

Reactor anaerobio horizontal doble (RAH-D) su desarrollo en la FIUADY

Aldo Herber Magaña Pietra¹

RESUMEN

Ante la problemática de la disposición de aguas residuales urbanas en Yucatán y la imposibilidad de solución por medios convencionales, la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán (FIUADY) entre sus líneas de investigación sobre tratamiento de aguas, fijó como un objetivo la búsqueda de una alternativa a la disposición sanitaria de dichas aguas residuales y se efectuaron diversos estudios sobre tratamiento de aguas residuales los cuales tuvieron como resultado un prototipo de reactor anaerobio horizontal doble, (RAH-D) para tratamiento de aguas residuales *in situ*.

El prototipo RAH-D fue sujeto a una evaluación externa por parte de la Incubadora de Empresas de Base Tecnológica (IEBT) y el consejo consultor del Fondo de Investigación y Desarrollo para la Modernización Tecnológica (FIDETEC), y ante los resultados positivos se decidió realizar los trámites de patente del sistema y desarrollar una tecnología constructiva. Todo lo anterior se ha concluido y actualmente se ha llegado a constituir un paquete tecnológico.

Palabras clave: Anaerobio, agua residual doméstica, filtro, manto de lodos, reactor.

INTRODUCCIÓN

El suelo de Yucatán es una planicie calcárea muy permeable razón por la cual no existen lagos o ríos, ya que las aguas de lluvia se infiltran rápidamente en el subsuelo. Estas condiciones facilitan la contaminación de los mantos freáticos por cualquier foco contaminante que se encuentre en la superficie. El manto freático en la ciudad de Mérida, se encuentran a un promedio de solo 8 metros de profundidad, aunque esta profundidad no es la misma en toda la Península, sí lo es en la mayor parte de la misma, particularmente en las zonas más pobladas.

La disposición de las aguas residuales domésticas constituye un foco de contaminación cuando éstas no son tratadas correctamente. La solución ideal a este foco de contaminación, en otros lugares ha sido la instalación de un drenaje municipal que recolecta las aguas de todos los habitantes de una población y en algunos casos las industriales, las conduce a un sistema de tratamiento donde se les estabiliza y purifica antes de disponerlas, en el caso de la ciudad de Mérida existen dificultades para instalar un sistema de drenaje debido a los altos costos de

excavación y explosivos necesarios, ya que el suelo es rocoso y plano (Magaña, 1985).

En el supuesto caso que dicho drenaje municipal se hiciera factible, en la ciudad de Mérida el problema no se resolvería por completo, pues siempre existirían otras ciudades como Progreso, Motul, Valladolid, etc., los pequeños núcleos de población, pueblos y rancherías que carecerían del mismo y seguirían contaminando el manto freático.

Desde antaño la solución que se le ha dado a este problema es la de construir en las casas, cajas negras mal llamadas fosas sépticas.

Antiguamente se utilizaban sumideros, (cavidad en el suelo sin revestimiento) particularmente en el primer cuadro de la ciudad.

Estas soluciones a la disposición de las aguas residuales domésticas, no funcionan satisfactoriamente, los sumideros y las llamadas fosas sépticas, son focos de contaminación.

Antecedentes experimentales

¹ Profesor Investigador del Cuerpo Académico de Ingeniería Ambiental, FIUADY. (pmagaña@tunku.uady.mx)

En la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán, una de las áreas de investigación está enfocada a resolver problemas del medio ambiente, como contaminación por desechos sólidos, líquidos o gaseosos, así como ruido y otros que afectan el hábitat humano y la calidad de vida.

Una de las líneas de investigación está dedicada a buscar soluciones a los problemas ocasionados por las aguas residuales producidas por la comunidad, sean industriales, agropecuarias o domésticas.

Esta última ha sido uno de los principales problemas que afectan la calidad de vida de la comunidad, al no tener una manera adecuada de deshacerse de sus aguas residuales sin causar contaminación, que luego se revierte en forma de enfermedades en sus múltiples manifestaciones como el cólera, la gastroenteritis, etc.

Ante estas perspectivas se emprendió una búsqueda de soluciones viables y adaptables a las condiciones naturales de Yucatán, como son: suelo calcáreo cárstico, fuentes de agua subterránea, clima tropical, costumbres de sus habitantes, etc.

