



# KUXULKAB'

## REVISTA DE DIVULGACIÓN

División Académica de Ciencias Biológicas

ISSN 1665-0514

• Volumen XVII • Número 32 • Enero - Junio 2011 •

**Universidad Juárez Autónoma de Tabasco**



## 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>  
<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 Tel. y fax (93) 54 43 08. Imprenta: Morari Formas Continuas, S.A. de C.V. Heróico Colegio Militar No. 116. Col. Atasta C. P. 86100 Villahermosa, Tabasco. Distribuidor: División Académica de Ciencias Biológicas Km. 0.5 Carretera Villahermosa-Cárdenas, entronque a Bosques de Saloya. Villahermosa, Tabasco.

### **Nuestra Portada**

**Diseño de Portada por:**

Lilianna López Gama

**Fotos:**

Rafael Sánchez Gutiérrez

## Estimados lectores de Kuxulkab´:

**D**urante el transcurso de este año se han venido realizando una importante cantidad de eventos ambientales en los que profesores y estudiantes de nuestra División han participado divulgando las actividades que realizamos, lo que refleja la dinámica que se tiene de trabajo.

Kuxulkab´ es otro medio de divulgación importante en nuestra División, el objetivo de nuestra revista es hacer llegar a nuestros lectores de forma sencilla y agradable temas de interés general además de darles a conocer algunas de las actividades de investigación que se hacen en nuestra División como una contribución a la divulgación de las ciencias ambientales, entre los documentos que nos envían, seleccionamos temas que les comuniquen cual es la situación de los recursos naturales en especial de nuestro Estado, además de algunos otros temas que describan problemas ambientales que estemos viviendo día a día. Este número contiene una colección de catorce artículos y una nota además de un poema de su autoría que una colega comparte con nosotros en esta ocasión. Los temas están relacionados a temas de actualidad en la ciencia como es la bioquímica, biotecnología o la biología molecular y sus aplicaciones, así también de reciclado de materiales y manejo de agua como un recurso vital y abundante en nuestro estado. Entre los artículos incluidos destacan investigaciones que se llevan a cabo en nuestra escuela tanto por alumnos como por profesores/investigadores en los que comparte resultados de cursos, investigaciones ambientales y estudios realizados entre nuestra población estudiantil con lo que refrendamos nuestro compromiso en tener una puerta abierta para que todos los que realizan actividades es nuestra División tengan un espacio de comunicación. Nuestros artículos presentan resultados de contribuciones de investigación de campo o bibliográficas que se desarrollan en los cursos 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.

Les invitamos a seguir enviándonos sus manuscritos, 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 cuyos resultados de sus investigaciones comparten con nosotros. Como siempre agradecemos a los colaboradores interesados en la divulgación y 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 Gama**  
Editor en Jefe

**Rosa Martha Padrón López**  
Directora

**División Académica de Ciencias Biológicas**  
**Universidad Juárez Autónoma de Tabasco**



---

## La digestión anaerobia y la bioquímica

**Karla Cristel Cámara Moguel\***  
**José Ramón Laines Canepa**

*\*Laboratorio de residuos de la DACBiol  
moguel.karla@gmail.com*

### Introducción

La digestión anaerobia (DA) es un proceso que involucra diferentes comunidades de microorganismos e interacciones entre ellos. Son tres diferentes fases por las que pasa esta digestión para un fin común, el producto principal, que es una mezcla de gases que son capaces de generar energía, mejor conocido como Biogás.

Durante la DA los complejos multienzimáticos de microorganismos son los encargados de desdoblar la materia orgánica en un proceso de tres fases: hidrólisis, acidogénesis y metanogénesis, hasta el producto final deseado (biogás), donde el metano (CH<sub>4</sub>), es el principal componente.

En la primera fase un grupo de microorganismos segregan enzimas, que son capaces de hidrolizar biomoléculas poliméricas a intermediarios metabólicos monoméricos, tales como la glucosa y aminoácidos. Estos son convertidos subsecuentemente a ácidos grasos volátiles, H<sub>2</sub> y ácido acético por un segundo grupo de bacterias, las acetogénicas. Por último, el tercer grupo de bacterias, metanogénicas, convierten el H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y acetato a CH<sub>4</sub> (Verma, 2002).

