

Análisis del Marco Legal para la Protección del Agua Subterránea en Mérida, Yucatán

Febles-Patrón, J. L.¹ y Hoogesteijn, A.¹

Fecha de recepción: 10 de septiembre de 2008 – Fecha de aceptación: 11 de diciembre de 2008

RESUMEN

Uno de los principales problemas ambientales en la Península de Yucatán es la vulnerabilidad del acuífero a la contaminación por la disposición de aguas residuales. En este sentido, con la finalidad de observar si existe congruencia y correspondencia en el marco legal para favorecer la gestión del agua y fortalecer las acciones de prevención de la contaminación del acuífero, se realizó una revisión bibliográfica de la legislación ambiental (Federal, Estatal y Municipal) que tiene relación con la protección del agua subterránea en Mérida, Yucatán. Se identificaron y compararon 1) las líneas estratégicas y de acción comunes en los tres niveles de gobierno y 2) los criterios técnicos para el diseño y construcción de las fosas sépticas. Se observó que existen algunas inconsistencias que pueden llevar a errores de construcción de las fosas sépticas y se encontró una falta de correspondencia en los Planes de Desarrollo Estatal y Municipal, como la creación de una Ley Estatal de Agua Potable y Saneamiento, el desarrollo de normas para a) la infiltración de aguas pluviales en áreas verdes, b) el diseño, construcción y operación de los sistemas de drenaje y plantas de tratamiento, c) la infiltración de descargas de fosas sépticas y d) el uso de campos de infiltración para efluentes de fosas sépticas y de plantas de tratamiento.

Palabras clave: acuífero, contaminación del agua, aguas residuales, Mérida, Yucatán.

Analysis of the Legal Framework for the Protection of Groundwater in Merida, Yucatan

ABSTRACT

One of the main environmental problems of the Yucatan Peninsula is the aquifers vulnerability to contamination due to waste water disposal. A bibliographical review of the environmental legislation was conducted trying to define the congruence between the legal framework of water management and water contamination prevention. The lines of actions and strategies common to all government levels and the criteria recommended in the construction of septic tanks were compared and identified. Inconsistencies were found in guidelines for the construction of septic tanks, and lack of relation in State and Municipal Development Plans. The actions recommended to solve these inconsistencies are the creation of the State Law for Drinking Water and Waste Water Treatment, and development of norms for a) pluvial water infiltration in green areas, b) design, construction and operation of drainage systems and treatment plants, c) infiltration of septic tanks discharges and d) the promotion of the use of infiltration fields from septic tanks and treatment plants effluents.

Keywords: aquifer, water contamination, waste water, Merida, Yucatan.

¹ Departamento de Ecología Humana del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N. (CINVESTAV, Unidad Mérida). E-mail: febles@mda.cinvestav.mx

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas que afronta la Península de Yucatán, es la disposición de aguas residuales, ya que históricamente hasta la primera mitad del siglo XX, han sido infiltradas al acuífero de agua dulce por medio de pozos superficiales (Back y Lesser, 1977). Los primeros habitantes se abastecían de agua por medio de pozos someros, los cuales eran excavados entre 5 y 10 m de profundidad. La construcción de estos pozos se realizaba en los patios de las casas y continúa siendo una forma de abastecimiento de muchos habitantes de la región. Desde tiempos remotos la eliminación de aguas residuales se llevó a cabo mediante pozos someros conocidos como sumideros (6 m de profundidad), ubicados a corta distancia del pozo de abastecimiento. En ocasiones el sumidero estaba conectado al pozo de forma directa o se usaban cavernas y cenotes para eliminar aguas residuales. Los pozos tenían el problema de estar mal contruidos, sin ademe, provocando filtraciones al acuífero. La eliminación de las aguas residuales a través de los sumideros se extendió en toda la Península debido a su sencillez y bajo costo, siendo hasta la fecha el principal sistema de eliminación de aguas residuales de tipo doméstico e industrial. Con el crecimiento demográfico y urbano comenzaron los problemas de contaminación del acuífero y de salud pública, de forma que el gobierno inició la construcción del sistema de agua potable en los años 60 del siglo pasado (Irigoyen, 1970).

