



# KUXULKAB'

ISSN 1665-0514

REVISTA DE  
**DIVULGACIÓN**  
División Académica de Ciencias Biológicas

• Volumen XV • Número 28 • Enero - Junio 2009 •

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco



# 200

aniversario

Charles Robert Darwin

# KUXULKAB'

ISSN 1665-0514

## REVISTA DE DIVULGACIÓN

División Académica de Ciencias Biológicas  
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

*Kuxulkab' Voz chontal - tierra viva, naturaleza*

### CONSEJO EDITORIAL

Dra. Lilia Ma. Gama Campillo  
**Editor en jefe**

Dr. Randy Howard Adams Schroeder  
Dr. José Luis Martínez Sánchez  
**Editores Adjuntos**

Lic. Celia Laguna Landero  
**Editor Asistente**

### COMITÉ EDITORIAL EXTERNO

**Dra. Silvia del Amo**  
Universidad Veracruzana

**Dra. Carmen Infante**  
Servicios Tecnológicos de Gestión Avanzada  
Venezuela

**Dr. Bernardo Urbani**  
Universidad de Illinois

**Dr. Guillermo R. Giannico**  
Fisheries and Wildlife Department,  
Oregon State University

**Dr. Joel Zavala Cruz**  
Colegio de Posgraduados, Campus Tabasco

**Dr. Wilfrido Miguel Contreras Sánchez**  
División Académica de Ciencias Biológicas  
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Publicación citada en:

- El índice bibliográfico PERIÓDICA., índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias.  
Disponible en <http://www.dgbiblio.unam.mx>
- E-mail: [publicaciones@cecea.ujat.mx](mailto:publicaciones@cecea.ujat.mx)
- <http://www.ujat.mx/publicacion>

KUXULKAB' Revista de Divulgación de la División Académica de Ciencias Biológicas, publicación semestral de junio 2001. Número de Certificado de Reserva otorgado por Derechos: 04-2003-031911280100-102. Número de Certificado de Licitud de Título: (11843). Número de Certificado de Licitud de Contenido: (8443). Domicilio de la publicación: Km. 0.5 Carretera Villahermosa-Cárdenas, entronque a Bosques de Saloya. Villahermosa, Tabasco. Tel. y fax (93) 54 43 08. Imprenta: Imagen Gráfica, Morelos y Pavón No. 211. Col Miguel Hidalgo C. P. 86150 Villahermosa, Tabasco. Distribuidor: División Académica de Ciencias Biológicas Km. 0.5 Carretera Villahermosa-Cárdenas, entronque a Bosques de Saloya. Villahermosa, Tabasco.

### **Nuestra Portada:**

Darwin 200 años

### **Diseño de Portada por:**

Liliana López Gama  
Estudiante de diseño y  
comunicación visual  
FES Cuautitlán

**Estimados lectores de Kuxulkab´.**

**E**ste es un año muy importante en la historia de la Biología, ya que se conmemoran 200 años del nacimiento de Charles Darwin, naturalista británico que sentó las bases de la actual teoría de la evolución. Durante todo el año se han realizado eventos en conmemoración de este acontecimiento en todo el mundo. Darwin apasionado por conocer el mundo, se embarcó en un recorrido de cinco años que le inspiró lo que culminó varios años después en su famoso libro: “El Origen de las Especies por medio de la Selección Natural”, en el que expone su teoría sobre el complejo mecanismo de cómo las especies van tomando forma. Los eventos de la vida de Darwin y su pasión por la comprensión de la naturaleza y todos los elementos que la componen, nos hacen reflexionar hoy más que nunca en la importancia de la integración de varias disciplinas en el análisis de las problemáticas ambientales resultantes de la explotación de los recursos naturales que nos rodean.

Como una contribución a la divulgación de estudios orientados a las ciencias ambientales, nuestra revista selecciona temas que muestren en forma sencilla, tanto el estado de nuestros recursos naturales como investigaciones relacionadas a la atención a problemas ambientales. En este número se publican artículos vinculados a la diversidad y uso de algunas especies particularmente importantes y amenazadas de la región. También se presentan propuestas metodológicas para la comprensión (incendios) o atención (contaminación) de problemas ambientales de recursos naturales importante para el estado. Este número incluye nueve artículos y dos notas que cubre diferentes temas y aspectos de las ciencias ambientales. En ellos se presentan desde resultados de contribuciones de investigación de campo o bibliográficas que se desarrollan en los cursos de los diferentes programas educativos de licenciatura y posgrado, así como resultados de investigaciones realizadas como tesis o en los proyectos de investigación que los profesores/investigadores llevan a cabo en nuestra escuela o en otras instituciones.

Les invitamos a enviarnos sus manuscritos y les recordamos que nuestra revista se enriquece con las aportaciones de todos los miembros de la comunidad de la División Académica de Ciencias Biológicas, haciendo una especial invitación a que cada vez más estudiantes se incorporen a la divulgación de temas que consideren serán de interés a sus compañeros y se unan a aquellos que han terminado o se encuentran realizando sus proyectos de tesis y que comparten con nosotros los resultados de sus investigaciones. Como siempre, agradecemos a los colaboradores de otras instituciones interesadas en la divulgación que comparten con nosotros temas de interés general así como los resultados de sus proyectos. Con un sincero reconocimiento a los colegas que desinteresadamente colaboran en el arbitraje que nos permite mantener la calidad de los trabajos.

