comprimido (CNG) vehículo automotor. La aplicación de biometano tiene el potencial de desplazar a más de 100 millones de litros de diesel y reducir los gases de efecto invernadero (GEI) por 335.000 toneladas por año (Eléctricas, 2008).

1.1 Objetivo general:

Determinar cual mezcla de estiércol inoculada es la optima para la producción de biogás.

II.-Revisión de literatura:

Muchos residuos orgánicos como restos de comida, estiércol animal y residuos sólidos municipales se han mostrado prometedores metano rendimiento de AD. La biomasa lignocelulosa, como los cultivos energéticos y residuos agrícolas ha ganado mucha atención últimamente debido a la abundancia de los recursos disponibles. Sin embargo, la naturaleza recalcitrante de la biomasa lignocelulósica plantea desafíos a los SS-AD como el rendimiento de metano inferior. Pretratamientos - físicas, químicas o biológicas, son por tanto necesario mejorar la biodegradabilidad de la biomasa lignocelulosa para la producción de metano (Lo Níe, 2011).La biodigestión anaeróbica es un proceso mediante el cual los materiales orgánicos son descompuestos por las bacterias en el ausencia de aire para producir biogás (Adelekan y Bamgboye, 2009).La digestión anaeróbica (AD) es el proceso natural en el que los materiales orgánicos son complejos se descomponen en compuestos más simples por la acción de varios organismo micro-comunidades. La digestión anaerobia consiste en cuatro pasos bioquímicos: hidrólisis - bacterias hidrolíticas remover los polímeros a monómeros; ácido génesis – ácido génica bacterias para eliminar los monómeros ácido carboxílico corto, CO₂, hidrógeno y alcohol; acetogénesis - Los productos de la fase anterior se eliminan a ácido acético; metano génesis - metano es construido del ácido acético(Lyberato y Skiadas, 1999).

El beneficio ambiental más importante del proceso de digestión anaerobia es la producción de biogás, una fuente de energía renovable, que puede ser utilizado como combustible para el interior motores de combustión, para la calefacción directa y, en virtud de una mayor eficiencia, la cogeneración para, producción de electricidad y (Demirel y Sherer ,2008).

La producción de biogás a partir de biomasa genera la reducción del uso de combustibles fósiles y permite la reducción de los niveles de CO₂ de origen fósil C, en

conformidad con las directivas de la UE en relación con los cambios climáticos y el apoyo a la reducción de la casa verde emisión de gases sobre todo, no se menciona el uso de una fuente de energía local. Aparte de rendimiento de biogás, la digestión anaerobia crea sólidas y líquidas de los subproductos, que puede tener valor como fertilizante o enmienda del suelo. en los últimos tiempos ha sido visto como una muy buena fuente de residuos de forma sostenible tratamiento / digestión, como la eliminación de desechos se ha convertido en un problema importante, especialmente a los países del tercer mundo (Ofoefule y Onukwuli,2010).El biogás a partir de fuentes de biomasa está siendo reconocido mundialmente como una fuente de energía renovable para ayudar a Mitigar el contra el cambio climático mientras que proporciona una fuente relativamente barata de energía para cocinar y iluminación para la población rural / suburbano. Siendo una fuente de gas natural renovable (Ofoefule *et al.*,2011). Muchos países están promoviendo el uso de fuentes alternativas de energía para la producción de energía sostenible (Sebastián *al.*, 2011).

El biogás es una mezcla de gases que consiste principalmente de metano (50 - 70%), CO₂ (20 - 40%) y los rastros de otros gases como el CO, H₂S, NH₃, O₂, H₂, N₂ y vapor de agua, etc. Generalmente, el producción de este gas implica una compleja reacción bioquímica que se lleva a cabo bajo condiciones anaeróbicas (Ofoefule, 2011).

2.1 Producción de biogás:

La producción de biogás se puede utilizar de diversas materias primas, incluyendo estiércol, residuos vegetales, residuos de los alimentos la industria y la agricultura, lodos de depuradora, orgánico municipal, los residuos de empresas de alimentación pública y plantas de energía. El biogás también se puede recoger con especial equipo de los vertederos. Cada tipo de plantas o de residuos o sus mezclas tiene una composición orgánica específica. Desde el punto de vista de digestión anaeróbica, la biomasa se evalúa según el contenido de grasas, proteínas e hidratos de carbono. Diferentes proporciones de hidratos de carbono, proteínas y grasas contenidas en consecuencia sustrato en diferentes salidas de biogás y diferente contenido de metano en el mismo(Misiviu y Baltrna, 2011).Sistemas de digestión anaeróbica son bastante

complejas procesos que por desgracia a menudo sufren de inestabilidad. Esta inestabilidad suele ser testigo de como una caída en la tasa de producción de metano, descenso en el pH, y un aumento en el ácido grasos volátiles (AGV), causando insuficiencia al digester. Esto puede ser causada por (a) sobrecarga de alimentación, (b) o de baja carga de alimentación, (c) la entrada de un inhibidor, o (d) del control inadecuado de la temperatura. El remedio usual, es un rápido incremento en la HRT (tiempo de retención hidráulica), y cuando esto falla, el digester debe ser imprimado con los lodos de una saludable" digester. Esto, sin embargo, puede ser bastante costoso, en vista del hecho de que la digestión anaerobia es un proceso muy lento (Hill ,1977).

2.2 Cuatro etapas de digestión anaerobia:

A).-Hidrólisis:

Este término indica la conversión de compuestos orgánicos complejos insolubles (lípidos, proteínas y carbohidratos) en otros compuestos más sencillos y solubles en agua. Esta etapa es fundamental para suministrar los compuestos orgánicos necesarios para la estabilización anaeróbica en forma que pueden ser, utilizados por las bacterias responsables de las dos etapas siguientes.

B).-Acido génesis:

Los compuestos orgánicos sencillos generados en la etapa anterior son utilizados por las bacterias generadoras de ácidos. Como resultado se produce su conversión en ácidos orgánicos volátiles (acetato, propionato, butirato, etc.), alcoholes y otros subproductos importantes para etapas posteriores (amoníaco, hidrógeno y dióxido de carbono). Esta etapa la pueden llevar a cabo bacterias anaeróbicas o facultativas.

