

CONTAMINACIÓN ANTROPOGÉNICA EN EL LAGO DE MARACAIBO, VENEZUELA

José Luis Corona Lisboa*

Recibido: 22-06-2012 Aceptado: 13-11-2012

RESUMEN

La contaminación de la Cuenca del Lago de Maracaibo está directamente vinculada con las actividades humanas, entre las que destaca la descarga de aguas servidas de origen doméstico e industrial, en especial de la industria petroquímica. Esta problemática ambiental, ha generado un desequilibrio ecológico de los componentes bióticos y abióticos del estuario más grande del continente americano y el más importante del occidente venezolano desde el punto de vista biológico, socioeconómico y político, debido a sus riquezas naturales y a la ubicación geográfica del mismo. La presente revisión, ofrece una visión amplia sobre las repercusiones ecológicas en el Sistema de Maracaibo, sobre los cuerpos de agua, biota y explotación pesquera.

PALABRAS CLAVE: • Contaminación marina • Efluentes contaminantes • Metales pesados • Estuario • Sistema de Maracaibo

ABSTRACT

The contamination of Lake Maracaibo Basin is directly linked to human activities, among which the discharge of wastewater from domestic and industrial, especially the petrochemical industry. This environmental problem has created an ecological imbalance of biotic and abiotic components of the largest estuary in the American continent and the most important in the western Venezuela part, in biological, socioeconomical and political viewpoint, because of its natural riches and geographical location. This review provides a comprehensive view on the environmental impact in the System of Maracaibo, on the bodies of water, biota and fishing.

KEY WORDS: • Marine pollution • System of Maracaibo • Effluents • Contaminants • Heavy metals • Estuary

INTRODUCCIÓN

En el Sistema del Lago de Maracaibo, son descargadas grandes cantidades de sustancias químicas y orgánicas altamente contaminantes, que han perturbado las funciones ecológicas del estuario, reduciendo la biota, dañando el ecosistema acuático y contaminado los caudales bajos de los ríos tributarios, donde se acumulan las sustancias perturbadoras, originando efectos perjudiciales en la salud humana y la pérdida de especies acuáticas. Otros elementos químicos han enriquecido de manera

exagerada al Lago de diversos nutrientes muy puntuales (fosfatos y nitratos) que lo ha convertido en un estuario hipereutrofizado, es decir con exceso de nutriente inorgánicos. Además, influyen los vertidos por escorrentía debido a las lluvias (Escobar, 2002; Ojeda y Arias, 2000, Rivas *et al.*, 2005).

Parte de estos contaminantes, provienen de fuentes ya conocidas, como la explotación agrícola, pecuaria y urbanística; además de los vertidos de la industria petroquímica, caracterizados por la presencia de metales pesados (cromo, cadmio, plomo y mercurio)

* Profesor de Biología del Ministerio del Poder Popular para la Educación. Estado Zulia, Venezuela; joseluiscoronalisboa@gmail.com



que provocan contaminación de las aguas y daños metabólicos a la ictiofauna, (es decir, al conjunto de especies de peces) y a animales invertebrados de interés pesquero (Fernández *et al.*, 2007; Rivas *et al.*, 2009; Zwolsman *et al.*, 1997).

Además, existen granjas con actividad porcina, camaronera y avícola que junto a los frigoríficos arrojan sus desperdicios en el Lago, ocasionando eutrofización y contaminación microbiana, debido a la descomposición de la materia orgánica gracias a las bacterias que allí se encuentran, las cuales utilizan el oxígeno disuelto en el agua y oxidan la materia orgánica, liberando dióxido de carbono, nitrato y fosfato, los cuales son consumidos por las cianobacterias produciendo un crecimiento exponencial de las microalgas, que evitan que los rayos solares penetren en el lago, provocando mortandad de peces con efectos perjudiciales y fuertemente contaminantes (Vanegas, 1992).

A pesar de lo anteriormente expuesto, no existen publicaciones que expliquen de manera sintetizada las consecuencias ecológicas derivadas de la acción antropogénica en la Cuenca del Lago de Maracaibo. Por ello, este documento tiene la finalidad de presentar una revisión sobre el impacto ecológico de la contaminación antropogénica en aguas, biota y explotación pesquera del Sistema de Maracaibo.