**Lilia Ma. Gama Campillo**  
Editor en Jefe

**Wilfrido Miguel Contreras Sánchez**  
Director



---

# Propuesta de un Sistema Digestor Anaerobio y Generación Eléctrica para abastecer el Herbario de la DACBiol.

**Auri Beatriz Díaz Valencia, Clara del Rocío Toledo Méndez y Elizabeth Magaña Villegas**

División Académica de Ciencias Biológicas  
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco  
Km. 0.5 Carret Vhsa- Cárdenas, Villahermosa, Tabasco  
auri\_may23@hotmail.com, japonese1@hotmail.com y  
elizabeth.magana@dacbiol.ujat.mx

## Resumen

**E**n este trabajo se brinda una recopilación bibliográfica sobre el desarrollo e implementación de un sistema digestor anaerobio - generador eléctrico. Se hace énfasis en el aprovechamiento del biogás como fuente alterna de energía, a través de una metodología de cálculo para determinar las características y dimensiones del digestor. Esta se basa en el establecimiento de ciertos criterios y se determina el tipo de generador eléctrico que consideramos mejor se adapta al sistema. La propuesta metodológica contenida aquí, está dirigida a maestros y principalmente a estudiantes de la carrera de Ingeniería Ambiental, cuyo perfil se enfoca a la obtención de beneficios ambientales y económicos, mediante el desarrollo de nuevas tecnologías. Simultáneamente, se presentan los resultados obtenidos para el abastecimiento de energía al herbario de la DACBiol complementado con un análisis costo-beneficio del sistema para conocer la factibilidad económica de esta propuesta.

## Introducción

La utilización de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica, originan contaminantes atmosféricos que solos o combinados con los factores meteorológicos, ocasionan fenómenos como el efecto invernadero, la inversión térmica y la lluvia ácida, por mencionar los más importantes. Considerando esta problemática, organismos internacionales han creado acuerdos cuyo objetivo esencial como estrategia económica, es impulsar la implementación de nuevas fuentes renovables de energía que permitan el aprovechamiento de otros

materiales para producir energía eléctrica y así favorecer la independencia del petróleo como energético primario. El uso de las fuentes alternativas de energía como una opción cuenta con el apoyo suficiente para ser aplicable en muchas partes del mundo. La Biomasa como una perspectiva de aprovechamiento energético cuenta con varias vías de valorización, como es la incineración o bien los tratamientos biológicos, tanto aerobios como anaerobios. De este último, conocido como digestión anaerobia, se obtienen como productos principales un material similar a la composta que se utiliza como abono orgánico y el biogás, del cual se puede recuperar el metano y ser transformado a energía eléctrica o bien usarse como combustible.

La presente propuesta se enfoca en el cumplimiento de acuerdos internacionales, relacionados con la protección del ambiente y el uso de tecnologías alternativas a partir de fuentes renovables, con lo cual se contribuiría en la disminución de emisiones y descargas de contaminantes al ambiente; y consecuentemente la obtención de productos disponibles para otras actividades, presentando de esta manera una nueva actitud ante el aprovechamiento de los residuos y revalorización de los mismos.

## Antecedentes

En las últimas décadas, han sido notables los progresos científicos y tecnológicos en lo referente al desarrollo de nuevas formas del aprovechamiento de la energía; esto ha brindado un nuevo enfoque en relación a la valorización de los residuos orgánicos, convirtiéndolos en un subproducto con un alto potencial para su aprovechamiento, adaptándose a

las nuevas exigencias ecológicas y económicas que la sociedad exige. Sin embargo, nada de esto se llevara a cabo sin el respaldo de Organizaciones Internacionales dedicadas a la creación de programas, como el establecimiento de mecanismos de apoyo técnico (ONUDI) y financiero (PNUMA), o bien con la creación de nuevos marcos regulatorios para el mercado de tecnologías limpias (CONFERENCIA DE BONN), que aumenten la eficiencia y la productividad en la industria con relación al aprovechamiento energético.

En este mismo sentido, en el protocolo de Kyoto se establecieron mecanismos para el desarrollo de proyectos, convocando a los países desarrollados y a los de economías en transición a una reducción de las emisiones de gases causantes del efecto invernadero ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ , Oxido nitroso, etc.); para alcanzar ésta meta de manera más eficiente, los países pueden implementar medidas internas de reducción a emisiones llamados “mecanismos flexibles”, como el Comercio internacional de emisiones, Implementación conjunta y Mecanismos de desarrollo limpio (Manzini, 2004).

México en los últimos años, ha recibido apoyos del Banco Mundial dirigidos a la preparación e implementación de varios programas y proyectos dirigidos a la Energía Renovable. Además se ha comprometido con proyectos de vanguardia consignados a desarrollar la capacidad local del mercado de bonos de carbono en México. Los primeros proyectos de este tipo, son los de captura de gas metano en rellenos sanitarios y conversión de energía y un segundo proyecto de bonos de carbón empleado para el METROBUS en el DF, uno de los primeros en ser desarrollado en Latino América bajo el concepto de Producción más Limpia (P+L). En este marco de referencia, en México a nivel nacional se cuenta con 2 plantas donde se aprovecha el biogás mediante un proceso de combustión interna con una capacidad de 10.8 MW.