La generación natural de biogás es una parte importante del carbono en el ciclo biogeoquímico. La Metanogénesis es el último eslabón en una cadena de microorganismos que degradan el material orgánico y devuelven los productos de descomposición al ambiente (Kossman *et al.*, 2000).

El presente artículo, describe la digestión anaerobia desde la perspectiva bioquímica como parte de un proyecto de investigación titulado

“IDENTIFICACIÓN DE MICROORGANISMOS POR GRUPOS FUNCIONALES EN UN BIODIGESTOR TIPO BATCH INOCULADO CON RUMEN GASTRICO DE GANADO VACUNO,” que se realiza en la División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

### Digestión Anaerobia

La digestión anaerobia es un proceso bioquímico mediante el cual la materia orgánica, en ausencia de oxígeno y por medio de un grupo de bacterias específicas, se degrada en una serie de productos gaseosos conocidos como “biogás” (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, etc.), y en digestato, que es una mezcla de productos minerales (N, P, K, Ca, etc.) y compuestos de difícil degradación. Puede aplicarse, entre otros, a residuos ganaderos, agrícolas, así como a los residuos de las industrias de transformación de dichos productos. Entre los residuos se pueden citar estiércol de animales, residuos agrícolas o excedentes de cosechas, etc. Estos residuos se pueden tratar de forma independiente o conjunta, mediante lo que se conoce como co-digestión. Se puede llevar a cabo con uno o más residuos con las únicas premisas de que sean líquidos, contengan material fermentable, y tengan una composición y concentración relativamente estable. La co-digestión es una variante tecnológica que puede solucionar problemas o carencias de un residuo, si son compensadas por las características de otro (IDAE, 2007).

Dentro de los beneficios asociados a la digestión anaerobia se encuentra, la reducción significativa de malos olores, la mineralización, la producción de energía renovable si el gas se

aprovecha energéticamente y sustituye a una fuente de energía fósil, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de la reducción de emisiones incontroladas de CH<sub>4</sub>, (que produce un efecto invernadero 20 veces superior al CO<sub>2</sub>), y la reducción de CO<sub>2</sub> ahorrado por sustitución de energía fósil (IDAE, 2007).

