

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

Unidad Laguna

División de Carreras Agronómicas. Departamento de Biología



“Producción de biogás a partir de mezclas de estiércol
inoculadas: variable C/N”

PRESENTA:

Dolores ventura Gutierrez

TESIS

Presentado como requisito parcial para obtener el título de:

Ingeniero En Procesos Ambientales

Torreón, Coahuila México

Diciembre 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

"Producción de biogás a partir de mezclas de estiércol inoculadas: variable C/N"

P O R:

DOLORES VENTURA GUTIERREZ

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

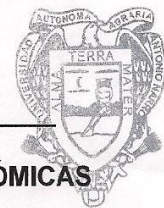
Asesor:



MC. MIGUÉL 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

DOLORES VENTURA GUTIERREZ

TESIS

"Producción de biogás a partir de mezclas de estiércol inoculadas: variable C/N"

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

Gracias

A Dios por mi existencia en este mundo, en el que no solo adquirí conocimientos académicos, sino también, y creo, las mas importantes, vivencias humanas y experiencias valiosas.

Dedicatoria

Al Sr. Eduardo Ventura y la Sra. Inés Gutiérrez, mis padres por su amor incondicional, que me impulsaron a lograr cada uno de mis objetivos.

A Raúl Ruíz mi esposo y la Sr. Angélica Castañeda por su apoyo y comprensión.

A mis hermanos, Juan Antonio, Dalia, Marisol, Miguel Ángel y Ramiro por su amor y compañía.

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), bixido de carbono y otros compuestos implican la relación de una serie de reacciones bioquímicas, 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 llevó a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en el laboratorio de suelos, determinando Nitrogeno, Materia Orgánica, Carbono, PH inicial y final, Conductividad Eléctrica inicial y final, esto para determinar los pesos y cantidades de cada estiércol de vaca, equino, conejo y cabra para su relación carbono/nitrogeno con los residuos de maíz (tallos y hojas) y se obtuvieron los balances de C/N 30:1, 35:1 y 40:1 lo cual fue indispensable determinarlo para la producción óptima del biogás de los 12 tratamientos con 3 repeticiones cada tratamiento, estas 3 relaciones C:N se inocularon con inóculo de vaca 100:1. Dándonos 36 mezclas. Se midió los ml de biogás con jeringas de 20 ml. Esto se hizo todos los días de lunes a viernes empesando del día 05/05/2012 y terminando las mediciones el día 01/06/2012.

Los resultados de estas mediciones fueron analizados con el método estadístico Bloques al azar. Dando como resultado que $a=5$ esto quiere decir que el tratamiento 5 es el mejor o mayor productor de biogás en (ml) con una relación C/N de 35:1. seguido con afinidad el $b=4$ tratamiento con una relación de 30:1. y aportando como resultado que el más deficiente en producir biogás es el tratamiento $e=7$ de conejo con una relación 30:1.

Palabras claves:

Biogás, estiércol, biodigestión anaerobia, relación carbono–nitrógeno (C/N), biomasa.

Gracias	I
Dedicatoria.....	I
Resumen.....	II
Palabras claves:.....	II
ÍNDICE DE TABLA.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS:.....	IV
I.INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Potencialidades de biomasa	5
1.2 El objetivo general:	5
II.REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
2.1 Producción del biogás.....	8
2.2 Digestión anaerobia.....	9
2.2.1 Etapas del proceso de digestión anaerobia	9
2.3 Biorreactor.....	10
2.4 Optimización de bacterias metano-génicas.....	10
2.5 Utilización del biogás.....	10
2.6 Factores a considerar en el proceso metanogénico	11
2.7 Material de carga para la fermentación	11
2.8 Relación Carbono Nitrógeno (C/N)	12
2.9 Temperatura	13
III.MATERIALES Y METODOS	13
3.1 Ubicación geográfica de la Comarca Lagunera	13
3.2 Clima de la Comarca Lagunera	13
3.3 Localización del sitio experimental.....	14
3.4 Determinación de materia orgánica del suelo modificado: Walkley y Black.	14
3.5 Producción de Biogás.	15
IV.RESULTADOS.....	15
V. DISCUSIÓN.....	29
VI. CONCLUSIÓN	29
VII. LITERATURA CITADA.....	29

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Determinación de nitrógeno total método KJELDAHL	15
Tabla 2.-Determinación de Materia orgánica.....	16
Tabla 3.-Determinación de carbono orgánico	16
Tabla 4.-Determinación de la relación carbono nitrógeno C/N.	16
Tabla 5.-Resultados de la formula para realizar los pesos	16
Tabla 6: pH inicial de los tratamientos	17
Tabla 7.- pH final de los tratamientos.....	18
Tabla 8: Conductividad eléctrica inicial de los tratamientos	19
Tabla 9: Conductividad eléctrica final de los tratamientos	20
Tabla 10. De acuerdo al programa llamado diseños experimentales FAUANL. Utilizando el método estadístico bloques al azar estos son los rangos de mejores productores de biogás. ...	28

ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1: Se muestra el pH inicial de todas las muestras con distintas relaciones C/N.	18
Figura 2: Se muestra el pH final de todas las muestras.....	19
Figura 3: Conductividad eléctrica inicial de los tratamientos con relaciones C/N inoculados con estiércol de bovino y rastrojo de maíz.....	20
Figura 4.-Conductividad eléctrica final de los tratamientos con relaciones C/N inoculados con estiércol de bovino y rastrojo de maíz.....	22
Figura 5.- Producción de biogás (primera semana) de una mezcla con tres diferentes relaciones C/N, empleando cuatro tipos de estiércol y rastrojo de maíz.....	22
Figura 6. Producción de biogás (segunda semana) de una mezcla con tres diferentes relaciones C:N, empleando cuatro tipos de estiércol y rastrojo de maíz.....	23
Figura 7. Producción de biogás (segunda semana) de una mezcla con tres diferentes relaciones C:N, empleando cuatro tipos de estiércol y rastrojo de maíz	23
Figura 8. Producción total de biogás (ml) de una mezcla con tres diferentes relaciones C/N, empleando cuatro tipos de estiércol y rastrojo de maíz.....	24
Figura 9.-Producción de biogás (ml) semanal de la mezcla de estiércol de vaca rastrojo de maíz con tres diferentes relaciones C/N.....	24
Figura 10.-Producción de biogás (ml) semanal de la mezcla de estiércol de caballo rastrojo de maíz con tres diferentes relaciones C/N.....	25
Figura 11.-Producción de biogás (ml) semanal de la mezcla de estiércol de cabra rastrojo de maíz con tres diferentes relaciones C/N.....	25
Figura 12.- Producción de biogás (ml) semanal de la mezcla de estiércol de conejo rastrojo de maíz con tres diferentes relaciones C/N.....	26

Figura 13.-Producción total de biogás (m ³ / ton de mezcla) de una mezcla con tres diferentes relaciones C/N, empleando cuatro tipos de estiércol y rastrojo de maíz.....	26
Figura 14.-Producción electricidad (Kwh/ ton de mezcla) de una mezcla con tres diferentes relaciones C/N, empleando cuatro tipos de estiércol y rastrojo de maíz.....	27
Figura 15.-Producción de biogás de mezcla de relaciones C/N empleando estiércol de bovino bajo condiciones de la Comarca Lagunera.	27

I.INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente, los combustibles líderes para la generación de energía han sido el petróleo, carbón y gas natural (recursos no renovables), pero la problemática que existe sobre energía es cada vez más evidente, la demanda está en constante crecimiento y los recursos para obtenerlos disminuyen considerablemente. El abuso en la utilización de los recursos no renovables para generar energía ha tenido grandes impactos ambientales, originando una preocupación sobre el uso eficiente de energías así como sobre la generación de energías limpias. Los altos índices de contaminación originados por el uso de combustibles fósiles han impactado fuertemente debido a la generación de gases de efecto invernadero, los cuales se consideran como una de las principales causas de contaminación atmosférica y del calentamiento global.(Aguilar *et al.*,2009).

Existen diferentes formas de clasificar a las energías renovables, estas pueden ser: solar, eólica (se produce a través de los vientos), biomasa (utilización de materia orgánica), geotérmica (tiene su origen en el poder calorífico de las reacciones químicas naturales que ocurren en el interior de la tierra) e hidráulica (fuerza cinética del agua); esta última ha evolucionado notablemente en los últimos años. Todas las fuentes de energía renovables combinadas contabilizan solo el 17.6% de la producción de energía en el mundo, del cual la energía hidroeléctrica provee el 90% de ellas y solo el 1.7% restante son las otras fuentes de energía renovable (Goswami y Keith, 2007).

Cuando se usa la biomasa como fuente de energía se pueden obtener también beneficios económicos y ambientales(Capehart *et al.*, 2003).

Las necesidades energéticas de nuestro planeta son satisfechas hasta en un 90 % con la utilización de combustibles fósiles (petróleo, gas licuado de petróleo, carbón), todos ellos extinguidos en un futuro cercano, fuertemente contaminantes y utilizados en forma ineficiente (Barrena , 2010). De igual manera, las necesidades energéticas en las zonas rurales de los países en vías de desarrollo, obliga a los pobladores a utilizar a

gran escala leña (para lo cual deforesta) y desperdicios agrícolas secos (estiércol y residuos de cosecha) (Enríquez,1998).

Por ello las energías renovables se caracterizan porque en sus procesos de transformación y aprovechamiento en energía útil no se consumen ni se agotan en una escala humana (Rolando Y Vivanco ,2007) .Sin lugar a duda las energías renovables constituirían la mayor parte de la energía del futuro en el planeta y en nuestro país, existen condiciones naturales propicias para el aprovechamiento de algunas de esas fuentes que pueden dar su contribución no solo a la solución de parte de nuestra demanda energética sino a la protección del medio ambiente (Contreras, 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).

En el medio rural, los sistemas biointegrados, específicamente con aprovechamiento de biomasa para fines energéticos, pueden convertirse en un medio facilitador para attingir la sustentabilidad de la producción en función de la disponibilidad de biomasa existente en las propiedades agrícolas, por presentar bajo costo de oportunidad de los residuos de la producción, grande potencial de generación de energía, disminución del potencial de polución de los residuos, reducción de la presión sobre os recursos naturales e economía de recursos energéticos (Angonese *et al*, 2006).