Sistema de Maracaibo

El Sistema del Lago de Maracaibo, está localizado geográficamente en la zona nor-occidental de Venezuela, ubicada entre los 8° 22' y 11° 51' de latitud norte y entre los 70° 30' y 73° 24' de longitud oeste. Es una depresión sedimentaria casi completamente rodeada de montañas en forma de "U" de altura y

características fisiográficas variables, abarcando por el sur y el sur-este los flancos de la Cordillera de los Andes, por el oeste y el nor-oeste la Sierra de Perijá y por el este las estribaciones de La Serranía de Coro (Herrera, 2004).

La fosa estructural de Maracaibo, es una consecuencia del pronunciamiento de los Andes venezolanos y de la Sierra de Perijá y es por tanto muy joven. La cuenca se ha ido hundiendo lentamente después del Eoceno y ha acumulado al mismo tiempo, una enorme capa de sedimentos (Rodríguez, 2000).

La Cuenca del Lago de Maracaibo, presentada en la Figura 1, está formada por tres cuerpos de agua distintos, pero íntimamente relacionados entre sí: 1. el Lago de Maracaibo, 2. el Estrecho de Maracaibo y El Tablazo y 3. el Golfo de Venezuela (Rodríguez, 2000).



FIGURA 1. Ubicación geográfica del Lago de Maracaibo y sus cuerpos de agua.

Problemática ambiental en el Lago de Maracaibo

Derrames de hidrocarburos

Los derrames petroleros causan serios daños al ecosistema ya que su efecto contaminante es gravemente irreversible. Sin embargo, sus efectos dependen de varios factores: tipo de petróleo (crudo o refinado), cantidad liberada, distancia del sitio de liberación desde la playa, época del año, temperatura del agua, clima y corrientes oceánicas. No obstante, al llegar al agua del lago, los hidrocarburos orgánicos volátiles del petróleo matan

inmediatamente muchos animales, especialmente en sus formas larvales. (Bermúdez, 2006; Herman, 1997; Marín, 1999).

Una consecuencia de los continuos derrames de petróleo en el Lago de Maracaibo, ha sido la destrucción del hábitat de los ecosistemas costeros y de los ríos, debido a que han alterado la calidad fisicoquímica de las aguas y del sedimento, provocando la muerte inmediata de especies marinas susceptibles a este hidrocarburo, perjudicando a la ictiofauna estuarina de interés socioeconómico (*Anodus laticeps*, *Pimelodus clarias*, *Pseudoplatystoma fasciatum*, *Prochilodus magdalenae*, *Trachinotus paitensis*). Asimismo, los derrames han incrementado el proceso de bioacumulación de sustancias y elementos tóxicos en el tiempo, como: cromo, cadmio, plomo y mercurio (Rivas *et al.* 2005).

Igualmente, los componentes aromáticos diluidos en el agua en concentraciones de algunas partes por mil de millones (ppb) alteran los mecanismos de quimiorrecepción (feromonas) de algunos organismos marinos (como moluscos y gasterópodos). Este proceso, es imprescindible en la búsqueda de alimentos y en la reproducción. La interrupción de este proceso biológico puede acabar con las poblaciones del área contaminada, aunque el nivel de contaminación sea mucho menor que el nivel letal definido para la especie afectada (Atlas y Bartha, 2002; Hidalgo, 2009).

Además, el petróleo forma con el agua una capa impenetrable que obstaculiza el paso de la luz solar que utilizan los organismos productores (fitoplancton y algas) para realizar el proceso de fotosíntesis. Asimismo, interfiere en el intercambio gaseoso, cubren la piel y órganos respiratorios como las branquias de los peces, provocándoles la muerte por asfixia (Atlas y Bartha, 2002).

Otras sustancias químicas de baja densidad derivadas de los hidrocarburos, permanecen en la superficie lacustre y forman burbujas flotantes que cubren las plumas de las aves que se zambullen, destruyendo el aislamiento térmico natural haciendo que se hundan y mueran (Escobar, 2002).