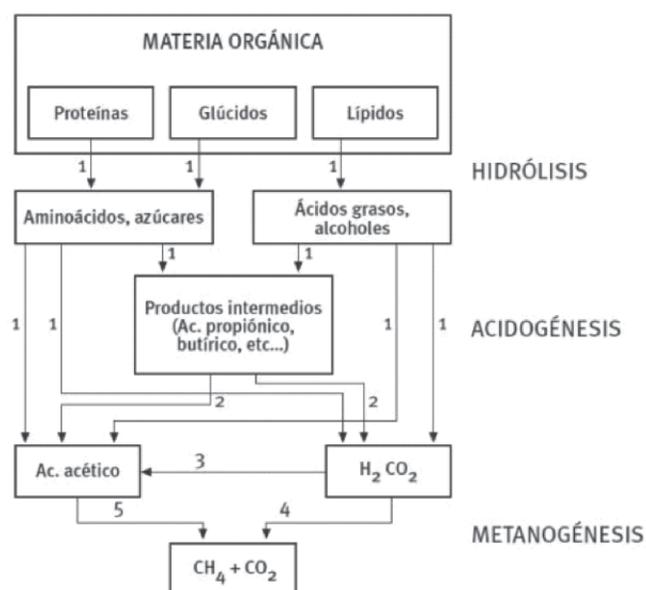
### Fases de la Digestión Anaerobia

La digestión anaerobia está caracterizada por la existencia de varias fases consecutivas diferenciadas en el proceso de degradación del sustrato, interviniendo 5 grandes poblaciones de microorganismos (Figura 1). Estas poblaciones se caracterizan por tener diferentes velocidades de crecimiento y presentar sensibilidad desigual a cada compuesto intermediario como inhibidor. Esto implica que cada etapa presentará diferentes velocidades de reacción según la composición del sustrato y que el desarrollo estable del proceso global requerirá de un equilibrio que evite la acumulación de compuestos intermediarios inhibidores o la acumulación de ácidos grasos volátiles (AGV), que podría producir una bajada del pH. Para hacer posible algunas reacciones es necesaria la asociación sintrófica entre bacterias acetogénicas y metanogénicas, creando agregados de bacterias de estas diferentes poblaciones. En general, la velocidad del proceso está limitada por la velocidad de la etapa más lenta, la cual depende de la composición de cada residuo. Para sustratos solubles, la fase limitante acostumbra a ser la metanogénesis, y para aumentar la velocidad la estrategia consiste en adoptar diseños que permitan una elevada concentración de microorganismos acetogénicos y metanogénicos en el reactor. Para residuos en los que la materia orgánica esté en forma de partículas, la fase limitante es la hidrólisis, proceso enzimático cuya velocidad depende de la superficie de las partículas (IDAE, 2007).

### Proceso Bioquímico de la Digestión Anaerobia

#### 1. Hidrólisis

La materia orgánica polimérica no puede ser utilizada directamente por los microorganismos a menos que se hidrolicen en compuestos solubles, que puedan atravesar la membrana celular. La hidrólisis de estos materiales orgánicos complejos es llevada a cabo por enzimas extracelulares excretadas por las bacterias fermentativas,



**Figura 1.** Fases de la fermentación anaerobia y poblaciones de microorganismos: 1) Bacterias hidrolíticas-acidogénicas; 2) Bacterias acetogénicas; 3) Bacterias homoacetogénicas; 4) Bacterias metanogénicas hidrogenófilas; 5) Bacterias metanogénicas acetoclásticas. (Fuente: GIRO, tomado de IDAE, 2007).

celulasa, amilasa, lipasa o proteasa, excretadas por las bacterias fermentativas (Kaseng *et al.*, 1992). La materia orgánica puede estar compuesta de tres tipos básicos de macromoléculas: carbohidratos, proteínas y lípidos. La hidrólisis de cada tipo de compuesto se realiza por diferentes grupos enzimáticos. Los principales productos de la hidrólisis de la celulosa son celobiosa y glucosa, mientras que la hemicelulosa produce pentosas, hexosas y ácidos urónicos. Las proteínas son hidrolizadas por proteasas en proteasas, peptonas, péptidos y aminoácidos. Los aminoácidos producidos son degradados a ácidos grasos volátiles, dióxido de carbono, hidrógeno, amonio y sulfuro (Jördening y Winter, 2005). La etapa hidrolítica puede ser la etapa limitante de la velocidad del proceso global, sobre todo tratando residuos con alto contenido en sólidos. Incluso en caso donde las fases acidogénicas o metanogénicas son consideradas como pasos limitantes, la hidrólisis puede afectar el conjunto del proceso (Pavlostathis y Gómez, 1991).

