

Estado de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas de la cuenca del Lago de Maracaibo, Venezuela

José Luis Corona Lisboa

Profesor de Biología del Ministerio del Poder Popular para la Educación. Estado Zulia, Venezuela.

joseluiscoronalisboa@gmail.com

Resumen

Con la finalidad de evaluar el estado de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de la Cuenca del Lago de Maracaibo, se realizó un diagnóstico del estado de las plantas de tratamiento de aguas residuales potencialmente contaminantes ubicadas en las diferentes costas del Lago de Maracaibo y de dos cloacas principales de la ciudad de Maracaibo. Los datos e información fueron recolectados por medio de observaciones directas, patrones fotográficos y entrevistas al personal que labora en dichos sitios de estudio. Se comprobó que el 25% de los sistemas de tratamiento se encuentran en total inactividad; sólo el 43% del total de las plantas opera óptimamente. Asimismo, las descargas cloacales del norte y centro de la ciudad, vierten sus fluidos directamente al Lago sin tratamiento físico, químico o biológico y son la causa fundamental de la contaminación orgánica. Sus efluentes representan el 74% de las descargas de materia orgánica en el Estrecho de Maracaibo. Se concluye, que el 57% de los sistemas de tratamiento se encuentran en un estado avanzado de deterioro contribuyendo probablemente a la bioacumulación y magnificación biológica de sustancias químicas en la cadena trófica, alterando las propiedades físico-químicas de los cuerpos de agua.

Palabras clave: Lago de Maracaibo, sistemas de tratamiento, aguas residuales domésticas.

The State of Domestic Wastewater Treatment Systems in the Lake Maracaibo Basin, Venezuela

Abstract

In order to assess the state of wastewater treatment systems for Maracaibo Lake, a diagnosis was conducted of treatment plants for potentially polluting wastewater located on different shores of Lake Maracaibo and of two main sewers for the city of Maracaibo. Data and information were collected through direct observation, photographic patterns and interviews with staff working at these sites. It was found that 25% of the treatment systems are totally inactive and only 43% of the plants operate optimally. Likewise, sewage from the north and center of the city discharges directly into the lake without physical, chemical or biological treatment and is the root cause of organic pollution. Its effluents represent 74% of the organic matter discharged into the Strait of Maracaibo. Conclusions are that 57% of the treatment systems are in an advanced state of deterioration, probably contributing to the bioaccumulation and biological magnification of chemicals in the food chain, altering the physical-chemical properties of water bodies.

Keywords: Lake Maracaibo, treatment systems, domestic wastewater.

Introducción

Venezuela, es un país que cuenta con grandes recursos hidrológicos. Sin embargo, el modelo de asentamiento urbano hace que esta abundancia sea relativa. La disponibilidad de este recurso vital, está siendo afectada a causa de la progresiva contaminación de los cuerpos de agua, producto del crecimiento demográfico y la inadecuada planificación en el uso de sustancias químicas xenobióticas no biodegradables, provenientes de las actividades industriales. Estos inconvenientes, aunque son de menor importancia en algunas regiones, en otras son causa de restricciones severas para las actividades turístico-recreacionales y para el mismo abastecimiento de las poblaciones humanas [4, 5].

Lamentablemente, el Sistema de Maracaibo no escapa a esta realidad. Diariamente son descargados grandes volúmenes de materia orgánica altamente contaminantes, proveniente de las aguas residuales domésticas que hiperriquiecen al Lago de diversos nutrientes, lo que lo ha convertido en un estuario hipereutrofizado [6, 12].

Al mismo tiempo, los alcantarillados de aguas servidas y los pocos drenajes existentes, no presentan un plan de mantenimiento constante y solo atiende al 52% de la población, vertiendo sus aguas al Lago en varios puntos claramente visibles, uniéndose las aguas negras con las del es-

tuario, incurriendo en la violación de las leyes nacionales e internacionales sobre la calidad y protección del agua [15].

Los aportes procedentes de aguas residuales: detergentes y heces fecales, hacen que ciertos elementos químicos (fósforo) pierdan su efecto limitante, siendo utilizado por las algas del plancton, cuyas poblaciones crecen desmesuradamente hasta agotar el nitrógeno [10]. Como consecuencia del aumento de los organismos fotosintéticos, el agua se vuelve verdosa y turbia, aumentando la cantidad de oxígeno en el agua superficial. La muerte del fitoplancton provoca su acumulación en el fondo y la aparición de bacterias aerobias, las cuales consumen grandes cantidades de oxígeno y generan condiciones anaerobias aptas para la aparición de procesos de fermentación [13].