Existen dos grandes grupos de sistemas biológicos para el tratamiento de las aguas residuales con carga orgánica baja, como son las domésticas, el primer grupo, los sistemas aerobios, han tenido progresos continuos todo el tiempo, con sistemas muy variados para aplicar a muchos casos de aguas y que alcanza grandes eficiencias y que es usado prolíficamente en los países más avanzados. Estos sistemas además de costosos, requieren de una tecnología electromecánica desde la más sencilla hasta la computarizada, el segundo grupo lo forman los sistemas anaerobios que prácticamente sólo se usaban para el tratamiento de lodos provenientes de los sistemas aerobios. Los progresos en esta rama habían sido muy pobres ya que todos se fundamentaban en los escasos conocimientos que se tenían del fenómeno anaerobio; fue a partir de 1950 que este grupo de sistemas recibió un gran impulso lo cual aumentó los conocimientos y cambió los fundamentos de diseño de los digestores, que dieron lugar a nuevos sistemas: filtro anaerobio de flujo ascendente (1960), manto de lodo de flujo ascendente (1978), Reactor de biopelícula inmovilizada (1985), reactor de lecho fluidizado (1985) (Van.Der.Berg. L., 1986; Lettinga et al, 1983; Switzembaum, 1983).

Estos sistemas a diferencia de los aerobios no requieren equipo electromecánico, a excepción del sistema de lecho fluidizado, pues su diseño se basa en la forma en que esta constituido.

Al analizar estas perspectivas y determinar las ventajas inherentes de los sistemas anaerobios se tomó la decisión de llevar a cabo las investigaciones en esta dirección y así se han realizado las siguientes investigaciones sobre el tema:

- ❑ Estudio del filtro anaerobio de flujo ascendente con aguas de desecho doméstico y condiciones locales correspondientes a Mérida Yucatán (Magaña, 1985).
- ❑ Desarrollo de un digestor anaerobio para el tratamiento de aguas residuales domésticas (Magaña A., Ramírez W., 1990).
- ❑ Estudio de la relación entre la velocidad de traslación del influente y la eficiencia en el filtro anaerobio de flujo ascendente (Magaña A., Polanco A., 1990)
- ❑ Estudio y evaluación de la digestión anaerobia de película en lecho expandido con materiales locales (Magaña, 1992)
- ❑ Evaluación de la digestión anaerobia mixta en un digestor horizontal con aguas de desechos domésticos (Magaña A. Canto L., 1992)

Desarrollo experimental

Con todas las investigaciones anteriores se vislumbró la factibilidad de que un modelo híbrido podría alcanzar los resultados deseados para la disposición efectiva e inocua del agua residual doméstica; se propuso un experimento a nivel piloto casi real porque el tamaño de los reactores era igual al que tendrían en la realidad y porque en él se usaría agua real proveniente de un sistema de drenaje comunitario de la unidad habitacional del fondo de vivienda para el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los trabajadores del Estado. (FOVISSTE). Asimismo serviría para medir la eficiencia de remoción de los diferentes parámetros contaminantes.

El sistema de digestión anaerobia innovado reactor anaerobio horizontal doble (RAH-D) es un híbrido conformado por un manto de lodos y un filtro de película fija que se muestra en la figura 1

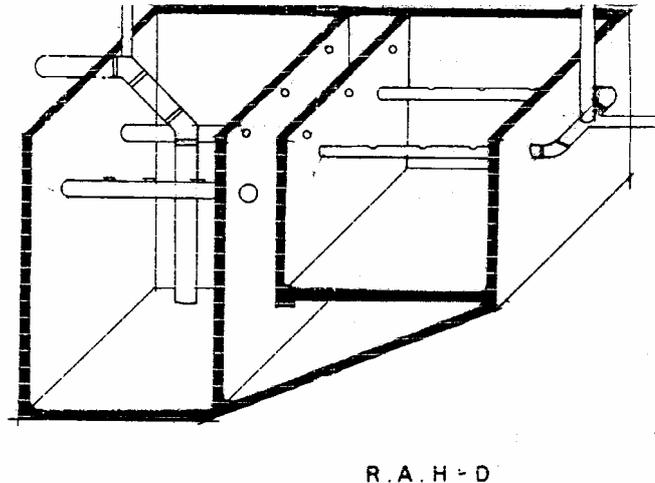


Figura 1. Esquema del RAHD

Entre las principales características del RAH-D están:

- Es de poca altura.
- Es un sistema en dos pasos
- *El agua tratada se mantiene en límites constantes de calidad.*
- Es capaz de soportar grandes variaciones de concentración de sólidos y de materia orgánica.
- Es un sistema in situ

Para la realización de estos proyectos se construyeron diversos prototipos a nivel laboratorio que se enlistan a continuación:

- Modelo para laboratorio de manto de lodos con agitación
- Modelo para laboratorio de filtro anaerobio de flujo ascendente.
- Modelo para laboratorio, digestor anaerobio híbrido.
- Modelo para laboratorio, digestor anaerobio de cama expandida.
- Modelo piloto, digestor híbrido (RAH-D).