C).- Acetogénesis:

Las bacterias acetogénicas son microorganismos que viven en estrecha colaboración con las *Archaeas metanogénicas*. Estos microorganismos son capaces de transformar los ácidos grasos resultantes de la etapa anterior en los sustratos propios del metano génesis (acetato, dióxido de carbono e hidrógeno).

D).-Metano génesis:

Una vez que se han formado ácidos orgánicos, dos nuevas categorías de bacterias entra en acción, aquellas que convierten el acetato en metano y dióxido de carbono (acetoclásticos) y aquellas que combinan el dióxido de carbono y el hidrógeno para producir metano y agua (hidrotroóficos). Esta fase de la digestión anaeróbica es fundamentalmente para conseguir la eliminación de materia orgánica, ya que los productos finales no contribuyen a la DBO ni a la DQO del medio. A diferencia de lo que ocurre con la fase ácido génica, el metabolismo de estas bacterias es más lento y además, son mucho más sensibles a distintas condiciones ambientales, tales como pH y temperatura (García, 2009).

2.3 Utilización del biogás:

La mezcla debe ser purificada si se va utilizar para motores de combustión interna el gas carbónico haciendo burbujear al gas a través de agua, el ácido sulfúrico haciéndolo burbujear a través de sosa caústica, en agua que contiene sulfato de cobre o pasándola por una trampa de limadura de hierro (esponjillas y alambres), o con la introducción de pequeñas cantidades de aire al 3 % o al 5% de acuerdo al volumen del depósito del biogás. Reduciéndolo así hasta el 95% del ácido sulfúrico producido. La humedad se elimina circulando el biogás entre el cloruro de calcio o sílica gel (Botero, 1987).

2.4 Valor calorífico del biogás:

El metano tiene un valor calorífico de 22MJ/m³ (15.6MJ/kg) (Offoefule *et al* 2011).

El Biogás posee un bajo poder calorífico pero aun así, su energía es suficiente para mantener en operación un dispositivo de generación de potencia como turbinas, micro turbinas, motores alternativos o sistemas de calentamiento y cocción de alimentos (González, 2008).

2.5 Bacteria metano génica:

La comunidad metano génicas, que juegan un papel crucial en la degradación de sustancias orgánicas (Casper *et al.*, 2003). Hay cinco órdenes filogenéticamente divergentes del dominio Archaea (phylum Euryarchaeota) que entran en la denominación "metanógenos" Methanobacteriales, Methanopyrales, Methanococcales,

Methanomicrobiales y Methanosarcinales. Todas estas órdenes contienen una gran diversidad de taxones que varían mucho en sus características morfológicas y las características fisiológicas. Sin embargo, Todos tienen en común un estilo de vida anaeróbica y la capacidad producir metano metabólicamente (Baspteste *et al.*, 2005). Una bacteria mesófila acetogénica (MPOB) oxida propionato de acetato y CO_2 en cultivos con el formiato de hidrógeno-y-utilizando metanógenos *Methanospirillum hungatei* y *formicicum*, *Methanobacterium* (Doug *et al.*, 1994).

Todos los metanógenos tienen coenzima F420, que es un cofactor necesario para enzimas tales como la hidrogenasa y formiato deshidrogenasa, y recibió su nombre debido a su absorbancia a 420 nm, que permite que emiten fluorescencia azul-verde a 470 nm (Ashby *et al.*, 2001). Otra característica de la coenzima es la coenzima M metanógenos, que es producida por los metanógenos, tales como *Methanobacterium*, o que se requiere de una fuente externa, que es el caso para *Methanobrevibacter ruminantium*. La coenzima M, o ácido 2-mercaptoetanosulfónico, se metila para producir metano (Rouviere y Wolfe 1988).

2.6 Microorganismos productores de biogás:

Los microorganismos que son principalmente bacterias. El componente predominante de biogás inflamables es el metano (CH_4) y CO_2 con huellas de otros gases como, H_2S , NH_3 , CO , H_2 , N_2 y vapor de agua etc. tiene un valor calorífico de 22 MJ/m³ (15,6 MJ / kg) (Ofoefule y Uzodinma, 2009). También La biomasa puede ser subdividida en residual húmeda y seca. Como biomasa húmeda en este informe son clasificados los materiales que contienen menos de 10% de sustancia seca. Dentro de la biomasa residual húmeda se encuentran todos los residuos provenientes del tratamiento de las aguas residuales domésticas e industriales y del estiércol de porcino y vacuno. En relación a la biomasa seca, si bien es cierto pueden provenir del mismo origen (Rolando y Vivianco, 2007).

Los microorganismos claves en el proceso de formación de biogás son los microorganismos generadoras de metano (metanógenos). La capacidad para metanogénesis se limita a los miembros del dominio Archaea y, dentro de este dominio, en el Euryarchaeota-filo (Nettmann *et al.*, 2010).

Bacterias homoacetógenas. El grupo de las BHA generan acetato como producto principal. En dependencia de la especie pueden utilizar como donantes de electrones el H₂, azúcares, ácidos orgánicos, aminoácidos, alcoholes y algunas bases nitrogenadas.(Ferrer y Pérez,2010).

El pH es uno de los más parámetros importantes para la producción biológica de hidrógeno porque la mayoría de metanógenos hidrogeno tróficos son generalmente inhibida en el pH ácido (4,0 a 6,0) aplica con mayor frecuencia para la producción de Bio-hidrógeno, incluso si el proceso es fuertemente influida por varios y otros parámetros operativos, tales como tiempo de retención de sólidos, el tiempo de retención hidráulica, carga, etc. (Spagniet *al.*,2010).

La Fermentación del metano es un proceso complejo, que puede ser dividido en cuatro fases: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis / deshidrogenación y metanización. Los pasos de degradación individuales se llevan a cabo por diferentes consorcios de microorganismos (Weiland, 2010).La aplicación de este bioproceso contribuirá a reducir la emisión de gases de efecto invernadero y por en den del calentamiento global, teniendo en cuenta que una molécula de metano capta aproximadamente 25 veces más calor que la molécula de CO₂ (Barrena *et al.*, 2010).

