



KUKULKAB'

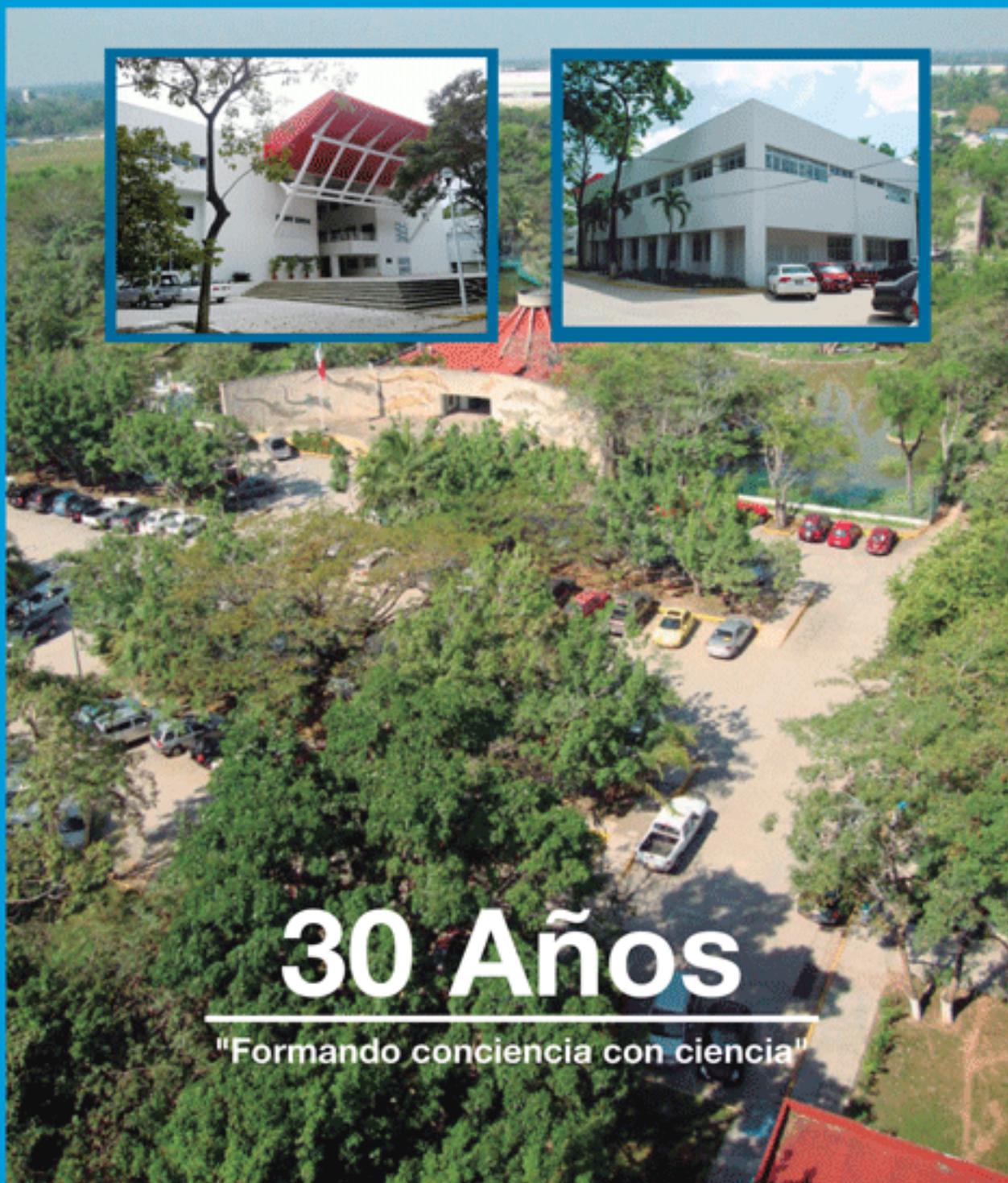
REVISTA DE
DIVULGACIÓN

ISSN 1665-0514

División Académica de Ciencias Biológicas

• Volumen XVIII • Número 35 • Julio - Diciembre 2012 •

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco



30 Años

"Formando conciencia con ciencia"