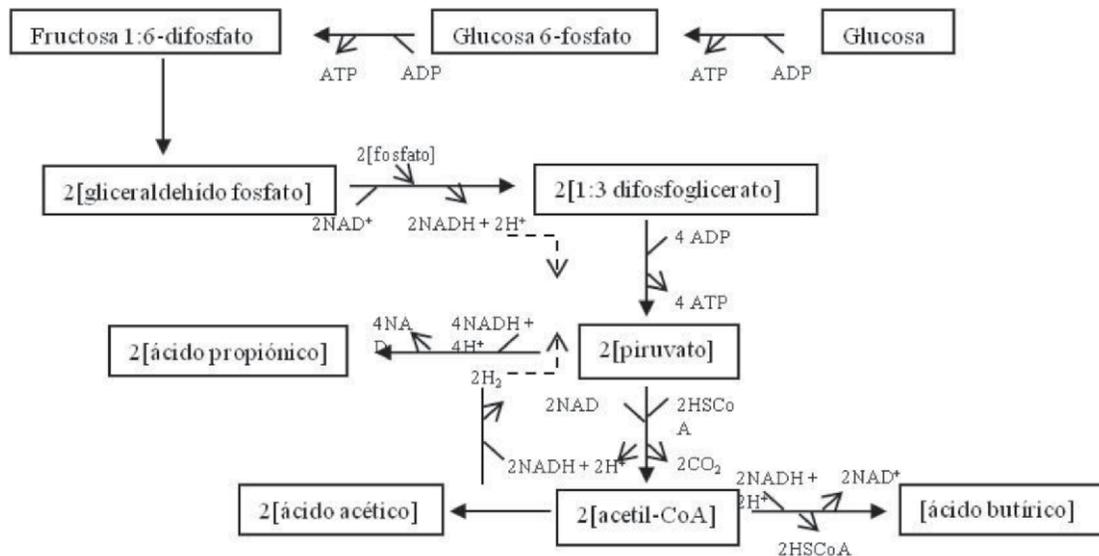
#### 2. Acidogénesis

Las moléculas orgánicas solubles son fermentadas

por varios organismos fermentativos formando compuestos que pueden ser utilizados directamente por los microorganismos metanogénicos (acético, fórmico,  $H_2$ ) y compuestos orgánicos más reducidos (láctico, etanol, propiónico, butírico) que tienen que ser oxidados por bacterias acetogénicas a sustratos que puedan utilizar los metanógenos (Gerardi, 2003). Las proporciones entre los productos de la fermentación varían en función del consumo de  $H_2$  por parte de los microorganismos que utilizan hidrógeno cuando el  $H_2$  es eliminado de forma eficiente las bacterias fermentativas no producen compuestos reducidos como el etanol, favoreciendo la producción de  $H_2$  y la liberación de energía química en forma de ATP (Jördening y Winter, 2005). La fermentación de azúcares se realiza por diversos tipos de microorganismos, siguiendo diferentes rutas metabólicas, en función del organismo responsable, y obteniendo productos finales diferentes. Los principales microorganismos son los que producen ácido butírico o butanol, básicamente del género *Clostridium*, que convierten la glucosa y algunos aminoácidos en ácido butírico y acético,  $CO_2$  e  $H_2$ . La glucosa se convierte en piruvato mediante la ruta Embden-Meyerhof, y el piruvato se desdobla a Acetil-CoA y  $CO_2$  (Madigan *et al.*, 1998). El Acetil-CoA se reduce en los productos de fermentación empleando como transportador de electrones el NADH derivado de las reacciones glucolíticas de la ruta Embden-Myerhof (Fig. 2) (Metzler, 1981).

Las bacterias ácido-propiónicas, del género *Propionibacterium*, llevan a cabo un proceso distinto, conocido como fermentación ácido-propiónica, en el que se produce la fermentación del ácido láctico, carbohidratos y polihidroalcoholes, produciendo principalmente, ácido propiónico, succínico, acético y  $CO_2$ . Las diferencias en el metabolismo respecto a las del género *Clostridium* se producen a partir de la formación del piruvato por la ruta Embden-Meyerhof. La base de la fermentación ácido-propiónica es la conversión del piruvato a oxalacetato por carboxilación y la conversión ulterior, a través de succinato y succinil-CoA a metilmalonil-CoA y propionil-CoA. Con objeto de que la oxidación-reducción en el ciclo de Krebs resulte equilibrada dos tercios de glucosa se transforman en propionato y un tercio en acetato (Metzler, 1981).

Los principales productos de la fermentación de aminoácidos y de otras moléculas nitrogenadas son ácidos grasos de cadena corta, ácido succínico, aminovalérico e  $H_2$ . La fermentación de aminoácidos se considera un proceso rápido y que en general no limita la velocidad de degradación de compuestos proteicos. Algunos organismos del género *Clostridium* pueden fermentar aminoácidos. Los productos finales de la oxidación son  $NH_3$ ,  $CO_2$  y un ácido carboxílico con un átomo de carbono menos que el aminoácido oxidado a través de la ruta  $\beta$ -oxidación (Madigan *et al.*, 1998).



**Figura 2.** Simplificación de las rutas metabólicas de degradación de la glucosa por bacterias acidogénicas (Mosey, 1983).

