



ISSN 2448-508X

KUXULKAB'

-Tierra viva o naturaleza en voz Chontal-

Volumen XXII

Número 42

Enero-Abril 2016

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
División Académica de Ciencias Biológicas



« REVISTA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA »



EJEMPLAR MACHO DE PIGUA (*Macrobrachium carolinense*) DE 3 MESES DE EDAD, PRODUCIDO EN EL LABORATORIO DE LARVIPIGUA.

División Académica de Ciencias Biológicas; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía: Jeane Rimber Indy



DIRECTORIO

Dr. José Manuel Piña Gutiérrez
Rector

Dra. Dora María Frias Márquez
Secretaria de Servicios Académicos

Dr. Wilfrido Miguel Contreras Sánchez
Secretario de Investigación, Posgrado y Vinculación

M. en A. Rubicel Cruz Romero
Secretario de Servicios Administrativos

L.C.P. Marina Moreno Tejero
Secretaria de Finanzas

M.C.A. Rosa Martha Padrón López
Directora de la División Académica de Ciencias Biológicas

Dra. Carolina Zequeira Larios
Coordinadora de Investigación y Posgrado, DACBiol-UJAT

M. en A. Arturo Enrique Sánchez Maglioni
Coordinador Administrativo, DACBiol-UJAT

M. en C. Andrés Arturo Granados Berber
Coordinador de Docencia, DACBiol-UJAT

Biól. Blanca Cecilia Priego Martínez
Coordinadora de Difusión Cultural y Extensión, DACBiol-UJAT

COMITE EDITORIAL DE KUXULKAB'

Dr. Andrés Reséndez Medina (†)
Editor fundador

Dra. Lilia María Gama Campillo
Editor en jefe

Dra. Carolina Zequeira Larios
Dra. María Elena Macías Valadez Treviño
Editores asociados

Biól. Fernando Rodríguez Quevedo
Coordinador editorial

M.C.A. Ma. Guadalupe Rivas Acuña
L.D.C. Rafael Sánchez Gutiérrez
Correctores de estilo

M.C.A. María del Rosario Barragán Vázquez
Corrector de pruebas

Biól. Fernando Rodríguez Quevedo
Téc. Juan Pablo Quiñonez Rodríguez
Lic. Ydania del Carmen Rosado López
Diseñadores

L.Comp. José Juan Almeida García
Soporte técnico institucional

L.C.I. Francisco García Ulloa
Est. Lic. Idiomas, Ana Yuseth Pérez del Ángel
Traductor

Pas. Ing. Ambiental, Manuel Alberto Ek Pozo
Est. Ing. Ambiental, Adrián Hernández Magaña
Est. Lic. Biología Diana Beatriz Montero Hernández
Apoyo técnico

CONSEJO EDITORIAL (EXTERNO)

Dra. Julieta Norma Fierro Gossman
Instituto de Astronomía, UNAM - México

Dra. Tania Escalante Espinosa
Facultad de Ciencias, UNAM - México

Dr. Ramón Mariaca Méndez
El Colegio de la Frontera Sur, ECOSUR San Cristóbal, Chiapas - México

M. en C. Mirna Cecilia Villanueva Guevara
Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco - México

Dr. Julián Monge Nájera
Universidad Estatal a Distancia (UNED) - Costa Rica

Dr. Jesús María San Martín Toro
Universidad de Valladolid (UVA) - España

KUXULKAB'

La revista KUXULKAB' (vocablo chontal que significa «tierra viva» o «naturaleza») es una publicación cuatrimestral de divulgación científica la cual forma parte de las publicaciones periódicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; aquí se exhiben tópicos sobre la situación de nuestros recursos naturales, además de avances o resultados de las líneas de investigación dentro de las ciencias biológicas, agropecuarias y ambientales principalmente.

El objetivo fundamental de la revista es transmitir conocimientos con la aspiración de lograr su más amplia presencia dentro de la propia comunidad universitaria y fuera de ella, pretendiendo igualmente, una vinculación con la sociedad. Se publican trabajos de autores nacionales o extranjeros en español, con un breve resumen en inglés, así como también imágenes caricaturescas.

KUXULKAB' se encuentra disponible electrónicamente y en acceso abierto en la siguiente dirección: www.revistas.ujat.mx; por otro lado se halla citada en:

PERIÓDICA (Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias):
www.dgbiblio.unam.mx

LATINDEX (Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal):
www.latindex.unam.mx/index.html

Nuestra portada:

Acciones de conservación de la biodiversidad realizadas en la División Académica de Ciencias Biológicas, UJAT.

Diseño de:

Fernando Rodríguez Quevedo & Ydania del Carmen Rosado López; División Académica de Ciencias Biológicas, UJAT.

Fotografías de:

Rafael Sánchez Gutiérrez; Anahí K. Tapia Gómez, Marcela A. Cid Martínez, José E. Rosique Gil; Guadalupe Gómez Carrasco; León D. Olivera Gómez; José C. Martínez Rodríguez & Ernesto Rodríguez Rodríguez.