Cuando el petróleo alcanza el epilimnio, es decir la capa superficial de agua del lago, se producen diferentes reacciones químicas inmediatas y a mediano plazo, que alteran las propiedades físico-químicas del estero, ya que el vertido se dispersa por efecto de las corrientes marinas y del viento, provocando una expansión del crudo hacia áreas abiertas y/o

costeras. En la zona expuesta, se inicia la oxidación y la emulsificación del crudo, dispersándose por sedimentación hacia el fondo marino, en forma de pequeñas gotas por la superficie acuática o por evaporación hacia la atmósfera. La sedimentación puede llegar a cubrir amplias zonas del fondo marino si el vertido alcanza zonas costeras o espacios similares; en este caso, la mancha de crudo oscurece, afectando los procesos fotosintéticos y el nivel de oxígeno de la franja submareal (Escobar, 2002; Hidalgo, 2009).

Vertidos de efluentes de granjas camaroneras

El vertido de aguas servidas de estanques y piscinas camaroneras en exceso al Lago de Maracaibo con poco recambio, ha provocado uno de los impactos ecológicos más significativos. No obstante, el daño ecológico depende de la cantidad de residuos orgánicos y sedimentos eliminados. Sin embargo, varios estudios han demostrado que los fluidos provenientes de la camaronicultura, aumentan los sólidos disueltos en el agua y el fitoplancton, que disminuyen la penetración de la luz en el medio acuático del estuario perjudicando la fauna pelágica y bentónica, debido a la disminución del proceso fotosintético (Flores *et al.*, 2007).

Además, los productos utilizados para la desinfección de los estanques, promueven la contaminación química y biológica del agua, causando bioacumulación de elementos tóxicos en la cadena trófica, que afecta a las especies de interés comercial y de consumo humano y ocasiona riesgos de enfermedades a la colectividad humana (Flores *et al.*, 2007; Saborío y Bravo, 2002). La mayoría de las granjas camaroneras alrededor de la Cuenca utilizan el sistema semi-intensivo en el que se tiene una tasa de

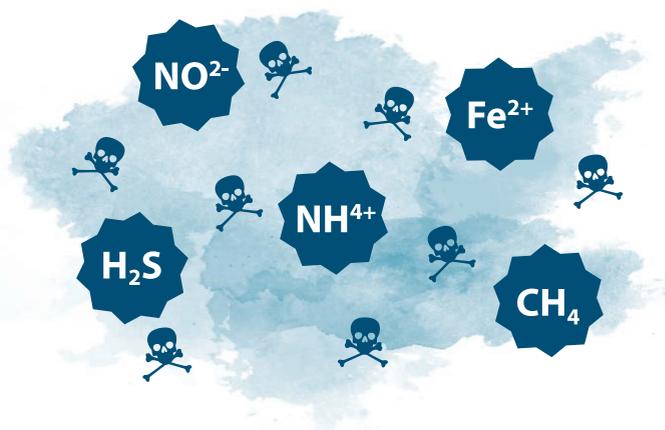


recambio diario de agua de 15% del volumen total (Morillo *et al.*, 2006; Saborío y Bravo, 2002). Esto, junto a los olores desagradables y al grado de aprovechamiento de dos ciclos productivos por año, donde en cada uno se vierten los sedimentos al Sistema de Maracaibo, evidencia la frecuencia y magnitud, al que se puede caracterizar como negativo, continuo y de alto impacto.

Por otro lado, los sedimentos provenientes de los estanques son capaces de producir metabolitos tóxicos como sulfuro de hierro (H_2S), hierro ferroso (Fe^{2+}), nitrito (NO_2^-), amonio (NH_4^+) y metano (CH_4) con la consiguiente pérdida de la calidad del agua (Martínez, 2007; Saborío y Bravo, 2002). Además, estos compuestos incrementan la productividad primaria del ecosistema acuático y aumentan la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

Igualmente los desechos de caparazones de estos crustáceos, producen impactos ambientales significativos al estuario, debido a la alta composición mineral de los mismos, como: calcio, nitrógeno y fósforo. Al respecto, los resultados obtenidos por Morillo *et al.* (2006), muestran que la costra de cangrejo y camarón de las granjas alrededor del Lago, son fuente de nutrimentos para las microalgas y si sus desechos no son tratados adecuadamente, contribuyen con la eutrofización del mismo y al crecimiento exponencial de cianobacterias (Cuadro 1).

