

# **Biodigestores Anaerobios: Una Alternativa de Tratamiento de Aguas Residuales en las Zonas Rurales en Chiapas**

por Hugo A. Guillén Trujillo<sup>1</sup>

## **Antecedentes**

La falta de instalaciones sanitarias (tratamiento de aguas residuales) en comunidades rurales en el sureste Mexicano es un factor importante en enfermedades y consecuentemente en la mortalidad entre la gente local. En los Altos de Chiapas, específicamente en la región de Yajalón, únicamente 20 por ciento de las 215 comunidades indígenas Mayas tienen sistema de drenaje, y ninguna tiene una planta de tratamiento de aguas residuales. Como consecuencia, 20 por ciento de la mortalidad total entre la población menor de 30 años de edad se debe a problemas sanitarios, y más del 40 por ciento de la mortalidad infantil en menores de un año es causada por enfermedades microbiales. En la región, únicamente el 20 por ciento de las comunidades tienen sistema de drenaje.

## **Un Diseño Experimental en los Altos de Chiapas**

En 1993, para obtener el grado de maestro por la Universidad de Florida tuve la oportunidad de diseñar y construir un biodigestor anaerobio de flujo horizontal con deflectores en un rancho experimental en Yajalón, Chiapas. El objetivo de este proyecto fue diseñar y construir el biodigestor y determinar su efectividad para tratar aguas residuales, excremento animal y desperdicios de materia orgánica; proveer una alternativa de fuente de energía renovable para cocinar y fertilizante y composta para los campos de cultivo; y servir como demostración con propósitos educacionales. El digestor se esperaba se mantuviera con residuos de cosechas (i.e., pulpa de café, etc.), HLF (desperdicios de hortalizas, legumbres y frutas), estiércol animal (i.e., puercos, cabras, pollos, etc.) y aguas residuales procedentes del baño. Conforme a los cálculos de diseño se esperaba una significativa reducción de microbios patógenos a través del tratamiento anaerobio de los excrementos humanos pero aun no ha habido la oportunidad de medir el efluente ya que hubieron problemas para mantener el digestor en condiciones completamente anaeróbicas debido al sello hermético que se requería. Se esperaba también que el líquido del efluente y los lodos sedimentados que contienen sólidos digeridos fueran usados como fertilizantes en el campo pero la carga orgánica de diseño del afluente no correspondió a la carga real. La producción teórica de gas metano debió ser suficiente para satisfacer la energía necesaria para cocinar. Debido a que el rancho alberga cincuenta estudiantes, el digestor también sirvió con fines educacionales y experimentales.

## **Diseño de Biodigestores en Países en Desarrollo**

Aunque el uso de biodigestores es común en muchos países en vías de desarrollo aún se detectan problemas de diseño y funcionamiento en los tipos de biodigestores más difundidos. Fugas de gas a través del domo es comúnmente un problema serio en el digestor tipo Chino con domo fijo. Un diseño con una cubierta flotante de bajo costo fue desarrollado debido al problema que presentaba el domo fijo. Actualmente el digestor de bolsa tipo Taiwanés, construido con lodo-plástico rojo (RMP), ha ganado popularidad debido a su bajo costo y su facilidad en el manejo, aunque su durabilidad es cuestionable. El digestor de bolsa a cielo abierto y calentado

---

<sup>1</sup>Profesor-investigador de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chiapas, maestría y doctorado en Ciencias de la Ingeniería Ambiental por la Universidad de Florida. Email [hguillen@montebello.unach.mx](mailto:hguillen@montebello.unach.mx)

por el sol produce entre el 50 y 300 por ciento más gas que el tipo Chino con domo fijo (Gunnerson y Stuckey, 1986).

En Guatemala, el Centro de Estudios Mesoamericanos de Tecnología Apropriada (CEMAT) ha estado trabajando en comunidades rurales con un diseño modificado Chino de domo fijo. La modificación principal consiste en un acceso lateral para la remoción de lodos del digestor. La capacidad de estos digestores es de 10 a 12 m<sup>3</sup> con un costo aproximado de US\$100 a 200 (m<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>.

En la India, el suministro de energía en las áreas rurales es un problema crítico. El Instituto de Investigación de Agricultura de la India, El Khadi conjuntamente con la Comisión de Industrias de las Villas (KVIC), y la Estación de Investigación de Gas Gobar han estado trabajando conjuntamente en el diseño y evaluación de digestores con cubierta flotante (KVIC o Indú) que son adecuados para ese país. El Centro Indígena para el Desarrollo Integral "Fray Bartolomé de las Casas" (CIDECI, 1993) en Chiapas, México ha estado realizando trabajo experimental con el diseño Indú tipo Gobar con un deflector de ladrillo en la parte media del digestor para mejorar la degradación de la materia orgánica.