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

Biól. Fernando Rodríguez Quevedo
Editor Asistente

COMITÉ EDITORIAL EXTERNO

Dra. Silvia del Amo
Universidad Veracruzana

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>
<http://www.publicaciones.ujat.mx/publicaciones/kuxulkab>

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. C.P. 86039 Teléfono Conmutador: 3581500 ext.6400 Teléfono Divisional: 3544308, 3379611. Dirección electrónica: <http://www.publicaciones.ujat.mx/publicaciones/kuxulkab> Imprenta: M.A. Impresores, S.A. de C.V. Av. Hierro No. 1 Mza. 3 Ciudad Industrial C. P. 86010 Villahermosa, Tabasco. Distribuidor: División Académica de Ciencias Biológicas Km. 0.5 Carretera Villahermosa-Cárdenas, entronque a Bosques de Saloya. C.P. 86039 Villahermosa, Tabasco.

Nuestra Portada

Edificios emblemáticos de la DACBiol-UJAT; el Centro de Investigación para la Conservación de Especies Amenazadas (CICEA), el Centro de Investigación para la Conservación y Aprovechamiento de Recursos Tropicales (CICART) y el Herbario UJAT.

Diseño de:

Lilianna López Gama

Fotografías:

Lilia María Gama Campillo, Rafael Sánchez Gutiérrez y Juan Pablo Quiñonez Rodríguez.

Personal docente de la DACBiol - UJAT.

Estimados lectores:

Este año se llevó a cabo un importante número de eventos para festejar el 30 aniversario de la enseñanza de las ciencias ambientales en la UJAT, tuvimos la oportunidad de conocer a investigadores que enriquecieron con sus participaciones los conocimientos de todos los que formamos la comunidad de la División Académica de Ciencias Biológicas.

La Universidad se encuentra en un proceso, que sin duda alguna, fortalecerá todos los medios de comunicación que forman parte de la misma, como lo es nuestra revista. El Área Editorial se encuentra ya funcionando como fortaleza no solo de Kuxulkab' sino de otros aspectos de divulgación y editoriales de la DACBIol. El programa de reorganización del sistema de manejo de Kuxulkab', permite hoy en día, brindar una respuesta mucho más rápida a todos aquellos artículos sometidos para publicar; igualmente nos encontramos participando en la implementación de un nuevo sistema propuesto por el Departamento de Publicaciones Periódicas de la Universidad, para la administración de manuscritos que permita agilizar el vínculo con la impresión como parte de la estrategia del plan de mejoras de dichas revistas.

Este número cuenta con un conjunto de cinco artículos y seis notas de temas de actualidad relacionados a las áreas de investigación que se llevan a cabo en la DACBIol y desarrollados por investigadores, estudiantes y colegas en la región. Como siempre agradecemos a todos los autores que nos enriquecen con sus contribuciones, así como a los revisores que amablemente se han tomado el tiempo de colaborar con nosotros y que cada día forman un grupo más nutrido, lo que nos fortalece en la revisión de una mayor diversidad de temas. Los invitamos a seguir considerando y usar esta opción de publicación como una ventana para compartir sus investigaciones, así como el desarrollo de temas de interés, tanto para nuestros colegas, alumnos y compañeros de la DACBIol y de la región.