El tratamiento de aguas residuales, constituye una medida de remisión que contribuye a disminuir y controlar la polución de los cuerpos de agua. Sin embargo, para que estas medidas y estrategias de gestión sean exitosas, es necesario contar con obras de infraestructura e instalaciones adecuadas a la naturaleza de los fluidos a tratar y con el recurso humano capacitado para realizar las tareas de operación y mantenimiento de las plantas. El bajo funcionamiento y la poca atención que se brinda a los sistemas de tratamiento, es una de las causas principales que influye perjudicialmente en el funcionamiento de las mismas [14].

Por ello, el objetivo de este trabajo, consistió en verificar el funcionamiento de las principales plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas ubicadas en la Cuenca del Lago de Maracaibo.

Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas

Se realizó un diagnóstico del estado de todas las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas potencialmente contaminantes, ubicadas en las diferentes costas de la Cuenca del Lago de Maracaibo (Figura 1), con previa autorización de los entes encargados. Se examinó un total de 28 sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas: 13 de la Costa Occidental, 10 de la Costa Oriental y 5 de la Costa Sur del Lago. El reconocimiento se llevó a cabo mediante la observación directa y una entrevista no estructurada al personal que labora en las mismas, con la finalidad de conocer el nivel de operatividad de las plantas y la situación como se encuentran actualmente.

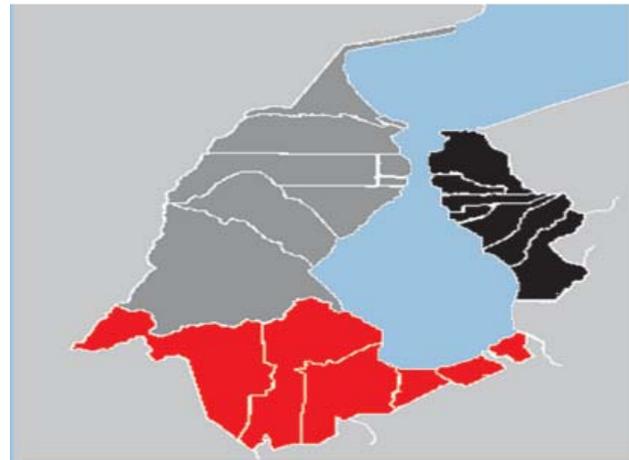
Cloacas principales del casco central y norte de la ciudad de Maracaibo

Para la recolección de datos e información de las cloacas principales de la ciudad, se utilizó la observación directa y fotografías in vivo de aquellos sitios donde las descargas de aguas negras desembocan en la Cuenca del Lago sin tratamiento alguno. Para ello se identificaron sitios de observación directa en la zona norte y centro de la ciudad de Maracaibo, específicamente en el sector Milagro Norte y diagonal al Hospital Central de Maracaibo Dr. Antonio José Urquinaona. Estas cloacas, poseen un caudal de 90 L/s y 98 L/s respectivamente y son las de mayor capacidad de todo el Municipio (Figura 2).

Resultados de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas

En la Tabla 1, se presenta una diagnosis de los sistemas de tratamientos examinados en este estudio, donde se indican las plantas junto con su localización geográfica, caudal, tipo de tratamiento empleado y la disposición final del agua.

En general, los sistemas de tratamiento examinados emplean cuatro operaciones básicas para el tratamiento de las aguas residuales domésticas: Lagunas de Estabilización, Lodos Activados, Tanques Imhoff y Filtros Percoladores.



● Costa Occidental ● Costa Sur ● Costa Oriental

Figura 1. División geográfica de las diferentes Costas de la Cuenca del Lago de Maracaibo.



Figura 2. Ubicación de las cloacas del Casco Central y Milagro Norte de la Ciudad de Maracaibo.

Las Lagunas de Estabilización permiten remover de las aguas residuales la materia orgánica que ocasiona la contaminación y eliminar microorganismos patógenos que representan un grave peligro para la salud. Por medio de lagunas aerobias, anaerobias, facultativas y de maduración, para utilizar su efluente con otras finalidades, como la agricultura [15]. Sin embargo, sólo el 21% de los sistemas de tratamiento, destinan sus efluentes al riego de plantaciones agrícolas en el Estado Zulia para consumo humano y animal. Mientras que un 68% de los mismos son descargadas a la Cuenca del Lago de Maracaibo [15].