De ese modo, el tratamiento de esos efluentes puede realizarse a través de la biodigestión anaeróbica que permite valorizar un producto energético, el biogás, y obtener bioabono, cuyadisponibilidad contribuye para una rápida amortización de los costos de la tecnología instalada (Pécora, 2006). Para crear sistemas de biodigestores

económicamente más eficientes, es necesario analizar la ejecución del proyecto y el manejo de la tecnología adoptada, que pueden permitir la construcción de instalaciones más económicas y recuperación de la inversión de forma más rápida. De ese modo son evaluados correctamente los beneficios energéticos del biogás, del reciclaje del efluente como abono y del saneamiento (Miranda, 1991).

Centrales que utilicen fuentes renovables que no demanden alta tecnología para su instalación o mano de obra especializada para su ejecución, son soluciones direccionadas principalmente para productores rurales que podrían disminuir su dependencia de energía eléctrica de las empresas concesionarias (Coldebella, 2006).

La quema de biogás sustituyendo las emisiones de metano del dióxido de carbono es válida, ya que el metano tiene un potencial de calentamiento global 21 veces mayor que el dióxido de carbono (Ranzi y Andrade, 2004)

Por otra parte, el biogás puede ser producido a partir de estiércol de ganado y de la agricultura residuos con un potencial de energía considerada. En la India, hay más de un estimado de 250 millones ganado vacuno y si un tercio de los excrementos producidos al año de estos se encuentra disponible para la producción de biogás, más de 12 millones de plantas de biogás se puede instalar. En el sector rural, la principal forma de contaminación es el estiércol, que genera malos olores y polución con nitratos al agua de consumo. La opción del uso del estiércol permite responder a una demanda de la sociedad, las actividades agrícola-ganaderas deben ser más respetuosas del medio ambiente, y en particular deben promover la reducción de posibles fuentes de contaminación (Filippinet .al, 1988).

El biogás es producido a partir de la fermentación anaerobia de la materia orgánica en rellenos sanitarios de residuos sólidos urbanos y en biodigestores anaerobios de desechos orgánicos animales y vegetales. El beneficio ambiental de la producción y uso de este combustible se nota profundamente en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero producidas por la descomposición de la materia orgánica en desechos agropecuarios y en los rellenos sanitarios. Los principales componentes de

este Biogás son el metano y el dióxido de carbono junto a menores porcentajes de oxígeno, nitrógeno y trazas de otros compuestos volátiles orgánicos VOC por sus siglas en inglés (Caine, 2000).

El Biogás, tiene un contenido de metano de aproximadamente 50% y puede ser utilizado como un combustible (Karapidakis *et al.*, 2010).

Generalmente, en la mayoría de los países latinoamericanos, el biogás ha tenido un uso limitado a la cocción de alimentos y calefacción de animales de granja. A pesar de esto, el uso del biogás en la sustitución de combustibles fósiles, para la generación de electricidad en motores de combustión interna ha cobrado importancia en los últimos años. El biogás puede ser utilizado para reemplazar la gasolina hasta en un 100 %, mientras que en motores diesel sólo se logra un máximo de 80 %, debido a que la baja ignición del biogás no permite que haya explosión en este tipo de motores que carecen de bujía (Quesada , 2007).

La generación y uso de biogás como fuente de energía renovable, es una opción con garantía de rentabilidad, pues no sólo resuelve un problema ambiental al momento de reutilizar materia orgánica sino que permite a las instalaciones ganaderas un ahorro económico al volverse auto sustentable en energía eléctrica y/o calorífica. El reaprovechamiento económico del metano generado por los residuos puede colaborar en la reducción de la emisión de gases invernadero. Así mismo, puede contribuir a reducir el agotamiento de las reservas de combustibles fósiles lo cual trae consigo la adopción de tecnologías de acuerdo a las posibilidades de los productores para el aprovechamiento de los residuos (Casaset *et al.* ,2009).

La producción de biogás es un proceso natural que ocurre en forma espontánea en un entorno anaerobio, es decir, carente de oxígeno. Dicho proceso lo realizan microorganismos como parte del ciclo biológico de la materia orgánica, el cual involucra la fermentación o digestión de materiales orgánicos para obtener el biogás (Rivas *et al.*, 2010)

Se ha estimado de forma teórica que la cantidad de biogás generado a partir de una tonelada de carbono biodegradable equivale a 1868 Nm³ (Normal = Nm³ de metros cúbicos) (Camargo ,2009).

El gasmetano (CH₄), proveniente de la agricultura, desechos y generación de energía, también es un gas importante a considerar; aunque la cantidad de CH₄ emitida es mucho menor que la del CO₂ (un 14%del total de gases de efecto invernadero, para el año 2004, tiene un potencial de calentamiento más alto que el del CO₂ (IPCC, 2007) (Gabay ,2009).

1.1 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).

1.2 El objetivo general:

Es conocer la efectividad de los diferentes estiércoles inoculados y la influencia de la relación carbono nitrógeno (C:N) para que la producción de biogás sea más eficiente,he

identificar con cuál de ellos cumple con las mejores condiciones de operación para la producción a gran escala y así combatir graves problemas:

A su vez este objetivo general se desglosa en dos objetivos parciales, a saber.

1.-Determinar el porcentaje de mezcla óptimo de estiércol –C/N, en condiciones (ambientales).

2.-Conocer el volumen (m^3) en la producción.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

El biogás es una mezcla gaseosa formada por metano (CH_4) en una proporción que oscila entre un 50% a un 70% y dióxido de carbono (CO_2), junto a pequeñas proporciones de otros gases como sulfuro de hidrógeno (H_2S), hidrógeno (H_2) y amoníaco (NH_3) (Chamy y Pizarro, 2004). El H_2S proporciona al biogás un olor a desagüe, por lo que debe eliminarse por reacción química con viruta de hierro; para ello se hace pasar la corriente de biogás por un cartucho lleno de viruta de hierro (Barrena, 2010).

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 (Lafay *et al*, 2006) & (Quinet *et al*, 2001).

El metano tiene un poder calorífico de $22\text{MJ}/\text{m}^3$ ($15.6\text{MJ}/\text{kg}$) (Ofoefule, 2011).

En consecuencia, el biogás puede ser utilizado en todas las aplicaciones de consumo de energía diseñada para el gas natural. El contenido de biogás varía con el material que se descompone y participa de las condiciones ambientales (Wolfe, 2012). Dada la gran proporción de dióxido de carbono presente en el Biogás, las características de su combustión son diferentes a las del gas natural; se reduce su temperatura de llama, su velocidad de deflagración laminar y debido a su bajo poder calorífico, su índice de Wobbe es menor al gas natural por lo tanto, se tienen problemas de estabilidad (Díaz *et al*, 2008).

Potencialmente, todos los materiales orgánicos de desechos contienen cantidades adecuadas de los nutrientes esenciales para el crecimiento y metabolismo de las bacterias anaerobias en la producción de biogás. Sin embargo, la composición química y la disponibilidad biológica de los nutrientes contenidos en estos materiales varían según las especies, los factores que afectan el crecimiento y la edad del animal o una planta (Arvanitoyannis, 2007).

La tecnología del biogás, entre otros procesos (incluyendo térmica, la combustión de pirolisis, y gasificación) tiene en los últimos tiempos esta considerada como una fuente muy buena de tratamiento sostenible de los residuos / gestión, como la eliminación de los desechos se ha convertido en un problema importante, especialmente a los países del Tercer Mundo (Bhat, 2001). El efluente de este proceso es un residuo rico en elementos esenciales inorgánicos como el nitrógeno y el fósforo necesario para el crecimiento sano de las plantas conocidas como biofertilizante que cuando se aplica al suelo se enriquece con ningún efecto perjudicial para el medio ambiente (Zuru,1998).

La producción de maíz experimenta y experimentará un aumento considerable debido fundamentalmente a dos factores: el auge de la demanda por razones alimentarias de un lado, y por razones energéticas estratégicas de otro, dado que el grano de maíz se utiliza como materia prima para la elaboración de biocombustibles alternativos a los derivados del petróleo. Dado que actualmente la producción de maíz no es muy elevada, el residuo que acompaña a la producción del grano de maíz (tallos y hojas) no genera excedentes importantes, pudiendo permanecer en el terreno de cultivo hasta su descomposición. El aumento de la producción generará cantidades de residuo (tallos de maíz) mayores, a los cuales se les puede encontrar una aplicación con el fin de aportar al cultivo un valor añadido(Mutje ,2008).

2.1 Producción del biogás

El biogás es producido por bacterias de fermentación que se encargan de descomponer el residual orgánico, a lo que se le denomina proceso de fermentación anaeróbica, ya que se produce en ausencia de oxígeno materiales no orgánicos, como metales, celulosa, vidrio, losa, etc., no son digeridos o modificados durante el proceso de fermentación, de ahí que resulten inapropiados para la obtención de biogás Todos los materiales orgánicos que pueden ser empleados como «cieno de fermentación» están compuestos, en su mayor parte, por carbono (C) y nitrógeno (N). La relación entre ambos tiene gran influencia sobre la producción de biogás. Con el agua aumenta la fluidez del material de fermentación, lo cual es importante para lograr un proceso de fermentación más eficiente y, por tanto, una mayor producción de biogás. En un cieno

de fermentación líquido las bacterias de metano llegan con mayor facilidad al material de fermentación fresco, lo que acelera el proceso (Pizarro *et al.*, 2006).

2.2 Digestión anaerobia

Biodigestión anaeróbica es un proceso mediante el cual materiales orgánicos son descompuestos por las bacterias en ausencia de aire para producir biogás. Como observó Burén (1983), el biogás es un gas inflamable producido por microbios cuando los materiales orgánicos se fermentan en un cierto rango de temperaturas, humedad y acideces, bajo hermética condición. (Adelekan y Bamgboye, 2009).