KUXULKAB', año XXII, No. 42, enero-abril 2016; es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) a través de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol). Av. Universidad s/n, Zona de la Cultura; Col. Magisterial; Villahermosa, Centro, Tabasco, México; C.P. 86040; Tel. (993) 358 1500, 354 4308, extensión 6415; <http://www.revistas.ujat.mx>; kuxulkab@ujat.mx. Editor responsable: Lilia María Gama Campillo. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2013-090610320400-203; ISSN: 2448-508X, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Coordinador editorial de la revista, Fernando Rodríguez Quevedo; Kilómetro 0.5 de la carretera Villahermosa-Cárdenas, entronque a Bosques de Saloya; CP. 86039; Villahermosa, Centro, Tabasco; Tel. (993) 358 1500, 354 4308, extensión 6415; Fecha de la última modificación: 31 de julio de 2015.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la revista, ni de la DACBiol y mucho menos de la UJAT. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.



Editorial

Estimados lectores:

Inicio este 2016, con la publicación cuatrimestral de nuestra revista electrónica ya encaminada. A partir de este número, esperamos que para los estudiantes e investigadores se abran nuevas áreas de oportunidad vinculadas a nuestra publicación, como puede ser una mayor facilidad de acceso a la información así como la posibilidad de navegación entre ella. Este año la web conocida como «www», cumple 25 años de existencia, un sistema que hoy es usado también para que las diferentes revistas, como la nuestra, comuniquen información.

Es importante destacar que la velocidad a la que este sistema se ha desarrollado y permite el acceso a la información es exponencial. Los primeros intentos electrónicos de comunicar especialmente en relación a libros, se realizó a través de los discos compactos (CD) hace relativamente poco tiempo; para facilitar este proceso de intercambio de información se han generado varias estrategias que aún siguen perfeccionándose. Hoy existen temas pendientes al respecto, por ejemplo el tipo de acceso o los costos de su implementación por un lado, así como el desarrollo de diferentes sistemas que facilitan el acceso. Cabe destacar, que en esta carrera de desarrollo tecnológico participa también la velocidad de aumento en instrumentos de acceso a la información. Actualmente en nuestro teléfono celular podemos tener lecturas a través de descargar libros y artículos electrónicos.

La División Académica de Ciencias Biológicas consciente de estos avances, se adentro en la búsqueda de alternativas, que permita a nuestra revista, participar en todas estas nuevas posibilidades de compartir información, y esto es posible gracias al grupo editorial de apoyo que con su compromiso, inquietud e ideas colaboran aportando opiniones y estrategias para ser cada vez más, una revista ejemplo de la divulgación regional; a ellos les reitero mi agradecimiento ya que *Kuxulkab'* es posible por el excelente equipo.

Las cinco interesantes contribuciones que se publican en esta ocasión con temas de contaminación, conservación y biodiversidad, son una muestra de la preocupación por el futuro y las posibilidades que tenemos de mejorarlo, tanto con nuevas y mejores prácticas como con el rescate de aquellas que nuestros ancestros conocedores de su entorno utilizaban. Además, nos recuerdan que dependemos de la energía y los recursos naturales, pero lo más importante, es tener información expuesta y disponible como lo hace nuestra revista; esto para reflexionar en las acciones que podríamos tomar. Aprovechamos para agradecer a los árbitros y colaboradores que nos apoyan, así como de reiterar que *Kuxulkab'* es una opción para comunicar temas de actualidad e investigaciones. La divulgación de la ciencia es una responsabilidad de los que trabajamos en estas áreas y contribuye a generar conciencia de nuestro entorno.

Lilia María Gama Campillo
EDITOR EN JEFE DE KUXULKAB'

Rosa Martha Padrón López
DIRECTORA DE LA DACBIOL-UJAT

Contenido

DIGESTIÓN ANAEROBIA DE LA FRACCIÓN ORGÁNICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LAS CAFETERÍAS DE LA DACBioI	5
Anahí Karina Tapia Gómez, José Ramón Laines Canepa & José Aurelio Sosa Olivier	
VARIACIÓN DE LAS ESPORAS DE <i>Ganoderma sp</i> EN LA ATMÓSFERA DE VILLAHERMOSA, TABASCO	13
Marcela Alejandra Cid Martínez, Karina Gallardo Velázquez & José Edmundo Rosique Gi	
IMPORTANCIA DE LOS ESTUDIOS MOLECULARES PARA LA CONSERVACIÓN DEL MANATÍ ANTILLANO (<i>Trichechus manatus manatus</i>) EN MÉXICO	19
Guadalupe Gómez Carrasco, Julia María Leshner Gordillo, León David Olivera Gómez, Raymundo Hernández Martínez & Félix Jiménez Gómez	
PATRONES TEMPORALES EN COMUNIDADES BIOLÓGICAS	27
Alain Lois D'artola Barceló	
ANÁLISIS DE ZANJAS DE OXIDACIÓN COMO TECNOLOGÍA DE REMOCIÓN BIOLÓGICA DE NUTRIENTES EN EL ESTADO DE TABASCO	33
José Cruz Martínez Rodríguez & Ernesto Rodríguez Rodríguez	