En 1966 se creó la Junta de Agua Potable de Yucatán y en 1975 se decretó la *Ley sobre abastecimiento de agua potable en el medio rural del estado de Yucatán*, aunque sólo considera el abastecimiento del agua de buena calidad, pero sin sistemas de disposición y tratamiento de aguas residuales. Más tarde, en 1981, se decretó la *Ley Orgánica de la Junta de Agua Potable y Alcantarillado del estado de Yucatán*, donde se menciona que los propietarios de predios, negocios o establecimientos, que se encuentren dentro de las redes de agua potable y alcantarillado, deberán solicitar a la Junta la instalación del servicio de agua potable y descargas domiciliarias de alcantarillado para la eliminación de aguas negras (Artículo 10).

En 1989 se creó la Comisión Nacional del Agua, institución federal responsable de la administración del recurso hídrico en México. Los asuntos relacionados con el agua están regulados por la Ley de Aguas Nacionales (1992) y el Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales aprobado en 1994 y modificado en 1997.

Con la finalidad de observar si existe congruencia y correspondencia en el marco legal para favorecer la gestión del agua y fortalecer las acciones de

prevención de la contaminación del acuífero, se analizó la legislación ambiental que tiene relación con la protección del agua subterránea en Mérida, Yucatán.

METODOLOGÍA

Se realizó una revisión bibliográfica de las diferentes leyes, reglamentos y normas de los tres niveles de gobierno (Federal, Estatal y Municipal), vinculados con la gestión del recurso hídrico, desde 1985 al 2008. Se consideraron los Planes Estatales de Desarrollo y Programas Municipales de Desarrollo a partir de 2001.

Se identificaron las principales estrategias y líneas de acción para la protección del acuífero en Yucatán, comunes a los diferentes instrumentos legales y se compararon los lineamientos técnicos para el diseño, construcción y operación de las fosas sépticas en Yucatán.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En general, el tema del saneamiento y tratamiento de aguas residuales emerge en el marco legal en la década de los 80's del siglo pasado, con la *Ley de Fraccionamientos del Estado de Yucatán* (1985) y la *Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente* (LGEEPA, 1988).

El artículo 14 de la *Ley de Fraccionamientos* menciona que para prevenir, controlar o disminuir la contaminación de los cuerpos de agua receptores, todos los fraccionamientos del Estado, deberán contar con un sistema de recolección de aguas residuales y que las descargas de agua residuales deberán ajustarse a determinados límites de contaminantes tolerables (aunque no define qué son los contaminantes tolerables). También en el artículo 15 dice que sólo en caso de redensificación de áreas urbanas podrá optarse por el sistema de tratamiento individual para la disposición final de aguas residuales a tanques sépticos. Con estas disposiciones se estableció el marco legal para el desarrollo del drenaje y tratamiento primario de las aguas residuales en Yucatán, aunque continuó el uso de sumideros y tanques sépticos en toda la región.

Entre 1993 y 1994 se decretaron Normas Oficiales Mexicanas que establecían los límites máximos permisibles de contaminantes, en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de restaurantes, hospitales y diversas industrias (43 normas). En ese entonces, se publicó el *Reglamento para la prevención y control de la contaminación del agua en el municipio de Mérida* (1994), que establece que las aguas residuales de fosas sépticas, pozos de

absorción y plantas de tratamiento de aguas residuales deberán ser tratadas para cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas, antes de su descarga final.

Fue en 1997 que se publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF) la *Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996*, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales, quedando abrogadas las normas anteriores, y posteriormente, en 1998, se publicó la *Norma Oficial Mexicana NOM-002-ECOL-1996*, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.

La *NOM 001 ECOL 1996* establece límites máximos permisibles para metales pesados y cianuros, mientras que la *Ley de fraccionamientos de Yucatán* no contempla límites de metales y cianuros, pero incluye límites más reducidos para parámetros de calidad del agua como el nitrógeno y elementos físicos como la temperatura y la acidez (pH), además de incluir otros indicadores importantes como los detergentes (SAAM), que la norma oficial federal no considera.

La *NOM 001 ECOL 1996* otorga un plazo para la presentación de los programas de acciones y para el cumplimiento de la norma en general, tanto para las descargas municipales como las no municipales. La fecha de cumplimiento para poblaciones con más de 50,000 habitantes, para que las descargas de aguas municipales sean tratadas fue el 1 de enero del año 2000. Las poblaciones de 2,501 a 20,000 habitantes tienen un plazo hasta el 1° de enero de 2010 para tal efecto.

Marco legal para la protección del agua subterránea.