2.2.1 Etapas del proceso de digestión anaerobia

A continuación se describen brevemente las etapas que componen el proceso de digestión anaeróbica (García ,2009)

a) Hidrólisis: este término indica la conversión de compuestos orgánicos complejos e insolubles 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) Acidogénesis: los compuestos orgánicos sencillos generados en la etapa anterior son utilizados por las bacterias generadoras de ácidos. Esta etapa la pueden llevar a cabo bacterias anaeróbicas o facultativas.

c) Acetogénesis: las bacterias acetogénicas. Estos microorganismos son capaces de transformar los ácidos grasos resultantes de la etapa anterior en los sustratos propios de la metanogénesis (acetato, dióxido de carbono e hidrógeno).

d) Metanogénesis: 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 (hidrotróficos). 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.

Todas estas etapas del proceso se llevan a cabo en un biodigestor que es, “un contenedor cerrado, hermético e impermeable (llamado reactor), dentro del cual se deposita el material orgánico a fermentar (excrementos de animales/humanos) en determinada dilución de agua para que se descomponga, produciendo gas metano y fertilizantes orgánicos ricos en nitrógeno, fósforo y potasio.”(Rojas ,2009).

La aplicación de este bioproceso contribuirá a reducir la emisión de gases de efecto invernadero y por ende del calentamiento global, teniendo en cuenta que una molécula de metano capta aproximadamente 25 veces más calor que la molécula de CO₂. (Barrena ,2010)

2.3 Biorreactor

Los biorreactores son los equipos donde se realiza el proceso de cultivo (también llamado “fermentador”) sea en estados sólido o líquido, su diseño debe ser tal que asegure su homogeneidad entre los componentes del sistema y condiciones óptimas para el crecimiento microbiano y la obtención del producto deseado (Ruíz *et al.*, 2007).

2.4 Optimización de bacterias metano-génicas

Las bacterias productoras de metano florecen cuando el medio en el que se encuentran tienen una temperatura entre los 35 °C y 40.5°C (en el rango mesofílico) .aunque también existen bacterias que digieren mezcla a mayores temperaturas (rango termófilo) es de notar que los digestores calentados son mas eficientes en su función de producir metano que los que no son calentados (Mantilla *et al.*, 2007)

2.5 Utilización del biogás

La tecnología del biogás puede servir como un medio para superar la pobreza energética, que constituye un obstáculo constante para el desarrollo económico. Producción de biogás a partir de residuos agrícolas, residuos industriales y municipales (agua) no compite por la tierra, el agua y los fertilizantes con los cultivos alimentarios, como es el caso de la producción de bio -etanol y biodiesel. En la actualidad hay grave

escasez de alimentos en los países en desarrollo que continuará en el futuro. Por lo tanto, los alimentos la producción es mucho más importante y debe competir por completo la producción de cultivos energéticos para biodiesel y el bio-etanol. A diferencia de otras formas de energía renovable la energía, los sistemas de producción de biogás son relativamente simples y puede operar a pequeña y gran escala en las zonas urbanas y zonas rurales, no hay limitaciones geográficas a el empleo de esta tecnología ni es monopolio (Manoni, 2009).

El volumen total del biodigestor ha de albergar una parte líquida y otra gaseosa. Normalmente se da un espacio del 75% del volumen total a la fase líquida, y del 25% restante a la fase gaseosa (Martí, 2008).

El proceso general de degradación anaerobia depende en un delicado equilibrio entre los ácidos orgánicos, el carbono de dióxido de hidrógeno y productoras de bacterias y metanógenos, que utilizan estos productos como sustratos para su propio metabolismo (Chynoweth, 1992). Por otra parte, la sobreproducción de productos de fermentación rápidamente resultados en cantidades cada vez más críticos que inhiben la totalidad procesos y, por lo tanto, llevan finalmente a la terminación completa de la formación de biogás (Smith *et al* ,2007).

2.6 Factores a considerar en el proceso metanogénico

Existen muchos factores que influyen directamente en la fermentación metanogénica y son capaces de modificar la rapidez de la descomposición, entre ellos tenemos (Van Velsen y Lettin, 1980):

2.7 Material de carga para la fermentación

Llamados así a todos los desechos orgánicos que se introducen dentro de un biodigestor para su degradación .Pero para la fermentación de microorganismos metanogénicos necesitamos nutrientes para producir biogás ,por ello es necesario contar con suficiente material de carga para que el proceso de digestión no se interrumpa .la materia orgánica que se utiliza como material de carga (residuos d los cultivos ,excretas de humanos y de animales) pueden dividirse en dos grupos las

materias primas ricas en nitrógeno y las materias primas ricas en carbono, el nitrógeno y las materias primas ricas en carbono, el nitrógeno se utiliza como constituyente para la formación de la estructura celular, y el carbono se utiliza como fuente de energía (Taylhardat, 1985).

2.8 Relación Carbono Nitrógeno (C/N)

Los microorganismos siempre consumen estos elementos en determinada proporción medidos por la relación carbono nitrógeno (C: N) que contiene la materia orgánica (Moreno, 1988).

Existen muchos criterios a esta relación, pero se reconoce en general como aceptable una relación C: N de 20 -30-1 (Yu z *et al.*, 2007).

Las excretas de humanos y de animales son ricas en nitrógeno con una relación C:N inferior a 25:1, durante la fermentación tiene una mejor velocidad de biodegradación y de generación de gas en cambio los residuos agrícolas son ricas en carbono con una relación C:N superior a 30:1 pero con una generación mas lenta de gas en el proceso de digestión (Yanagita *et al.*, 2000).

En general las materias primas ricas en carbono producen mas gas que las ricas en nitrógeno así mismo es mas rápida la producción de gas a partir de materias primas nitrogenadas (excretas) que las ricas en carbono (paja y tallos). mientras en los primeros 10 días de fermentación las materias prima nitrogenadas generan de 34.4%- 46% del total del gas producido, las ricas en carbono solo aportan el 8.8% (FAO, 1986).

Por ello para conseguir un buen rendimiento de gas en forma contante durante la fermentación es conveniente combinar proporciones adecuadas de material con bajo y alto rendimiento y de distintas velocidades de generación (Hook *et al.*, 2010).

También es conveniente agregar las materias primas ricas en nitrógenos a la materia primas de alta relación C: N, al fin de bajar esta relación. Por ejemplos residuos de animales y humanos se aplica a la paja y a los tallos (Stewart, 2006)

La relación C:N se puede calcular aplicando la formula siguiente: (Thomas y Cavicchiuli, 2000)

$$K = \frac{C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3}{N_1X_1 + N_2X_2 + N_3X_3}$$

$$K = \sum \frac{C_1 X_1}{C_1 X_1}$$

$$C_1 X_1$$

2.9 Temperatura

Es uno de los factores que tiene mayor relevancia en el proceso anaerobio, ya que define las zonas en donde el proceso puede llevarse a cabo ya sea por la latitud y/o la altura .también es vista como un factor de potencia para aumentar la eficiencia de los sistemas, principalmente cuando de saneamiento se trata (Taylhardai ,1989).

III.MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación geográfica de la Comarca Lagunera

La Comarca Lagunera se encuentra ubicada entre los paralelos 25° 05' y 27° 54' de latitud norte y los meridianos 103° 40' y 104° 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 varia 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 laguna .durante el periodo de 15 de febrero a 15 de junio ,se utilizaron cuatro tipos de estiércol : bovino ,caprino,equino y conejo. Estos cuatro materiales fueron localizados en las instalaciones de la UAAAN-UL,

3.4 Determinación de materia orgánica del suelo modificado: Walkley y Black.

Método AS-07 de la NOM-021 –RECNAT

Calculo de materia orgánica:

$$M. O = \frac{[(ml \text{ k}2\text{Cr}207 \times N)(ml \text{ Fe}2\text{SO}4 \times N^{\circ})]}{GRAMO DE MATERIA} 0.67$$

Determinación de nitrógeno total MÉTODO DE KJELDAHL.

$$\%N = \frac{(ml \text{ NaOH testigo}) - ml \text{ NaOH muestra} \times N \times 0.014 \times 100}{gr \text{ de suelo}} =$$

Determinación de carbono orgánico.

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

Determinación de la relación carbono nitrógeno

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

Se determino el pH inicial y final a las 36 mezclas de estiércol con el PH-metro de la marca (Orion420 A).

Se determino la conductividad eléctrica inicial y final de las 36 mezclas de estiércol inoculadas con relaciones carbono nitrógeno de 30:1, 35.1, 40:1 con el conductímetro de la marca 162 orion

Después de haber realizado todas estos análisis de laboratorio se procedió a realizar lo siguiente.

Luego de someter las muestras de estiércol a secar a temperatura ambiente .se molieron y pesaron 20 gr de muestra de acorde a una relación carbono-nitrógeno balanceada y se colocaron en frascos transparentes de 250 ml con 200 ml de agua una vez hecho esto se les tomo el pH y conductividad eléctrica a todos los tratamientos, consecutivamente se adiciono 20 ml de inculo de estiércol de bovino de una disolución 100-1lt

Los frascos fueron tapados con un tapón de goma del número 20 y sellados con anillo de aluminio herméticamente.

Se utilizo un diseño experimental factorial con tres repeticiones, donde el factor A representa los 4 estiércoles y el factor B la relación C/N.por un total de 36 unidades experimentales

Las variables de estudio fueron: Determinación de la producción diaria de biogás, estimación de la producción de electricidad determinación final del pH y conductividad eléctrica

3.5 Producción de Biogás.

Para la determinación de biogás, se utilizaron Jeringas estériles desechables de 10 mL 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.

IV.RESULTADOS

Tabla1.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

Tabla2.-Determinación de Materia orgánica.

Determinación Materia Orgánica (materia prima)	% Materia orgánica
Cabra	59.05
Conejo	68.429
Caballo	41.73
Vaca	63.9485
Maíz	82.4368

Tabla3.-Determinación de carbono orgánico

Determinación de carbono orgánico	% CO
Cabra	34.25
Conejo	39.69
Caballo	24.20
Vaca	37.09
Maíz	47.81

Tabla4.-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

Tabla5.-Resultados de la formula para realizar los pesos .

