



Diseño, Construcción y Puesta en Marcha de un Biodigestor Con Biomasa Obtenida Del Jacinto De Agua (*Eichornia crassipes*)

Gloria Estefanía Montenegro Aquino⁽¹⁾, María Melissa Tapia Molina⁽²⁾, Ing. José Cárdenas Murillo⁽³⁾ *
Instituto de Ciencias Químicas y Ambientales⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾
Escuela superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador

* Director de Tesis. Ingeniero Químico, Profesor de la ESPOL desde 2010
gmonten@espol.edu.ec⁽¹⁾, marmetap@espol.edu.ec⁽²⁾, jgcarden@espol.edu.ec⁽³⁾

Resumen

*Este proyecto de tesis determinó la viabilidad y calidad del biogás y del fertilizante orgánico obtenido durante el proceso. Se construyó un biodigestor, empleando una matriz de decisión para la selección del reactor, siendo el más favorable el tipo Batch. La materia prima empleada fue Jacinto de Agua (*Eichornia crassipes*); cepa de cerdo, se encarga del aporte de microorganismos esenciales para el funcionamiento. Un producto adicional es el aserrín que sirvió para fijar la bacteria. Para la etapa de arranque, se realizó la inoculación y la alimentación con la materia prima previamente mencionada en una relación Jacinto de agua/cepa de cerdo de 1:1 m/m. Luego del arranque, la digestión anaerobia pasa por 4 etapas, las cuales son: Hidrólisis, Acetanogénesis, Acidogénesis, Metanogénesis. En la etapa de metanogénesis se produce el biogás que se analizó para determinar su calidad. Se realizaron pruebas para monitorear las diferentes etapas de la digestión anaerobia y controlar los niveles apropiados para el mantenimiento de la etapa de metanogénesis. Además de análisis al Bioabono obtenido, para determinar su viabilidad. La producción total de biogás fue de 0,054 m³/día, la cantidad teórica obtenida de CH₄, fue de 0,02374 m³ dándonos una producción del 43,33%.*

Palabras Claves: *biodigestor, viabilidad, reactor, Jacinto de Agua, cepa de cerdo, metanogénesis, bioabono, biogás.*

Abstract

*This thesis investigated the feasibility and quality of biogas and organic fertilizer obtained during the process. The digester was constructed using a decision matrix for selecting the reactor; the most favorable was type Batch. The raw material used was water hyacinth (*Eichornia crassipes*), strain of pig, does the contribution of microorganisms essential to the operation. An additional product is sawdust used to draw the bacteria. For the start stage, the inoculation was performed and power with the previously mentioned raw material in a ratio of water hyacinth / pig strain 1:1 m / m. After startup, anaerobic digestion goes through 4 phases, which are: Hydrolysis, Acetanogénesis, Acidogenesis, Methanogenesis. In methanogenesis phase was analyzed the biogas to determine their quality. Tests were performed to monitor the various phases of anaerobic digestion and appropriate levels to control the maintenance of methanogenesis phase. Besides analyzing the biofertilizer obtained for viability. The total biogas production was 0.054 m³/day, the theoretical amount of CH₄ obtained, was 0.02374 m³ giving a yield of 43.33%.*

Keywords: *digester, feasibility, reactor, water hyacinth, pig strain, methanogenesis, biofertilizer, biogas.*

1. Introducción

Biomasa es el término para describir la materia orgánica no fosilizada, es un proceso biológico espontáneo o provocado utilizado como fuente de energía aunque también puede tener usos industriales.

La biomasa contiene carbono, nitrógeno, oxígeno e hidrogeno y por lo tanto presenta un claro potencial para el proceso de combustión por sus propiedades físico-químicas y su alto poder calorífico.



Se puede aprovechar la biomasa para la generación de energía limpia, de tal manera que se reduce la contaminación en el ambiente generando menos cantidades de CO₂ producido por combustibles fósiles ya que comburiendo la biomasa se genera CO₂ neutro que a su vez es aprovechado por las plantas para la fotosíntesis.