De la revisión del marco legal se identificaron las siguientes líneas estratégicas y de acción comunes en los tres niveles de gobierno (Tabla 1): 1) Incrementar el acceso y la calidad del agua potable, alcantarillado y saneamiento, 2) Manejar el agua de forma integral y sustentable (cuencas hidrológicas), 3) Tratar las aguas residuales, 4) Promover el tratamiento del agua para su reutilización, 5) Monitorear el agua a través de una red, 6) Aplicar eficientemente la normativa, 7) Mejorar la regulación de las aguas residuales industriales y agrícolas y 8) Desarrollar programas de educación ciudadana.

Se observó una falta de correspondencia en algunas acciones planteadas en los Planes de Desarrollo

Estatual y Municipal, como la creación de normas y leyes, además de estudios necesarios para contar con un diagnóstico integral de base.

El *Plan Estatal de Desarrollo 2001-2007*, al igual que el *Programa de Desarrollo Urbano de Mérida (2003)* y los *Programas Municipales de Desarrollo (PMD) 2001-2004* y *2004-2007*, consideraron necesario el desarrollo de estudios para identificar las fuentes de contaminación del acuífero para la realización de un diagnóstico integral. Los *PMD 2001-2004* y *2004-2007*, además del *Programa de Desarrollo Urbano de Mérida (2003)*, comparten además el objetivo de trabajar en un Reglamento y Manual de buenas prácticas en cenotes, cuevas y pozos.

En el *PMD 2001-2004*, y en el *Programa de Desarrollo Urbano de Mérida* y el *Plan Estratégico para la ciudad de Mérida (2003)*, se menciona la necesidad de desarrollar normas para a) la infiltración de aguas pluviales en áreas verdes, b) el diseño, construcción y operación de los sistemas de drenaje y plantas de tratamiento, y c) la infiltración de descargas de fosas sépticas. Dichas necesidades no se vuelven a mencionar en los siguientes *PMD 2004-2007* y *2007-2012*.

Otras acciones que el *PMD 2001-2004* menciona son: d) impulsar el uso de campos de infiltración para efluentes de fosas sépticas y de plantas de tratamiento, e) modernizar los sistemas domésticos de tratamiento de aguas residuales, f) promover la división de las aguas grises de las negras en las fosas sépticas, g) ampliar, rehabilitar y mantener las lagunas de oxidación, y h) evaluar el efecto de los pozos pluviales en la contaminación del acuífero.

Aunque el *PMD 2004-2007* no menciona específicamente las acciones recomendadas en el *PMD 2001-2004*, sí señala que el problema de la contaminación del manto freático es debido a: a) la existencia de un gran número de fosas sépticas construidas fuera de norma, b) la inadecuada construcción de los pozos de absorción del agua residual que descargan las fosas sépticas al subsuelo, c) las características inadecuadas de los pozos pluviales, d) el mal manejo en el pasado de los sitios de disposición de residuos sólidos, y e) la ineficacia de algunas plantas de tratamiento de industrias y comercios. En reconocimiento de que más del 90 % de las viviendas de Mérida manejan y disponen sus aguas residuales a través de fosas sépticas y pozos de absorción. La ciudad carece de una red municipal de alcantarillado sanitario.

Tabla 1.- Líneas estratégicas y de acción comunes del marco legal y de planeación para la protección del agua subterránea en Mérida, Yucatán.									
	Incrementar acceso y calidad agua potable, alcantarillado y saneamiento	Manejo Integral y sustentable del agua (cuencas hidrológicas)	Tratamiento de aguas residuales	Promover el reúso del agua	Red de Monitoreo del agua	Hacer eficiente aplicación normativa	Mejorar regulación aguas residuales industriales y agrícolas	Desarrollar programas educación ciudadana	
Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (28 de enero de 1988, Última reforma 16-05-08)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Nueva Ley de Aguas Nacionales (1º de diciembre de 1992, Última Reforma 18-04-08)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012	X	X	X	X		X	X	X	
Programa Nacional Hídrico 2007-2012	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ley de Fraccionamientos del Estado de Yucatán (11 de septiembre de 1985)			X		X	X			
Ley de Protección al Ambiente del Estado de Yucatán (22 de abril de 1999)		X	X			X		X	
Plan Estatal de Desarrollo 2001-2007	X	X	X		X	X		X	
Programa Estatal de Medio Ambiente 2001-2007		X				X		X	
Plan Estatal de Desarrollo 2007-2012	X	X	X		X	X	X	X	X
Programa Municipal de Desarrollo 2001-2004	X	X	X	X		X	X		
Programa de Desarrollo Urbano de Mérida 2003	X	X	X	X	X	X		X	
Plan Estratégico de Mérida 2003	X	X	X	X	X	X	X		
Programa Municipal de Desarrollo 2004-2007	X	X	X	X		X			
Programa Municipal de Desarrollo 2007-2010	X	X	X		X	X		X	
Reglamento para la prevención y control de la contaminación del agua en Mérida (29 de noviembre de 1994)			X	X	X	X	X		
Reglamento de Construcciones del Municipio de Mérida (14 de enero de 2004)			X		X	X			
Reglamento de protección al ambiente y del equilibrio ecológico del municipio de Mérida (15 diciembre de 2005)	X	X	X	X	X	X		X	
Programa de Ordenamiento Ecológico de Mérida		X			X	X		X	