2.7 Composición química del biogás:

El biogás está compuesto por un 50-70% de metano CH₄ y un 30-50% de dióxido de carbono, (CO₂) conteniendo pequeñas cantidades de nitrógeno (N₂),sulfuro de hidrógeno (H₂S), vapor de agua, amoníaco (NH₃), hidrógeno (H₂), pudiendo contener otros compuestos azufrados como mercaptanos y silanos, sulfuro de carbonilo, de sulfuro de carbono. En casos puntuales se ha detectado la presencia de trazas de

compuestos orgánicos, hidrocarburos superiores al metano como, propano, butanos, esto es muy variable y dependerá de múltiples factores (Anders, 2007).

2.8 Potencialidades de biomasa:

Actualmente la electricidad es el principal vector, energético, por su eficiencia y versatilidad .Además, teóricamente puede satisfacer los servicios de energía mas comunes, como son la generación de calor y el transporte (Posso ,2003).

Con un estimado de 14.000 MW de capacidad mundial instalada , la biomasa es la mayor fuente de potencia para la generación de energía eléctrica en EA después de la hidroeléctrica .estados unidos es el mas grande generador con 7.000 MW instalados .las expectativas de generación en el mundo es alcanzar mas de 30.000 MW para el año 2020, China y la India prevén instalar sistemas con biomasa de manera masiva ,las estimaciones muestran que para el 2015, China debe tener 4.000 MW instalados y la india 1.500 MW .esto representa un crecimiento extraordinario de su capacidad instalada actual 54 MW y 59 MW respectivamente .otros países con un promisorio crecimiento de la bioenergía son Brasil, Malasia, Filipinas , Indonesia ,Australia , Canadá, Inglaterra, Alemania y Francia(Posso ,2002).

III.MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación geográfica de la Comarca Lagunera:

La Comarca Lagunera se encuentra ubicada entre los paralelos 25⁰ 05' y 27⁰ 54' de latitud norte y los meridianos 103⁰ 40' y 104⁰ 45' de latitud oeste de Greenwich, teniendo una altura de 1129 metros sobre el nivel del mar, localizada en la parte suroeste del estado de Coahuila y noroeste del estado de Durango, colindando al norte con el estado de Chihuahua y al sur con el estado de Zacatecas (CNA, 2002).

3.2 Clima de la Comarca Lagunera:

El clima de la Comarca Lagunera es de tipo desértico con escasa humedad atmosférica, precipitación pluvial promedio entre 200 y 300 mm anuales en la mayor

parte de la región y de 400 a 500 mm en la zona montañosa oeste, con una evaporación anual de 2,600 mm y una temperatura media de 20°C. En este último aspecto, el área de la llanura y gran parte de la zona montañosa, presentan dos periodos bien definidos: el periodo comprende de 7 meses abril hasta octubre, en los que la temperatura media mensual varía de 13.6° C. Los meses más fríos son diciembre y enero registrándose en este último, el promedio de temperatura más bajo es de 5.8°C aproximadamente (CNA, 2002).

3.3 Localización del sitio experimental:

El presente trabajo se llevó a cabo por etapas, desarrollándose en las Instalaciones del Laboratorio de suelos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Regional Torreón.

3.4 Producción de los estiércoles:

Los estiércoles utilizados en este experimento fueron tomados en los establos de la universidad Autónoma agraria Antonio Narro.

3.5 Determinación de materia orgánica (walkle,black) modificado:

1.1 Cálculo de materia orgánica:

$$\%M. O = \frac{[(ml\ k_2Cr_2O_7 \times N) - (ml\ Fe_2SO_4 \times N^{\circ})]}{GRAMO\ DE\ MATERIA} \times 0.67$$

DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO TOTAL POR EL MÉTODO (KJELDHL):

$$\%N = \frac{(ml\ NaOHA) - (ml\ NaOH) \times 1N \times 0.014 \times 100}{gr\ de\ muestra}$$

DETERMINACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO:

$$\%CO = \frac{\%materia\ organica}{1.724}$$

DONDE:

%CO es el porcentaje de carbono orgánico;

%MO es la materia orgánica calculada a partir del % de cenizas; y

1.724 es el Factor Van Bemelen.

DETERMINACIÓN DE RELACIÓN CARBONO NITRÓGENO:

$$C/N = \frac{CO(\%)}{NT(\%)}$$

Donde:

C/N= es la relación carbono nitrógeno:

CO= es el porcentaje de carbono orgánico

NT=es el porcentaje nitrógeno.

3.6 Equipo de laboratorio utilizado:



Ilustración 1 Balanza analítica: de precisión electrónica de la marca AND (modelo HR-200).

Se utilizo para pesar las muestras de estiércol y tallo de maíz para las determinaciones de %M.O, C.O, %N.



Ilustración 2.-Balanza granataria digital sartorius.

Se utilizo para pesar el estiércol y el tallo de maíz para las 48 mezclas



Ilustración 3.-Aparato KJELDAHL LABCONCO:

Se utilizo para cocinar las muestras de estiércol para la de terminación de nitrógeno.



Ilustración 4.- Determinación de PH inicia y final:

Se determino el pH inicial y final a todas las mezclas 48 de estiércol con el PH metro de la marca (orion420 A).



Ilustración 5.-Determinación de conductividad eléctrica inicial y final:

Se determino la conductividad eléctrica de las 48 mezclas de estiércol con el voltímetro de la marca (162 orión).

3.7 Determinación de producción de biogás:

TABLA 1.-Mezclas de estiércol y tallo de maíz.

En 48 botellas de 250 ml se introdujo mezclas de estiércol seco como se describe en el cuadro.

N° de repeticiones	Mezclas de estiércol	inoculo	inoculo	inoculo	inoculo
3	Vaca-maíz	vaca	caballo	cabra	conejo
3	Cabra-maíz	vaca	caballo	cabra	conejo
3	Caballo-maíz	vaca	caballo	cabra	conejo
3	Conejo-maíz	vaca	caballo	cabra	conejo

Se le agrego 200 ml de agua potable a cada botella con un matraz Erlenmeyer de 500 ml, a cada botella se le coloco un tapón de goma, sellándolos con cinturones de aluminio prensándolos con una pistola de la marca (soleado).