A través del Sistema Metropolitano de Procesamiento de Desechos (SIMEPRODE), en el municipio de Salinas Victoria, Nuevo León, en el 2000 se logró que el área metropolitana de Monterrey fuera elegida, entre 33 ciudades de la República Mexicana y Latinoamérica, como el mejor lugar para desarrollar el proyecto de generación de

energía a partir de la utilización del biogás que se genera por la descomposición de materia orgánica acumulada de las celdas de en el relleno sanitario citado.

## **Materiales y métodos**

La propuesta metodológica que se presenta consta de las siguientes etapas:

**1) Selección del tipo de Digestor.** Existen una cantidad considerable de tipos y diseños de digestores que pueden seleccionarse de acuerdo a las características de los residuos o material a tratar tomando en consideración las características del ambiente donde se pretenda desarrollar esta tecnología. En la selección se consideran los siguientes factores: clasificación por contenido de sólidos: Alta o baja concentración, clasificación por periodo de alimentación: Flujo continuo o por lotes, clasificación por alineación: Horizontal o vertical y clasificación por tipo de mezclado: Mecánico o neumático. Por otro lado, para una operación satisfactoria del sistema en sí, es necesario que el digestor reúna los siguientes atributos: hermeticidad, para evitar fugas del biogás o entradas de aire, aislamiento térmico, para evitar cambios bruscos de temperatura, el contenedor primario de gas debe contar con una válvula de seguridad, debe tener acceso para mantenimiento y deberá contar con un medio para romper las natas que se forman en la superficie de la mezcla.

Es importante señalar que para la elección de una u otra característica se debe advertir que se desea un equipo que proporcione un proceso significativamente invariable, esto con la finalidad de obtener una producción continua de biogás, que una vez transformado en energía eléctrica permitirá satisfacer una demanda energética específica.

**2) Selección del generador eléctrico.** Una vez elegido el tipo de digestor se procede a seleccionar el tipo de generador que más se adecúe al sistema; pues una vez que los residuos orgánicos sean transformados biológicamente en el digestor, y se conviertan en energía química en forma de biogás; el generador deberá poder convertir este tipo de energía en energía mecánica y posteriormente en eléctrica.

Se consideran dos tipos de generadores, que por sus descripciones son compatibles con el sistema: el motogenerador y el turbogenerador, que son utilizados para la generación de energía eléctrica en pequeñas escalas. Un punto de partida es realizar una tabla comparativa con las especificaciones técnicas más elementales para su análisis; en ella se contemplan aspectos como el tiempo de operación, rango de generación, mantenimiento, eficiencias de generación y emisiones. Sin embargo el aspecto técnico no es lo único a considerar en este punto, existen otras condicionantes para la implementación de un generador u otro, como la relevancia ambiental. La trascendencia de este aspecto recae en las cargas que pudiera emitir cada generador, como el ruido, gases y calor, que puedan impactar de manera negativa al área donde se ubique el mismo. Igualmente, es de suma importancia evaluar el factor de Riesgo por implementación, el cual se deriva de la probabilidad de ocurrencia de accidentes en la etapa de operación del sistema, como incendios o descargas eléctricas.

**3) Dimensionamiento del Sistema.** Para la estimación de las dimensiones del sistema se estableció un procedimiento de cálculo, cuyo objetivo es la determinación de la cantidad y tipo de mezcla que produzca una cantidad de biogás necesaria, de manera que permita el correcto e ininterrumpido funcionamiento del generador eléctrico. Es importante mencionar, que en esta metodología no se consideró la cinética del crecimiento microbiano descrita por la ecuación de Monod, debido a que éste modelo sólo es aplicable con coeficientes empíricos para cada sustrato en particular, es decir, se necesitaría realizar los ensayos para cada sustrato a utilizar y así determinar cada parámetro en la ecuación. En la siguiente tabla, se muestran los aspectos que rigen la secuencia de los cálculos y se establecen sus respectivos argumentos.

Así pues, la secuencia está orientada de manera que el resultado del primer cálculo sea un requisito del segundo, evitando cualquier tipo de confusión al momento del análisis de resultados y así facilitar su comprensión.