Lilia Gama
Editor en Jefe

Rosa Martha Padrón López
Directora

División Académica de Ciencias Biológicas
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco



Digestores anaerobios: una alternativa para el tratamiento de residuos orgánicos y producción de biogás

José Aurelio Sosa Olivier & José Ramón Laines Canepa

*División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
Km 0.5 Carretera Villahermosa-Cárdenas; Entronque a Bosque de Saloya. C.P. 86039
Villahermosa, Tabasco, México
ing-jaso@hotmail.es*

Resumen

El uso de biodigestores se ha propuesto como una solución para el tratamiento de los residuos orgánicos. En el 2007 se inició en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, una línea de investigación enfocada a la producción de energías más limpias, dentro de ésta se incursionó en el uso de sistemas de biodigestión anaerobia para el tratamiento de residuos orgánicos y la producción de biogás. Se inicio esta línea de investigación con biodigestores tipo Taiwan pequeños de 3 m³. En 2010 se construyo un biodigestor tipo cúpula a escala real de 67 m³. El proceso de obtención del biogás inicia con el acopio y transporte del material orgánico a la DACBiol. Los sustratos utilizados han sido el material ruminal vacuno y las excretas de vaca, caballo y borrego, en proporciones de 4:1. La agitación se hace manualmente para los biodigestores de 3 m³ y de forma mecanizada para el biodigestor tipo cúpula. Se han monitoreado tiempos de retención hidráulica desde 15 a 90 días. Los resultados cromatográficos de la composición del biogás reportan un 59.34% en volumen de gas metano y un 30.95% de bióxido de carbono. En base a los resultados obtenidos se concluye que el uso de biodigestores anaerobios a diferentes escalas tiene resultados benéficos como el aprovechamiento del poder calorífico del biogás, el uso del efluente liquido como fertilizante foliar y la parte mineral como mejorador de suelos. Estas virtudes hacen de los sistemas anaerobios una excelente alternativa para el tratamiento de los residuos orgánicos generados en las zonas rurales.

Palabras claves: Biogás, Biodigestor, Geomembrana, Residuos orgánicos.

Introducción

La biodigestión anaerobia es una de las soluciones para el tratamiento de los residuos orgánicos que permite aprovechar la biomasa como fuente de energía renovable. A partir de la biodigestión anaerobia se obtienen compuestos altamente energéticos que pueden ser utilizados para la obtención de energía calorífica, o bien, esta energía puede convertirse a energía eléctrica (Kaiser *et al.*, 2002) y en la aplicación del efluente como sustituto de nutrientes aportados por fertilizantes sintéticos en la actualidad (Tchobanoglous *et al.*, 1998).

La primera planta de digestión anaerobia fue construida en una colonia de leprosos en Bombay, India en 1859, desde entonces se han construido cientos de biodigestores (Días *et al.*, 2006). En los países de la Unión Europea hay más de 4,000 plantas para la producción de biogás (Kumar *et al.*, 2000). En los países latinoamericanos también se están desarrollando proyectos industriales de aprovechamiento de desechos orgánicos para la producción de biogás. Bolivia implementó en 2006 un programa de viviendas auto energéticas donde instalaron 250 biodigestores de polietileno tubular en comunidades rurales, como una alternativa para el tratamiento de los desechos orgánicos de las explotaciones agropecuarias de pequeña, mediana y gran magnitud (Campero, 2008).

En 2003, México puso en marcha el primer proyecto de generación de energía eléctrica a partir del biogás generado por la fermentación anaerobia de residuos sólidos orgánicos municipales en Salinas Victoria, Nuevo León. Desde el surgimiento del primer biodigestor, se han desarrollado y probado varios modelos de plantas de biogás con el

objetivo de aumentar la eficiencia y bajar los costos de los mismos (Kaiser *et al.*, 2002). Un factor de suma importancia en la generación del biogás es el material orgánico, ya que se han utilizados diversos tipos como los residuos y subproductos de actividades agrícolas, forestales, industriales, estiércol de vacas y de búfalos, excrementos humanos, los residuos de procesamiento de carne, inclusive el jacinto de agua han sido exhaustivamente empleados para la producción comercial de metano en los países en desarrollo y desarrollados (Krishna *et al.*, 1991).