Las plantas que operan con el tratamiento de Lodos Activados permiten la depuración mecánica de sedimentos en suspensión y de sustancias orgánicas biodegradables por medio de microorganismos activos en la superficie del agua (Lodos Activados). Luego, son separados por sedimentación en un decantador secundario. Una parte

Tabla 1. Diagnóstico de los Sistemas de Tratamientos de Aguas Residuales Domésticas.

Planta de Tratamiento	Ubicación por Municipio	Localización	Capacidad (L/s)	Tipo de Tratamiento	Uso Posterior del Agua
S.T Maracaibo	Maracaibo	Costa Occidental	5200	Laguna de Estabilización	Recurso Agrícola
PT Centro de Investigaciones del Agua	Maracaibo	Costa Occidental	14	Laguna de Estabilización	Recurso Agrícola
S.T Sur	San Francisco	Costa Occidental	600	Laguna de Estabilización	Recurso Agrícola
PT Nuevo Palmarejo	La Cañada de Urdaneta	Costa Occidental	14	Lodos Activados	Descarga al Lago
Laguna de Estabilización Cañada de Urdaneta	La Cañada de Urdaneta	Costa Occidental	14	Laguna de Estabilización	Descarga al Lago
PT Santa Cruz	Mara	Costa Occidental	14	Lodos Activados	Descarga al Lago
Lagunas de Carrasquero	Mara	Costa Occidental	7	Lodos Activados	Descarga al Lago
PT Carrasquero	Mara	Costa Occidental	16	Lodos Activados	Descarga al Lago
PT Don Bosco	Mara	Costa Occidental	2	Laguna de Estabilización	Recurso Agrícola
P.T. Parroquia Libertad	Machiques de Perijá	Costa Occidental	45	Lodos Activados	Descarga al Lago
P.T. Parroquia Bartolomé	Machiques de Perijá	Costa Occidental	65	Laguna de Estabilización	Descarga al Lago
P.T. San José de Perijá	Machiques de Perijá	Costa Occidental	16	Laguna de Estabilización	Descarga al Lago
P.T. Villa del Rosario	Rosario de Perijá	Costa Occidental	45	Lodos Activados	Descarga al Lago
S.T Cabimas	Cabimas	Costa Oriental	1100	Lodos Activados	Recurso Agrícola
PT Ciudad Sucre	Cabimas	Costa Oriental	10	Laguna de Estabilización	Descarga al Lago
S.T Ciudad Ojeda	Lagunillas	Costa Oriental	800	Laguna de Estabilización	Descarga al Lago
PT Bachaquero	Valmore Rodríguez	Costa Oriental	52	Lodos Activados	Descarga al Lago
PT Santa Rita	Santa Rita	Costa Oriental	52	Lodos Activados	Descarga al Lago
Laguna de Mene Grande	Baralt	Costa Oriental	130	Lodos Activados	Descarga al Lago
PT Batatal	Baralt	Costa Oriental	23	Laguna de Estabilización	Sin Información
PT La Chamarreta	Baralt	Costa Oriental	7	Tanque Imhoff	Sin Información
PT Baralt	Baralt	Costa Oriental	7	Filtros Percoladores	Descarga al Lago
Laguna de San Lorenzo	Baralt	Costa Oriental	23	Laguna de Estabilización	Descarga al Lago
P.T. Caja Seca	Sucre	Sur del Lago	12	Laguna de Estabilización	Sin Información
P.T. Santa María	Sucre	Sur del Lago	13	Laguna de Estabilización	Descarga al Lago
Lagunas El Guayabo	Colón	Sur del Lago	10	Laguna de Estabilización	Descarga al Lago
S.T. Santa Bárbara del Zulia	Colón	Sur del Lago	150	Laguna de Estabilización	Recurso Agrícola
Lagunas de "Cuatro Esquinas"	Francisco	Sur del Lago	33	Laguna de Estabilización	Descarga al Lago

Fuente: Elaboración propia, con apoyo de las referencias.

de los lodos activados vuelven a un tanque de aireación (lodo de retorno) y la parte no recirculada (lodo en exceso) es un residuo del proceso que puede ser eliminado [8].