Se dejo a temperatura ambiente con las condiciones ambientales del mes correspondiente mayo del 2012.

3.8 Medición de biogás:

Para la determinación de biogás, se utilizaron Jeringas estériles desechables de 10 ml (marca pharma) y por inserción en los tapones de goma, se determinó el volumen diario del biogás. Para evitar errores de mediciones, se procuró que los volúmenes fueran cerrados (10 ml), de lo contrario no se regresaba su contenido a la botella.

Esto durante el mes de mayo iniciando el día 9 de 2012 y terminando el 27 de mismo mes, lo cual se tomo mediciones cada dos días en diez ocasiones. Dándonos como resultado 480 lecturas distintas.

IV.-Resultados:

TABLA 2.-Determinación de nitrógeno total método KJELDAHL.

Determinación de nitrógeno(materia prima)	% de Nitrógeno
conejo	1.39
vaca	1.77
caballo	.839
maíz	1.02
Cabra	2.14

Tabla 3.-Determinación de Materia orgánica.

Determinación (materia prima)	Materia Orgánica	% Materia orgánica
Cabra		59.05
conejo		68.429

caballo	41.73
vaca	63.9485
maíz	82.4368

TABLA 4.-Determinación de carbono orgánico.

Determinación de carbono orgánico	% CO
Cabra	34.25
Conejo	39.69
caballo	24.20
vaca	37.09
Maíz	47.81

TABLA 5.-Determinación de la relación carbono nitrógeno C/N.

Determinación C/N	% de C/N
Cabra	16
Conejo	70.87
Caballo	28.84
Vaca	20.95
Maíz	46.87

TABLA 6.-Resultados de la formula para realizar los pesos en gr.

Relación C/N	VACA	MAIZ
30:1	10.4	9.6
	CABALLO	MAIZ
30:1	19	1
	CONEJO	MAIZ
30:1	18	2
	CABRA	MAIZ
30:1	7.3	12.7

ELABORACION DE LOS INOCULOS: PARA LOS CUATROS INOCULOS(VACA,QUINO,CABRA,CONejo)SE TOMO 900 ml DE AGUA EN DIFERENTES MATRAZES Y 100 gr DE ESTIERCOL DE CADA UNO DE ELLOS

TABLA 7.-Análisis estadístico:

Método al azar.

T	M	0.05
16	71.333	a
12	69.333	a
8	67.667	ab
2	65.667	ab
4	64.833	abc
10	59.000	abcd
6	58.000	abcd
14	53.333	abcd
1	50.333	abce
5	43.667	bcde
9	43.333	cde
13	39.667	def
7	26.333	efg
11	20.333	fg
3	19.433	fg
15	14.500	g

FV	GL	SC	CM	FC	SIG
Tratamiento	15	165593.78	11039.585	5.751	0.000
Error	464	890722.37	1919.660		
Total	479	1056316.1			

Tratamiento	media
1	50.333
2	65.667
3	19.433
4	64.833
5	43.667
6	58.000
7	26.333
8	67.667
9	43.333
10	59.000
11	20.333
12	69.333
13	39.667
14	53.333
15	14.500
16	71.333

TABLA 8.-De conductividad eléctrica inicial:

Inoculo y nº de tratamiento	mezclas	1rept	2rept	3rept
	vaca-maíz	7.58	7.55	8.12
	cabra-maíz	8.11	7.85	8.3
tratamiento N°1 vaca	conejo-maíz	8.73	7.33	7.86
	caballo-maíz	8.12	8.53	8.7
	vaca-maíz	10.63	9.8	10.8
	cabra-maíz	12	10.28	9.8
tratamiento N°	conejo-maíz	10.37	10.54	10.47

2caballo					
		caballo-maíz	10.96	10.16	9.43
		vaca-maíz	10.86	5.59	9.97
tratamiento N°	3cabra	cabra-maíz	9.85	9.91	9.5
		conejo-maíz	10.47	9.6	10.35
		caballo-maíz	9.93	8.68	9.28
		vaca-maíz	5.3	6.58	6.36
tratamiento N°	4conejo	cabra-maíz	6.41	5.24	6.14
		conejo-maíz	5.93	5.85	6.5
		caballo-maíz	6.2	5.89	6.6

TABLA 9.-De conductividad eléctrica final:

Inoculo y tratamiento	n°	mezclas	1rept	2rept	3rept
		vaca-maíz	13.08	13.16	13.48
tratamiento	N°	cabra-maíz	14.75	16.15	16.59
		conejo-maíz	12.6	15.18	11.33
		caballo-maíz	13.95	14.98	13.84
		vaca-maíz	13.51	13.27	13.3
tratamiento	N°	cabra-maíz	16.15	14.79	14.94
		conejo-maíz	14.77	13.05	14.23
		caballo-	14.6	12.47	13.27

		maíz			
		vaca-maíz	12.99	13.34	13.35
tratamiento	N°	cabra-maíz	15.27	15.43	16.14
3cabra					
		conejo-maíz	14.59	14.4	14.61
		caballo- maíz	12.58	14.49	11.5
		vaca-maíz	14.07	14.35	14.13
tratamiento	N°	cabra-maíz	17.19	16.28	17.35
4conejo					
		conejo-maíz	15.77	16.94	16.94
		caballo- maíz	14.8	14.43	15.33

TABLA 10.-DE pH inicial:

Inoculo n° tratamiento	mezcla	1rept	2rept	3rept
tratamienton°1 vaca	vaca- maíz	7.05	7.06	6.77
	cabra- maíz	6.95	6.9	6.84
	conejo-maíz	6.91	6.96	6.95
	equino-maíz	6.89	6.89	6.74
tratamienton°2 caballo	vaca- maíz	9.06	9.05	9.07
	cabra- maíz	9.05	9.06	9.01
	conejo-maíz	9.02	9.19	9.04
	equino-maíz	8.9	9.04	9.07
tratamienton°3 cabra	vaca- maíz	6.80	6.84	6.93
	cabra- maíz	6.73	6.59	6.82
	conejo-maíz	6.77	6.74	6.66
	equino-maíz	7.03	6.74	6.74
tratamienton°4 conejo	vaca- maíz	8.13	8.16	8.18
	cabra- maíz	8.24	8.17	8.14
	conejo-maíz	8.18	8.28	8.16
	equino-maíz	8.08	8.14	8.33