### **Discusión y conclusiones**

Para la selección del digestor anaerobio horizontal con deflectores los parámetros que incidieron en la fase de diseño fueron: cantidad y calidad de la materia orgánica y su composición (sólidos totales (TS) y sólidos volátiles (VS)), topografía del lugar, temperatura ambiental, economía, y disponibilidad de materiales. Este tipo de digestor fue seleccionado en base a: 1) el contenido total de sólidos (TS) de la materia orgánica mezclada (aguas residuales, estiércol y desperdicios HLF) fue del 5 al 15 por ciento del peso húmedo diluido, que es adecuado para este tipo de digestor; 2) la construcción de deflectores en el digestor promovieron eficiencias de conversión más altas al incrementar el tiempo de retención de sólidos (SRT) y el de microorganismos (MRT); 3) la simplicidad en los procesos constructivos redujo el costo del digestor y facilitó la construcción al emplearse mano de obra local; 4) el digestor fue diseñado con dos cámaras como un factor de seguridad para reducir la probabilidad de que el digestor en su totalidad fuera desbalanceado; y 5) la forma rectangular del digestor facilitó la construcción de las cubiertas removibles para su mantenimiento. La construcción de tres unidades (digestor, cámara de alimentación y colectores de gas) incrementó el costo del sistema pero facilitó su mantenimiento. Manteniendo las tres unidades en forma independiente permitió mostrar claramente el funcionamiento del digestor con propósitos educacionales. Incluyendo materiales y mano de obra de las tres unidades el precio por m<sup>3</sup> del digestor fue de US\$200. El costo pudo reducirse si la unidad colectora de gas se integrara al digestor. El problema más serio de este diseño en la fase constructiva fue que las cubiertas removibles de concreto eran muy pesadas para su manipulación y su sello hermético con el digestor, detectándose fugas de gas en las uniones. Se reemplazaron con cubiertas ligeras metálicas pero hubieron problemas de corrosión. Se sugiere el uso de cubiertas plásticas tales como tambos de plástico invertidos que funcionen al mismo tiempo como unidad colectora de gas integrada al digestor. Otra alternativa es usar un material plástico de alta resistencia a la intemperie.

La construcción de un digestor en el tratamiento de aguas residuales y excremento animal en el rancho no debería presentar futuros problemas de salud a sus habitantes. Por el contrario, el digestor debe reducir significativamente la presencia de microbios patógenos. Se requieren estudios específicos en la región sobre la implicación de esta tecnología (digestión anaerobia) en la reducción de microbios patógenos, el uso adecuado del efluente y de los lodos

digeridos como fertilizantes en las zonas de cultivo, el uso del gas metano para cocinar y el diseño apropiado de estufas que usen este gas, los efectos en la salud, entre otros. Otro aspecto muy importante de considerar es la aceptación de esta tecnología por las comunidades rurales, y su consecuente mantenimiento. Se requiere de investigación futura en la comparación de este diseño con otros medios para tratar aguas residuales a nivel familiar tales como letrinas orgánicas, sistemas hidropónicos, fosas sépticas, etc. Lo importante no es considerar únicamente el aspecto innovativo de un sistema sino también su eficacia y aceptación en el medio rural.

## **BIBLIOGRAFIA**

CEMAT. Centro Mesoamericano de Estudios sobre Tecnología Apropiada. 1993. "Biodigestor Tipo Chino Redondo," En Memorias del Tercer Curso-Taller sobre Sistemas Bioenergéticos para Promotores Indígenas de Mesoamérica. Documento no publicado. GATE/III/CEMAT. Guatemala, Guatemala.

Chynoweth, David P. y R. Isaacson, Editors. 1987. Anaerobic Digestion of Biomass. Elsevier Applied Science. London and New York.

CIDECI. Centro Indígena de Capacitación Integral "Fray Bartolomé de las Casas". 1993. Documentos y Diseños de Digestores Anaerobios. Documento no publicado. San Cristóbal de Las Casas. Chiapas, México.

Guillén-Trujillo Hugo A. 1993. Design and Construction of a Baffled Plug-Flow Anaerobic Digester in a Rural Farm in Tropical Southern Mexico. University of Florida. Thesis. Gainesville, Florida, U.S.A.

Gunnerson, Charles G. y David C. Stuckey. 1986. Anaerobic Digestion: Principles and Practices for Biogas Systems. World Bank Technical Paper No. 49. The World Bank. Washington, DC.