<b>Etanol y ácido láctico</b>	
Etanol + H <sub>2</sub> O	→ Acetato <sup>-</sup> + H <sup>+</sup> + 2H <sub>2</sub>
Lactato <sup>-</sup> + 2H <sub>2</sub> O	→ Acetato <sup>-</sup> + H <sup>+</sup> + 2H <sub>2</sub> + HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
<b>Ácidos grasos</b>	
Acetato <sup>-</sup> + 4H <sub>2</sub> O	→ H <sup>+</sup> + 4H <sub>2</sub> + 2HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Propionato <sup>-</sup> + 3H <sub>2</sub> O	→ Acetato <sup>-</sup> + HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + H <sup>+</sup> + 3H <sub>2</sub>
Butirato <sup>-</sup> + 2H <sub>2</sub> O	→ 2acetato <sup>-</sup> + H <sup>+</sup> + 2H <sub>2</sub>
Valerato <sup>-</sup> + 3H <sub>2</sub> O	→ 3acetato <sup>-</sup> + 2H <sup>+</sup> + 4H <sub>2</sub>
<b>Aminoácidos</b>	
Alanina + 3H <sub>2</sub> O	→ Acetato <sup>-</sup> + HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + 4NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> + H <sup>+</sup> + 2H <sub>2</sub>
Aspartato <sup>-</sup> + 4H <sub>2</sub> O	→ Acetato <sup>-</sup> + 2HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> + H <sup>+</sup> + 2H <sub>2</sub>
Leucina + 3H <sub>2</sub> O	→ Isovalerato <sup>-</sup> + HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> + H <sup>+</sup> + 2H <sub>2</sub>
Glutamato <sup>-</sup> + 4H <sub>2</sub> O	→ Propionato <sup>-</sup> + 2HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> + H <sup>+</sup> + 2H <sub>2</sub>
Glutamato <sup>-</sup> + 7H <sub>2</sub> O	→ Acetato <sup>-</sup> + NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> + 3H <sup>+</sup> + 5H <sub>2</sub>

**Cuadro 1.** Reacciones acetogénicas (Stams, 1994)

Mientras que algunos productos de la fermentación (H<sub>2</sub> y acetato) pueden ser metabolizados directamente por los organismos metanogénicos, otros (valerato, butirato, propionato, algunos aminoácidos, etc.) necesitan ser transformados en productos más sencillos (cuadro 1), acetato e hidrógeno, a través de las bacterias acetogénicas (Stams, 1994). Un tipo especial de microorganismos acetogénicos, son los llamados *homoacetogénicos*, que consumen H<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>, y producen acetato. Los principales exponentes son *Acetobacterium woodii* o *Clostridium acetium*. Este tipo de bacterias son capaces de crecer heterotróficamente en azúcares, al contrario que los metanogénicos, siendo más parecidos a los fermentativos que a los metanogénicos a pesar de utilizar los mismos sustratos (Madigan *et al.* 1998).

#### 4. Metanogénesis

Los microorganismos metanogénicos pueden ser considerados como los más importantes dentro del consorcio de microorganismos anaerobios, ya que son los responsables de la formación de metano y de la eliminación del medio de los productos de los grupos anteriores (Chambi, 2007). Las bacterias metanogénicas son las responsables de la formación de metano a partir de sustratos monocarbonados o con dos átomos de carbono:

acetato, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, formato, metanol y algunas metilaminas. Estos organismos se clasifican dentro del dominio *Archaea*, todos poseen varias coenzimas especiales, siendo la coenzima M, la que participa en el paso final de la formación de metano (Madigan *et al.*, 1998). La mayoría de los organismos metanogénicos son capaces de utilizar el H<sub>2</sub> como aceptor de electrones, mientras que solo dos géneros son capaces de utilizar el acetato (Ferguson *et al.*, 1987). En el cuadro 2 se encuentran las reacciones de la fase de la Metanogénesis de la DA, el paso final para formar metano.

#### El Biogás

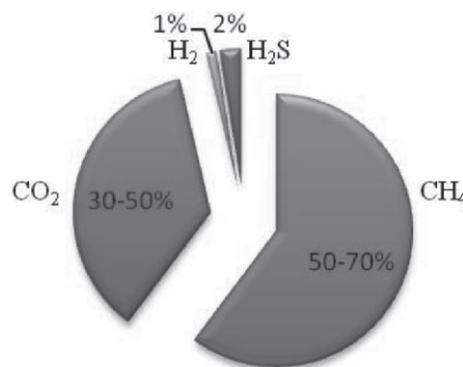
Es producido por las bacterias durante la digestión o fermentación de la materia orgánica bajo la condición de exclusión del aire y es un combustible confiable si el contenido de metano es más del 50 % (Sasse *et al.* 1991) diferente a lo obtenido por Witt y Miranda (2009) que reportan una media de 65.03%. De forma general, al biogás se le ha definido como la mezcla de gases cuya composición varía de acuerdo a los detalles de su producción (Hesse, 1983;). Según Prats *et al.* (1996), la composición del biogás procedente de la digestión anaerobia de los excrementos de animales es según lo muestra la grafica 1.