TABLA 11.-De pH final:

		1	2	3
tratamiento ^o 1 vaca	vaca- maíz	5.61	5.66	5.69
	cabra- maíz	5.49	5.60	5.74
	conejo-maíz	5.27	5.34	6.68
	equino-maíz	6.88	6.91	6.95
tratamiento ^o 2 caballo	vaca- maíz	5.9	5.7	5.72
	cabra- maíz	5.42	5.43	5.38
	conejo-maíz	5.63	5.58	5.55
	equino-maíz	6.85	6.82	6.86
tratamiento ^o 3 cabra	vaca- maíz	6.51	5.76	5.72
	cabra- maíz	5.76	5.73	5.59
	conejo-maíz	5.24	5.40	5.49
	equino-maíz	6.84	6.87	6.83
tratamiento ^o 4 conejo	vaca- maíz	5.73	5.76	5.74
	cabra- maíz	5.68	5.52	5.65
	conejo-maíz	5.41	5.43	5.35
	equino-maíz	6.89	6.86	6.92

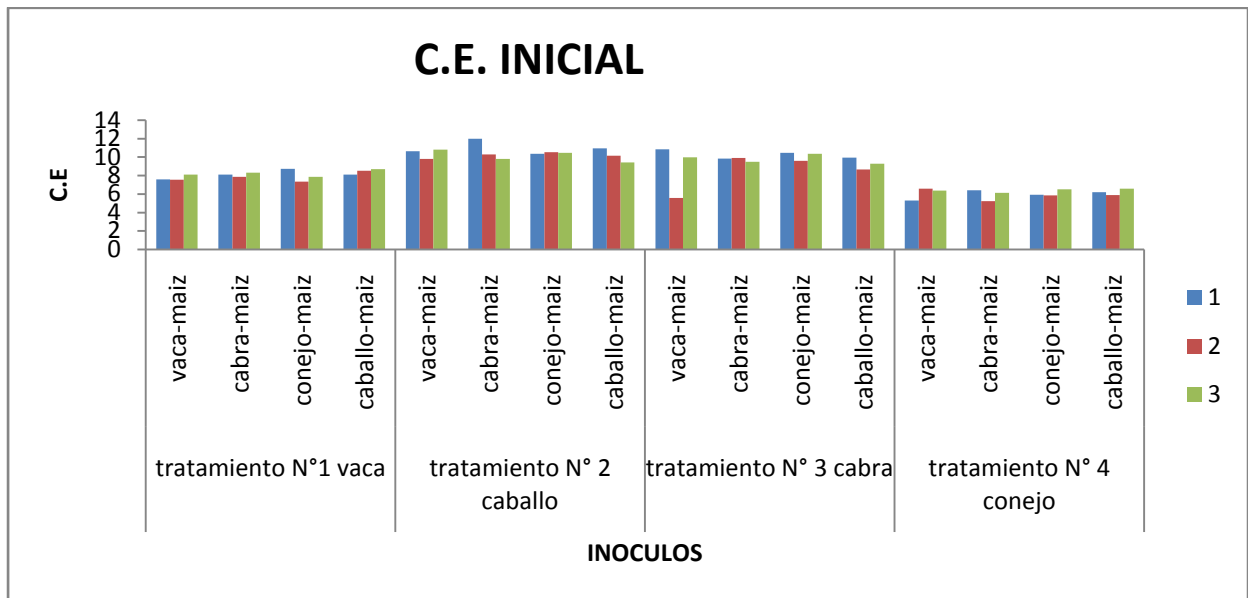


Figura 1.-Conductividad eléctrica inicial delas mezclas por tratamiento.

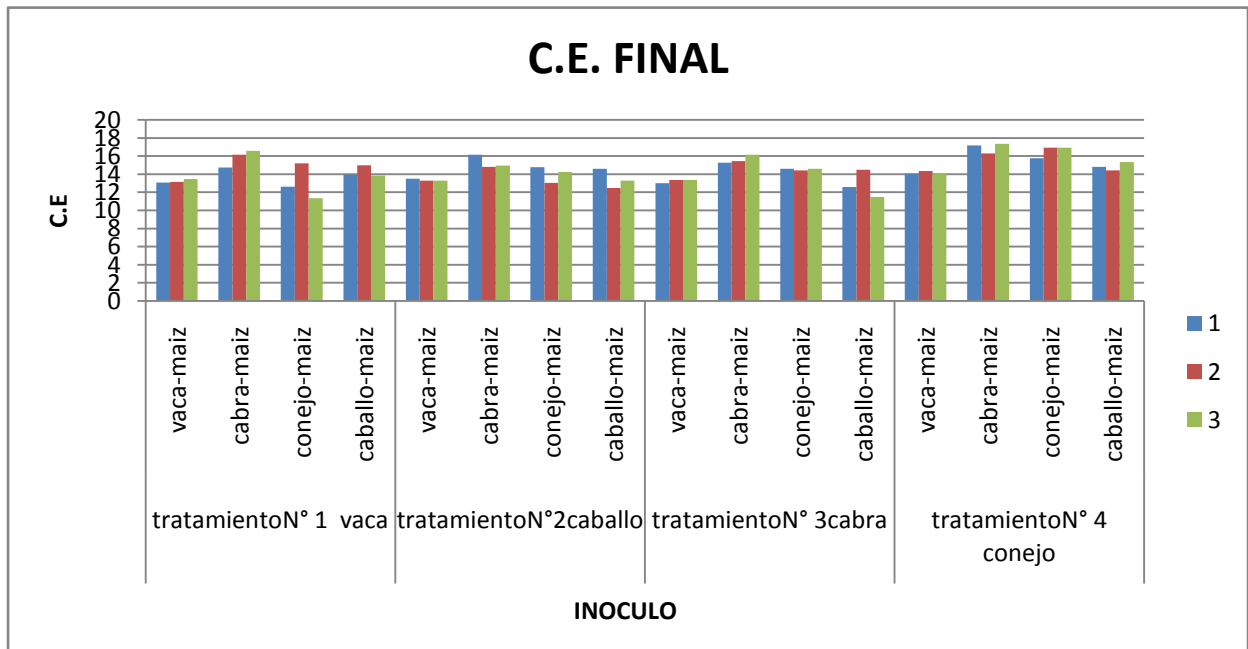


Figura 2.-De conductividad eléctrica final de las mezclas por tratamiento.