Relación C/N	VACA	MAIZ
30:1	10.4	9.6
35:1	6.2	12.8

45:1	1	19
	CABALLO	MAIZ
30:1	19	1
35:1	14	6
45:1	2.5	17.5
	CONEJO	MAIZ
30:1	18	2
35:1	11.5	8.5
45:1	1.5	18.5
	CABRA	MAIZ
30:1	7.3	12.7
35:1	4.6	15.4
45:1	0.6	19.4

Elaboración del inoculo: 900 ml de agua en un matraz Erlenmeyer y 100 gr de estiércol de bovino.

Tabla6: pH inicial de los tratamientos

VACA PH	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
30:1	6.85	6.8	6.92
35:1	6.71	6.74	6.74
45:1	6.24	6.27	6.22
CABALLO			
30:1	9.05	9.01	9.08
35:1	8.27	8.22	8.17
45:1	6.25	6.39	6.38
CONEJO			
30:1	7.98	8.03	8.03
35:1	7.23	7.15	7.34
45:1	6.21	6.11	6.15
CABRA			
30:1	6.87	6.85	6.87

35:1	6.77	6.44	6.76
45:1	6.13	6.14	6.14

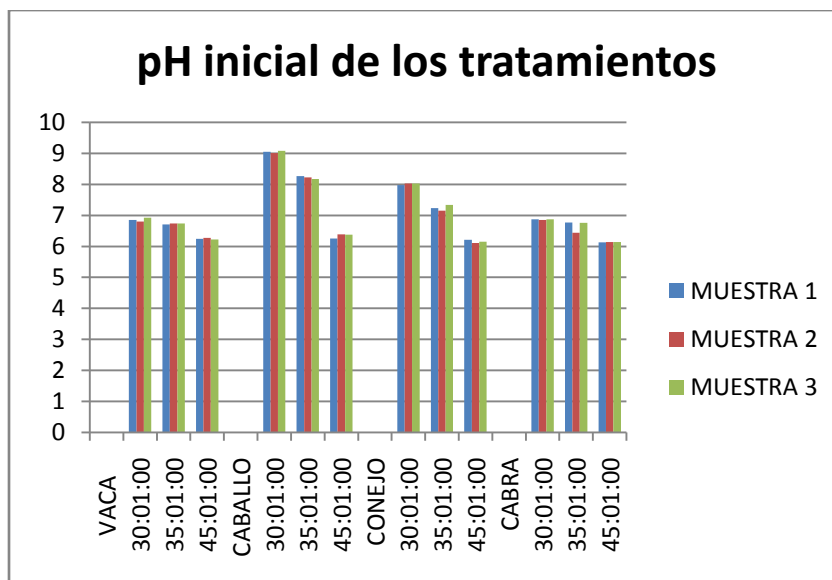


Figura 1: Se muestra el pH inicial de todas las muestras con distintas relaciones C/N.

Tabla 7.- pH final de los tratamientos

	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
VACA	5.78	6.05	5.72
	5.26	5.28	5.29
	5.48	5.16	5.02
CABALLO			
	6.99	7.92	6.96
	6.87	6.91	7.03
	5.1	4.87	5.15
CONEJO			
	5.29	5.27	5.26

	5.35	5.21	517
	4.53	4.45	5.11
CABRA			
	5.84	5.74	5.88
	5.74	5.66	5.8
	4.31	5.1	4.44

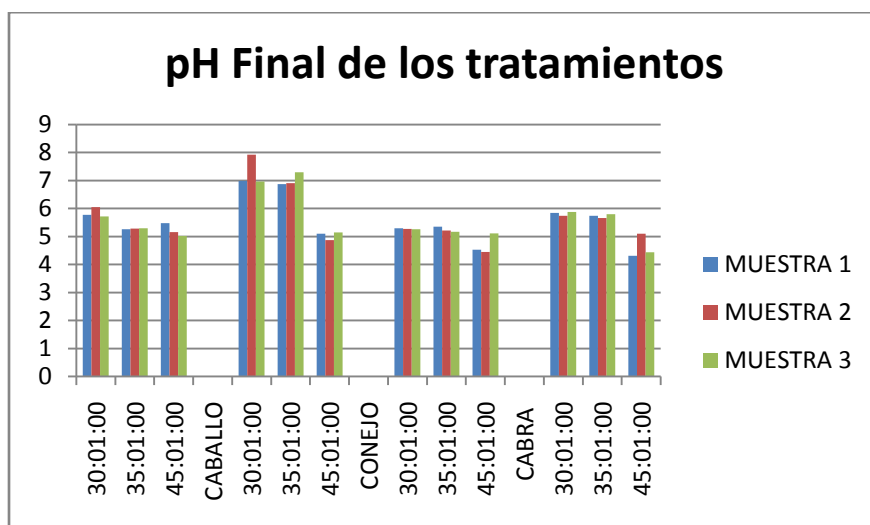


Figura2: Se muestra el pH final de todas las muestras

Tabla8: Conductividad eléctrica inicial de los tratamientos

conductividad eléctrica			
vaca	1	2	3
30:01:00	7.46	7.67	7.6
35:01:00	8.77	9.33	8.67
45:01:00	9.65	10.04	10.35
caballo			

30:01:00	10.87	10.25	10.62
35:01:00	11.28	10.86	10.1
45:01:00	11.73	11.02	10.83
conejo			
30:01:00	6.09	5.84	5.78
35:01:00	7.66	7.38	7.74
45:01:00	8.26	10.35	10
cabra			
30:01:00	10.47	10.59	11.29
35:01:00	9.8	9.83	9.55
45:01:00	10.57	11.21	12.69

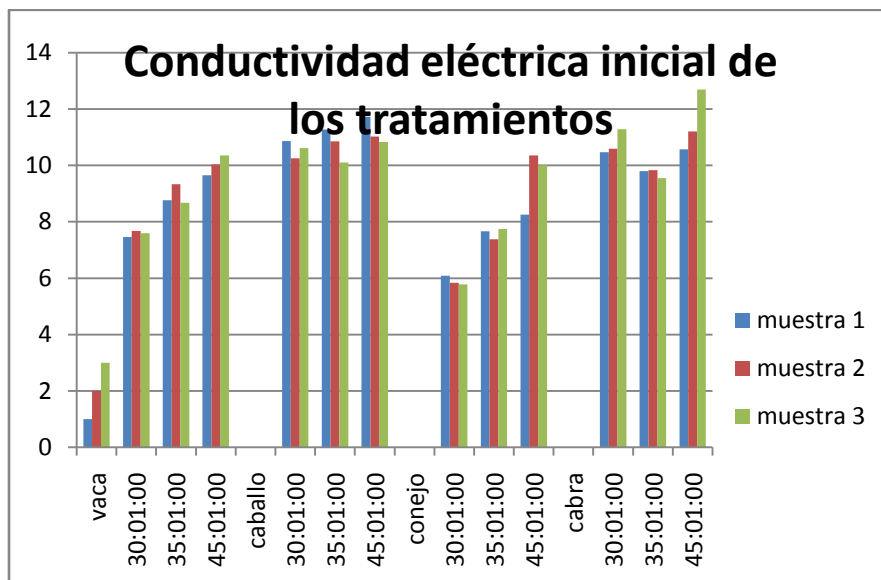


Figura3: Conductividad eléctrica inicial de los tratamientos con relaciones C/N inoculados con estiércol de bovino y rastrojo de maíz.

Tabla9: Conductividad eléctrica final de los tratamientos

Conductividad eléctrica final	
-------------------------------	--

vaca	1	2	3
30:1	12.49	11.85	12.6
35:1	13.29	13.29	12.56
45:1	12.56	12.02	12.27
caballo			
30:1	13.12	13.68	14.4
35:1	12.42	13.51	12.5
45:1	14.87	12.95	13.89
conejo			
30:1	15.13	14.06	15
35:1	14.89	14.89	15.5
40:1	10.73	11.78	13.39
cabra			
30:1	13.14	13.78	14.6
35:1	11.89	11.78	11.45
45:1	13.93	14.1	14.8

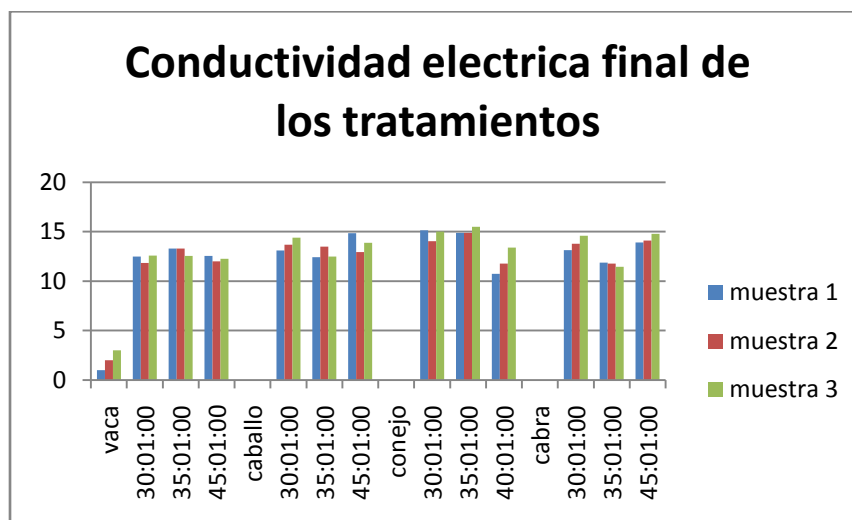


Figura4.-Conductividad eléctrica final de los tratamientos con relaciones C/N inoculados con estiércol de bovino y rastrojo de maíz.