DIGESTIÓN ANAEROBIA DE LA FRACCIÓN ORGÁNICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LAS CAFETERÍAS DE LA DACBioI

ANAEROBIC DIGESTION OF THE ORGANIC FRACTION OF MUNICIPAL SOLID WASTES GENERATED ON THE CAFETERIA OF DACBioI

Anahí Karina Tapia Gómez¹✉, José Ramón Laines Canepa² & José Aurelio Sosa Olivier³

¹Egresada de la Licenciatura en Ingeniería Ambiental de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBioI); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). ²Doctor en Ciencias en Ecología y Manejo de Sistemas Tropicales y profesor-investigador de tiempo completo de la DACBioI-UJAT. Miembro del Cuerpo Académico Consolidado de Evaluación y Tecnología Ambiental. ³Maestro en Ciencias y profesor-investigador de la DACBioI-UJAT.

Centro de Acopio y Tratamiento de Residuos (CATRE), División Académica de Ciencias Biológicas (DACBioI); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).

Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5, entronque a Bosques de Saloya; C.P. 86039; Villahermosa, Tabasco; México.

✉ aurelio.sosa@ujat.mx

Como referenciar:

Tapia Gómez, A.K.; Laines Canepa, J.R. & Sosa Olivier, J.A. (2016). Digestión anaerobia de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos generados en las cafeterías de la DACBioI. *Kuxulkab'*, XXII(42): 05-12, enero-abril.

Disponible en:

<http://www.revistas.ujat.mx>

<http://www.revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab>

Resumen

La mala gestión de los residuos sólidos es uno de los problemas ambientales de mayor preocupación. Las Instituciones de Educación Superior han presentado en los últimos años un incremento en el número de alumnos, y esto se ve reflejado en la generación de residuos. La digestión anaerobia es una alternativa para el tratamiento de los residuos orgánicos mediante la degradación de la materia orgánica, produciendo biogás que puede ser utilizado como energía. El objetivo del presente trabajo es utilizar la digestión anaerobia como tratamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos en la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBioI).

Palabras clave: Digestión anaerobia, biogás, residuos orgánicos.

Abstract

The solid waste mismanagement is one of the environmental issues of greatest concern. Universities have shown an increase in the number of its students and waste generation reflects it. Anaerobic digestion produces biogas, which can be used as energy, providing an alternative to the treatment of organic waste by degradation of organic matter. The objective of this paper is to use anaerobic digestion as treatment for the organic fraction of municipal solid waste in the División Académica de Ciencias Biológicas (DACBioI).

Keywords: Anaerobic digestion, biogas, organic wastes.

Residuos en mi universidad ¿qué hago con ellos?

Las instituciones de educación superior concentran un gran número de personas durante largos periodos de tiempo provocando una alta generación de residuos sólidos urbanos (RSU). En la Pontificia Universidad Javeriana en Santafé de Bogotá, Colombia se reportó una generación diaria de 1,551 kg de RSU, por otra parte, en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán reportan una generación de 2,400 kg d⁻¹, donde el material orgánico representa el 50 %, papel 15 %, sanitarios 5 %, plásticos 15 %, metal 5 %, varios 10 % (Hernández & Sáenz, 2000; Sánchez *et al.*, 2005, citado por Ávila, 2009). Armijo de Vega *et al.* (2006) reportaron que la fracción orgánica de los RSU generados en la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), Campus Mexicali, es de 54.1 %. A su vez Ruiz (2012) reporta que los residuos alimenticios ocupan un 29.32 % de los RSU generados en la Universidad Iberoamericana.

En la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) también se han realizado estudios de generación de RSU, en la División Académica de Educación y Artes (DAEA) Ávila (2009) reportó que se generaron 282.61 kg d⁻¹ de RSU y de los cuales obtuvo un 40.96 % de residuos orgánicos. Por otro lado, en la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol) Palma (2014) reportó que hubo una generación promedio de 172.97 kg d⁻¹ de RSU de los cuales el 21.5 % son residuos orgánicos. Por ende, se requiere implementar sistemas de tratamiento de estos residuos, fomentando la reducción en la fuente, tratamiento y disposición final adecuada.

La digestión anaerobia es una de las soluciones para el tratamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (FORSU), que permite aprovechar la biomasa como fuente de energía renovable (Buenrostro, 2000; Sosa & Laines, 2012). La FORSU contiene diferentes características fisicoquímicas, una humedad mayor de 600 g kg⁻¹, valores de sólidos totales (ST) entre 84.4 y 171.1 g kg⁻¹, y sólidos volátiles totales (SVT) entre 77.5-142.8 g kg⁻¹ (Mata-Álvarez, 2000; Bouallagui *et al.*, 2005; Corti & Lombardi, 2007). La digestión anaerobia puede reducir en un rango de 45 a 55 % la concentración de SVT, alcanzando rendimientos de 112 L Biogás kg⁻¹ SVT Callaghan *et al.*, 1999; Bres *et al.*, 2012). Hartmann & Ahring (2005) reportan un rendimiento de 0.40 L CH₄ g⁻¹ SVT. Álvarez & Lidén (2008) reportaron una producción 0.316 L Biogás d⁻¹ para el tratamiento control de FORSU y un rendimiento en metano de 0.002 L CH₄ g⁻¹ SVT.