LA DESIGNACIÓN DE LOS RESIDUOS	
DEDUCCIÓN:	ARGUMENTO:
Estiércol de vaca Estiércol de cerdo Estiércol de pollo Hojas Jacinto Residuos de fruta	Se han encontrado buenos resultados para mezclas de varios tipos de residuos de industrias cárnicas y mataderos, ricos en grasas, consiguiendo altas producciones de metano, del orden de 47 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> de residuo introducido. También se relacionan con las cantidades de carbono e hidrógeno que aporten al sistema, así como su velocidad de degradación.
LA CANTIDAD DE MEZCLA	
DEDUCCIÓN:	ARGUMENTO:
La cantidad de mezcla deberá ser calculada de acuerdo a la relación carbono-nitrógeno que aporte la mezcla	Debe cumplir con una Relación C/N=30, que es la razón óptima para la producción de biogás y por lo tanto para el buen desempeño de la digestión
La cantidad de agua que se agregará a la mezcla debe ser suficiente para su adecuada dilución.	Debido a que se trata de un digestor de Alta Concentración, la proporción de sólidos con respecto a la cantidad de agua es 30% de sólidos y 70% de agua. Del mismo modo, se considerará que la mezcla solo deberá ocupar 2/3 del volumen del digestor.
LA CANTIDAD DE BIOGÁS GENERADO POR MEZCLA	
DEDUCCIÓN:	ARGUMENTO:
Se necesita determinar que mezcla produce mayor cantidad de biogás. Esta producción está en función al contenido de Sólidos volátiles biodegradables (SVB), contenidos en la fracción orgánica de los residuos.	Se elegirá la más apta para el sistema considerando de igual forma criterios como disponibilidad frecuencia de generación y costo de transporte de los residuos que componen la mezcla.
VOLUMEN Y CONFIGURACIÓN DEL DIGESTOR	
Volumen del digestor	Las deducciones del punto dos sustentan esta, pues la cantidad y tipo de mezcla determinan el tamaño del digestor.

**4) Estimación de la cantidad de mezcla a digerir.**

La relación C/N es un factor que influye en la producción del biogás; esta será óptima cuando C/N oscile entre 20:1 y 30:1. Una razón C/N de 30 (30 veces más carbono que nitrógeno) permitirá que la digestión se lleve a cabo a un ritmo óptimo, a condición de que las otras condiciones sean favorables. De éste cálculo sólo se eligen los resultados positivos para emplearlos en los cálculos posteriores, ya que un resultado negativo indica que esa mezcla no alcanza esa relación. Los residuos elegidos para esta propuesta, así como su relación C/N se muestran en la tabla siguiente:

COMPONENTES		REL.C/N
VEGETAL	Residuos de Frutas	34.8
	Hojas recién podadas	60
ANIMAL	Jacinto	20.9
	Estiércol de vaca	18
	Estiércol de pollo	15
	Estiércol de cerdo	20

Figura del inciso (4)

Debido a que los residuos por si solos no cumplen con una razón igual a 30, se aconseja mezclarlos con otro componente para que así se obtenga un equilibrio entre la cantidad de Carbono y Nitrógeno de la combinación obtenida. Una vez establecidas las mezclas de residuos se procede a determinar el porcentaje de humedad y la masa seca que contiene 1 Kg de residuo, del mismo modo se determina el % de Nitrógeno contenido en los residuos. Se calcula la masa del nitrógeno y por último la masa del carbono.

$$\frac{C}{N_{deseada}} = \frac{C}{N_{comp.1}} + \frac{C}{N_{comp.2}}$$

**5) Estimación de la Cantidad de Biogás producido por Mezcla.**

Este cálculo se hace con base en la cantidad de sólidos volátiles biodegradables (SVB) contenidos en la mezcla, es decir, la fracción que realmente se degrada y que por lo tanto produce el biogás; esta etapa fue uno de los factores que permite elegir la mezcla mas apta para el sistema.

Para la estimación de la cantidad de biogás producido se suponen una serie de condiciones, algunas de éstas pueden ser modificadas al realizar ensayos a escala laboratorio para determinar valores más reales en el proceso, o bien por cuestiones de ajuste de cálculos.

Condiciones para cálculo de biogás producido	
DATO:	CALCULO:
Tiempo de retención de sólidos, días, <i>TRS</i>	De acuerdo a toda la bibliografía consultada el rango de tiempo se encuentra de 20 a 30 días, sin embargo se observa que los picos producción más altos se encuentran a los 25 días, por lo que se utilizó esta cantidad.
Sólidos totales, Kg, <i>ST</i>	Es igual a la masa seca de la mezcla
Sólidos volátiles, Kg, <i>SV</i>	$SV = (0.93) * (ST)$
Sólidos Volátiles Biodegradables, Kg, <i>SVB</i>	$SVB = (0.70) * (SV)$
Eficiencia esperada de conversión de SVB, $\eta$	95%
Producción de biogás por Kg de SVB destruido, $m^3, V_{biogas}$	0.625 a 1.0 $m^3/kg$ de SV y su promedio es 0.8125 $m^3/kg$ de SV
Composición del biogás	$\%_{CH_4} = 60\%$ y $\%_{CO_2} = 40\%$

Figura del inciso (5)

**6) Cálculo del Volumen del Digestor y su configuración.** El volumen del digestor, aunque sencillo de calcular, es un factor sumamente importante en el dimensionamiento del sistema, debido a que el tamaño del digestor debe ser capaz de permitir el manejo adecuado de la cantidad de materia prima suministrada, procurando que no sea menor de lo requerido para evitar que el digestor trabaje sobre cargado, lo cual afectaría el proceso; además si operara por debajo de la capacidad a la que fue diseñado presenta una constante y considerable pérdida de N. Por otra parte, el empleo de un digestor sobredimensionado resulta costoso en su construcción lo que haría incosteable la implementación del sistema. El tipo y cantidad de la mezcla que se introduce, así como la proporción de agua que se debe agregar se encuentran estrechamente ligados a la determinación del volumen del digestor.