Una de las aplicaciones de la biomasa con mayores posibilidades de aprovechamiento en el trópico húmedo es la digestión anaerobia bajo condiciones mesofílicas (Sánchez, 2003). El factor de temperatura influye en la generación de biogás: cuanto más caliente el ambiente, mayor es la velocidad y el grado de fermentación de la materia orgánica, por esta razón que las primeras plantas de biogás aparecieron en los países con un clima cálido (Asankulova, 2008). El tipo de material de construcción es un factor importante, Poggio *et al.* (2009), comentan que entre los años 2007 y 2008 se instalaron 13 biodigestores de tubulares familiares (11 de polietileno y 2 de PVC), en la micro cuenca del Japón Mayo en Perú; a finales de 2008 se evaluó el estado de los biodigestores donde el 30% estaban en desuso (todos eran de polietileno), a consecuencia de ruptura en el plástico (por envejecimiento o animales). Pedraza *et al.* (2002), exponen que el tipo de material no afectó significativamente el comportamiento de los parámetros evaluados, la única diferencia notable es el costo del biodigestor.

Dentro de todo biodigestor ocurre un fenómeno de separación de la mezcla en tres fracciones por diferencia de densidad, por lo tanto las fracciones en el digestor deben ser periódicamente mezcladas. La mezcla se puede hacer por medios mecánicos, medios hidráulicos (de recirculación en la acción de la bomba), bajo la presión de un sistema neumático, o por los distintos métodos de auto-mezclado (Asankulova, 2008). Aguilar y Botero (2006) quienes reportan para el metano un 60% y para el dióxido de carbono un 33.2% usando estiércol vacuno. Liao *et al.* (1984), señalan que cribar el estiércol de ganado lechero favorece la producción de metano, reportan una generación máxima de 64.3%. Sin cribar, alcanzaron una producción de metano de 59.4%. Fantozzi y Buratti (2009) reportan una

concentración de ácido sulfhídrico en bovino de 550 ppm a los 11 días, a los 29 días 20 ppm. Martina *et al.* (2006), reportan un método experimental alternativo para la medición del poder calorífico del biogás, con un valor de 7.492,24 kcal/m³. Demuestran una relación 3.4:1 de isobutano: biogás.

En Tabasco, México, se ha generado muy poca información sobre el aprovechamiento de materiales orgánicos utilizando biodigestores para la obtención de biogás. Lo anterior resulta paradójico si se considera que Tabasco es un estado del sureste mexicano donde se genera mucha materia orgánica y las características climatológicas son muy favorables para la degradación de la misma. El INEGI reporta que Tabasco contaba en 2007 con 204,545 unidades de producción de ganado bovino, porcino, ovino caprino y aves de corral, un total de 1,153,670 cabezas de ganado y 3,724,238 aves de corral. Basado en lo anterior, el objetivo del presente estudio fue llevar a cabo la digestión anaerobia del rumen, bajo condiciones mesófilas en un biodigestor tipo cúpula, construido con geomembrana de Polivinilo de cloruro (PVC) y mezclado con un sistema de agitación hidráulica y cuantificar la composición del biogás.

Materiales y Método

En la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBio), se han implementado biodigestores, tres tipos Taiwán de 3 m³, con capacidad de operación de 2.25 m³ y un cuarto tipo cúpula de 67 m³, cuya capacidad de operación es de 47 m³ (7.3 t de material ruminal). Los materiales con que se han elaborado son geomembrana de polietileno de alta densidad (PEAD) y PVC, tubos, válvulas, conectores y codos de PVC con diámetros de ½", 2", 4" y 6".

Proceso de Alimentación

Para alimentar los biodigestores se han utilizado las excretas de vaca, caballo y borrego, para el caso particular del biodigestor tipo cúpula, material ruminal vacuno proveniente del Frigorífico y Empacadora de Tabasco, S.A. de C.V. El transporte se hace en tanques de 200 L con tapa. El proceso comienza con el pesado y determinación de la densidad de la biomasa. Se mezcla con agua hasta obtener la proporción 4:1 (agua:sustrato). Se introduce al biodigestor, procurando alcanzar los

sellos hidráulicos y garantizando la hermeticidad del sistema. Cabe señalar, que se han utilizado otros sustratos orgánicos como excretas de cerdo, de caballo y de cabra, aunque la investigación se ha centrado en el contenido ruminal vacuno, por ciertas ventajas en el acopio y transporte del material.