Existen factores que coadyuvan a mejorar los procesos de digestión anaerobia, como la temperatura, agitación y pH (Sosa & Laines, 2012; Gou *et al.*, 2014) Algunos autores plantean que el valor óptimo general de pH para la digestión anaerobia es 7, al igual de que existen diferentes valores en cada una de las fases. En la fase acidogénica se presentan valores de pH alrededor de 6, en la fase acetogénica un pH cercano a 7 y para los metanogénicos en rangos de 6.7 a 7.4 (Molina, 2007; Cendales, 2011). Un ambiente de pH bajo inhibe el crecimiento de las bacterias metanogénicas, para incrementarlo se ha propuesto la adición de buffers (Rodney *et al.*, 1995; Chiemchaisri *et al.*, 2002, Castillo *et al.*, 2003; citado por Saucedo, 2007). De igual forma, se ha evaluado la adición de bicarbonato de sodio (Sanphoti *et al.*, 2003), otros han utilizado cal para acelerar la estabilización de los residuos y optimizar la actividad metanogénica (Rodney *et al.*, 1995; citado por Saucedo, 2007).

«En la UJAT se han realizado estudios sobre la generación de RSU, en 2014 se reportó para la DACBiol una producción promedio de 172.97 kg d⁻¹, siendo residuos orgánicos el 21.5 %»

«El Centro de Acopio y Tratamiento de Residuos (CATRE) de la DACBiol, realiza diversas actividades sobre el manejo de RSU»

El objetivo del presente trabajo es evaluar la digestión de la FORSU generada en la División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (DACBIOL-UJAT).

¿Cómo hacer biogás?

Sustrato. El sustrato se obtuvo de la FORSU generada en las cafeterías de la DACBIOL-UJAT, se recolectaron durante tres días y se aplicó el método de cuarteo en base a la NMX-AA-15-1985 para obtener muestras representativas (fotografía 1). Las muestras se trituraron utilizando una licuadora industrial, obteniendo un tamaño de partícula alrededor de 2 mm (fotografía 2).

Caracterización elemental. Las muestras fueron secadas a 103 °C durante 24 h, para eliminar la humedad (NMX-AA-16-1984). Las muestras secas se pulverizaron, envasaron y fueron enviadas para su análisis elemental a la Unidad de Servicio y Apoyo a la Investigación (USAI) de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). La determinación elemental del contenido de carbono, hidrógeno, nitrógeno y azufre de los RSU, se llevó a cabo por triplicado. En base a los resultados elementales, se realizaron estimaciones teóricas de la generación, composición y rendimiento de biogás, con respecto a los valores de SVT, de acuerdo a lo reportado por Tchobanoglus (1994) y Heo *et al.* (2004).

Caracterización analítica. A cada muestra representativa, se determinó la humedad (NMX-AA-16-1984), sólidos volátiles (NMX-AA-034-SCFI-2001), cenizas (NOM-AA-18-1984) y los ST se calcularon de la diferencia de 1-%cenizas (Bux *et al.*, 2012).

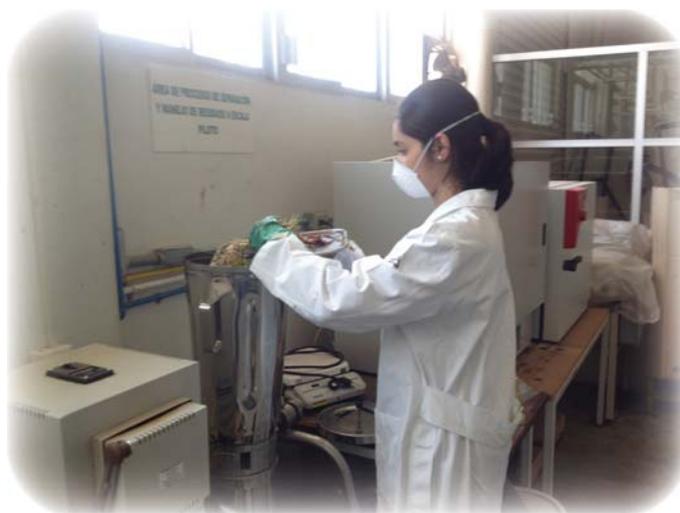
Diseño experimental. Para la evaluación de la digestión anaerobia de la FORSU, se realizaron tres réplicas.

Unidades experimentales. Se emplearon botellas de reacción de 1 L, que contenían un imán para realizar la agitación de la mezcla, en la tapa estaba conectada una manguera de 9 mm y en el otro extremo, a una bolsa Tedlar® para biogás, de 1 L de capacidad (imagen 1).