En el *Plan Estatal de Desarrollo 2001-2007* se menciona la necesidad de desarrollar una *Ley Estatal de Agua Potable y Saneamiento* y la creación de la *Comisión Estatal de Aguas y Saneamiento (CEAS)*. Con relación a esta *Comisión*, recientemente (2008) con la intención de establecer acciones coordinadas para la protección del agua subterránea, se ha integrado la *Comisión de Estudios para la Protección del Acuífero Subterráneo (CEPAS)*, con la participación del gobierno del estado, la Junta de Agua Potable y Alcantarillado de Yucatán (JAPAY), la Comisión Nacional del Agua, la Universidad Autónoma de Yucatán, El Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N. (Unidad Mérida), el Instituto Tecnológico de Mérida, la Fundación Plan Estratégico de Mérida, la Cámara Nacional de la Vivienda (CANADEVI), entre otros.

En el *Plan Estratégico de Mérida* se menciona específicamente la urgencia de vigilar que se construyan o instalen fosas sépticas que cumplan con la norma municipal vigente. Además, subraya la necesidad de desarrollar un mercado de pago por servicios ambientales hidráulicos y de establecer incentivos fiscales para las obras de infraestructura para saneamiento.

En el *Reglamento de protección al ambiente y del equilibrio ecológico del municipio de Mérida (2005)* se menciona la necesidad de establecer los siguientes programas para el aprovechamiento sustentable del agua: a) la captación y aprovechamiento de aguas pluviales, b) la reutilización e intercambio de aguas residuales tratadas, c) la reducción del consumo de

agua por las industrias, establecimientos comerciales y de servicios y de uso doméstico en general, y d) la conservación y recuperación de los cenotes perturbados.

Por su parte, el *Plan Estatal de Desarrollo 2007-2012* y el *PMD 2007-2010*, enumeran una serie de estrategias generales para la protección del medio ambiente que corresponden con las identificadas en la Tabla 1. El *PMD 2007-2010* señala como acción específica el mantenimiento y la rehabilitación de las lagunas de oxidación.

Actualmente el Comité de Estudios para la Protección del Acuífero Subterráneo está trabajando en el desarrollo de una norma estatal para el uso de campos de infiltración en fraccionamientos de una vía, mientras que la CANADEVI ya está construyendo campos de infiltración de aguas residuales en fraccionamientos de la ciudad de Valladolid.

Diseño y construcción de fosas sépticas.

Con relación al diseño y construcción de los sistemas de tratamiento individual para la disposición final de aguas residuales domésticas, en 1971 se publicó el *Manual de Saneamiento, vivienda, agua y desechos*, de la Dirección de Ingeniería Sanitaria de la Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA), donde se establecen los criterios para la fabricación, instalación y operación de las fosas sépticas. En 1985, la *Ley de Fraccionamientos del Estado de Yucatán* estableció algunos criterios y en 1999 la *Norma Oficial Mexicana NOM-006-CNA-1997*, menciona las especificaciones y métodos de prueba para las fosas sépticas prefabricadas. Para la elaboración de esta norma se tomó mucha información del *Manual de Saneamiento* (SSA, 1971). El *Reglamento de Construcciones del Municipio de Mérida (2004)* menciona algunos criterios para la recolección y tratamiento de aguas residuales, señalando que toda edificación deberá contar con un sistema de drenaje conectado al sistema de alcantarillado en las zonas en que éste exista, mientras que en los lugares donde no, se deberá contar por lo menos con una fosa séptica. Los autores visitaron varios sitios de construcción de viviendas privadas y fraccionamientos, constatando que la construcción de las fosas sépticas no sigue las recomendaciones de la normativa, por lo que se desconoce si los inspectores realizan las evaluaciones como lo define la ley.