Alimentación del biodigestor tipo cúpula (67 m³)

Agitación.

La agitación del biodigestor es un factor importante ya que distribuye el sustrato por todo el sistema y ayuda a las bacterias a entrar en contacto con el mismo, lo que permite una mayor digestión de la biomasa y se aceleran los tiempos de producción de biogás. En los biodigestores tipo Taiwán, se hace de forma manual, ya que la geomembrana con que está elaborado el biodigestor es flexible y permite agitar sin ayuda de algún instrumento o equipo. En el biodigestor tipo cúpula, se diseñó un sistema de agitación mecanizada, a través de cuatro tubos que tienen el digestor y sirven para recircular y extraer sólidos sin perder la hermeticidad en los sellos hidráulicos. Se utiliza una motobomba de agua con una capacidad de 15 Hp.



Proceso de agitación mecánica del biodigestor tipo cúpula.

Tiempo de Retención Hidráulica. El tiempo de retención hidráulico es de 90 días.

Monitoreos

Se monitorean parámetros fisicoquímicos del sustrato con un equipo HANNA 9828®. Con apoyo del laboratorio del complejo Procesador de Gas (CPG) Cactus I de PEMEX, se determina la composición del biogás utilizando cromatografía de gases. Al llegar a los 90 días de digestión anaerobia se realizó un análisis de nutrientes al efluente (biodigestato), con un fotómetro de análisis de nutrientes marca HANNA 83225®.

Resultados

La Figura 1 muestra el biodigestor anaerobio tipo cúpula construido en la DACBiol y en operación (a su máxima capacidad de almacenaje de biogás).



Figura 1. Biodigestor anaerobio tipo cúpula de la DACBiol.

En la Tabla 1 se muestran los valores promedios, del monitoreo de parámetros fisicoquímicos del proceso de digestión anaerobia, en tres tiempos diferentes.

La composición del biogás obtenido por la digestión anaerobia, dentro de Biodigestores construidos con PVC se analizó por cromatografía de gases y los resultados se muestran en la siguiente tabla.

La caracterización nutrimental del efluente líquido (biodigestato), después del proceso de digestión anaerobia, se hizo con fotómetro de análisis de nutrientes, los resultados se muestran en la Tabla 3.

Discusión

La mejor calidad del biogás se obtuvo a los 60 días, su composición analizada por cromatografía de gas

fue de 66.18% para el metano y para el dióxido de carbono 30.06%, ligeramente superior a los datos obtenidos por Aguilar y Botero (2006), quienes reportan para el metano un 60% y para el dióxido de carbono un 33.2%. Los resultados obtenidos de biogás, sin cribar el contenido ruminal, es aun mayor a lo reportado por Liao *et al.* (1984). Los valores de ácido sulfhídrico de 15 ppm, es similar a los publicado por Fantozzi y Buratti (2009) y obtenido a los 29 días.

Conclusiones

La zona tropical del país tiene un gran potencial para la implementación de sistemas de biodigestión anaerobia. Las altas temperaturas que existen alrededor de todo el año son un factor importante. El uso de biodigestores es una alternativa que coadyuvaría a mejorar la calidad de vida de las familias que habitan en zonas rurales y que cuenten con animales porcinos, caprinos, ovinos, bovinos y

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos del sustrato

Parámetros	Promedios			Unidad
	30	60	90	
Temperatura	28.48	30.72	32.88	°C
pH	6.47	6.99	7.14	---
Oxígeno disuelto	0.09	0.22	0.31	ppm

Tabla 2. Composición del biogás

Composición del biogás	Concentración		
	30 días	60 días	90 días
CH ₄	59.34 %	66.18 %	62.89%
CO ₂	30.95 %	30.06 %	31.25%
N ₂	7.35 %	3.27 %	5.275%
O ₂	2.30 %	0.47 %	0.886%
H ₂ S	15.00 ppm	16.58 ppm	16.38 ppm