Reacciones hidrogenotróficas
$4\text{H}_2 + \text{H}^+ + 2\text{HCO}_3^- \longrightarrow \text{Acetato}^- + 4\text{H}_2\text{O}$
$4\text{H}_2 + 4\text{S}^\circ \longrightarrow 4\text{HS}^- + \text{H}^+$
$4\text{H}_2 + 2\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \longrightarrow \text{CH}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$
$4\text{H}_2 + 4\text{SO}_4^{-2} + \text{H}^+ \longrightarrow \text{HS}^- + 4\text{H}_2\text{O}$
$4\text{H}_2 + 4\text{fumarato} \longrightarrow 4\text{succinato}$
$4\text{H}_2 + \text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{NH}_4^+ + 3\text{H}_2\text{O}$
Interconversiones formiato-hidrógeno
$\text{H}_2 + \text{HCO}_3^- \longrightarrow \text{Formiato}^- + \text{H}_2\text{O}$
Metanogénesis acetoclástica
$\text{Acetato}^- + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{CO}_3^- + \text{CH}_4$
Metanogénesis a partir de otros sustratos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fórmico</li> </ul> $4\text{HCOOH} \longrightarrow \text{CH}_4 + 3\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dióxido de carbono</li> </ul> $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \longrightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metanol</li> </ul> $4\text{CH}_3\text{OH} \longrightarrow 3\text{CH}_4 + \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trimetil-amina</li> </ul> $4(\text{CH}_3)_3\text{N} + 6\text{H}_2 \longrightarrow 9\text{CH}_4 + 3\text{CO}_2 + 4\text{NH}_3$
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimetil-amina</li> </ul> $2(\text{CH}_3)_2\text{NH} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 3\text{CH}_4 + \text{CO}_2 + 2\text{NH}_3$
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monometil-amina</li> </ul> $4(\text{CH}_3)\text{NH}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 3\text{CH}_4 + \text{CO}_2 + 4\text{NH}_3$

**Cuadro 2.** Principales reacciones metanogénicas (Stams, 1994; Ferguson et al., 1987)

La composición de biogás depende del tipo de materia prima y en cierta medida de la técnica utilizada en el proceso de la digestión (Weiland, 2000). La materia prima utilizada para la DA varía considerablemente en la composición, la homogeneidad y la biodegradabilidad.

El biogás tiene numerosas aplicaciones de uso final en comparación con otras fuentes de energía renovables. Este tiene un poder calorífico por lo general entre 50 y 70% del gas natural. El rango del valor calorífico de biogás oscila entre 17 y 25MJ/m<sup>3</sup> dependiendo de la cantidad de metano en el biogás



**Grafica 1.** Composición del biogás

Un metro cúbico de biogás genera:	1.25 kw/h de electricidad
	6 horas de luz equivalente a un bombillo de 60 watt
Un metro cúbico de biogás hace funcionar:	Un refrigerador de 1 m <sup>3</sup> de capacidad durante 1 hora
	Un motor de 1 HP durante 2 horas

**Cuadro 3.** Principales usos del biogás según Hesse, 1983.

(Hassan, 2003). Los principales usos de esta mezcla de gases según Hesse (1983), se muestran en el cuadro 3.

### Conclusión

El proceso controlado de la digestión anaerobia es uno de los más idóneos para la reducción de emisiones de efecto invernadero, el aprovechamiento energético de la materia orgánica y el mantenimiento y mejora del valor fertilizante de los productos tratados.

El tener mayor información sobre los procesos bioquímicos y las funciones de los grupos de microorganismos implicados en ellos, nos ayuda a un mejor rendimiento de las fases de la digestión anaerobia y por tanto una mayor composición de metano en la generación de biogás. Es importante también manejar de manera adecuada las condiciones fisicoquímicas para no afectar las rutas bioquímicas de dicha digestión.