La necesidad de buscar fuentes alternas de energía que no repercuta negativamente en el desarrollo de una población, y que sirva como instrumento para su desarrollo. Por ello es necesario buscar fuentes que se tenga presente, que sea de fácil acceso, viable, sostenible.

En nuestro caso el Jacinto de Agua es una planta adaptable, se puede desarrollar en cualquier medio, y tiene la característica de ser considerada plaga, pues su desarrollo en un medio supone pérdidas millonarias a los países, en 1997, según diario Hoy el costo de desalojo de la planta fluctuaba entre 6 a 8 millones de sucres, para desalojar de localidades como los embalses de Paute (Azuay), Daule-Peripa (Guayas), Poza Honda y La Esperanza (Manabí) y en las cabeceras de ríos en todo el país. Para 2010 según "El Diario" su desalojo sólo para Poza Honda costaba \$6000 y no se tenía una tarea definitiva para erradicar la planta.⁽¹¹⁾

En lo que respecta a obtención de biomasa, se tiene ejemplos de obtención de metano a partir alimentos considerados basura, a través de la cepa del cerdo exclusivamente, o cualquier otra cepa de origen animal, pero esta clase de materia prima implica ciertos problemas ya que se compite con el ámbito social, ya que constituyen fuentes alimenticias además de ser empleados en otros usos.

El Jacinto de agua es bastante común en nuestro medio, ya que el clima que proporciona la ciudad de Guayaquil la hace óptima para su crecimiento y desarrollo; dentro de sus características esta que no posee predadores naturales, es considerada maleza y está dentro de la lista de 100 especies más invasoras del mundo, además que representa pérdidas millonarias en muchos países debido a que esta planta tiene la capacidad de taponar vías fluviales, importantes problemas en canales de riego agrícolas y afecciones a los ecosistemas ribereños. Además que su capacidad de digestión lo hace una materia prima recomendable.

El 90 % de las necesidades energéticas de nuestro planeta son satisfechas mediante la utilización de combustibles fósiles (petróleo, gas, carbón)⁽⁵⁾, todos ellos fuentes No Renovables de energía, fuertemente contaminantes y utilizados en forma ineficiente, por el

interés predominante de la producción de energía sobre el de su efecto ecológico. La aparición de los combustibles fósiles desplazó el uso y la investigación de las energías renovables⁽⁶⁾

A lo largo de los años se han ocasionado racionamientos eléctricos, lo que causa pérdidas económicas en diversos sectores, para el 2010 se cifró en unos 250 millones de dólares las pérdidas en las ventas en el sector comercial probablemente por los racionamientos eléctricos a los que se vio sometido el país.⁽⁸⁾

En todo el mundo el consumo de energía creció en 45% desde 1980 y crecería 70% más hasta 2030. El 44% del total de gases de efecto invernadero vienen del uso de la energía no renovable.

La investigación sobre obtención de biomasa a partir del Jacinto de agua, permitirá obtener una fuente alternativa de energía renovable y evitar el uso masivo de energía proveniente de fósiles.

2. Materiales y Métodos.

2.1 Materiales:

- Jacinto de agua
- Cepa de cerdo
- Aserrín
- Biodigestor de cemento de 1m³
- Biodigestor de vidrio de 0.63m³
- Agua
- Azúcar
- Úrea
- Pala
- Balde para mezcla
- Vasos de precipitación
- Vidrio reloj
- Bureta
- Mangueras
- Soporte universal
- Agarradera tipo nuez

2.2 Equipos :

- Balanza
- pH-metro
- Conductímetro
- Reactor para DQO
- Espectrofotómetro
- Estufa

- Termómetro

2.3 Reactivos:

- Viales para DQO

2.4 Método

Recolección y manejo

La recolección del Jacinto de agua se realizará en el parque El Lago ubicado en Km. 26 vía Guayaquil- Salinas.