Asimismo, los sistemas que trabajan por medio de Tanques Imhoff eliminan los sólidos sedimentables por medio de una cámara de sedimentación y remueven diariamente la formación de espuma. Luego, los lodos acumulados en la cámara se extraen periódicamente y se conduce a lechos de secado, en donde el contenido de humedad se reduce por infiltración, después se retiran y se disponen de ellos enterrándolos o pueden ser utilizados para el mejoramiento de los suelos [8, 17].

Por otro lado, los Filtros Percoladores; son un tipo de reactor de crecimiento biológico asistido, donde el agua residual percola en forma descendente a través de un relleno de limo biológico dentro del reactor y el efluente se recoge en el fondo. La capa de limo, está formada de una subcapa aerobia y de otra anaerobia. En la primera, el sustrato se oxida parcialmente para proporcionar la energía necesaria al proceso biológico y la otra parte del sustrato se utiliza para sintetizar nuevo material de limo. En cambio en la anaerobia, la degradación tiene lugar con formación de ácidos orgánicos, CH_4 y H_2S , donde el metano puede ser utilizado como gas natural [8, 17].

Además, se observó que en algunos sistemas de tratamiento, existe exceso de vegetación alrededor y dentro de las lagunas (Plantas Sur del Lago) afectando probablemente el funcionamiento de las mismas al disminuir la captación de luz solar por parte de los organismos fotosintéticos.

Igualmente, se evidenció deterioro del talud de ciertas plantas y daño de la infraestructura. Así como, la pérdida de efluentes que genera malos olores y posible contaminación del suelo (Plantas del Municipio Machiques de Perijá y Mara).

Nivel de operatividad de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas

En la Figura 3, se muestra un resumen del nivel de operatividad de las plantas de tratamiento examinadas en la zona costera del Lago de Maracaibo.

Actualmente, el mantenimiento, construcción y reparación de los sistemas de tratamientos de aguas residuales son administradas por la empresa gubernamental Hidrológica del Lago de Maracaibo (Hidrolago), mientras que el Instituto para el Control y Preservación de la Cuenca del Lago de Maracaibo (ICLAM) sólo se encarga de las inspecciones de los sistemas de tratamiento.

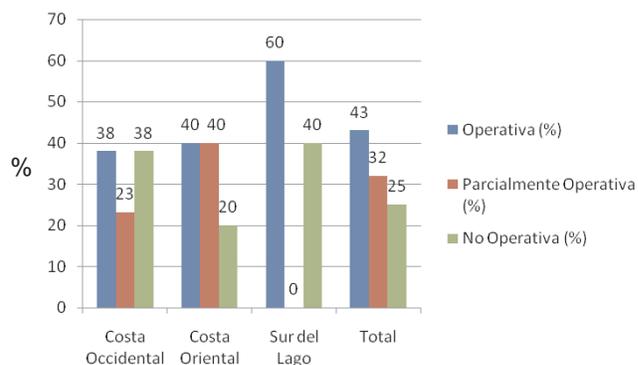


Figura 3. Nivel de operatividad de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas.

Se evidencia que el 43% total de las plantas se encuentran funcionando. Mientras que el 32% están operando parcialmente, debido a la falta de labores de mantenimiento y un 25% no funcionan, porque se encuentran totalmente destruidas ó en abandono. Estas cifras son alarmantes, ya que los sistemas que no funcionan vierten sus aguas en el estuario sin tratamiento físico, químico o biológico, violando las Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos [9], además del incumplimiento de los manuales de mantenimiento y servicios, ya que en ninguna de las plantas de tratamiento visitados, fué mostrado dicho manual. Con la consiguiente falta de presupuesto para estos importantes sistemas de tratamiento. Según El ICLAM [6], las descargas de aguas servidas domésticas concentradas principalmente en el Estrecho de la Cuenca del Lago, vierten aproximadamente 9.000 L/s. de aguas negras sin tratamiento previo.

Al mismo tiempo, el 40% de los sistemas de tratamiento de la Costa Oriental del Lago se encuentran infuncionales y 20% operan parcialmente. Este hecho tiene relación con la situación ambiental que se vive en esta región. La Costa Oriental del Lago, es la más industrializada de todas y con un número considerable de habitantes (aprox. 1.000.000 hab.) [7] y es la zona más afectada por las aguas residuales domésticas e industriales, producto de la actividad petroquímica. Además, es la región costera de mayor actividad pesquera y donde la contaminación acuática probablemente, tiene sus efectos más pronunciados en comparación al resto de las costas adyacentes al Lago.