Operación. Las unidades experimentales fueron llenadas a 800 ml con la mezcla del tratamiento, el régimen de operación fue tipo Batch, similar a lo reportado por Callaghan *et al.* (1999). Durante el proceso se realizó la agitación en una parrilla magnética a 500 rpm, durante 30 min. La temperatura se mantuvo a 35 °C en una estufa de laboratorio. El tiempo estimado de operación fue de 120 días.



Fotografía 1. Obtención de la muestra por método de cuarteo.



Fotografía 2. Trituración de la muestra utilizando una licuadora industrial.

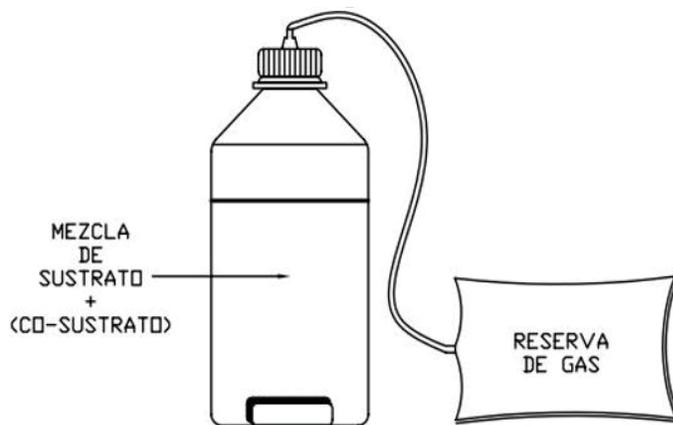


Imagen 1. Unidad experimental para la digestión (elaborado por Tapia, 2015).

Cuadro 1. Características iniciales de las muestras.

Muestra	Humedad (%)	ST (%)	SV (%)	SF (%)	Cenizas (%)
FORSU	40.77 ± 0.61	59.23 ± 0.36	82.02 ± 2.72	8.28 ± 1.90	9.7 ± 0.84

Cuadro 2. Caracterización elemental de la FORSU.

Elemento	%
C	48.4700
H	6.8533
O	31.5667
N	2.9900
S	0.4600

Cuadro 3. Resultados teóricos de generación de biogás.

Gas	Gas generado (kg)	Volumen (m ³)	m ³ biogás kg ⁻¹ SVT	Composición (%)
CH ₄	21.7405	30.2793	0.6223	53.4872
CO ₂	45.5451	23.0259	0.4733	40.6743
NH ₃	2.1650	3.0928	0.0636	5.4633
H ₂ S	0.2889	0.2124	0.0044	0.3752
Biogás	69.7395	56.6104	1.1635	100.0000

Cuadro 4. Características de los tratamientos al inicio y al final del proceso.

Parámetros	Inicio	Final
	FORSU (100%)	FORSU (100%)
DQO(mg/l)	33800.00	3240.00
OD (ppm)	0.74	0.27
ORP (mV)	87.80	-290.00
pH	4.43	8.25
Nitrógeno (NO ₃)	0.00	15000.00
Fósforo (FO ₄)	2546.67	6466.67
Potasio (K ₂ O)	7000.00	65500.00

Monitoreo. Durante el proceso se monitorearon cada semana los siguientes parámetros: potencial redox (ORP), pH, oxígeno disuelto (OD), sólidos disueltos totales (SDT); con un equipo multiparamétrico marca Hanna 9828®. La Demanda Química de Oxígeno (DQO) se monitoreó cada 15 días, en referencia a la norma EPA 410.4. El biogás se midió con un equipo Dragër® modelo X-am 7000.

¿Qué obtengo de la digestión anaerobia?

Caracterización analítica. Después de realizar la caracterización analítica se encontró un porcentaje de humedad de 40.77± 0.61 y un porcentaje de 82.02 ±2.72 de SVT. Como se muestra en el cuadro 1.

Caracterización elemental. En el cuadro 2 se observa la composición elemental de la FORSU y los valores teóricos de generación de biogás y rendimientos en masa. En base a los resultados elementales, se realizaron las estimaciones teóricas de la generación, composición y rendimiento de biogás, con respecto a los valores de SVT. En el cuadro 3 se muestran los resultados de la generación teórica de biogás, donde se muestra que la FORSU puede alcanzar un rendimiento de 1.1635L BIOGAS g⁻¹ SVT.

Unidades experimentales. En la fotografía 3 se muestran las unidades experimentales.

Monitoreo. El comportamiento del potencial redox se muestra en la gráfica 1 el cual fue disminuyendo durante el proceso y en las últimas semanas alcanzó valores alrededor de los -350mV. A partir de la semana nueve hay un incremento notorio en la concentración de sólidos totales disueltos (gráfica 2). En el cuadro 4 se muestran las características fisicoquímicas de los tratamientos al inicio y final del proceso. Durante ocho semanas los valores de pH se encontraron en un rango de 4 a 5, sin producción de biogás durante este periodo.



Fotografía 3. Muestra de las unidades experimentales.