Tabla 3. Composición nutrimental del biodigestato, posterior a los 90 días de proceso

Nutriente	Compuesto O Elemento			Unidad
	P ⁺	PO ₄ ⁻³	P ₂ O ₅	
Fosforo	913.3	2853.3	2126.7	(mg/L)
Amoniaco	NH ₃ ⁻	NH ₃	NH ₄ ⁺	(mg/L)
	2479.3	3011.9	3201.5	
Nitrato	NO ₃ -N	NO ₃ ⁻		(mg/L)
	6000	25233.3		
Potasio	k ⁺	K ₂ O		(mg/L)
	2633.3	3100		

aves de corral. Las excretas que generan estos organismos, serían tratadas adecuadamente a partir de procesos biológicos, reduciendo el potencial foco de infección.

El uso del biogás en la cocción de alimentos, evitará la tala de árboles para el uso de leña y evitará enfermedades de vías respiratorias de quienes cocinan con estos materiales combustibles. El aprovechamiento del efluente como mejorador de suelo, reducirá el uso de fertilizantes químicos que por ciclos naturales provocan contaminación del entorno e influyen en enfermedades de los habitantes de la zona.

Literatura citada

- Aguilar, F. & Botero, R.** 2006. Los beneficios económicos totales de la producción de biogás utilizando un biodigestor de polietileno de bajo costo. *Tierra Tropical*, (1): 15-25.
- Asankulova, A.** 2008. Analysis of Factors Influencing Biogas. *Release Geliotekhnika*, 3: 109-112.
- Campero, R. O.** 2008. Programa Viviendas autoenergéticas en Bolivia. Una nueva forma de ver el futuro energético-ambiental del país en el área rural. *Residuos*, 103: 74-79.
- Días, E. & Kreling, J. C.** 2006. *Evaluación de la productividad y del efluente de biodigestores suplementados con grasas residuales*. Tesis licenciatura. Universidad EARTH. Guácimo, Costa Rica. 91 p.
- Fantozzi, F. & Buratti, C.** 2009. Biogas production from different substrates in an experimental Continuously Stirred Tank Reactor anaerobic digester. *Bioresource Technology*, 100: 5783-5789.
- Kaiser, F.; Bas, F. & Gronauer, A.** 2002. Producción de biogás a partir del guano animal: el caso de Alemania. *Agronomía y Forestal UC*, 16: 4-8.
- Krishna, N.; Sumitra, D.; Viswanath, P.; Deepak, S. & Sarada, R.** 1991. Anaerobic Digestion of Canteen Waste for Biogas Production: Process Optimisation. *Process Biochemistry*, 26: 1-5.
- Kumar, M.; Humar, S. & Poonia, M. P.** 2000. Methane, carbon dioxide and nitrous oxide reduction through the application of biogas technology. *Indian Journal of Environmental Health*, 42(3): 117-120.
- Liao, P. H.; Lo, K. V. & Chieng, S. T.** 1984. Effect of liquid-solids separation on biogas production from dairy manure. *Energy in Agriculture*, 3: 61-69.
- Martina, P. E.; García Solá, E. A.; Corace, J. J.; Aeberhard, M. R. & Ventín, A. M.** 2006. Biogas e Isobutano: Análisis comparativo de una propiedad termodinámica. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas*.
- Pedraza, G.; Chará, J.; Conde, N.; Giraldo, S. & Giraldo, L.** 2002. Evaluation of polyethylene and PVC tubular biodigesters in the treatment of swine wastewater. *Livestock Research for Rural Development*, 14(1).
- Poggio, D.; Ferrer, I.; Batet, L. I. & Velo, E.** 2009. Adaptación de biodigestores tubulares de plástico a climas fríos. *Livestock Research for Rural Development*, 21.
<http://www.lrrd.org/lrrd21/9/pogg21152.htm>
- Sánchez, S. M.** 2003. *Energías renovables: conceptos y aplicaciones*. WWF-Fundación Natura. Eds. LXXX, edXXX. 153 p.
- Tchobanoglous, G.; Theisen, H. A. & Vigil, S.** 1998. *Gestión integral de residuos sólidos*. Volumen II. España. 1105 p.