### Referencias

**M. STAMS**, 1994. Metabolic interactions between anaerobic bacteria in methanogenic environments. *Antonie van Leeuwenhoek*. Vol. 66, No. 1-3, 271-294pp.

**E. METZLER**, 2001. *Biochemistry. The chemical reactions of living cells*. Academic Press. 2ª Edición.

**E. APAZA**, 2007. Optimización de las condiciones de cultivo adecuadas para la producción de biogás mediante la digestión anaerobia de la paja de Quinua (*Chenopodium quinua willdenow*) y cascarilla de arroz (*Oryza sativa*) como residuos agrícolas. Tesis de licenciatura. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz-Bolivia. 78pp.

**E. HASSAN**, 2003. Biogas production from forage and sugar beets-process control and optimization, ecology and economy. Tesis de doctorado. Universität Kassel. Faculty of Ecological Agricultural Sciences. Germany. 164pp.

**E. MOSEY**, 1983. Mathematical modelling of the anaerobic digestion process: regulatory mechanisms for the formation of short-chain volatile acids from glucose. *Water Science and Technology*. Vol. 15, 209-232pp.

**I. PRATS**, 1996. Manual de gestión de purines de la selva, reutilización agrícola. España: Generalitat de Catalunya. Revista computarizada de producción porcina. Vol. 6, No. 2, 40-41pp.

**IDEA**, Instituto para la diversificación y ahorro de la energía, 2007. Biomasa-Digestores anaerobios. BESEL, S.A. Departamento de energía. Madrid-España; 5-12pp.

**A. FERNÁNDEZ, I. MIRANDA**. 2009. Diseño y construcción de un biodigestor ecológico para generar biogás a partir de excreta de ganado vacuno en el trópico húmedo. Tesis de Licenciatura. DAC-Biol. UJAT. 67 pp.

**H. GERARDI**, 2003. Upsets and Unstable Digesters, in *The Microbiology of Anaerobic Digesters*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA. doi: 10.1002/0471468967.ch19.

**H. JÖRDENING, J. WINTER**, 2005. Environmental biotechnology. Bacterial metabolism in wastewater treatment systems. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. 1-48pp.

**L. SASSE, C. KELLNER, A. KIMARO**, 1991. Improved biogas unit for developing countries. Germany: Vieweg. 3-4pp.

**M. MADIGAN, M. MARTINKO, J. PARKER**, 1998. *Brock Biología de los microorganismos*. Edit. Prentice Hall International (UK). 8ª edición. España.

**R. HESSE**, 1983. Project field document No. 23. Storage and transport of biogas. *Revista computadorizada de producción porcina*. Vol. 6, No. 2, 1999. 61pp.

**S.G. PAVLOSTATHIS, E. GIRALDO-GÓMEZ**, 1991. Kinetics of anaerobics treatment: a critical review. *Critical reviews in environmental control*. Vol. 2, 490pp.

**S. VERMA**, 2002. Anaerobic digestion of biodegradable organics in municipal solid wastes. Tesis de maestría en ciencias de la Tierra e ingeniería de recursos. Escuela de ingeniería y ciencia aplicada. Universidad de Colombia.

**T. FERGUSON, R. MAH**, 1987. Methanogenic bacteria in anaerobic digestion of biomass. Editado por Chynowet, D. Y. e Isaacson, R. Elsevier applied science LTD.

**W. KOSSMAN, U. PÖNITZ**, 2000. Biogas digest, Biogas basics. Information and advisory service on appropriate technology. Federal Republic of Germany. 30pp.