No obstante, en la Costa Occidental sólo se encuentran operativos el 38% de los sistemas de tratamiento y es la zona con el mayor número de habitantes (aprox. 1.733.500 hab.) [7]. Por lo tanto, es el área con mayor descarga de aguas residuales domésticas sin tratamiento alguno.

Mientras que en la Costa Sur del Lago, el 60% de las plantas se encuentran activas sin problemas de mantenimiento e infraestructura y un 40% de las mismas, operan parcialmente debido a la falta de labores de mantenimiento y es la zona con el menor número de habitantes (aprox. 250.177 hab.) [7]. Por ello, esta es la franja donde las aguas servidas son tratadas casi en su totalidad, contribuyendo en menor grado a la contaminación orgánica y microbiana del Lago de Maracaibo.

Cloacas del casco central y norte de la ciudad de Maracaibo

Se comprobó que las cloacas principales del centro y norte de la ciudad vierten sus desechos directamente en el estuario sin tratamiento previo (Figura 4).

Estas dos cloacas, recolectan las aguas residuales domésticas provenientes de las redes de las Parroquias: Bolívar, Olegario Villalobos, Santa Lucía y Chiquinquirá, con una población total de 225.161 ha. Por ello, los aportes de aguas residuales de estas cloacas al Lago de Maracaibo, son de gran importancia ecológica, ya que son las más caudalosas de todos los alcantarillados de la ciudad de Maracaibo.

Lamentablemente, no existen estaciones de bombeo ni sistemas de tratamiento para las cloacas que vierten sus desechos a la Cuenca, incrementando probablemente la contaminación acuática y de especies de animales vertebrados e invertebrados de interés pesquero.

Discusión

En Venezuela, las investigaciones reportadas sobre las condiciones de las plantas de tratamiento de aguas domésticas son pocas, pero se sabe que las descargas de desechos

orgánicos provenientes de la actividad humana en la cuenca, han sobresaturado la capacidad de asimilación natural, trayendo desequilibrio en el proceso natural de eutrofización, pasando de la dinámica de un sistema oligotrófico a un sistema eutrófico [12].

Estimativos reportados en Venezuela [4], indican que las áreas urbanas generan aproximadamente 467 m³/s de aguas servidas que contaminan los cuerpos de agua.

Al respecto, Acosta [1] realizó un estudio sobre las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas en estaciones lacustres petrolíferas en el Lago de Maracaibo y comprobó que ninguna de las plantas examinadas cumplía con los manuales de operaciones y mantenimiento, por lo tanto la eficiencia de las misma fué desfavorable.

Asimismo, Rincón *et al.* [11] lograron el aislamiento de protozoarios ciliados como: *Uronema*, *Euplotes* y *Oxtricha*, siendo la especie *Uronema nigricans* la de mayor capacidad adaptativa a la contaminación presente en los cuerpos de agua del Lago de Maracaibo. También, pudieron separar diversos géneros bacterianos, entre los cuales se encuentran: *Klebsiella*, *Citrobacter*, *Serratia*, *Enterobacter*, *Pseudomonas*, *Morococcus*, *Oligella*, *Staphylococcus*, *Corynebacterium* y *Bacillus*, con predominio de las Enterobacterias, indicando contaminación fecal de las aguas del Lago; las cuales provocan problemas de salubridad humana, debido a que la mayoría de los parásitos patógenos son del tipo intracelular obligado, y pueden hospedarse en especies marinas de consumo humano ocasionando enfermedades gastrointestinales [2].

La contaminación de un cuerpo de agua por materia orgánica afecta su balance de oxígeno. De allí que, este tipo de contaminación incrementa la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), debido al proceso de descomposición aeróbica llevado a cabo por microorganismos, principalmente bacterias, que la utilizan como fuente de ener-



Figura 4. Cloaca principal de la zona norte de la ciudad de Maracaibo (izquierda) y centro de la metrópoli (derecha). Estas cloacas desembocan directamente el Lago de Maracaibo sin tratamiento previo.

gía. Esto significa que bacterias como coliformes fecales, estreptococos, salmonellas y la existencia de virus sobrepasan considerablemente los límites permisibles, ocasionando fuertes déficits de Oxígeno Disuelto (OD) y, en algunos casos, el agotamiento de la disponibilidad de oxígeno proveniente de la atmósfera [3].