Secado

Secar previamente el Jacinto de agua antes de su ingreso al campus, de manera que deje de ser un peligro potencial. Se procederá a exponerlo al sol y secarlo de 4 a 10 días, dependiendo del clima. Removiendo aproximadamente un 75% de humedad de la planta.

Operación

Formación de un lecho de aserrín para que se fijen los microorganismos, para luego proceder a la alimentación del biodigestor junto con la cepa del cerdo en igual proporción para la inoculación de aproximadamente 1 mes de duración, transcurrido este tiempo se alimentará eventualmente el reactor con la misma mezcla por aproximadamente 2 meses, para obtener la reacción y de esta manera se genere el biogás.

Análisis

Realizar un seguimiento durante las diferentes etapas de digestión como son hidrólisis, acetanogénesis, acidogénesis y metanogénesis, en cada etapa se medirán los siguientes parámetros para su seguimiento: pH, temperatura, DQO, conductividad, Sólidos Disueltos Totales (SDT), voltaje y voltaje relativo, resistividad.

Se procederá a hacer el análisis del %CH₄, producción total de biogás y análisis de viabilidad del compost obtenido por medio de los parámetros de materia orgánica, N, F, P, K, Ca, Mg y humedad.

4. Análisis y Resultados

4.1. Análisis de parámetros físico-químicos

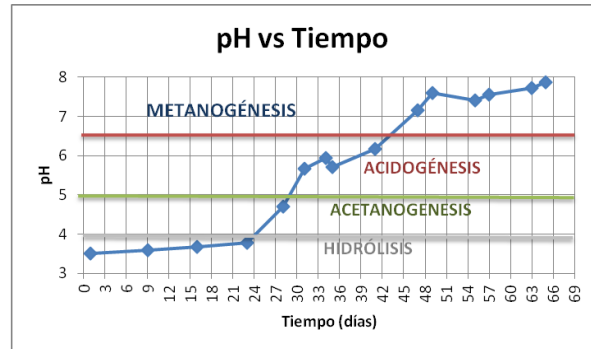


Figura 1. Curva de variación del pH a través del tiempo

A partir del día 43 se observa el inicio de la etapa de metanogénesis (pH= 6,5), ésta etapa duró aproximadamente 25 días debido a que el 65 se alcanzó un pH de 8 y éste seguía en aumento por lo cual se paró la medición y se dio por finalizada esta etapa.

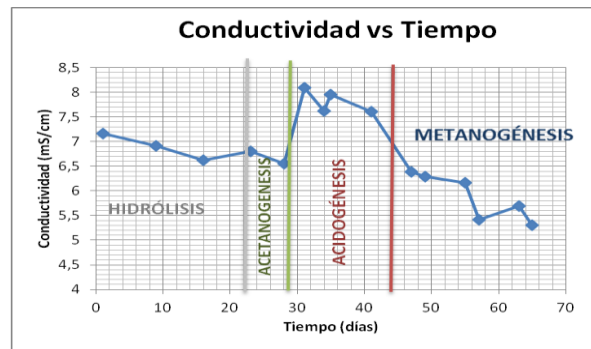


Figura 2. Curva de variación de la conductividad a través del tiempo

Se puede observar como la conductividad iba disminuyendo en relación al tiempo, lo que nos indicaba que los microorganismos están consumiendo las sales solubles presentes se estaban consumiendo, lo que indica que indica que los microorganismos se encuentran activos.

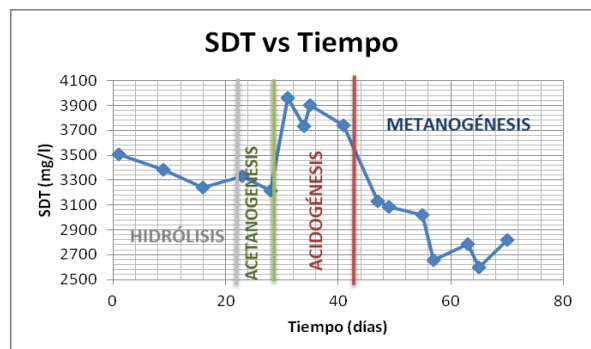


Figura 3. Variación de los Sólidos disueltos totales (SDT) del efluente en función del tiempo.