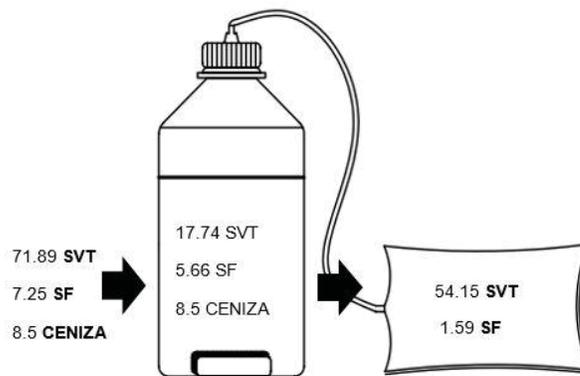
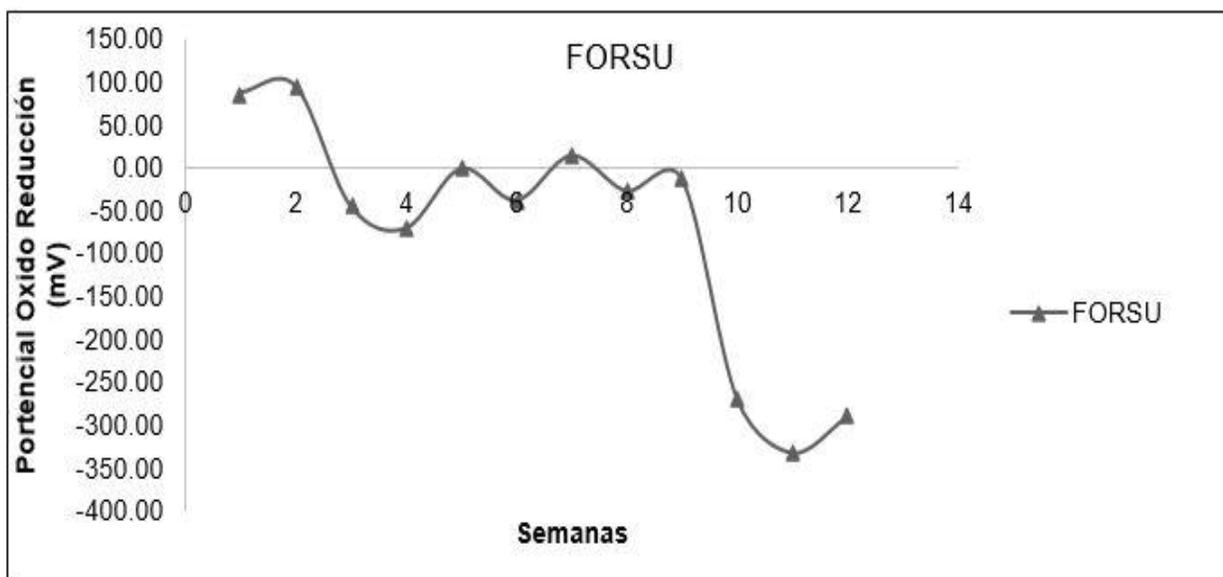


Imagen 2. Diagrama del balance de masa (g), (elaborado por Tapia, 2015).

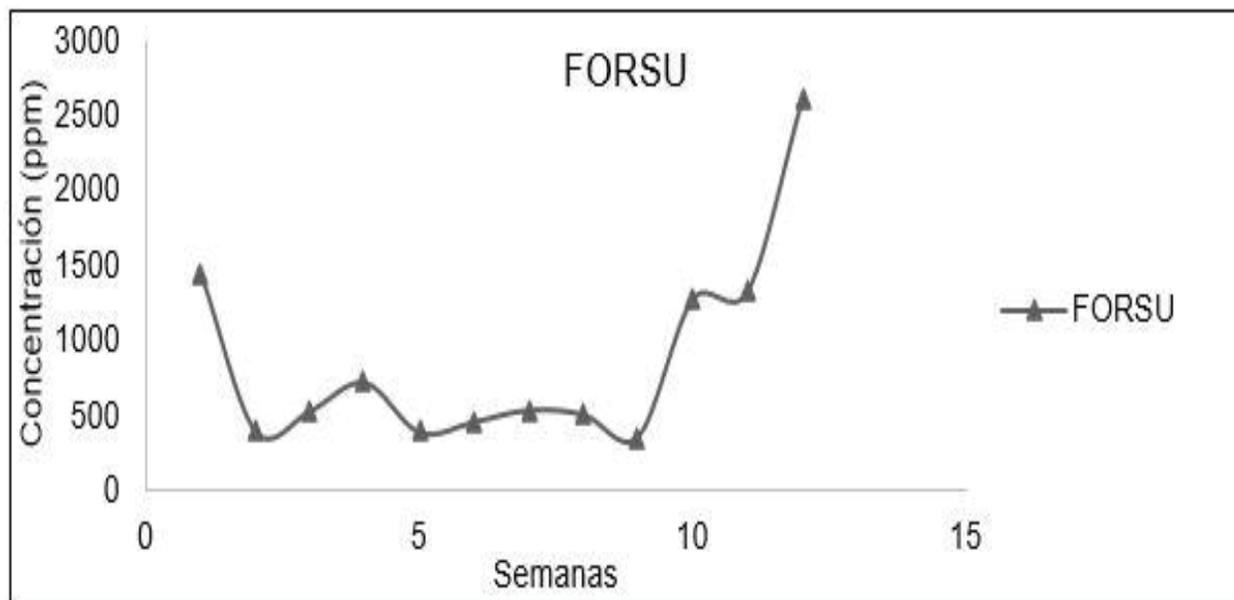


Gráfica 1. Comportamiento del potencial de óxido-reducción durante el proceso de digestión anaerobia.