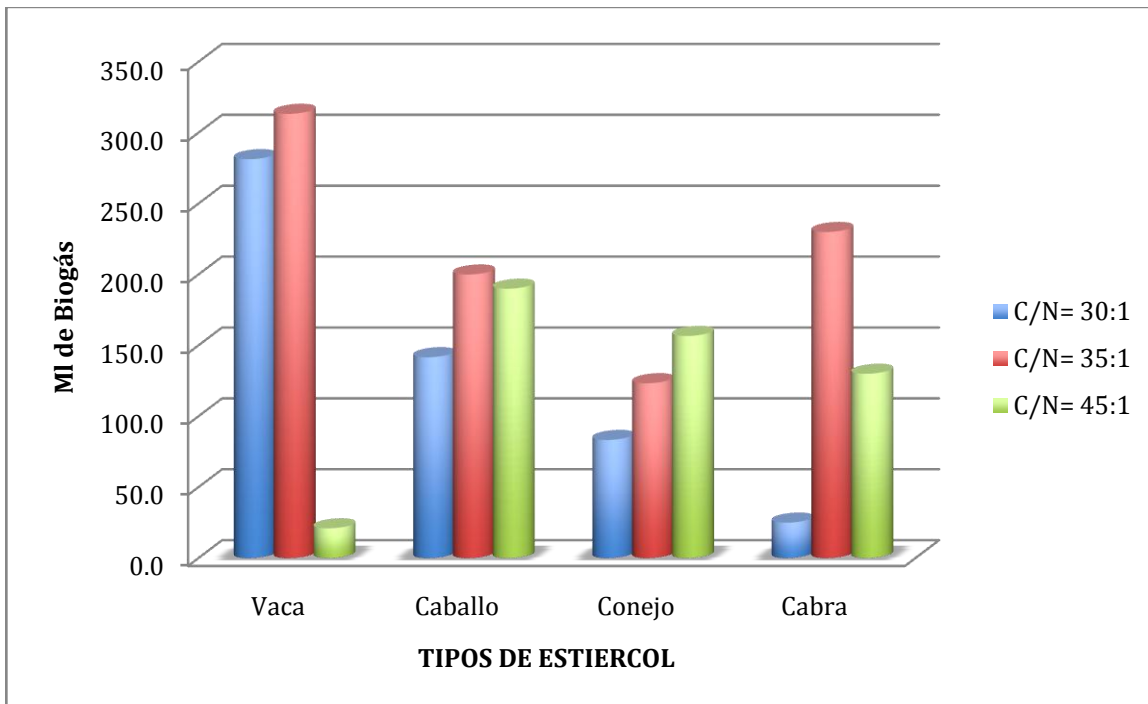


Figura5.-Producción de biogás (primera semana) de una mezcla con tres diferentes relaciones C/N, empleando cuatro tipos de estiércol y rastrojo de maíz.

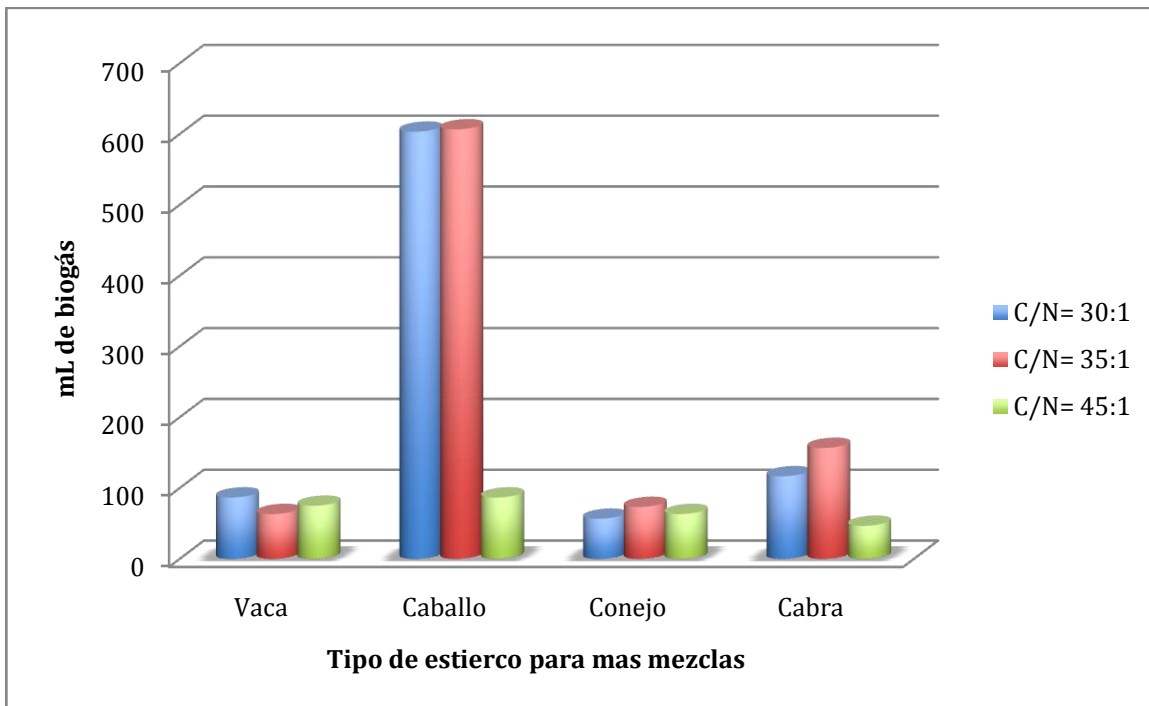


Figura6. Producción de biogás (segunda semana) de una mezcla con tres diferentes relaciones C:N, empleando cuatro tipos de estiércol y rastrojo de maíz.

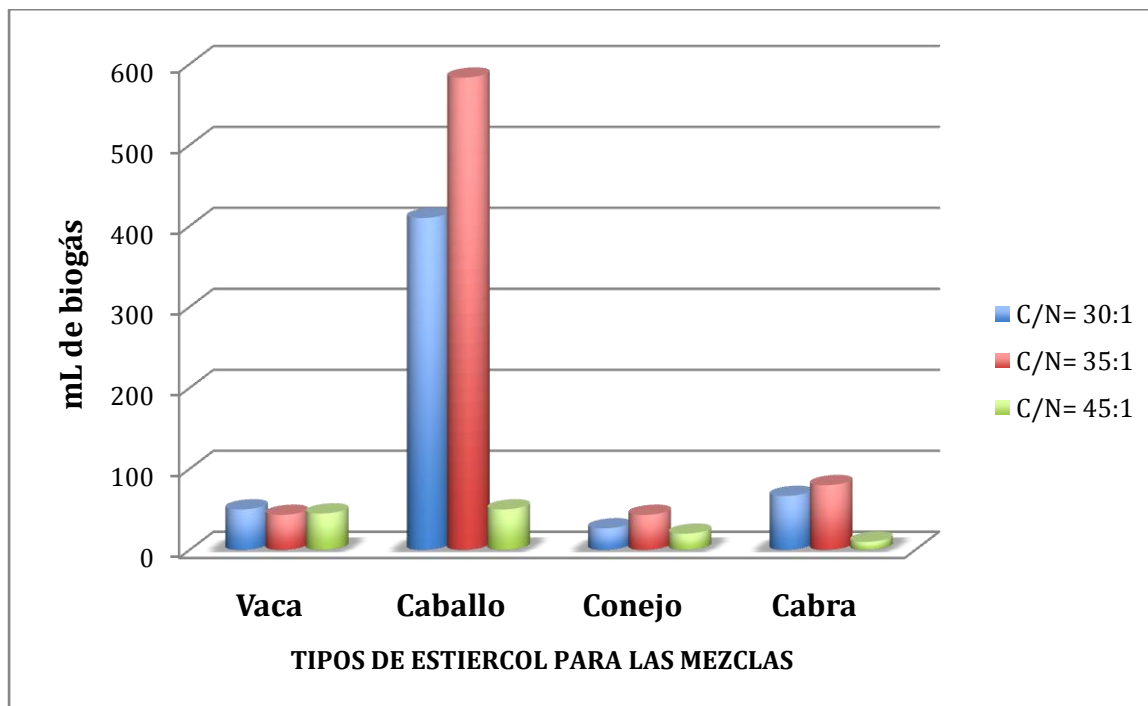


Figura7. Producción de biogás (segunda semana) de una mezcla con tres diferentes relaciones C:N, empleando cuatro tipos de estiércol y rastrojo de maíz

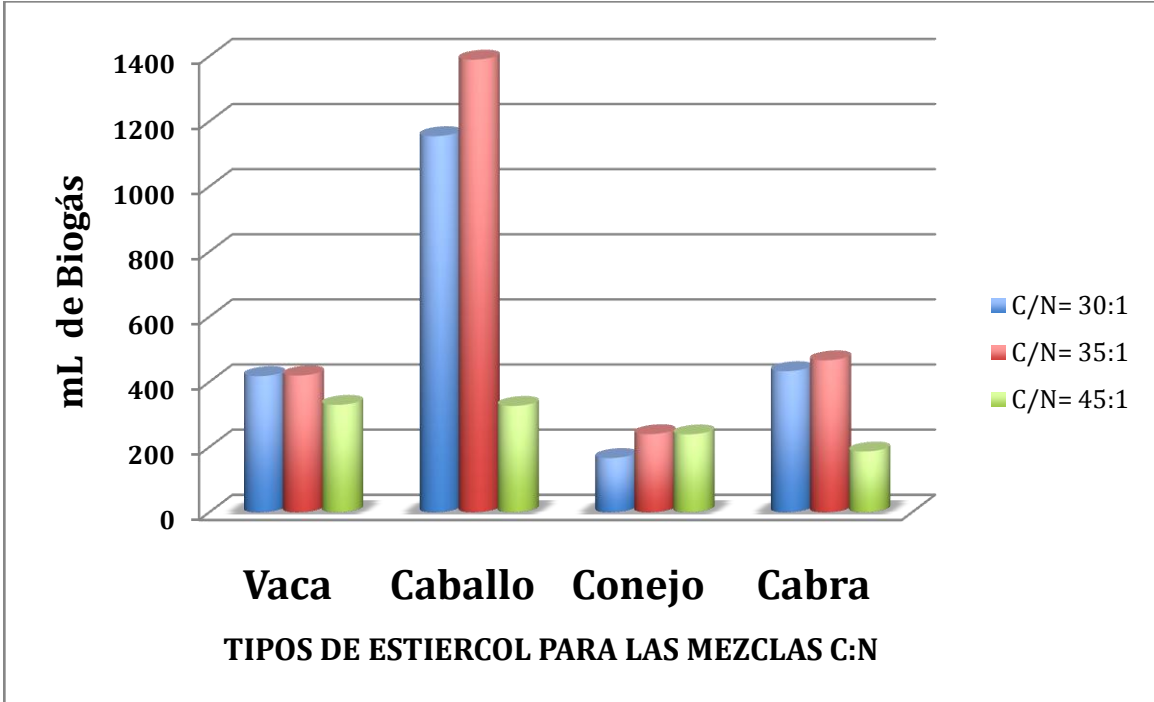


Figura8. Producción total de biogás (ml) de una mezcla con tres diferentes relaciones C/N, empleando cuatro tipos de estiércol y rastrojo de maíz.