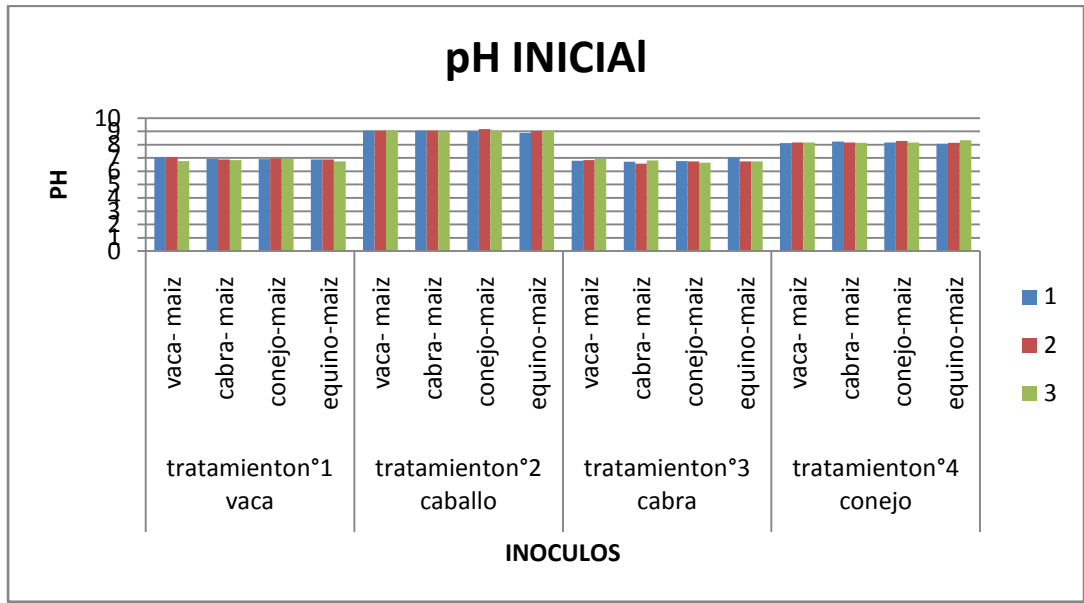


Figura 3.-De pH inicial de las mezclas de estiércol.

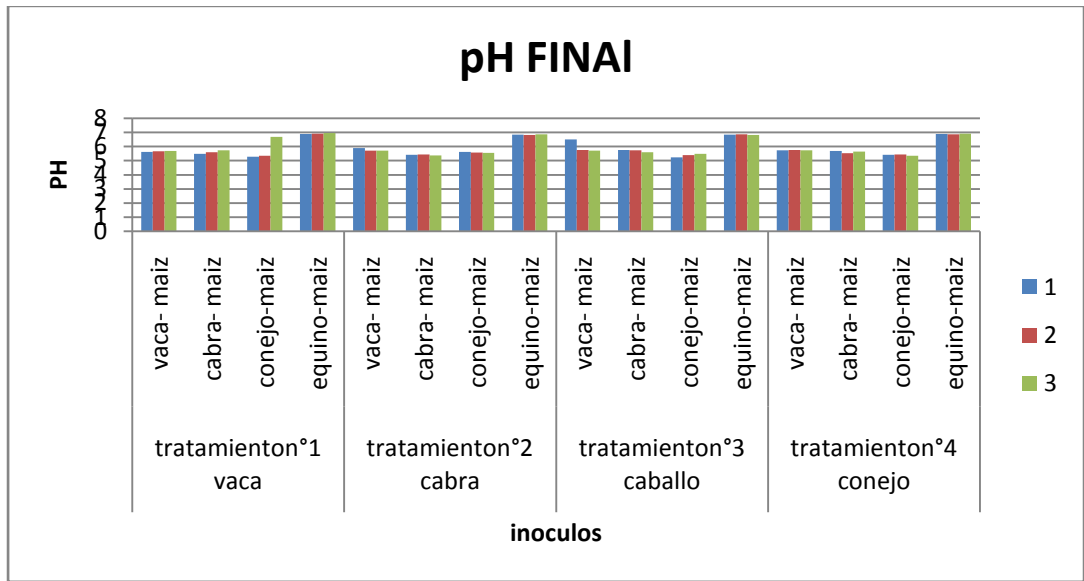


Figura 4.-De pH final de las mezclas de estiércol.