Para llegar al sistema RAH-D y verificar las características anteriores fue necesario probar los diferentes modelos construidos, durante el periodo comprendido entre enero de 1989 y abril de 1992.

Fase de desarrollo constructivo

Ante la incertidumbre del método constructivo del RAH se realizó un estudio (Caballero, 1998) con los siguientes objetivos:

Definir la forma estructural, el proceso y los detalles de construcción adecuados de un reactor anaerobio para casa habitación basándose en el estudio y evaluación de prototipos en función de factores de economía, funcionalidad, resistencia, durabilidad, ligereza, eficiencia, facilidad de manejo y de producción en serie, así como establecer un apoyo metodológico y tecnológico constructivo. Este estudio estuvo orientado a determinar las características constructivas del sistema para su producción en serie, con el fin de su empleo generalizado no sólo en la ciudad de Mérida, sino en todo contexto similar sin sistema de drenaje comunitario y condiciones de temperatura semejantes. Dichos contextos pueden ser otros medios urbanos, rurales, rancherías, casas de campo, casas de playa, etc. La proyección social de los beneficio que implicaría este empleo sería por lo tanto, al menos en la región conformada por Yucatán y estados vecinos

Los resultados favorables que se obtuvieron del presente estudio significan una ayuda alterna para

resolver en forma económica, práctica y en proporción generalizable, un problema de contaminación ambiental que afecta considerablemente en nuestro estado.

Implicaciones e impacto en la sociedad y el entorno

La selección de un sistema de tratamiento de las aguas residuales domésticas idóneo para la península de Yucatán y particularmente para la ciudad de Mérida deberá cumplir con los requisitos de ser: técnicamente viable (no contamine), económicamente factible (costo accesible), y socialmente aceptable (que la gente no se oponga a su uso por causarle molestias).

Este sistema idóneo sería un sistema convencional de alcantarillado, por lo que las autoridades en el pasado inmediato propugnaron y propusieron proyectos de esta índole, lo cual levantó grandes polémicas, quedando en suspenso. A la luz del tiempo se ha podido observar que estos sistemas en nuestro medio no son técnicamente viables, son muy costosos tanto en inversión inicial como en mantenimiento y operación, y definitivamente tendrían que realizarse en contra de la voluntad de la mayoría de los pobladores.

Actualmente las autoridades están probando sistemas de diámetro pequeño al vacío y plantas de tratamiento convencionales.

El sistema RAH-D reúne las características del sistema idóneo y se debe a que desde el principio de las investigaciones sobre el tema se había fijado esto como objetivo, buscar que reuniera las características mencionadas para el sistema idóneo, y pudiera adaptarse a las condiciones de nuestro suelo, así como combinarse con sistemas modernos como el de tubería de diámetro pequeño; en fin, un sistema con todas las ventajas a favor.

Los análisis que se pudieran hacer sobre el sistema implicarían parcialidad al realizarlos dentro de la misma institución, razón por la que se decidió buscar el juicio de otras instancias y así se sometió dentro del marco de la Incubadora de Empresas de Base Tecnológica (IEBT) a una evaluación del consejo consultor del CONACYT a través del Fideicomiso de Desarrollo Tecnológico (FIDETEC). El resultado de dicha evaluación fue positivo, acentuando la confianza de que el RAH-D es el sistema idóneo hasta el momento para la disposición de las aguas residuales en la Península de Yucatán.

Otra evaluación externa es la que se realizó desde 1992 a través de la patente que fue otorgada según oficio número 42364 de fecha 14 de diciembre

del año 2000 por el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial y que fue la primera patente otorgada a la Universidad Autónoma de Yucatán

De esta manera se cubre la primera parte de que el sistema fuera **técnicamente viable** y se pasa a analizar si el sistema es económico y si se encuentra dentro de un margen razonable para el poder adquisitivo de la población. Con respecto a este punto se puede mencionar varios aspectos de la problemática:

- Los reactores en la actualidad cuestan lo mismo que una fosa séptica de iguales dimensiones.
- El proceso constructivo en **serie** puede bajar los costos hasta un 35% lo cual lo haría más económico que la fosa séptica convencional
- Cabe mencionar que el último paso sobre este desarrollo ha sido el proceso constructivo que se utilizó para el prototipo, en el que se usó como material fibra de vidrio.
- Los reactores son piezas prefabricadas, lo cual disminuye costos de instalación en la obra. Las consideraciones anteriores nos llevan a afirmar que el sistema es **económicamente viable**.