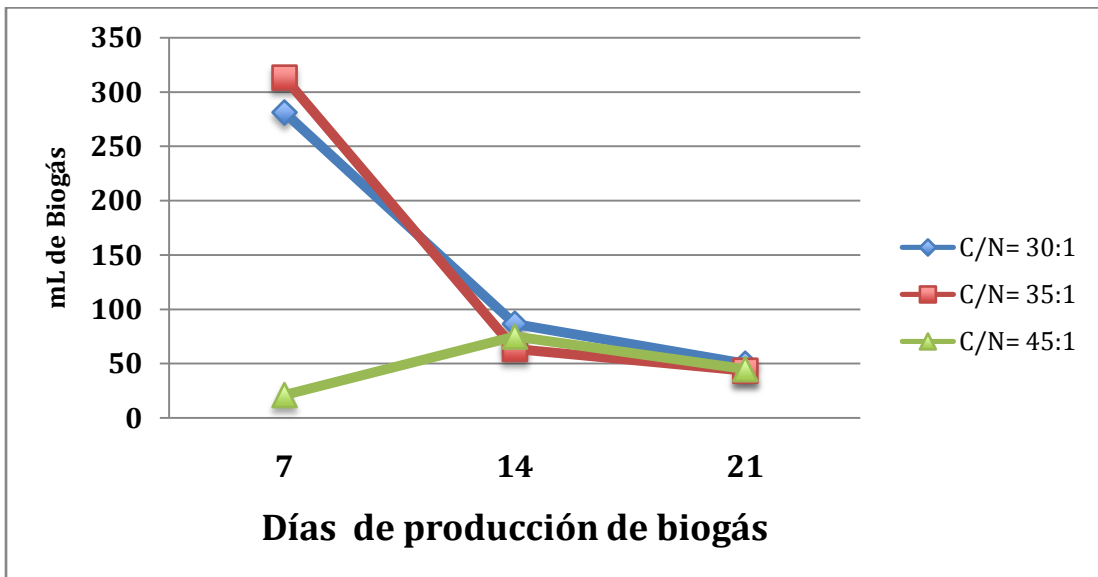


Figura9.-Producción de biogás (ml) semanal de la mezcla de estiércol de vaca rastrojo de maíz con tres diferentes relaciones C/N.

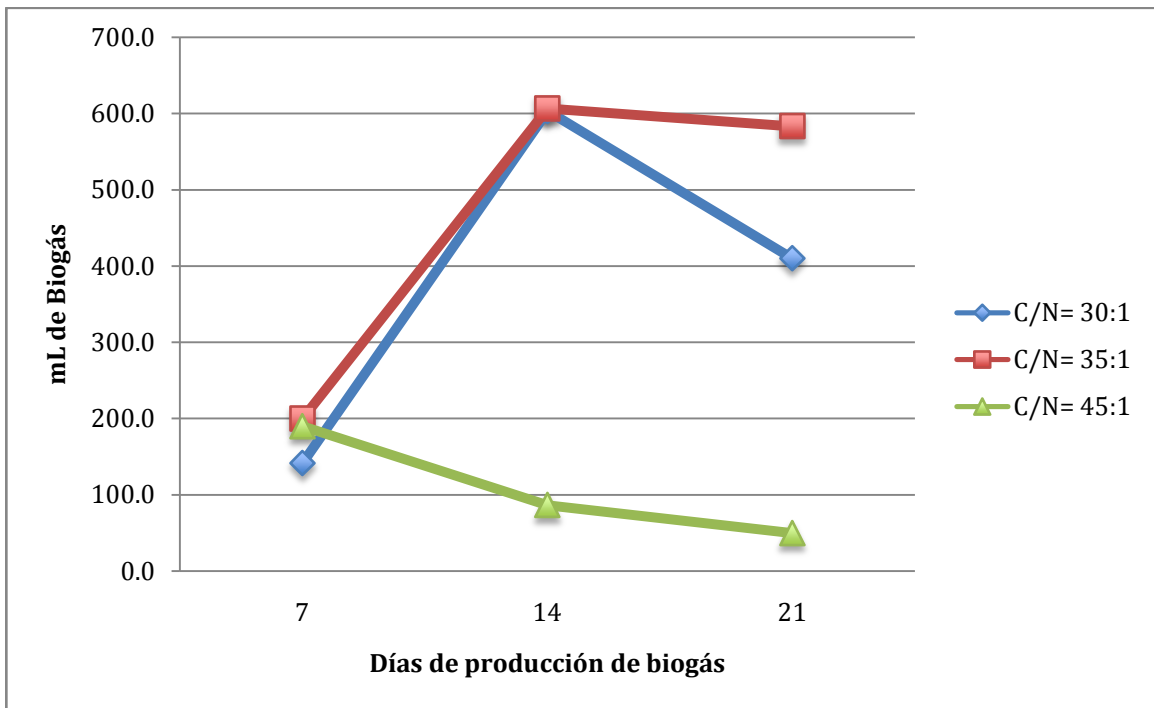


Figura10.-Producción de biogás (ml) semanal de la mezcla de estiércol de caballo rastrojo de maíz con tres diferentes relaciones C/N.

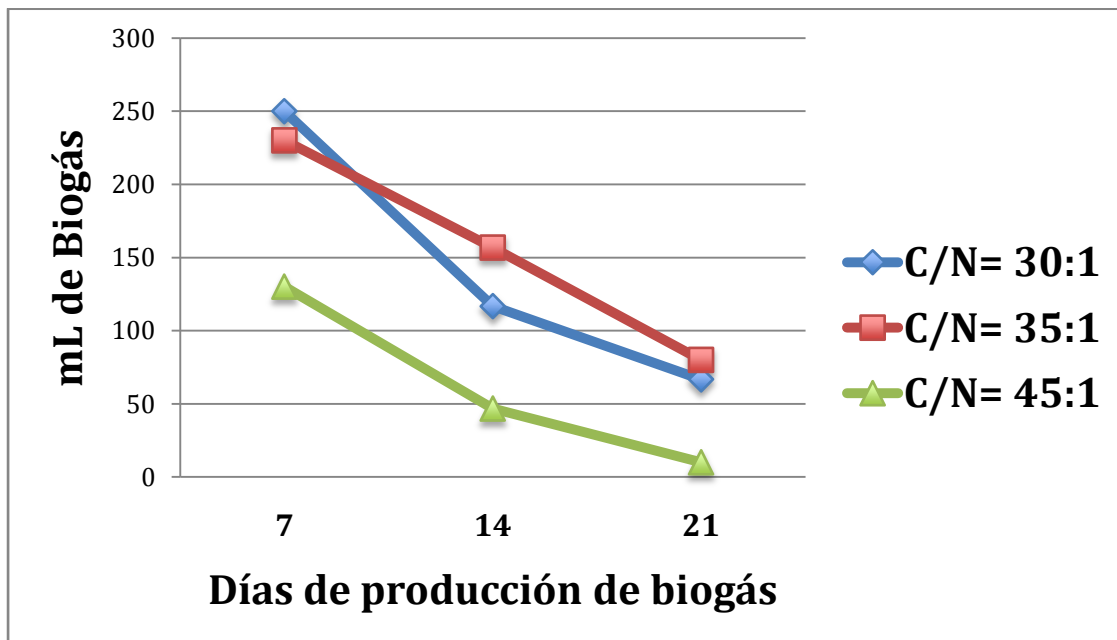


Figura11.-Producción de biogás (ml) semanal de la mezcla de estiércol de cabra rastrojo de maíz con tres diferentes relaciones C/N.

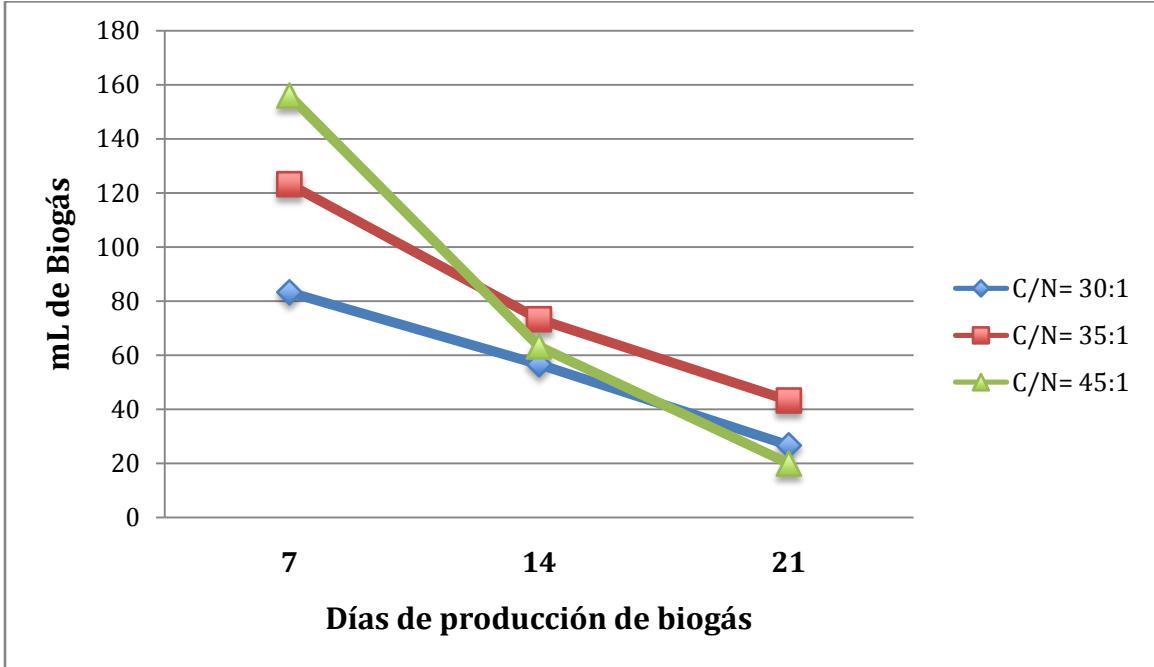


Figura12.-Producción de biogás (ml) semanal de la mezcla de estiércol de conejo rastrojo de maíz con tres diferentes relaciones C/N.