Es importante señalar que la cantidad de mezcla diluída debe ocupar 2/3 del volumen total, considerando esto como un factor de seguridad, puesto que se debe contemplar la cantidad de biogás almacenada en el mismo, así como la configuración de los mezcladores que se van a utilizar.

La turbina de Rushton es el más común de los agitadores mecánicos. Consta de varias paletas sujetas a un eje central. Las turbinas con aspas planas dan un flujo radial. Cuando están presentes sólidos, como en una fermentación, se encuentra que es útil un componente axial para mantener los sólidos en suspensión, por lo que se usa una turbina de paletas con un ángulo de 45°. La formación de espuma a menudo es un problema en los sistemas a gran escala. Sin embargo, existen varias técnicas con las cuales se puede romper la espuma usando métodos mecánicos; los dispositivos más sencillos son rastrillos montados sobre la flecha del agitador y localizados sobre la superficie del líquido. Basándose en las fuerzas de la inercia y de la viscosidad, Rushton desarrolló la siguiente ecuación para el cálculo de la energía necesaria para el mezclado en condiciones turbulentas: (Tchobanoglous, 1996).

$$P = k \rho \eta^3 D^5$$

Donde: P= energía necesaria, W; k= constante, (ver tabla);  $\rho$  = densidad del fluido, kg/m<sup>3</sup>; D= diámetro del impulsor. m y = revoluciones por segundo, rev/s. (ver tabla 2 sig. página)

Condiciones para el cálculo del volumen del digestor	
Masa total de Mezcla húmeda	Debe ser el 30% de la mezcla total
Cantidad de Agua a agregar	Debe ser el 70% de la mezcla total
Volumen de la mezcla total, m <sup>3</sup> , $V_{mezcla}$	$V_{mezcla} = \frac{M_{total_{hum}} + V_{agua}}{1000}$
Volumen del digestor, m <sup>3</sup> , $V_{total}$	$V_{total} = \frac{V_{mezcla}}{2/3}$

Tabla 1 del inciso (6)

Con el volumen el digestor se deduce el diámetro del mismo con base en la fórmula para el cálculo del volumen de un cilindro, considerando que la altura total del digestor, cumpla con la relación altura a diámetro del recipiente 2:1 (SCRAGG, 1999). Con el resultado de las dimensiones se procede a configurar los demás componentes del digestor, determinando los tamaños de los mezcladores y deflectores del mismo tomando en consideración que cuanto mayor sea la velocidad y mayor la turbulencia, mayor será la efectividad del mezclado.

**Aplicación de la Metodología al Herbario de la DACBiol.**

De acuerdo con un análisis en el período de mayo de 2004 a Marzo de 2006 del consumo eléctrico requerido para las actividades de la División, se estableció como área de estudio el herbario por ser uno de los edificios de mayor consumo.

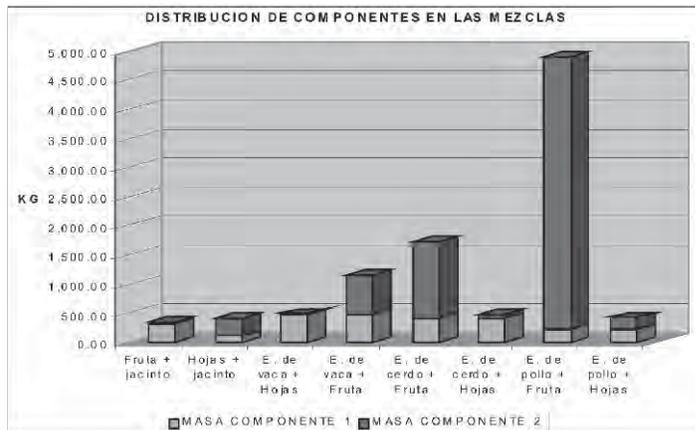
Se consideró un digestor anaerobio de alta concentración, con flujo continuo, de orientación

vertical y mezclado mecánico. Dentro de los beneficios que ofrece la selección, se encuentra el hecho de que un digestor de flujo continuo permitirá la obtención mas constante de biogás, suministrando regularmente el material orgánico.

Es de alta carga porque permite tratamiento de residuos con un alto contenido de sólidos (por ejemplo, excremento vacuno) que se degradan lentamente y que sedimentan bien o que se adhieran a sólidos sedimentables, permitiendo el empleo de dichos residuos y una alta producción de gas metano por unidad de volumen del digestor. Estos tipos de sistemas trabajan con tiempos de retención hidráulica menores que los convencionales y además requieren menores cantidades de agua.

Para la selección del generador eléctrico se consideró que a pesar de contar con una menor eficiencia de tan solo 33%, el turbogenerador ofrece mayores ventajas que el motogenerador, la más importante es el poco mantenimiento que requiere el equipo, seguido de la orma en que opera y sus tamaños más compactos.

cantidades que se requieren para que cada una alcance una relación C/N=30. Como se observa, las mezclas requieren desde 338.31 hasta 4,896.14 Kg de sus componentes combinados.