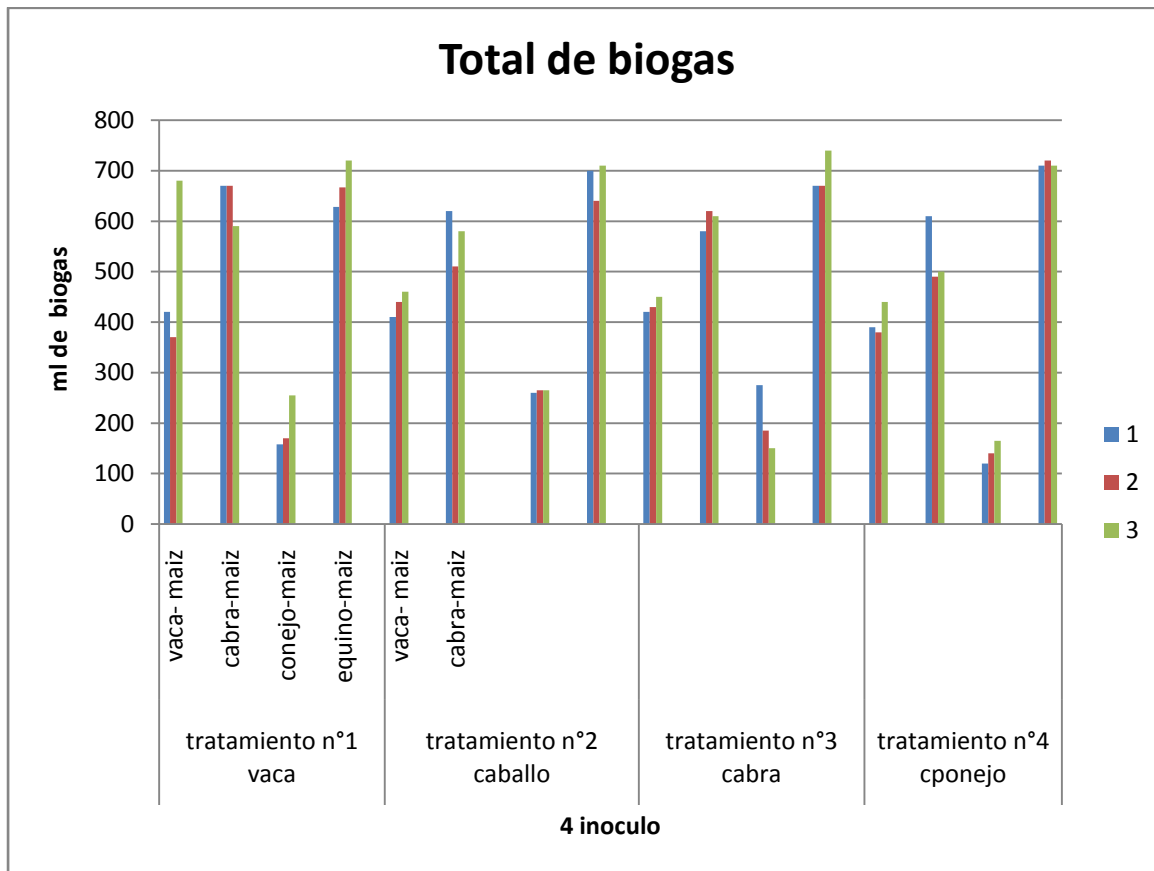


Figura 5. Medición total de biogás del 09/05/2012 al 27/05/2012.de los cuatros tratamientos.

V Discusión:

La producción de biogás esta ligada con la relación de C/N ya que este es un factor importante en la producción de biogás, ya que el equilibrio de estos elementos son esenciales para el desarrollo y evolución óptima del proceso de la digestión anaerobia de la biomasa.

El inoculo es un elemento clave para la rápida producción de biogás ya que este es el que aporta una gran cantidad de microorganismos productores de metanos (baterías metano génicas), dándole al biodigestor la densidad de población de bacterias optimas para su proceso de degradación de la biomasa. Pero para que el inoculo sea efectivo es necesario establecer la cantidad del mismo.

VI.-Conclusión:

Se concluyo que de los cuatro inóculos, el de mayor rendimiento fue el tratamiento 16 (a) mezcla equino-maíz. De acuerdo con el método estadístico completamente al azar.

VII.-Literatura citada:

Anders A, M.Ruth , K. Ibsen , J.Jechura , K.Neeves , J. Sheehan ,B. Wallace , L. Montague , A. Slayton y J .Lukas . 2007 Lignocellulosic biomass to ethanol process design and economics utilizing co-current dilute acid prehydrolysis and enzymatic hydrolysis for corn stover. U.S. DOE. National Renewable Energy Laboratory, Golden, Colorado.

Adelekan B.A. y A.I. Bamgboye, 2009. Comparison of biogas productivity of cassava peels mixed in selected ratios with major livestock waste type. African journal of agricultural research, Vol.4 (7),Pág.571-577 ISSN 1991-637x.

Aguilar V.Q., C.A. de la Vega, P.T. González .2009.El potencial energético de los residuos solidos municipales .Ingeniería Revista Academica.Vol.13,Num.1, Pag.59-62. México. ISSN 1665-529x.

AshgyK.D., T.A. Casey, M.A.Rasmusen y J.W. Petrch .2001. Steady –state y time-resolved spectroscopy of F420 extracted from methanogen cells and its utility as a marker for fecal contamination .journal agriculture and foo chemistry, Vol.49, Num.3, pág.1123-1127.

Bateste E., C. Brocher, Y Broucher. 2005. Higher-level classification of the Archaea: evolution of methanogenesis and methanogens. *Heron Publishing*. Victoria Canada. Vol.1, pág. 353-363.

Barrena M., O. Gamarra y J. Maicelo. 2010. Producción de biogás en laboratorio a partir de residuos domésticos y ganaderos y su escalamiento. *Rev. Aporte Santiaguino*. ISSN:2070-836x.

Botero B.R. y T.R. Preston. 1987. Biodigestores de bajo costo para la producción de combustible y fertilizante a partir de excreta. *Manual para su instalación, operación y utilización*. pág. 6-20.

Bouviere P.E. y R.S. Wolfe. 1988. *Novel biochemistry of biological chemistry* Vol.163, pag. 7913-7916.

Casper P., O.C. Chan, K. Glissmann, A. Ulrich y R. Conrad. 2003. Methanogenic pathway and archaeal community structure in clay sediments. *IGB*. Pag. 116-117.

Doug X., C.M. Plugge y A.J.M. Stams. 1994. Anaerobic degradation of propionate by an acetophilic acetogenic bacterium in culture and coculture with different methanogens. *Applied and environmental microbiology*, Ag. Vol. 60, Num. 8 pág., 2833-2834.

Demirel B. y P. Sherer. 2008. Production of methane from sugar beet silage without manure, addition by a single-stage anaerobic digestion process, biomass bioenergy. Vol.3, Pág.203-209.

ELECTRIGAS, 2008. Feasibility study –biogas upgrading and grid injection in the Fraser valley, British Columbia innovation council. B.C.