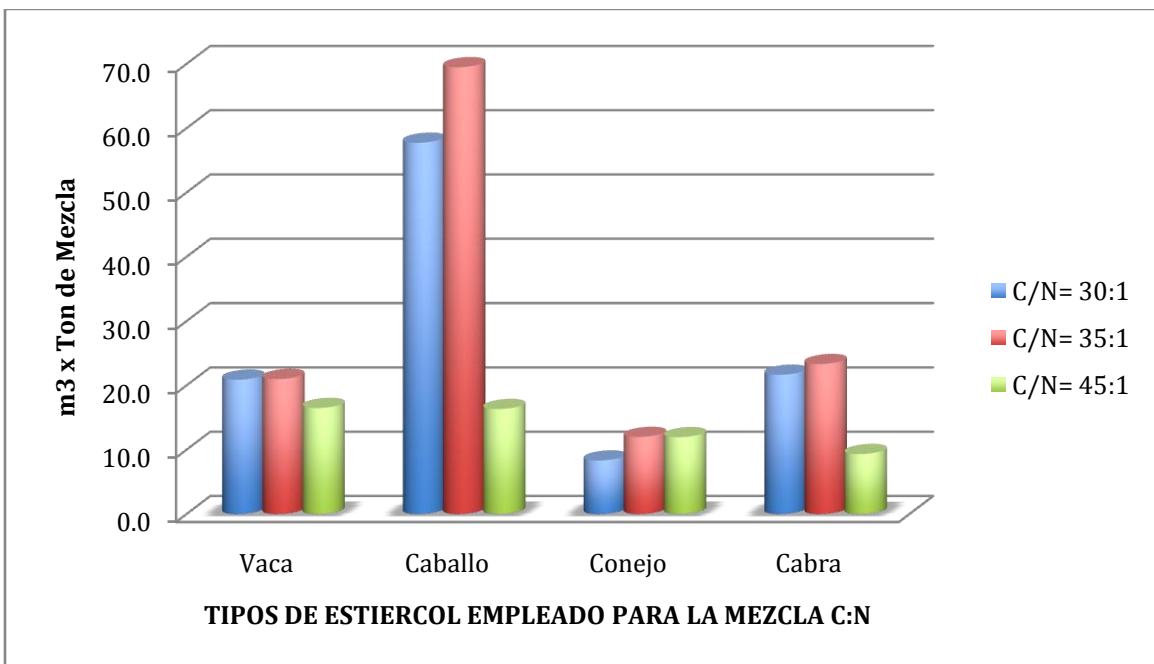


Figura13.-Producción total de biogás (m³/ ton de mezcla) de una mezcla con tres diferentes relaciones C/N, empleando cuatro tipos de estiércol y rastrojo de maíz.

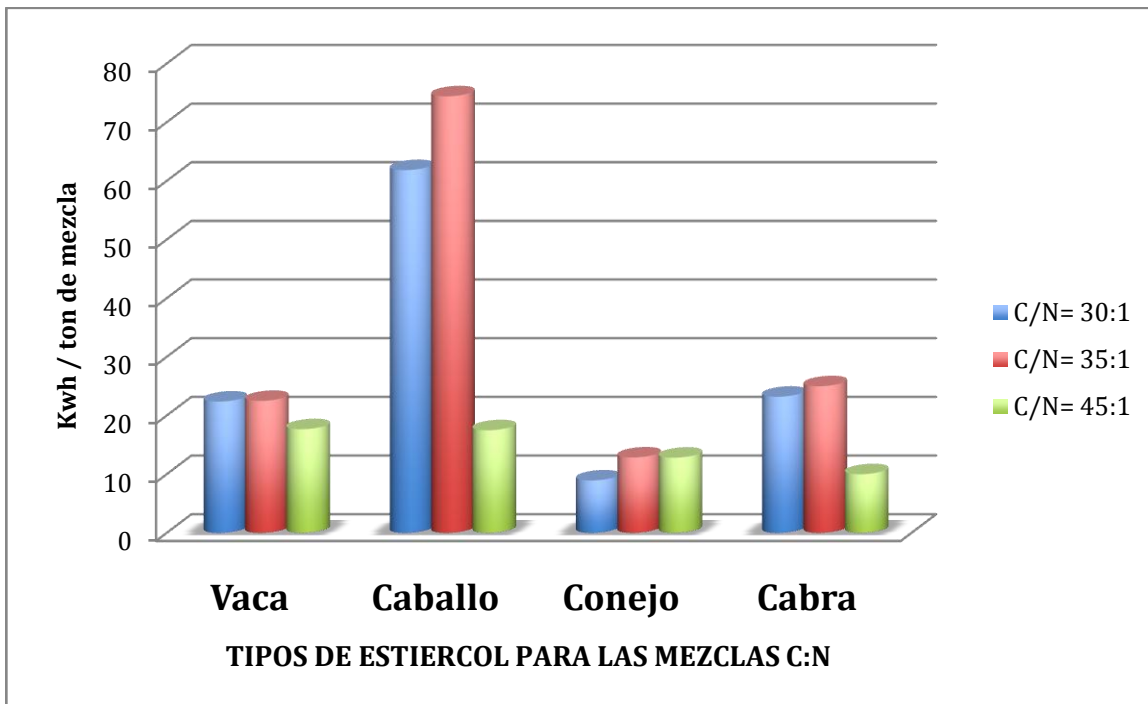


Figura14.-Producción electricidad (Kwh/ ton de mezcla) de una mezcla con tres diferentes relaciones C/N, empleando cuatro tipos de estiércol y rastrojo de maíz.

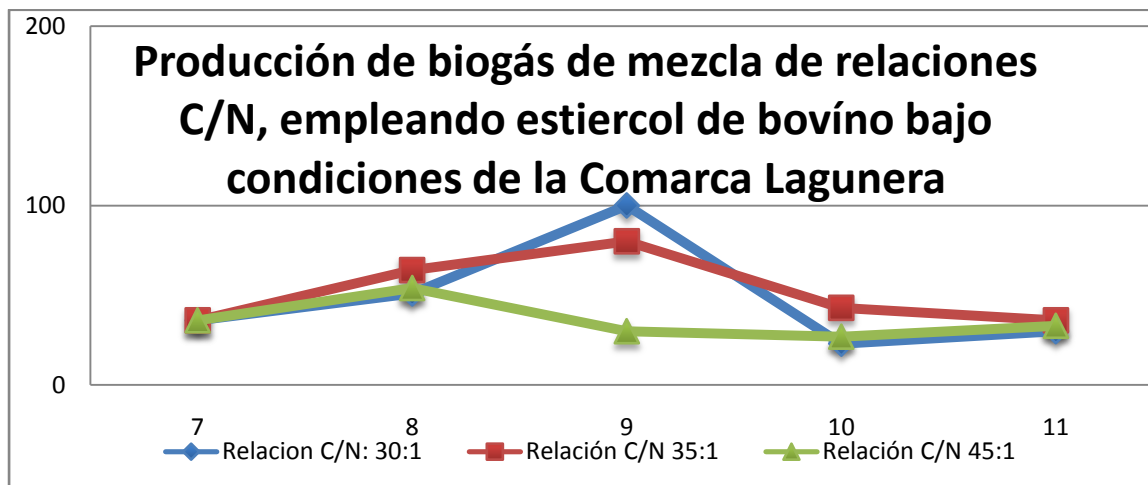


Figura15.-Producción de biogás de mezcla de relaciones C/N empleando estiércol de bovino bajo condiciones de la Comarca Lagunera.

El estiércol de equino-maíz con relación C: N 35:1 es que registro mayor volumen de producción de biogás .seguido del estiércol cabra-maíz que mostro volúmenes de producción altos con una relación C: N de 35:1.

Tabla 10. De acuerdo al programa llamado diseños experimentales FAUANL. Utilizando el método estadístico bloques al azar estos son los rangos de mejores productores de biogás.

tratamiento	media	
5	65.467	a
4	51.917	b
11	25.133	c
10	23.400	c
2	22.800	c
1	22.200	c
6	19.833	cd
3	19.217	cd
9	13.600	de
8	13.100	de
12	11.167	e
7	8.900	e
DMS	7.668	

En cuanto a la producción de electricidad el de equino resulto ser el mejor. A la hora de realizar los cálculos.

V. DISCUSIÓN

Existen comportamientos diferentes entre los tipos de estiércol y las relaciones de C/N que son sometidos a la producción de biogás.

VI. CONCLUSIÓN

El estiércol que mayor producción de biogás se encontró es el de equino con una relación carbono nitrógeno de 35:1 y el de menor fue para conejos con una relación carbono nitrógeno de 30:1

VII. LITERATURA CITADA

Adelekan B.A. y A.I. bambolla, 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.

Angonese, A.; A. T. Campos .y C. E. Zacarkim .2006. Eficiencia energética de sistema de produção de suínos con tratamiento dos residuos en biodigestores. Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental: 10(3), 745-750, Campina Grande-PB, Brasil.

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

Arvanitoyannis IS., A. Kassaveti y S. Stefanatos .2007 Int. J. Food Sci. Tech., 42 (7): 852 –867.

Bhatt P.R., H.N Chanakya. y N.H. Rabindranath. 2001 Energy Sust. Dev., 1:39 – 41.

Barrena M., O. Gamarra y Q. Maicelo. 2010. Producción en laboratorio a partir de residuos domésticos y ganaderos y su calentamiento. Aporte Santiaguino. Pág. 87. ISSN. 2070-836

Blume F.,I. Beigmann,H.Schelle, G. Rehde, K. Mundt y M. Klode. 2010. Metanogenic population dynamics during semi-continuous biogas fermentation and acidification by over loading. Applied microbiology. Alemania. Pag. 441, ISSN 1364-5072.