De acuerdo con Quintal (1992a), las fosas sépticas son diseñadas sin tomar en cuenta el volumen de agua a tratar, ignorando los procesos involucrados y los

criterios válidos de diseño. El autor menciona que los criterios más importantes que determinan la eficiencia de las fosas sépticas son: la capacidad, la disposición de las entradas y salidas y el mantenimiento frecuente. A través de un estudio en 12 fraccionamientos de Mérida, el mismo autor encontró una variedad de volúmenes, dimensiones, relaciones largo-ancho, carencia de los dispositivos de entrada y salida recomendados para las fosas y una mala ubicación de los orificios de intercomunicación. Con base en sus resultados, señala que es muy importante “hacer del conocimiento general” los criterios adecuados para el diseño, construcción y mantenimiento de las fosas sépticas, para lograr una mayor eficiencia y reducir los riesgos de contaminación al agua subterránea.

El artículo 13 del *Reglamento para la prevención y control de la contaminación del agua en el municipio de Mérida (1994)*, menciona que la Dirección de Desarrollo Urbano y de Obras Públicas del Ayuntamiento sólo otorgará la licencia de construcción a los propietarios de casas-habitación que presenten el proyecto de tratamiento de aguas residuales, de acuerdo a la *normatividad expedida por las autoridades competentes*. Si el diseño es diferente a los aprobados por el Ayuntamiento, interviene la Subdirección de Ecología y Residuos Urbanos para validarlo. Una vez concluida la obra, el trámite continúa en el Departamento de Terminaciones de Obra de la Dirección de Desarrollo urbano y un inspector verifica físicamente la fosa destapada, ya sea prefabricada o construida en el sitio. Así, se realiza la recepción de la fosa y se determina dentro de los siguientes 6 días, si cumple o no cumple, a través de un dictamen con correcciones. En 2007 el costo por inspección de una fosa séptica fue de \$476 pesos. En la Tabla 2 se presentan los principales criterios considerados por los instrumentos legales existentes, comparados con los estudios del Dr. Carlos Quintal, publicados en 1992 y 1993. Se puede ver que existen inconsistencias que pueden llevar a errores de construcción, afectando los procesos físicos, químicos y biológicos involucrados en el buen funcionamiento de una fosa séptica.

En 1992, el Ayuntamiento de Mérida convocó a instituciones educativas para presentar diseños de fosas sépticas que permitieran un mejor tratamiento de las aguas residuales. Así, en 1993 se aceptó el diseño de la fosa séptica rectangular con dos cámaras y un filtro de grava, que sigue siendo el prototipo recomendado hasta la fecha (Ayuntamiento de Mérida, 1991-1993).

Tabla 2.- Criterios principales para el diseño, construcción y mantenimiento de fosas sépticas en Yucatán.						
Parámetro	<i>Secretaría de Salubridad y Asistencia, 1971</i>	<i>Ley de Fraccionamientos, 1985</i>	<i>Quintal, 1993</i>	<i>Ayuntamiento de Mérida, 1991-1993</i>	<i>NOM 006 CNA 1997</i>	<i>Reglamento de Construcciones, 2004</i>
Ubicación	a 3 m del predio	frente al predio, fácil acceso y señalado	accesible y bien localizado	frente al predio e identificada	3 m distancia paso vehículos y 5 m del predio	accesible y bien localizado
Capacidad de trabajo mínima de la fosa séptica (m ³)	1.5	N.E.	1.5	2.29	1.05	1.3
Tiempo de residencia hidráulico mínimo (h)	24	36	48	N.E.	el adecuado	24
Número de cámaras	1 a 2	N.E.	1 a 2	2	1	1 a 2
Relación largo-ancho	2 a 3:1	N.E.	2 a 1	N.E.	N.E.	N.E.
Relación volumen entre cámaras	N.E.	N.E.	1 a 1	2 a 1	N.E.	1 a 1, 2 a 1
Largo mínimo total (cm)	190	N.E.	150	244	N.E.	N.E.
Largo cámara 1 (cm)	N.E.	N.E.	N.E.	164	N.E.	N.E.
Largo cámara 2 (cm)	N.E.	N.E.	N.E.	80	N.E.	N.E.
Ancho mínimo (cm)	70	N.E.	75	80	120	80
Profundidad máxima (cm)	168	N.E.	100 a 150	130	N.E.	N.E.
Tirante mínimo del líquido (cm)	110	N.E.	N.E.	105	90	N.E.
Distancia sumergida debajo del tirante de agua del elemento de entrada (cm)	25	N.E.	30	50	15	N.E.
Distancia sumergida debajo del tirante de agua del elemento de salida (cm)	30	N.E.	30	N.E.	15	N.E.
Diferencia mínima entre el nivel de entrada y salida (cm)	5	N.E.	5 a 8	5	5	10
Distancia de los orificios de intercomunicación entre las cámaras por debajo del nivel del líquido (cm)	N.E.	N.E.	20 a 30	20	N.E.	20
Distancia mínima entre el fondo del pozo de absorción y el nivel freático (m)	1.5	2	1.2	N.E.	1.5	3
Inspección (meses)	12	N.E.	12	N.E.	6	N.E.
Limpieza (años)	cuando sea necesario	según diseño	cuando sea necesario	N.E.	1	2 a 5
N.E. No establecido						