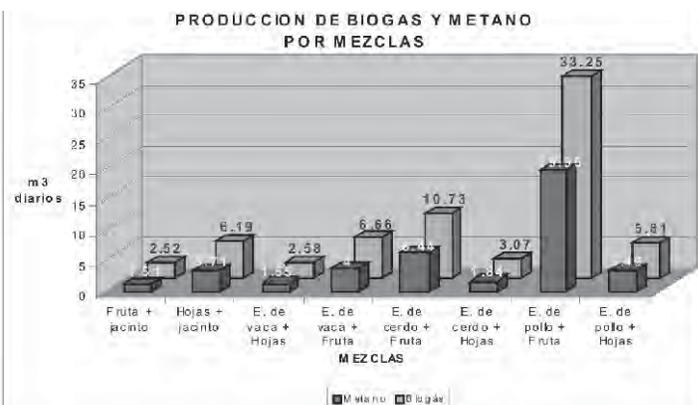
Gráfica 1. Comportamiento de las mezclas para alcanzar Rel. C/N=30

Valores de k para las necesidades de energía de mezclado	
Tipo de impulsor	Régimen Turbulento
Hélice, paso cuadrado, 3 palas	0.32
Hélice, paso de dos, 3 palas	1.00
Turbina, 6 palas planas	6.30
Turbina, 6 palas curvas	4.80
Turbina ventilador, 6 palas	1.65
Turbina, 6 palas en punta de flecha	4.00
Paleta plana, 6 palas	1.70
Turbina cerrada, 2 palas curvas	1.08
Turbina cerrada con estator (sin deflectores)	1.12

Tabla 2 del inciso (6)

Asimismo, se observa que el turbogenerador genera menos emisiones de gases, debido a que en su etapa de operación el combustible es consumido con una mayor eficiencia (al mezclarlo con un flujo de aire proveniente del compresor); además en comparación con el otro, este genera menos ruido y vibración; estas características realzan otro aspecto que determinó la elección de este equipo por su importancia ambiental. El marco legal, solo da breves explicaciones de las limitantes.

En la gráfica 1 se observa el comportamiento de las 8 mezclas resultantes, con respecto a las



Gráfica 2. Comportamiento de la producción de biogás y metano.

Con el procedimiento que indica la metodología, se obtuvieron las cantidades de biogás y de Metano, transcurridos 25 días de digestión, por cada tipo de mezcla de la etapa anterior.

En la gráfica 2 se muestra el comportamiento de las 8 mezclas con respecto a la producción de biogás y metano.

No obstante, hay ciertos factores que determinan la relevancia de la elección de la mezcla a emplear, como son:

- El volumen y frecuencia de generación de ambos residuos de la mezcla.
- La presencia de estiércoles en la mezcla, pues además de ser rápidamente degradables aportan microorganismos necesarios en la digestión anaerobia, y contribuyen con una mayor cantidad de nitrógeno.
- La masa total de la mezcla, que es una condicionante en cuanto al posterior dimensionamiento del digestor, lo que a su vez repercutirá en el costo de adquisición del mismo.
- La aportación de biogás de una mezcla respecto a otra.

Sin embargo, el requerimiento energético, marcó la pauta para la selección en esta etapa, por lo que se consideró el poder calorífico que aporta el biogás para generar electricidad. Es importante considerar que la elección de los componentes también quedo influenciada por la amplia disponibilidad y fácil adquisición de los mismo.

Considerando la demanda energética del Herbario que es de 433.36 Kw/d, la mezcla elegida es la E. Vaca + fruta que nos aporta 952.65 Kw/d con una base de calculo inicial de 100 Kg de E. Vaca se realizó un recalcu en cuanto a la Masa total de la mezcla elegida con la finalidad de disminuir esta cantidad, sin afectar el volumen necesario de biogás para nuestro sistema. Dado que el volumen de mezcla se reduce, las dimensiones del digestor disminuyeron también.

MEZCLA		Masa componente 1	Masa componente 2	Masa Total mezcla
BASE SECA	E. de vaca +	65	150.53	215.53
BASE HUMEDA	Fruta	304.318	451.579	755.89

**Dimensionamiento con 65 Kg masa base:**

- 1) Volumen de H<sub>2</sub>O que se agregará para diluir la mezcla = 1,763.760 Kg de H<sub>2</sub>O
- 2) Volumen total de la mezcla diluida= 2,519.651 de mezcla= 2.519 m<sup>3</sup> de mezcla diluida
- 3) Volumen del digestor: 3.78 m<sup>3</sup>
- 4) Diámetro del digestor: 1.34 m de diámetro
- 5) Altura del digestor= 2.68 m de altura

Configuración de digestor	
DATO:	RESULTADO:
Número y tipo de impulsores	3 Turbinas de 6 palas planas
Diámetro del impulsor, m	0.447
Altura del impulsor respecto del fondo, m	0.447
Anchura de las palas del impulsor, m	0.089
Longitud de las palas del impulsor, m	0.112
Longitud de las palas del impulsor, montadas en el disco central, m	0.056
Altura del líquido, m	1.787
Altura libre, entre altura del líquido y la parte superior del digestor, m	0.893
Número de deflectores, m.	4
Anchura de los deflectores, m	0.134
Diámetro del disco central, m	0.335
Distancia entre la superficie del líquido y el primer impulsor, m	0.268
Distancia entre cada impulsor, m	0.357
Potencia necesaria para el mezclado Kw	78.87

**Costos y Beneficios del Proyecto**

Por último se realizó la evaluación de los Costos y Beneficios con y sin el proyecto, mismos que se muestran en la tabla 1.