En la etapa de acidogénesis se empieza a diluir la materia orgánica presente, por ende el aumento del SDT. En la etapa metanogénica esta materia empieza su transformación en metano y otros gases, por ende los SDT disminuirán, y se corrobora la presencia de los microorganismos que se están alimentando por los SDT.

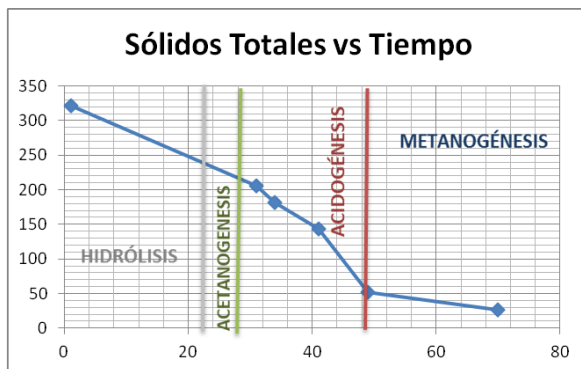


Figura 4. Variación de los Sólidos Totales del efluente en función del tiempo

Se observa la disminución de los Sólidos Totales lo que confirma la presencia y desarrollo de microorganismos, se constata que la biomasa se está digiriendo. Finalmente se digirió el 91,67% de sólidos presentes en el reactor.

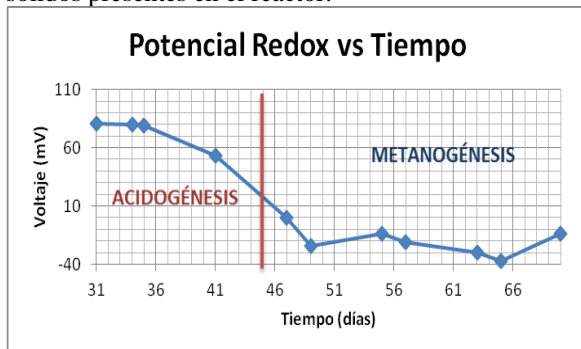


Figura 5. Variación del Voltaje del efluente en función del tiempo

El Potencial Rédox nos permite determinar si las bacterias metanogénicas están creciendo en un medio óptimo ya que entre menor sea el valor del Potencial Rédox se asegura un medio fuertemente reductor. Esto se da porque entre menor potencial habrá menor cantidad de electrones (Oxígeno Disuelto) y las bacterias metanogénicas son

anaerobias a diferencia de las otras que son facultativas.

En la figura se observa que la etapa de metanogénesis se inicia a partir que el Potencial Rédox es cercano a 0.

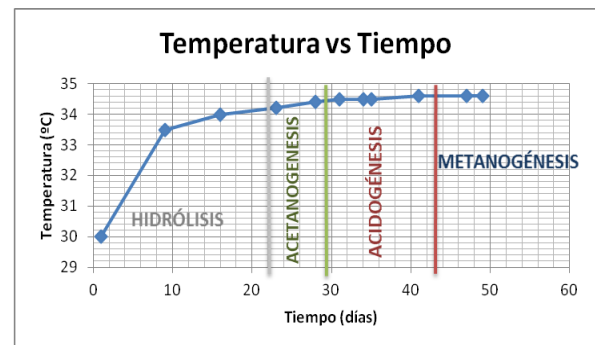


Figura 6. Variación de la temperatura del efluente en función del tiempo

El biodigestor trabaja en un sistema mesofílico (12 a 35°C) por lo cual, no se utilizó fuente de energía externa.

En la etapa de hidrólisis hay incremento de la temperatura como se muestra en la figura 6., puesto que ocurre una reacción exotérmica hasta llegar al equilibrio térmico, donde no hay una considerable variación de la temperatura, manteniéndose en un rango de 33,5 a 35°C a partir del día 16 de operación.