Con relación a la ubicación de la fosa ha existido consenso en que debe estar en un lugar accesible y bien localizado. No obstante, la *Secretaría de Salubridad y Asistencia (1971)* recomienda una distancia de 3 m del predio, mientras que la *NOM 006 CNA 1997* pide una distancia de 5 m. Además, sólo la *NOM 006* recomienda una distancia mínima de 5 m a predios colindantes y de 30 m a pozos de agua.

En todos los casos, excepto en el diseño del Ayuntamiento de Mérida, se recomienda considerar el número de personas por vivienda para calcular las dimensiones y el volumen de agua a tratar; sin embargo, tanto en la *Ley de Fraccionamientos* como en el *Reglamento de Construcciones*, no se establece un número mínimo de personas servidas como base para considerar dimensiones mínimas. La *SSA (1971)* considera a 10 personas como mínimo con una capacidad de la fosa de 1.5 m³, mientras que *Quintal (1993)* y la *NOM 006* establecen 5 personas con una capacidad mínima de la fosa de 1.5 y 1.05 m³ respectivamente. El *Reglamento de Construcciones*

establece 1.3 m³ mientras que el diseño del Ayuntamiento pide 2.29 m³.

El tiempo de residencia mínimo recomendado es de 24 h (*SSA, 1971; Reglamento de Construcciones, 2004*), pero existen valores de 36 h (*Ley de Fraccionamientos, 1985*) y de 48 h (*Quintal, 1993*). Al respecto, *Quintal (1993)* menciona que los lodos y las natas en una fosa séptica pueden ocupar más de la mitad del volumen, por lo que debe ser diseñado para retener dos veces el total del flujo diario, proponiendo un tiempo mínimo de retención de dos días para Yucatán.

En la mayoría de los casos el número de cámaras propuesto es de una a dos, excepto en la *Ley de Fraccionamientos* donde no se establece, la *NOM 006* que menciona una cámara y en el diseño del Ayuntamiento que pide dos cámaras. En este aspecto, *Quintal (1993)* aclara que no se recomienda tener compartimientos para fosas menores de 3 m de largo, debido a que crea cámaras muy pequeñas que

facilitan los llamados “cortos circuitos”, ocasionando el paso directo del agua sin permitir la sedimentación y separación de sólidos. Esto resulta importante si consideramos que el diseño del Ayuntamiento de 2.44 m de largo considera dos cámaras.

De acuerdo con Quintal (1992b), la división del volumen de una fosa séptica en compartimientos mejora las características hidráulicas, aunque bajo condiciones de flujo intermitente existe una buena remoción de sólidos suspendidos tanto para fosas con volúmenes divididos como para los que no. La eficiencia de remoción de las demandas bioquímica y química de oxígeno están influenciadas por la relación de los volúmenes de los compartimientos; obteniendo mejores eficiencias con compartimientos de igual volumen (1:1). Sin embargo, en el *Reglamento de construcciones* se sugiere tanto la relación 1:1 como la 2:1, mientras que en el diseño del Ayuntamiento se maneja una relación 2:1. La relación entre cámaras no es más importante para la eficiencia, que el estar dividida y que tenga los dispositivos adecuados de entrada y de salida. La distancia sumergida debajo del tirante de agua de los dispositivos de entrada y de salida no ha quedado claramente definida entre las diferentes fuentes, desde 15 cm en la NOM 006, hasta 50 cm en el diseño del Ayuntamiento, mientras que Quintal (1993) sugiere una distancia de 30 cm.