Ferrer Y. y H. Pérez 2010. Los microorganismos en la digestión anaerobia y la producción de biogás .consideraciones en las elecciones en la elección del inoculo para el mejoramiento de la calidad y el rendimiento. ICIDCA. La Habana Cuba.vol.43, num.1, pág. 20, ISSN1025 3076.

García A K. ,2009.Estiercol y lodos de depuradora para la producción de biogás. UCA. Facultad de ciencias del mar y ambientales .Puerto Real Cádiz. Pag.3.

Gonzales C.A.D., A.A. Arrieta y C.L.F. Cardona .2008.estudio experimental de la estabilidad de la llama de biogás en un sistema de premezclado .revista energética, núm. 39, pág. 34-35.ISSN 0120-9833.

Guevara Vera Antonio, 1996.Fundamentos básicos para el diseño de biodigestores anaerobios rurales. Producción de gas y saneamiento de efluentes .CEPIS .Perú.

Hill C.G.1977. And introduction to chemical engineering kinetics and readerdesigra .journal.pág. 64-70

Lo niee L.B.S. 20011. Solid-state anaerobic digestion oflinocellulosicbiomas for biogas production.The Ohio state university, pág. 4-6

Lyberato G. y I. Skiadas. 1999. Modeling of anaerobic digestion –are view. Global nestitheinternacionaljournal .Vol.1, pág. 63-76.

Magaña R J L. Ernestina Torres R. Martínez G. Carmen Sandoval Juárez y Rosalía Hernández Cantera., 2006. Producción de biogás a nivel laboratorio utilizando estiércol de cabras .Redalyc, red de revistas científica de américa latina y el caribe, España y Portugal. Guanajuato, México .ISSN:0188-6266.

Marín J. , L. P. G. Corona, N. Rincón, E. B. A. Díaz y N. Fernández. 2007. optimización de un método para la determinación simultanea de h₂ y ch₄ por cromatografía gas-solido en birreactores anaerobios universidad de Zulia Redalyc .Vol.7 num.003.pp.266-275. ISSN 1317-2255.

Misevicius A. y P.Baltrna.2011. Experimental investigation of biogas production using biodegradable municipal waste .journal of environmental encoring Vol.19.Pag.167-177.

Nettman E.,I.Bergmann,S. Pramschufer,K.Mundt,V.Plogsties, C.Herrmann y M. Klocke.2010. Polyphasic analyses of methanogenicarchaeal communities in agricultural biogas plants. Applied and environmental microbiologic.Vol.76, num.8, pág. 2540-2548.

Ofoefule A.U., 2011.Investigation of the biogas production potentials of Bambara nut chaff(Vigna subterranean). Pelagic Research.Enuge,Nigeria .Vol.2. pág.55-61.ISSN:0976-8610.

OfoefuleA.U.yE.O.Uzodinma, 2009.Biogas production from blends of cassava(manihotutilissima) peels with some animal waste.International Journal of Physical Sciences .Vol.4, pág. 298-402.ISSN:1992-1950.

Ofoefule A.U. y O.D.Onukwuli, 2010.Biogas production from blends of Bambara nut (vignasubterranean) chaff with some animal and plan waste. Pelagic Research.Vol.3, pág.98-105. Enuge, Nigeria. ISSN: 0976-8610.

Ofoefule A.U.,P.M. Ejikeme, C.N.Ibeto y T. Afuaku. 2011. Effect of chemical treatment and waste blending on biogas production from leaf litter of kambala (chlorophoralexcelsa). Enuge, Nigeria .ISSN:0976-8610.

Quesada R., N. Salas, M. Arguedas y R. Botero ,2007. Generación de energía eléctrica a partir de biogás. Universidad EARTH .Las Mercedes de Guácimo, Limón, Costa Rica. Pag.140.

Posso Fausto, 2002.Energía y ambiente: pasado, presente y futuro .parte tres: sistema energético basado en hidrogeno.Geoenseñanza.Vol.7 Num.1-2. Venezuela. Pág.54-73.ISSN:1316-6077.

Posso Fausto ,2003.Energía y ambiente: pasado, presente y futuro .parte dos: sistema energético basado en energías alternativas .Geoenseñanza.Vol.8 Num.001 Venezuela. Pág. 49-66 ISSN:1316-6077

Rolando C. Y E. Vivanco, 2007. Identificación y clasificación de los distintos tipos de biomasa disponibles en Chile para la generación de biogás. Proyecto Energías Renovables .Santiago de Chile. ISBN: 978-956-7700-08-0.

SAGARPA, 2010.Aprovechamiento de biogás para la generación de energía eléctrica en el sector agropecuario .FIRCO.3-4.

Sebastian J.,C. Ander ,T. Bekel ,R. Bisdorf, M. Droge,K.Heinz ,S. Junemann y O.Kaiser, 2011.comparative and joint analysis of two Metagenomic Datasets from a biogas fermenter obtained by 454-pyrosequencing.

Silva V. J. P, 1999. Tecnología del biogás .Universidad del Valle. Facultad de ingeniería.

Soria F. M. de J., R. F. Cerrato, J. E. Barra, G. A. Gonzales y G. P. Pérez ,2001 biodigestion of hogslurry to produce biomanure .Terra. vol.19 num.4 19:353-362.

Spagni A., S. Casu y R. Farina. 2010. Effect of the organic loading rate on biogas composition in continuous fermentative hydrogen production. *Journal of Environmental Sciences and Health Part B: Toxicology and Hazardous Substances*. Bologna, Italia. Pág. 1475-1481. ISSN: 1093-4529 -1532-4117.

Tucker D., P. Edwards y L. Obeng. 1996. Tratamiento de desechos y recuperación de recursos. *Recuperación de Recursos. Biogás, Acuicultura, Compostificación*. D. Trattes. CEPIS.

Weiland, P. 2010. Biogas production: current state and perspectives. *Applied Microbial Biotechnology*. Braunschweig, Germany. Doi: 10.1007/s00255-010-1214-1.

Williams Y., J.S. Papovski, S. M. Rea, L.C. Skillman, A.F. Toovey, K.S. Northwood y A.D. Wright. 2009. A vaccine against rumen methanogens can alter the composition of archaeal populations. *Environmental Microbiology*. Vol. 75, Pág. 1890-1866.