Caine M., 2000. International Energy Agency. Biogas Flares: State of the Art and Market review. Topic report of the IEA Bioenergy Agreement Task 24 Biological Conversion of municipal solid waste.Pág. 9

Camargo y Vélez ,2009. Emisiones de biogás producidas en rellenos sanitarios.Redisa.Colombia .pág. 5.

Capehart, B. L., W. J. Kennedy, y W. C. Turner. ,2003. Guide to Energy Management. Fourth.UnitedStates of America: The Fairmont Press, Inc.

Casas P. M.A. , B. A. R.Lucero, M. S. Zapata, A. S.Lerma, H. A. Morales ,M. I. C.González , C. M.yK. Davison. 2009. Estudio de factibilidad para la puesta en marcha de los digestores anaeróbicos en establos lecheros en la cuenca de delicias, Chih. Vol., 24. Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales. Pag.746.

Cervi R.G. , M.S.T. Esperancini y O. de C. Bueno. 2011. Viabilidad económica de la utilización de biogás para la conversión de energía eléctrica. Facultad tecnológica de botucatu. Vol. 22(4) ,3-14.Sao Paulo Brasil.

Chynoweth, D.P. 1992. Global significance of biomethanogenesis. ACS SympSer Am ChemSoc 483, 338–351.

Coldebella, A.2006. Viabilidade do uso do biogás da bovino cultura e suinocultura para geração de energia eléctrica e irrigaçãoempropriedadesrurais. 73p. Dissertação de Mestrado. MestradoemEngenharia Agrícola/Engenharia de Sistemas Agroindustriais, Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Cascavel, Brasil.

Contreras ,2006. Producción de biogás con fines energéticos. De lo histórico a lo estratégico., vol. 4no.16.revista trimestral latinoamericana y caribeña de desarrollo sustentable. ISSN 1913-6196.

Díaz G.C.A., A.A. Arrieta y L.F.Cardona. 2008. Estudio experimental de la estabilidad de llama de biogás en un sistema de premezcla.Energética. Num.39, pág. 35-42.Colombia. ISSN 0120-9833.

Enríquez Mario, 1998. Turbinas Eólicas .Energía y Tu (2): 18-20.

FAO, 1986.Reciclaje de materias orgánicas y biogás .una experiencia en china Santiago de chile .curso de capacitación Chengdu .china .1ª ,2ª y 3ª parte. Estudio potencial bioenergética

Filippín, C., A. Rapallini, y Casagrande. 1988.Diseño de un biodigestor para obtener gas metano y fertilizantes a partir de la fermentación de excrementos de vacas lecheras en la facultad de agronomía de la universidad nacional de la pampa., In Actas de la XIII Reunión de Trabajo de ASADES, Asociación Argentina de Energía Solar, Vol,1 123-132.

Gaba, J.,2009.Globalización y costo de los alimentos situación actual ,pronostico y posibles soluciones .Terra Nueva Etapa, Vol. xxv, Num.37 ,pag.13-44.ISSN:1012-7089.

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.

Goswami, D. Yogi, y F.Kreith. 2007. Global Energy System. In Handbook of Energy Efficiency andRenewableEnergy, Ed. D. Yogi Kreith and Frank Goswami, 1560, United States of America: CRC Press.

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

Hook S.E.,D.G.W Andre y B.W .McBride.2010. Methanogens methane producers of the Rumen and mitigation strategies Reinhard Helsen .Vol. 2010, Num.945785, pág. 11.

Karapidakis, Tsave, y Katsiglannis,2010.Energy efficiency and environmental impact of biogas utilization in landfills. IRSEN, CEERS, IAU. ISSN.pág. 600

Lafay ., Cabot G. y Boukhalifa A., 2006. Experimental study of biogas combustion in a gas turbine configuration. 13th Int. Symp. On Appl. LaserTechniques to Fluid Mechanics. Lisbon, Portugal.

Manoni A. y Wilson P, 2009. Biogas technology research in select sub- Saharan African countries- a-reviem.Africanjournal of biotechnology. Vol,8 (2) . pag. 117 ISSN 1684-5315

Martí herrero j., 2008.Guia de diseño y manual de instalación de biodigestores familiares .Gtz.PROAGRO.Pag.3. Bolivia.

Mantilla G.J.M.,C.A.D. daza y C.H.G. Urueña. 2007. Diseño y estudio económico preliminar de una planta productora de biogás utilizando residuos orgánicos de ganado vacuno .Ingeniería e Investigación .universidad nacional de Colombia .Vol.27, núm. 003, pág. 133-142 .Colombia. ISSN 0120-5609.

Miranda, H. A.1992.Influencia da recirculação de efluentes e do tempo de retenção no desempenho de biodigestores operados con estrume de suínos. Dissertação de Mestrado. MestradoemAgronomia/Energía na Agricultura, Faculdade de CiênciasAgronômicas, UniversidadeEstadual Paulista (UNESP), Botucatu-SP, Brasil .Pag.137.

Moreno J., 1988.Diseño y construcción de un almacenador de biogás en concreto armado y formulación del programa de computación para el calculo geométrico de digestores chinos. Maracay .facultad de agronomía .U.C.V. Pag.64.

Mutje, P., J.A. Méndez, T. Vilasca y J.P. Lopez,,2008.residuos de tallo de maíz como refuerzo de polipropileno. LEPAMAP. Universidad de Girona .EPS. Girona, España.

Ofoefule, 2011.Investigation of thebiogasproductionpotentials of Bambaranutchaff (VignaSubterránea).University of Nigeria PelagiaResearch .ISSN 0976-8610.

Pecora, V.2006.Implantação de umaunidade demonstrativa de geraçãode energía elétrica a partir do biogás de tratamento do esgoto residencial da USP: estudo de caso.

152p. Dissertação de Mestrado. Mestrado em Energía, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo-SP, Brasil.

Pizarro. C., W. Mulbry, D. Bliersch y P. Kangas. 2006. An economic assessment of algal turf scrubber technology for treatment of dairy manure effluent. Journal of ecological engineering. (Article in press) Elsevier.

Posso Fausto., 2002. Energía y ambiente: pasado, presente y futuro .parte tres: sistema energético basado en hidrogeno. Geoense anza. 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 .Geoense anza. Vol.8 Num.001 Venezuela. Pág. 49-66 ISSN:1316-6077

Quin W., Egolfopoulos F.N. y Tsotsis T.T., 2001. Fundamental and environmental aspects of landfill gas utilization for power generation. Chem. Eng. J. Vol.82. pág. 157-172.

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

Ranzi, T. J. D. y M. A. N. Andrade, 2004. Estudo de viabilidade de transforma o de esterqueiras e bioesterqueiras para dejetos de su no em biodigestores rurais visando o aproveitamento do biofertilizante e do biogás. In: Encontro de energia no meio rural e gera o distribuída, 5., 2004,

Campinas A., 2004. Campinas: Universidad Estadual de Campinas.

Rivas solano Olga, V. Farth y W. Guillén. 2009. Biodigestores: factores químicos, físicos y biológicos relacionados con su productividad. Tecnología en marcha. Vol. 23(1).

Rojas R, 2009. Construcción de un biodigestor como alternativa de generación de energía alternativa limpia. ITE. Ensenada. Pág. 1.

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.

Ruiz L.H.A., R.M.R. Jasso, R.R. Herrera, J.C.C. Esquivel y C.N. Aguilar. 2007. Diseño de biorreactores para fermentación en medio sólido .revista mexicana de ingeniería química .Vol.6, Num.001, pág. 33-40.Mexico.ISSN 1665-2738.

Smith J.M., H Castro y A. Ogram. 2007. Structure and function of methanogens a long a short-term Restoration Chronosequence in the Florida Everglades .Vol.73, num.13, Pág. 4135-4141. Florida .32611-0290.

Stewart J.A., V.S. Chadwick y A. Murray .2006. Carriage , quantification , and predominance of methanogens and substance -reducing bacteria in faecal samples .letters in applied microbiology 43.pag. 58-63. New Zealand .ISSN 0266-8254.

Stuckey D., P. Edwards y L. Obeng. 1996. Tratamiento de desechos y recuperación de recursos .Recuperación de recursos .biogás, acuicultura, compostificación. D. Trates .CEPIS.

Taylor L., 1985. Biodigestores .su utilización como estructuras alternativas de saneamiento y como fuente alternativa de energía accesoria .Revista Porciven. Año 2, Num.5, pag.4.7.

Taylor L. 1989. El biogás .fundamento de ingeniería agrícola .facultad de agronomía .U.C.V. Pag.68.

Thomas T. y R. Cavicchioli, 2000. Effect of temperature on stability and activity of elongation factor 2 proteins from Antarctic and thermophilic methanogens .bacteriology. Sydney Australia .Vol.182, num. 5.

Van Velsen A. y Letting G., 1980. Effect of feed composition on digestion performance in anaerobic digestion .applied science publisher .L.T.D. London .pag.113-130.

Wolfe, R.S. 1971. Methane generation from human, animal and Agricultural wastes, National Academy press- Washington D.C.. pp. 1-26.

Yanagita K., Y. Kamagata, M. Kawaharasaki, T. Suzuki, Y. Nakamura y H. Minato. 2000. Phylogenetic Analysis of methanogens in sheep rumen Ecosystem and detection of Methanomicrobium mobile by fluorescence in situ hybridization brosci, biotechol. Biochem. Vol. 64, Num.8, Japón, pág. 1737-1742.

Yu Z., R.G. Garcia, F.L.S. Chanbacher y M. Morrison. 2007. Evaluations of different hypervariable regions of Archaeal 16S rRNA. Genes in profiling by Archaeal specific CR and penaturing gradient gel electrophoresis. Environmental Microbiology Vol. 74, Num.3, Australia, pág. 889-893

Zuru A.A., H. Saidu, E. A. Odum. Y O.A. Onuorah, Nig. J. Ren. Ener. 1998, 6 (1&2): 43-47.