Con relación a la ubicación de los orificios de comunicación entre las cámaras, el diseño del Ayuntamiento y el *Reglamento de Construcciones* establecen una distancia de los orificios por debajo del tirante de agua de 20 cm, mientras que Quintal (1993) sugiere que sea de 20 a 30 cm (40 a 50 cm de la superficie). En cuatro fosas sépticas identificadas recientemente en una colonia de Mérida, los orificios se encontraron a 19 cm de la superficie, lo cual ocasionará el paso de natas en lugar del agua clarificada a la segunda cámara.

El periodo para realizar la inspección del nivel de lodos va desde seis (NOM 006) hasta doce meses (SSA, 1971; Quintal, 1993). La limpieza se recomienda desde cada año (NOM 006) hasta cada dos a cinco años (*Reglamento de Construcciones*), aunque la idea central consiste en realizarla cuando sea necesario, de acuerdo con la inspección del nivel de lodos.

Otro parámetro importante es la distancia entre el fondo del pozo de absorción y el manto freático, que

va desde 1.2 m (Quintal (1993) hasta 3 m (*Reglamento de Construcciones*, 2004). En este aspecto, de acuerdo con el Atlas de Riesgos Naturales del Municipio (UADY, 2006), muchas de las fosas sépticas tienen una baja eficiencia debido a que descargan sus aguas a los pozos de absorción, con una profundidad cercana al nivel freático (1 a 1.5 m), de modo que las aguas servidas llegan por infiltración al acuífero.

Desde fines de la década de los 80's se construyó el sistema de las lagunas de oxidación del municipio de Mérida, para recibir las descargas de las fosas sépticas domiciliarias y de servicios, el cual está formado por dos pares de lagunas en paralelo, con dimensiones de 46.9 m x 33.8 m y 1.75 m de profundidad (lagunas primarias) y de 33.9 m x 33.8 m y 1.75 m de profundidad (lagunas secundarias), con una capacidad total de 9,548 m³. Actualmente, el ingreso mensual promedio es de 10,000 a 12,000 m³, de los cuales el 66% es de fosas sépticas, 32% de nixtamal y el 2% de baños públicos (Ayuntamiento, 2007).

De acuerdo con un reporte elaborado en 2007 por la Subdirección de Ecología del Ayuntamiento de Mérida, se considera que las lagunas de oxidación se encuentran azolvadas en un 85% de su capacidad. El área de descarga está mal diseñada, de forma que no retiene los sólidos (sedimentables y flotantes como las grasas y aceites). Esta situación aísla la superficie de las lagunas y no permite el intercambio gaseoso del oxígeno con el agua a tratar. Además, no se cumplen los tiempos de residencia mínimos para el tratamiento, ya que actualmente pasa de un día a horas, debiendo ser de 7 a 15 días, lo cual hace que la calidad del efluente sea deficiente, con un elevado contenido de sólidos (DBO₅ y sólidos suspendidos totales), además de una alta concentración de nitrógeno, fósforo y un elevado número de coliformes fecales (**Tabla 3**; Ayuntamiento, 2008).

Recientemente (2006), se construyó un sistema nuevo de lagunas de oxidación ubicado al lado de las lagunas antiguas. Se trata de seis lagunas individuales conectadas en serie. El sistema consta de una zona de pretratamiento en el sitio de descarga con vertedores para separar sólidos y grasas, tres lagunas primarias con un filtro de grava y una compuerta que conduce a otras tres lagunas secundarias. Este nuevo sistema se encuentra a prueba y posiblemente tendrá un sistema de aireación para mejorar el proceso de oxidación de la materia orgánica.

Tabla 3. Calidad del agua residual en las lagunas de oxidación de Mérida, Yucatán. (Análisis realizado en julio de 2008, Dirección de Servicios Públicos Municipales del Ayuntamiento).

Parámetro	NOM 001 ECOL 1996 *	Laguna de inicialización	Laguna de finalización
pH	5 a 10	6.98	7.82
Temperatura (oC)	40	29.30	28
DBO ₅ (mg/l)	60	895.48	106.81
Grasas y aceites (mg/l)	25	29.03	16.38
Sólidos suspendidos totales (mg/l)	60	169.69	224.90
Sólidos sedimentables (mg/l)	2	0.90	7.50
Materia flotante	ausente	ausente	ausente
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	1000 a 2000	110 x 10 ⁵	93,000
Fósforo total (mg/L)	5 a 10	7.21	13.74
Nitrógeno total (mg)	15 a 25	49.74	36.88

* Embalse natural para uso público urbano, promedio diario.