# CONTENIDO

<b>“Reciclado de Polietileno Tereftalato (PET), Diversas Opciones”</b> CLAUDIA MARÍA DEL CARMEN CENICEROS GONZÁLEZ.....	5
<b>Evaluación de la Calidad Espermática del Robalo Chucumite (<i>Centropomus parallelus</i>) Usando Implante de GnRH-a Bajo Condiciones de Laboratorio</b> MARÍA DE JESÚS CONTRERAS GARCÍA, WILFRIDO CONTRERAS SÁNCHEZ, ULISES HERNÁNDEZ VIDAL, LENIN ARIAS RODRÍGUEZ, ALEJANDRO MCDONAL VERA, JUAN MANUEL VIDAL LÓPEZ, CARLOS A. ÁLVAREZ GONZÁLEZ, SALOMÓN PÁRAMO DELGADILLO, REINALDO PATIÑO.....	11
<b>Efecto del trifloxystrobin sobre frutos de papaya (<i>Carica papaya L.</i>) infectados por <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> (Penz.)</b> MAGDIEL TORRES DE LA CRUZ, MARIÁN GUADALUPE HERNÁNDEZ ARENAS, LUIS ALFONSO AGUILAR PÉREZ.....	17
<b>Valoración Médica para Favorecer la Formación Integral del Alumno de Nuevo Ingreso</b> IRIS SELENE QUIJANO MENDEZ, MARÍA ELENA MACÍAS VALADEZ TREVIÑO, ELIZABETH MAGAÑA VILLEGAS, EUNICE PÉREZ SÁNCHEZ.....	23
<b>Análisis Comparativo del tratamiento y reúso del Agua en México del año 2005 al 2008</b> JERARDO VELÁZQUEZ HERNÁNDEZ, ROBERTO CARLOS DÍAZ PAZ.....	29
<b>Los marcadores moleculares: herramientas innovadoras en biología molecular</b> YAZMÍN HERNÁNDEZ-DÍAZ, MANUEL JIMÉNEZ GARCÍA.....	37
<b>Hábitos alimentarios de <i>Gambusia yucatanana</i> en la División Académica de Ciencias Biológicas (UJAT). Villahermosa Tab.</b> AMÉRICA MONDRAGÓN SÁNCHEZ, OBED RODAS REGIL.....	43
<b>Vegetación y Uso del Suelo de la Reserva Ecológica Cascadas de Reforma, Balancán, Tabasco</b> ISABEL PALOMEQUE MARTÍNEZ, ISRAEL CONTRERAS RODRÍGUEZ, OFELIA CASTILLO ACOSTA, JOSUÉ CANUL HERNÁNDEZ, LUISA CÁMARA CABRALES, HUMBERTO HERNÁNDEZ TREJO, ANA LINDA GARCÍA PÉREZ, SARA IZQUIERDO VALENZUELA, CAROLINA ZEQUEIRA LARIOS, JOEL ZAVALA CRUZ.....	49
<b>Caracterización y propuesta de tratamiento de las aguas residuales generadas en la División Académica de Ciencias Biológicas-UJAT</b> JOSÉ REYES OSORIO, JOSÉ RAMÓN LAINES CANEPA, ROBERTO CARLOS DIAZ PAZ.....	61
<b>Tendencias del Rendimiento Académico en Estudiantes de Nuevo Ingreso en la DACBiol - UJAT</b> MARÍA ELENA MACÍAS VALADEZ, GRETA GÓMEZ, MARÍA DEL ROSARIO BARRAGÁN, JESÚS MANUEL CARRERA.....	71
<b>Potencial ecoturístico de la comunidad Chontal de Olcuatitán, Nacajuca, Tabasco</b> KARINA SÁNCHEZ-CARRIZOSA, EDUARDO S. LÓPEZ-HERNÁNDEZ.....	77
<b>La digestión anaerobia y la bioquímica</b> KARLA CRISTEL CÁMARA MOGUEL, JOSÉ RAMÓN LAINES CANEPA.....	89
<b>Abundancia poblacional del ostión <i>Crassostrea virginica</i> en la laguna Mecoacán del Estado de Tabasco, México</b> ARTURO GARRIDO MORA, FRANCISCO JAVIER FÉLIX TORRES, YESSÉNIA SÁNCHEZ ALCUDIA, ALBERTO DE JESÚS SÁNCHEZ, JOSÉ LUIS RAMOS PALMA, ANDRÉS A. GRANADOS BERBER, ROSA AMANDA FLORIDO ARAUJO, VIOLETA RUIZ CARRERA, LEONARDO ACOSTA DÍAZ.....	97
<b>Las Nitrorreductasas y su Aplicación en Biotecnología</b> RODOLFO GÓMEZ CRUZ.....	101
<b>NOTAS</b>	
<b>Programa de Tutorías: Enfoque, Diseño y Procedimientos de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Biológicas</b> .....	109
<b>Oda al Hongo</b> SILVIA CAPPELLO G.....	113



ISSN - 1665 - 0514