Cuadro 5. Producción y composición del biogás generado.

Tratamiento	Biogás (L)	Rendimiento (L BIOGAS g ⁻¹ SVT)	CH ₄ (L)	Rendimiento (L CH ₄ g ⁻¹ SVT)	CO ₂ (L)	H ₂ S (L)
FORSU	63.01	1.16	33.70	0.62	25.63	0.24

Tapia et al., (2016). Kuxuk'ad', XXII(42): 05-12



Gráfica 2. Comportamiento de los sólidos totales disueltos.

Cuadro 6. Características de los tratamientos al final del proceso.

Tratamiento	SVT (%)	SF (%)	Cenizas (%)	Remoción SVT (%)	Remoción SF (%)
FORSU	33.29 ± 1.00	10.630 ± 0.48	56.08 ± 1.30	75.32	21.93

Por ello se procedió a la estabilización del proceso, utilizando el lixiviado de "*Jatropha curcas*" el cual tiene un pH de 11.02, obtenido mediante el método de la NMX-AA-25-1984. En el cuadro 5 se muestran los volúmenes y características de la composición del biogás generado, la FORSU alcanzó un rendimiento de 1.16 L BIOGAS g⁻¹ SVT y un rendimiento de metano de 0.62 L CH₄ g⁻¹ SVT.

Post operación. El cuadro 6 muestra las características de los tratamientos al final del proceso. Se encontró un alto porcentaje de remoción de la DQO de 90.08 ± 4.34 y un porcentaje de 75.32 % de remoción de SVT. El balance de masa en la imagen 2, muestra la entrada y salida en el proceso, de igual manera, lo que se encontró en el biodigestato.

La FORSU no es la misma en todos lados

Según los resultados la FORSU obtuvo una humedad del 40.77 % la cual es menor comparada con Mata-Álvarez (2000) con valores por encima del 80%. Los valores obtenidos de SVT, son similares a lo reportado por Boullagui (2005) y Corti & Lombardi (2007). Álvarez & Lidén (2008) reportaron una producción 0.316 L Biogás d⁻¹ para el tratamiento de FORSU, menor en comparación con la obtenida en este trabajo.

El rendimiento del metano fue mayor que lo reportado por Hartmann & Ahring (2005) y Álvarez & Lidén (2008). La remoción de SVT fue del 75.32 % mayor a lo reportado por Callaghan *et al.*, (1999) y Bres *et al.*, (2012). Los valores de pH registrados durante nueve semanas, estuvieron en el rango de 4 a 5, se observó un ineficiente proceso, por lo cual se realizó una estabilización en este valor, utilizando

lixiviado del proceso de compostaje de la "*Jatropha curcas*", el cual tenía un pH de 8.88, con ello se logró alcanzar valores cercanos a la neutralidad.

La digestión anaerobia como alternativa en el tratamiento de la FORSU

La digestión anaerobia resulta una tecnología eficiente en el tratamiento de la FORSU. Se obtuvo un alto porcentaje en la remoción de DQO y SVT. En base a la experiencia adquirida en este trabajo, se puede corroborar que la adición de lixiviado del compostaje de la *Jatropha curcas*, potencializa el proceso de digestión anaerobia.

Referencias

Álvarez, R. & Lidén, G. (2008). Semi-continuous co-digestion of solid slaughterhouse waste, manure, and fruit and vegetable waste. *Renewable Energy*, 726-734

Armijo de Vega, C.; Ojeda, S.; Ramírez, E. & Quintanilla, A. (2006). Potencial de reciclaje de los residuos de una institución de educación superior: el caso de la Universidad Autónoma de Baja California. *Ingeniería*, 13-21

Ávila, I. (2009). *Diagnóstico básico de residuos sólidos en la División Académica de Educación y Artes* (Tesis de Licenciatura en Ingeniería Ambiental). Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco, México.