CONCLUSIONES

1) No ha existido correspondencia en los Planes Estatales y Programas Municipales de Desarrollo. Se debe crear la *Ley Estatal de Agua Potable y Saneamiento* y desarrollar normas para a) la infiltración de aguas pluviales en áreas verdes, b) el diseño, construcción y operación de los sistemas de drenaje y plantas de tratamiento, c) la infiltración de descargas de fosas sépticas y d) el uso de campos de infiltración para efluentes de fosas sépticas y de plantas de tratamiento.

2) Existen inconsistencias entre los principales criterios para el diseño, construcción y operación de las fosas sépticas. Entre estos criterios están: a) la ubicación de la fosa séptica, b) la capacidad mínima de la fosa, de acuerdo con el número de personas, c) el tiempo de residencia mínimo, d) el número de cámaras y la relación de los volúmenes de los compartimientos, e) la distancia sumergida debajo del tirante de agua de los dispositivos de entrada y de salida, f) la distancia de los orificios de comunicación entre cámaras por debajo del tirante de agua, g) el periodo para realizar la inspección del nivel de lodos

y la limpieza, y h) la distancia entre el fondo del pozo de absorción y el manto freático.

Es necesario que la supervisión que realiza el Ayuntamiento a los constructores sea eficiente y honesta, de manera que se evite la aprobación de sistemas de tratamiento de aguas residuales que no cumplan con las especificaciones mínimas necesarias. Actualmente en Mérida se siguen construyendo sumideros y fosas sépticas mal construidas.

3) Las lagunas de oxidación no están funcionando adecuadamente, ya que no retienen los sólidos y se encuentran azolvadas, provocando una deficiente calidad del efluente, con un elevado contenido de sólidos (DBO₅ y sólidos suspendidos totales), una alta concentración de nitrógeno, fósforo y un elevado número de coliformes fecales.

AGRADECIMIENTOS.

Los autores agradecen a los Ingenieros Ricardo Pino y Rogelio Pérez y al Dr. Carlos Quintal, por la información proporcionada y por todos sus comentarios. Se agradece también a dos revisores anónimos por sus valiosos comentarios al manuscrito.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Ayuntamiento de Mérida, (2007). Reporte interno de la Subdirección de Ecología, Dirección de Servicios Públicos Municipales del Ayuntamiento.
- Ayuntamiento de Mérida, (2008). Reporte de laboratorio del análisis fisicoquímico de aguas residuales de las lagunas de oxidación de Mérida. Dirección de Servicios Públicos Municipales del Ayuntamiento.
- Back, W. y J. Lesser. (1977). El manejo del agua en la Península de Yucatán. Aspectos químicos y desarrollo histórico. Boletín Geohidrológico No. 16. Subsecretaría de infraestructura hidráulica. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 8 p.

Irigoyen, R. (1970). Bajo el signo de Chaac. Monografía del agua potable en Yucatán. Editorial Zamná, Mérida, Yucatán. 135 p.

Quintal, C. (1992^a). Principales errores en el diseño y construcción de fosas sépticas en 12 fraccionamientos de la Cd. de Mérida. Boletín Académico de la Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Yucatán. 19: 21-32.

Quintal, C. (1992^b). Efecto del volumen de las cámaras de un tanque séptico en su eficiencia. Boletín Académico de la Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Yucatán. 19: 61-69.

Quintal, C. (1993). Propuesta para el diseño, construcción y mantenimiento de sistemas de tanques sépticos en Yucatán. Boletín Académico de la Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Yucatán. 21: 35-44.

Secretaría de Salubridad y Asistencia, (1971). Manual de Saneamiento, Vivienda, agua y desechos. Editorial Limusa. 388 p.

Universidad Autónoma de Yucatán, (2006). Atlas de riesgos de peligros naturales del municipio de Mérida, Yucatán. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UADY.

Ayuntamiento de Mérida (2004-2007), Secretaría de Desarrollo Social. 231 p. <http://www.merida.gob.mx/>

Este documento se debe citar como:

Febles-Patrón, J. L. y Hoogsteijn, A. (2008). **Análisis del Marco Legal para la Protección del Agua Subterránea en Mérida, Yucatán.** Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY, 12-3, pp. 71-79, ISSN: 1665-529X.