Al finalizar, el proceso de generación de electricidad para abastecer el Edificio del Herbario de la DACBiol; usando un digestor de 3.78 m3, con una mezcla de Estiércol de vaca y Residuos de Frutas, se logran producir 619.65 Kw de electricidad limpia al día.

Con una inversión de \$361,191.25 M. N., se genera un VPN 0, que implica INDIFERENCIA Económica en la implementación del proyecto. Sin embargo, consideramos que con los beneficios ambientales (por ejemplo, el tratamiento de los residuos lo que enfatiza la capacidad de estos procesos para disminuir la contaminación enfocado a la mejora del ambiente y como fuentes de energía alternas a los combustibles fósiles), que se presentan en este proyecto, la

aplicación del mismo en la División, puede ser VIABLE.

Resultados de Costos y Beneficios del Proyecto	
<b>COSTOS</b>	
a) total de costos con el proyecto	\$361,191.25
b) total de costos sin el proyecto	\$395,441.00
<b>BENEFICIOS</b>	
A) total de beneficios con el proyecto	\$2,345,989.86
B) total de beneficios sin el proyecto	\$361,191.25

CALCULO DEL VALOR PRESENTE NETO	
<b>Costos totales (ct)</b>	
Costos con proyecto	\$361,191.25
Costos sin proyecto	\$395,441.00
Total =	-\$34,249.75
<b>BENEFICIOS TOTALES (Bt)</b>	
Beneficios con proyecto	\$2,345,989.86
Beneficios sin proyecto	\$361,191.25
Total =	\$1,984,798.61
<b>VALOR PRESENTE NETO (VPN)</b>	<b>1.89844E-13</b>

Tabla 1.

## Conclusiones

La realización de la investigación que derivó en la propuesta presentada se llevó a cabo mediante el análisis de algunas técnicas existentes para el diseño de digestores anaerobios; así como de las múltiples aplicaciones que derivan de ellos, que van desde tratamiento de aguas residuales hasta la generación de electricidad como en este caso; de manera que se obtuviera una sola Metodología para facilitar su realización. Se vinculó con otros trabajos enfocados en la eficiencia y el aprovechamiento energético, lo que manifiesta nuevamente nuestro interés en sustentar líneas de investigación aplicables y que brinden beneficios reales en nuestra División. Su importancia radica en que se ofrece una alternativa ambiental y técnicamente viable para ser implementada en muchos ámbitos, con la finalidad de desarrollar proyectos de generación de electricidad limpia aprovechando residuos de origen orgánico.

La mezcla seleccionada para este sistema consiste en estiércol de vaca y residuos de frutas, con una producción de 4.33 m<sup>3</sup> de biogás por día y 2.6m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub> por día, lo que es equivalente a la generación de 619.36 kw/día, energía necesaria

para satisfacer la demanda de 433.36 kw/d requeridos en el herbario. Este digestor está diseñado para un volumen de 3.78m<sup>3</sup> de capacidad, un diámetro de 1.34m y una altura de 2.68m.

Los resultados son satisfactorios en las estimaciones de mezclas y en la producción de biogás necesarias para abastecer de electricidad al Herbario de la División. A pesar de la ambigüedad que resulta de la evaluación económica, las ventajas reales que conlleva la implementación de esta propuesta pueden compensarla. Vale la pena mencionar que de este trabajo se derivó una Memoria de cálculo que agiliza y simplifica la realización de un proyecto de esta índole la cual está disponible.

Como todo trabajo de investigación, existieron ciertas limitantes en el desarrollo del mismo, por lo que creemos necesarias las siguientes recomendaciones a considerar al construir este sistema.

La información que aquí se presenta es una síntesis del proyecto de tesis: **“Diseño de un Prototipo de Digestor Anaerobio de Alta Concentración para la Transformación del Biogás Producido a Energía Eléctrica, que cubra los Requerimientos Energéticos de un Área de la DACBiol”** que para obtener el título de Licenciado en Ingeniería Ambiental realizaron Auri Beatriz Díaz Valencia y Clara del Rocío Toledo Méndez.

## Literatura

**Alvarez Flórez, J. A.** 2005. “Máquinas térmicas motoras”. Edicions Universitat Politècnica de Catalunya. Alfaomega Grupo Editor, S. A. de C. V. México, D. F.

**Campos Pozuelo, A. E.** 2001. “Optimización de la Digestión Anaerobia de purines de cerdo mediante la codigestión con residuos orgánicos de la industria agroalimentaria”. Madrid, España. Universitat de Lleida. Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl. Laboratori d’Enginyeria Ambiental.