Este déficit de OD en las aguas, crea condiciones adversas a la biota, principalmente a los peces. Al descender el OD por debajo de 3 mg/L, sobre todo si es por períodos prolongados, es causa de serios daños ecológicos [16].

Por otro lado, las descargas de las redes cloacales principales de la ciudad, son la causa fundamental de la contaminación orgánica en el estuario, sus efluentes representan el 74% de las descargas de materia orgánica en el Estrecho de Maracaibo [6]. Las industrias no empotradas a las redes cloacales de la ciudad representan el 14% de la carga total de la DBO en el Estrecho, incluidas la industria Petroquímica, Petrolera y láctea, conjuntamente con la actividad de los frigoríficos [3, 6].

Las sustancias incorporadas en las aguas residuales domésticas proceden de alimentos, deyecciones, limpieza casera, limpieza vial, entre otros. El 99,9% de ellas es agua y el 0,01% son sólidos en suspensión. De estos, el 70% son sólidos orgánicos y el 30% son inorgánicos. En la caracterización química de estas aguas se encontraron: productos orgánicos (carbohidratos, proteínas y lípidos), inorgánicos (sales, urea, nitratos, fósforo, nitritos, cloruros) y microorganismos (protozoarios, bacterias, coliformes fecales) que usualmente son patógenos o transmisores de enfermedades hídricas, tales como: gastroenteritis, paratifoidea, disentería, hepatitis y otras de origen viral. También, patologías por contacto con agua contaminada: otitis, conjuntivitis, dermatitis y micosis. Las deyecciones humanas tienen un contenido de 30% de Nitrógeno (N), 3% de ácido fosfórico (PO_4H_3) y 6% de óxido de potasio (K_2O) [1, 6].

Las descargas de aguas servidas presentan una relación causa-efecto bastante clara y muy directa [6]. En consideración a los resultados de las investigaciones referidas anteriormente, se deben controlar los efluentes domésticos contaminantes de la ciudad de Maracaibo, que constituyen fuentes puntuales de contaminación.

Conclusiones y recomendaciones

De los resultados obtenidos en este estudio, se concluye que el 57% de los sistemas de tratamiento se encuentran en un estado avanzado de deterioro, ya que se encuentran parcialmente operativos ó en estado de abandono producto del detrimento de la infraestructura física y daño de los

componentes de las plantas, debido a la falta de un presupuesto gubernamental justo para el mantenimiento de estos sistemas de tratamiento; sólo el 43% funciona óptimamente. Además, las cloacas principales del Centro y Norte de la ciudad de Maracaibo, no son tratadas antes de ser vertidas al Lago. Lo cual se traduce en la descarga directa o indirecta de efluentes líquidos al estuario, constituyendo una fuente potencial de contaminación del Recurso Agua. No hay duda que la falta de políticas y estrategias, por parte de las autoridades gubernamentales para la prevención o reducción de la generación de desechos, así como, la disposición final de los mismos, influye en la magnitud del problema.

Conjuntamente, el acelerado crecimiento demográfico en la Cuenca del Lago de Maracaibo y el inadecuado tratamiento de los desechos humanos, hace que esta problemática ambiental se agrave con el paso de los años.

Resulta importante fortalecer o establecer mecanismos y sistemas de evaluación, para la implementación exitosa de estrategias en el tratamiento de las aguas servidas de la población aledaña a la Cuenca del Lago. Para ello es necesario, designar un presupuesto gubernamental destinado al mantenimiento y reparación de los sistemas de tratamiento que operan parcialmente y la construcción de nuevas plantas a mediano plazo, para el tratamiento de aguas negras procedentes de las redes cloacales del centro y norte de la ciudad de Maracaibo, y así disminuir la contaminación orgánica de los cuerpos de agua y biota del estuario.