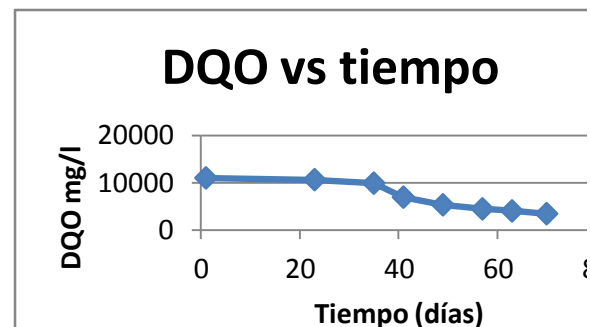


Figura 7. Variación de la demanda química de oxígeno del efluente con respecto al tiempo transcurrido

Se observa como decae el DQO con el tiempo el cual nos permite comprobar la degradación de la materia orgánica y comprobar así la efectividad del proceso

Tiempo de retención= 42 días				
Vol. reactor (l)	Vol. ocupado (l)	Vol. diario de metano (l)	Vol. total de metano (l)	Kw.h
63	9	0,000565	0,02373	0,236
63	50,4	0,00315	0,1323	1,32
1000	800	0,05054	2,1	20,91



4.2 Estimación de la producción de metano

Tabla 1. Estimación de producción de metano y energía producida

4.3 Análisis de los nutrientes del biofertilizante obtenido

%			
Humedad	Materia Orgánica	Nitrógeno	
81,44	30,1	6,8	
% peso			
P	K	Ca	Mg
0,9322	1,2953	4,272	0,7103

Tabla 2. Resultado de los análisis del biofertilizante obtenido del efluente.

5. Conclusiones

- A partir de los datos obtenidos de DQO y de producción total de CH₄, se determinó que el porcentaje de producción de metano a partir del Jacinto de Agua es del 43.33% que puede ser considerado óptimo.
- De acuerdo al porcentaje obtenido se concluye que el jacinto de agua es un tipo viable de biomasa para la obtención de energía, además de darle un uso favorable para el medio ambiente.
- Los parámetros de calidad obtenidos en el análisis del Bioabono arrojan datos dentro del rango permitido, por lo que se puede considerar como fertilizante.
- En un rango de pH aproximado de 6,5 a 7 asegura una generación óptima de producción de biogás, pudiendo en futuros proyectos mantener esta estabilidad para una mayor generación.
- El reactor trabajó sin fuente de energía, por lo que dependía del clima.

6. Agradecimientos

Agradecemos a nuestro director de Tesis, Ing. José Guillemos Cárdenas por brindarnos su apoyo, al

ICQA por tener la predisposición y el apoyo en infraestructura.

7. Referencias

- [1] **López Mendoza, Claudia y López Solís, Omar Anthelmo.** Diseño, Construcción y puesta en operación de un Biodigestor Anaerobio Continuo para el Laboratorio de Ingeniería Química. Coatzacoaltos, Veracruz : s.n., 2009. 16.
- [2] **Campos Pozuelo, E.** Optimización de la Digestión Anaerobia de Purines de Cerdo mediante codigestión con residuos orgánico de la industria agroalimentaria. s.l. : Universidad de LLeida, 2001.
- [3] **Riquelme ,Jonathan.** Problemas de Estimación/Observación en procesos de la Digestión Anaerobia. 2009.
- [4] **Robalino Robalino, Ing. Homero Santiago.** Evaluación de la Actividad Biológica y Nutricional del Biol en Diferentes Formulaciones y la Respuesta a su Aplicación en Cultivos de Arroz (Oriza sativa) y Maíz (Zae mays), en Guayas. Guayaquil : s.n., 2011.

José Guillermo Cárdenas.
Visto Bueno del Director de Tesis
Fecha: 07/01/2013

Gloria Estefanía Montenegro
Tesis ICQA

María Melissa Tapia
Tesis ICQA