**Canedo Espinoza, W.** 2005. “Proyecto Piloto: Utilización Intensiva de Gas Natural en la UMMS”. Universidad Mayor de San Simón. Facultad de Ciencia y Tecnología. Campus Las Cuadras. Bolivia.

**BNE** (Balance Nacional de Energía) 2005. Secretaría de Energía. Primera edición, 2006. México, D. F.

**Ferreyro Olivares J.** 2006. “Aplicación de la Metodología de Producción más Limpia, orientado a la eficiencia energética del Herbario de la DACBiol”. Tesis de curso de titulación para obtener el título de Lic. En Ingeniería Ambiental.

**Lobos, C. J.** 1999. “Biogás”. Viña del Mar, Chile. Universidad Técnica Federico Santa María. Sede Viña del Mar.

**Manzini Poli F. L.** 2004 “Nuevas Energías Renovables: Una alternativa energética sustentable para México (Análisis y Propuesta)”. Que cita a “Internationale Konferenz für Erneuerbaren Energien, 2004”

**Mandujano Sánchez, P.** 2001. “Digestión Anaerobia de sólidos en Alta Concentración”. Madrid, España. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

**Tchobanoglous, G.** 1998. “Gestión Integral de Residuos Sólidos”. Editorial Mc Graw-Hill. México

<http://www.vc.ehu.es/ierwww/maquinas%20el%E9ctricas%201%20febrero202001.pdf>

<http://www.gas-turbines.com>

# CONTENIDO

Generalidades e Importancia de las Plantas Trepadoras y Avances en su Estudio en el Estado de Tabasco CARLOS MANUEL BURELO RAMOS, MARÍA DE LOS ÁNGELES GUADARRAMA OLIVERA, ANDRÉS MANUEL DE LA CRUZ LÓPEZ Y ELIZABETH VERÁSTEGUI HERNÁNDEZ.....	5
Propuesta de un Sistema Digestor Anaerobio y Generación Eléctrica para abastecer el Herbario de la DACBIOL. AURI BEATRIZ DÍAZ VALENCIA, CLARA DEL ROCÍO TOLEDO MÉNDEZ Y ELIZABETH MAGAÑA VILLEGAS.....	11
Eficiencia de remoción de los parámetros de control para un Biofiltro Anaerobio utilizado en el tratamiento de agua residual doméstica JORGE ÁLVAREZ MALPICA Y ERNESTO RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ.....	21
Diversidad de moluscos bentónicos en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla OSCAR MANUEL ORTIZ LEZAMA, LUIS JOSÉ RANGEL RUIZ Y JAQUELINA GAMBOA AGUILAR.....	29
Discriminación de umbrales de áreas quemadas mediante imágenes Landsat TM, en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla CRISTÓBAL DANIEL RULLÁN SILVA, ADRIANA EMA OLTHOFF, LILLY GAMA, EUNICE PÉREZ SÁNCHEZ Y ADALBERTO GALINDO ALCÁNTARA.....	37
Eficiencia del extracto acuoso de <i>Rhizophora mangle</i> sobre <i>Lymnaea (Fossaria) cubensis</i> , hospedero intermediario de <i>Fasciola hepatica</i> en condiciones de campo JAIME CARRILLO CONTRERAS.....	45
Sustitución total de aceite de pescado con aceite vegetal en larvas de pejelagarto <i>Atractosteus tropicus</i> MARICELA HUERTA-ORTIZ, CARLOS ALFONSO ÁLVAREZ-GONZÁLEZ, GABRIEL MÁRQUEZ-COUTURIER, WILFRIDO M. CONTRERAS-SÁNCHEZ, ROBERTO CIVERA-CERECEDO Y ERNESTO GOYTORTÚA-BORES.....	51
Biología, importancia y controversias del sapo común <i>Chaunus marinu</i> (Amphibia: Anura: Bufonidae) en Tabasco, México JAVIER HERNÁNDEZ GUZMÁN, SELENY MORALES GARCÍA Y ALFONSINA HERNÁNDEZ CARDONA.....	59
Gradientes en Biodiversidad: El Caso de la Latitud MARÍA DE JESÚS CONTRERAS-GARCÍA, ROSA AURORA PÉREZ-PÉREZ, JUAN ARMANDO AREVALO-DE LA CRUZ, KARINA SÁNCHEZ-CARRIZOSA, LUIS DANIEL JIMÉNEZ-MARTÍNEZ, PAVEL ALEKSEI CASTILLO-ENRÍQUEZ Y MIRCEA G. HIDALGO MIHART.....	65
<b>NOTAS</b>	
Distribución del Tigrillo ( <i>Felis wiedii</i> ) en la rancharía Los Cerros Cunduacán, Tabasco ANA KAREN HERNÁNDEZ CONCHA Y DANIELA CORONEL PÉREZ.....	71
Cruceros Oceanográficos del Golfo de México: "Justo Sierra" y "Río Hondo" JOSÉ A. OSEGUERA PONCE.....	73
Una Conciencia Ecológica no está nada mal CELIA LAGUNA LANDERO.....	77
<b>NOTICIAS</b>	
Proyectos de Investigación.....	85
Avisos.....	91



ISSN - 1665 - 0514