Referencias

- [1] ACOSTA FERNÁNDEZ, Nola (2001). Problemática de las plantas de tratamiento de aguas residuales de origen doméstico en las instalaciones lacustres. En: **Multiciencias**. Revista Multidisciplinaria del Núcleo LUZ Punto Fijo, Venezuela. Vol. 1, Nº 2: 79-83.
- [2] ARNEDO, Ivonne; BRACHO, Mariangela; DÍAZ, Odélis (2008). Técnicas para la detección de *Cryptosporidium sp.* en sistemas de tratamiento de agua residual. En: **Kasmera**. Revista de la Facultad de Medicina de LUZ, Venezuela. Vol. 36, Nº 2: 120-128.
- [3] ESCOBAR, Jairo (2002). La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. Serie Recursos naturales e infraestructura. División de Recursos Naturales e Infraestructura. CEPAL-ECLAC. Nº 50. Santiago de Chile. p.p 79.
- [4] GONZÁLEZ LANDAZÁBAL, Ángela (2000). Informe Nacional sobre la Gestión del agua en Venezuela. (Documento en línea). Disponible: www.cepis.ops-oms.org/bvsarg/e/fulltext/infven/infven.pdf. [(Consulta: 2011, Junio 18)].

- [5] HERRERA, Lenín (2004). Investigación científica: inversión para conservar. En: **Interciencia**. Revista de Ciencia y Tecnología de América, Venezuela. Vol. 29, N° 9: 482-484.
- [6] ICLAM (2005). Instituto para el Control y Conservación de la Cuenca del Lago de Maracaibo. Impacto Socio-Económico y Ambiental ocasionado por la proliferación de *Lemna obscura* en el Lago de Maracaibo. Estrategias de Gestión y Logros Alcanzados. (Smi).
- [7] INE (2001). Instituto Nacional de Estadística de Venezuela. Resultados de XIII Censo de población y vivienda, Caracas, Venezuela.
- [8] MUÑOZ, José (2005). Componentes de los sistemas convencionales de depuración de aguas residuales. (Documento en línea). Disponible: <http://www.macrophytes.info/documentacion/Cap%EDtulos%20Manual/Cap%EDtulos%203%20a%204.pdf>. (Consulta: 2011, Diciembre 5).
- [9] Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos. (1995). Gaceta Oficial N° 5021, Decreto Presidencial N° 883.
- [10] PARRA-PARDI, Gustavo (1979). Estudio sanitario integral sobre la contaminación del Lago de Maracaibo y sus afluentes. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR). Dirección de investigación del ambiente. Venezuela, 222 pp.
- [11] RINCÓN, Neil; DUPONTT, José; DIAZ, Laugeny (2007). Bacterias y protozoarios ciliados de muestras de agua de la costa oriental del lago de Maracaibo. En: **Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas de la Facultad de Humanidades y Educación de LUZ**, Venezuela. Vol. 41, N° 3: 309-322.
- [12] RIVAS, Zulay; MÁRQUEZ, Rómulo; TRONCONE, Federico; SÁNCHEZ, José; COLINA, Marinela; HERNÁNDEZ, Paola (2005b). Contribución de principales ríos tributarios a la contaminación y eutrofización del Lago de Maracaibo. En: **Ciencia**. Revista de la facultad de Ciencias de LUZ, Venezuela. Vol. 13: 68-77.
- [13] RIVAS, Zulay; SÁNCHEZ, José; TRONCONE, Federico; MÁRQUEZ, Rómulo; LEDO, Hilda; COLINA, Marinela; GUTIÉRREZ, Elizabeth (2009). Nitrógeno y fósforo totales de los ríos tributarios al sistema Lago de Maracaibo, Venezuela. En: **Interciencia**. Revista de Ciencia y Tecnología de América, Venezuela. Vol. 34: 308-314.
- [14] ROMERO CRISTALES, Manlia Alicia; RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, Patricia Margarita; LÓPEZ PORTILLO, Ivonne Yesenia (2000). Manual de operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas. XXII Congreso de Centroamérica y Panamá de ingeniería Sanitaria y Ambiental "Superación Sanitaria y Ambiental: El Reto".
- [15] ROSILLO, Antonio (2001). Sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales en América Latina: Realidad y potencial. Estudio general del caso Maracaibo, Venezuela. (Smi).
- [16] ROSSI LUNA, María Grazia (2010). Oportunidades de mejoras ambientales por el tratamiento de aguas residuales en el Perú. Proyecto de Investigación del FONAM. Fondo Nacional del Ambiente del Perú. (Documento en línea). Disponible: <http://www.fonamperu.org> [Consulta, 02/02/2011]
- [17] SEOÁNEZ CALVO, Mariano (2004). **Depuración de las aguas residuales por tecnologías ecológicas y de bajo costo**. Grupo Editorial Mundi-Prensa. Impreso en Madrid, España. p.p 464.