Boullagui, H.; Touhami, Y.; Ben Cheikh, R. & Hamdi, M. (2005). Bioreactor performance in anaerobic digestion of fruit and vegetable wastes. *Process Biochemistry*, 989-995

Bres, P.; Beily, E. & Crespo, D. (2012). Digestión anaeróbica mesofílica de la fracción orgánica de residuos sólidos domiciliarios. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 31-36

Buenrostro, O.; Cram, S.; Benache, G. & Bocco, G. (2012). La digestión anaerobia como alternativa de tratamiento a los residuos sólidos orgánicos generados en los mercados municipales. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 19-26

Bux, R.; Razaque, A. & Aslam, M. (2012). Biomethanization potential of waste agricultural biomass in pakistan: a case study. *Biomass & Renewables*, 32-37

Callaghan, F.; Wase, D.; Thayanithy, K. & Forster, C. (1999). Co-digestion of waste organic solids: batch studies. *Bioresource Technology*, 117-112

Cendales, E. (2011). *Producción de biogás mediante la codigestión anaerobia de la mezcla de residuos críticos y estiércol bovino para su utilización como fuente de energía renovable* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia. Recuperado: <http://www.bdigital.unal.edu.co/4100/1/edwindariocendalesladino.2011.parte1.pdf>

Corti, A. & Lombardi, L. (2007). *Anaerobic co-digestion of source selected organic waste and sewage sludge* (Eleventh International Symposium Waste Management and Landfill Sardinia; pp. 1-5). Cagliari.

Gou, C.; Yang, Z.; Huang, J.; Wang, H.; Xu, H. & Wang, L. (2014). Effects of temperature and organic loading rate on the performance and microbial community of anaerobic co-digestion of waste activated sludge and food waste. *Chemosphere*, 105: 146-151

Hartmann, H. & Ahring, B. (2005). Anaerobic digestion of the organic fraction of municipal solid waste: influence of co-digestion with manure. *Water Research*, 1543-1552

Heo, N.; Park, S. & H. K. (2004). Effects of mixture ratio and hydraulic retention time on single-stage anaerobic co-digestion of food waste and waste activated sludge. *Journal of Environmental Science and Health, part A: toxic/hazardous substances and environmental engineering*, 1739-1756

Mata-Álvarez, J.; Macé, S. & Llabré, P. (2000). Anaerobic digestion of organic solid wastes: an overview of research achievements and perspectives. *Bioresource Technology*, 3-16

Molina Pérez, F. (2007). *Comportamiento dinámico de digestores anaerobios* (Tesis de Doctorado). Universidad de Santiago de Compostela) Recuperado de <http://www.usc.es/biogrup/sites/default/files/FranciscoMolina.pdf>

Palma, A. (2014). *Logística inversa: una propuesta para el manejo de los residuos generados en la División Académica de Ciencias Biológicas* (Tesis de Licenciatura en Ingeniería Ambiental). Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Tabasco, México.

Ruiz, M. (2012). Caracterización de residuos sólidos en la Universidad Iberoamericana, Ciudad de México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 93-97

Saucedo, G. (2007). *Degradación y estabilización acelerada de residuos sólidos urbanos (RSU) por tratamientos aerobios y anaerobios* (informe final). México: Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Iztapalapa.

Sanphoti, N.; Towprayoon, S.; Chaiprasert, P. & A. N. (2003). Improvement of waste decomposition in leachate recirculation simulated landfill by high water addition. *Asian Journal Energy Environmental*, 145-161

Sosa Olivier, J.A. & Laines Canepa, J.R. (2012). Digestores anaerobios: una alternativa para el tratamiento de residuos orgánicos y producción de biogás. *Kuxulkab' revista de divulgación*, XVIII(35): 11-15

Tapia Gómez, A.K. (2015). *Codigestión de residuos sólidos orgánicos generados en las cafeterías de la División Académica de Ciencias Biológicas* (Tesis de Licenciatura en Ingeniería Ambiental inédita). Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa Tabasco, México.

Tchobanoglous, G.; Theisen, H. & Vigil, S. (1994). *Gestión Integral de residuos sólidos* (Vol. 1 y 2). España: McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.



CIUDAD JUÁREZ
ESTADO DE TABASCO

UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

DIFUSIÓN Cultural

INSTALACIONES
CULTURAS EMERGENTES

K'elen-Bijj 2016
Proyecto de Arte Contemporáneo y Culturas Emergentes
del 1 al 7 de Septiembre

MÚSICA
TEATRO
FOTOGRAFÍA
ARTES PLÁSTICAS
CANTO

www.ujat.mx

**FUENTE DE LOS FUNDADORES, POR LA CONMEMORACIÓN DE LOS 25 AÑOS DE BIOLOGÍA EN LA UJAT
(K'elen-Bijj 2016: MUESTA DE ARTE CONTEMPORÁNEO Y CULTURAS EMERGENTES)**

División Académica de Ciencias Biológicas; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía: José Francisco Juárez López & Ydania del Carmen Rosado López

«La disciplina es no perder de vista lo que se desea alcanzar»

DACBiol



EDIFICIO DR. ANDRÉS RESÉNDEZ MEDINA: *antes Centro de Investigación en Biología y Biotecnología Tropical.*
División Académica de Ciencias Biológicas; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía de Rafael Sánchez Gutiérrez



KUXULKAB'

División Académica de Ciencias Biológicas; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

☎ +52 (993) 358 1500, 354 4308 ext. 6415
✉ kuxulkab@ujat.mx • kuxulkab@outlook.com
🌐 www.revistas.ujat.mx

Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5, entronque a Bosques de Saloya. C.P. 86039.
Villahermosa, Tabasco. México.