Fósforo disponible en dos fuentes orgánicas por acción de bacterias solubilizadoras de fósforo aisladas de un suelo cultivado con piña (<i>Ananas comosus</i>) YOLANDA CÓRDOVA BAUTISTA, MARCIA EUGENIA OJEDA MORALES, MIGUEL ÁNGEL HERNÁNDEZ RIVERA, GABRIEL MARTÍNEZ VÁZQUEZ & GABRIEL MARTÍNEZ PEREYRA.....	5
Digestores anaerobios: una alternativa para el tratamiento de residuos orgánicos y aprovechamiento del biogás JOSÉ AURELIO SOSA OLIVIER & JOSÉ RAMÓN LAINES CANEPA.....	11
Sorción de hidrocarburos en raíces de plantas fitorremediadoras MARTHA GABRIELA ZURITA CRUZ & ERIKA ESCALANTE ESPINOZA.....	17
Las colecciones del Jardín Botánico J. N. Rovirosa de la DACBIol y su importancia en la educación ambiental SILVIA CAPPELLO GARCÍA, LUISA DEL CARMEN CÁMARA CABRALES, MA. GUADALUPE RIVAS ACUÑA, ELÍAS JOSÉ GORDILLO CHÁVEZ, RODRIGO GARCÍA MORALES & MARÍA DEL ROSARIO BARRAGÁN VÁZQUEZ.....	23
Freshwater rotifer: (part II) a laboratory study of native freshwater rotifers <i>Brachionus angularis</i> and <i>B. quadridentatus</i> from Tabasco JEANE RIMBER INDY, SALOMÓN PARAMO DELGADILLO, LENIN ARIAS RODRÍGUEZ, GABRIEL MÁRQUEZ COUTURIER, HENDRIK SEGERS, CARLOS ALFONSO ÁLVAREZ GONZÁLEZ & WILFRIDO MIGUEL CONTRERAS SÁNCHEZ.....	31
Aplicación y beneficios de los inóculos bacterianos en la fitorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos SARA PÉREZ MONTERO, ILDEFONSO JESÚS DÍAZ RAMÍREZ & ERIKA ESCALANTE ESPINOSA.....	39
Transformación genética de eucariotas YAZMIN HERNÁNDEZ DÍAZ & ALINNE AUDREI MARTÍNEZ LÓPEZ.....	45
Áreas de oportunidad para mejorar el plan de monitoreo y gestión de la calidad de aire en Tabasco GABRIELA SASTRE DE DIOS, YESICA LÓPEZ RODRÍGUEZ, AIDA ARACELY RAMÍREZ ALEJANDRE, CLAUDIA CRISTELL AGUILAR CÓRDOVA, LUIS ALBERTO MARTÍNEZ GARCÍA & ELIZABETH MAGAÑA VILLEGAS.....	53
Códigos de Barras de ADN una nueva herramienta para la sistemática CARLOS MANUEL BURELO RAMOS, LIDIA IRENE CABRERA MARTÍNEZ, PATRICIA ROSAS ESCOBAR, MARÍA DE LOS ÁNGELES GUADARRAMA OLIVERA & NELLY DEL CARMEN JIMÉNEZ PÉREZ.....	61
Análisis y perspectivas del derecho ambiental en Tabasco OCTAVIO MIRANDA AGUADO.....	65
Casas VIETAB: construcción verde y azul CARLOS RODRÍGUEZ JIMÉNEZ, NOEMÍ MÉNDEZ DE LOS SANTOS, MERCEDES WADE ALEJO & JOSÉ RAMÓN LAINES CANEPA.....	71