El último concepto relacionado con su aceptabilidad social se basa en las siguientes consideraciones:

- El sistema causa menos molestias que una fosa séptica convencional ya que su limpieza se realiza en períodos muy largos, de 5 a 10 años
- Es el único sistema que puede instalarse en cualquier parte de la ciudad, sin romper calles
- Puede sustituir fosas sépticas viejas que no funcionan y que en la actualidad contaminan.
- En lugar de reemplazar fosas sépticas puede usarse su tecnología y adaptarse en la reconstrucción de las mismas.
- En el futuro si se instala un sistema de drenaje comunitario puede adaptarse a éste vertiendo sólo los líquidos a dicho drenaje, lo que facilita su bombeo en tuberías de diámetro pequeño,

característica de los sistemas modernos de drenaje comunitario.

Las consideraciones anteriores nos indican que la **aceptabilidad social** sería positiva, sin embargo, en este rubro se requiere de encuestas poblacionales que apoyen todo lo anterior.

La versatilidad del sistema permite utilizarlo en la ciudad y en el campo, y variando el número de unidades en pequeñas instituciones como: escuelas, oficinas de gobierno, etc. Actualmente su tamaño

puede ser variado para su uso en hoteles e instituciones mayores; otra de sus ventajas es que puede usarse en la costa, ya que su poca altura le permite ser instalado a poca profundidad.

El mayor logro del sistema es la reducción de la contaminación generada por las aguas residuales, particularmente en lo que se refiere a la contaminación bacteriana al ser retenida y destruida ésta en el sistema, proporcionando un agua tratada y disponible sin causar contaminación, lo cual implica un impacto positivo en la salud humana.

REFERENCIAS

- CABALLERO N. (1998).** Evaluación de Alternativas para la Construcción de un Reactor Anaerobio para Aguas Residuales Domésticas. Tesis para opción del grado de maestro en Ingeniería – Construcción. Facultad de Ingeniería de la UADY. Mérida Yuc. Mex.
- LETTINGA G., R. ROERSMA, (1983).** Anaerobic Treatment of Raw Domestic Sewage at Ambient Temperature Using a Granular Bed UASB Reactor, Department of Water Pollution Control de Dreyen 12, 6703, B.C., Wageningen, The Netherlands.
- MAGAÑA A. (1992).** Estudio de la digestión anaerobia en lecho expandido. II Taller de tratamiento anaerobio de aguas residuales en América Latina. Instituto Pedro Kourí. La Habana Cuba
- MAGAÑA A., POLANCO A. (1990).**-Estudio entre la velocidad de traslación influente y la eficiencia en el filtro anaerobio de flujo ascendente. Revista boletín Academico de la FIUADY N° 13
- MAGAÑA A., et al (1992).** Evaluación de tres tipos de digestores anaerobios. Revista Boletín Academico de la FIUADY. Vol. 19. Mérida Yucatán México.
- MAGAÑA A., et al (1992).** La digestión híbrida para el tratamiento de aguas domésticas a nivel piloto. Revista VIII Congreso Nacional de SMISAAC. Cocoyoc Morelos
- MAGAÑA A., RAMIREZ W., (1990).** Desarrollo de un digestor anaerobio para el tratamiento de aguas residuales domésticas. Revista del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos. Pg. 20-25 Año XXXII Volumen 13. México
- MAGAÑA.A. (1985).** Desarrollo de un Sistema de Tratamiento Anaerobio de Aguas de Desechos; Tesis de Maestría; Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán; Mérida, Yucatán, México.
- SWITZEMBAUM M. S. (1983).** Anaerobic Fixed Film Wastewater Treatment, Department of Civil Engineering, University of Massachusetts, Amherst; Massachusetts, 01003, USA.
- VAN DER BERG L. (1986).** Anaerobic Digestion of Wastes, Division of Biological Sciences, National Research Council of Canada, Ottawa, Ontario, Canada.