Se evidencia que las costras de cangrejos poseen entre 29,27% - 37,18% de minerales, mientras que en la cabeza y concha del camarón oscila entre 20,89% y 23,85%, constituyendo aportes importantes de elementos inorgánicos para el crecimiento de microorganismos presentes en el agua (algas cianofíceas y bacterias). Estos residuos, si no son aprovechados



pasan a ser contaminantes ambientales, ya que son susceptibles a una rápida descomposición en sustancias inorgánicas de difícil degradación por microorganismos, especialmente por hongos, debido a la queratina, la quitina y los carbonatos de calcio presentes en el exoesqueleto de estos animales, hacen que se conviertan en un excelente medio de cultivo para la célula del hongo.

Muchos de estos microbios invasores, son patógenos para el ser humano (*Aspergillus* sp, *Curvularia* sp, *Penicillium* sp, *Alternaria* sp, *Cladosporium* sp y *Rhizopus* sp) así como para algunas plantas y animales domésticos. Los residuos de los caparazones se convierten entonces, en una gran fuente de contaminación acuática para el Sistema de Maracaibo y la población circundante. Por ejemplo, el género *Aspergillus* está ligado a procesos alérgicos, así como infecciones oportunistas. *Alternaria*, además de producir alergia y asma, ataca también a los cultivos de papa, berenjena y otras plantas de la familia solanácea, mientras que el *Penicillium*, contiene muchas toxinas a

CUADRO 1
Caracterización química de residuos de cangrejo y camarón de granjas camaroneras en la Cuenca del Lago de Maracaibo

Variable %	Cangrejo						Camarón			
	Abdomen		Caparazón		Tenaza		Cabeza		Concha	
	Promedio	DS	Promedio	DS	Promedio	DS	Promedio	DS	Promedio	DS
Proteína	41,76	0,53	27,37	0,53	22,57	0,53	46,79	0,56	39,17	0,54
Grasa	4,64	0,35	6,18	0,35	0,04	0,35	10,48	0,68	0,71	0,65
Ceniza	29,27	1,03	37,18	1,03	53,55	1,07	20,89	0,60	23,85	0,57
Humedad	5,46	0,32	5,73	0,32	5,27	0,32	4,46	0,18	5,25	0,17

Fuente: Morillo *et al.* 2006.

las que se les ha encontrado actividad cancerígena y mutagénica en animales domésticos, produciendo incluso síndrome nefrótico. Por su parte *Rhizopus*, produce micosis rinorival, que generalmente ataca a diabéticos, produciendo infecciones incontroladas rápidas y fatales (Morillo *et al.*, 2006). Por lo tanto, es necesario el tratamiento físicoquímico y biológico previo a la descarga de las aguas de recambio de las piscinas cultivadas con crustáceos.

Metales pesados

A pesar de que existen leyes que regulan la concentración de metales tóxicos en los cuerpos de agua y biotas del Lago de Maracaibo, el incremento en las concentraciones ambientales de elementos metálicos pesados producto de la actividad petroquímica, se ha convertido en un problema ambiental progresivo en el tiempo (Salazar, 2009).

Trabajos pioneros indican que desde los años 80, muchas especies pesqueras de importancia económica ya presentaban concentraciones mercuriales que en algunos casos estaban en los límites permisibles (Salazar, 2009; Sánquiz *et al.*, 2000). Sin embargo, en los últimos años, son escasos los estudios publicados al respecto. En el Cuadro 2 se presentan los registros de evaluaciones reportadas en los años de 1999 y 2001 del contenido de mercurio en algunas especies piscícolas e invertebrados de la Cuenca del Lago de Maracaibo.

Se puede observar que los niveles de este elemento químico en las especies acuáticas mencionadas, es elevado. Según la Organización Mundial para la

Salud (OMS, 1999) un consumo igual o mayor de 50 µg/g ocasiona retrasos en el sistema nervioso central en niños, tomando en cuenta que la mayoría de los metales pesados se acumulan en el organismo gradualmente. Esto ha llevado a un proceso de bioacumulación, que consiste en la acumulación neta con el paso del tiempo de metales (u otras sustancias persistentes) en un organismo a partir de fuentes, tanto bióticas como abióticas, de manera que la concentración del tóxico en el individuo es mayor a la del ambiente (Norberg, 2009; Salazar, 2009). Adicionalmente, este elemento químico causa estrés oxidativo a la fauna acuática y a la población que los consume, provocando daños a los lípidos de la membrana celular, proteínas y ácidos nucleicos (Norberg, 2009).

Asimismo, el mercurio metálico acumulado en el fondo del Lago, es convertido en compuestos organometálicos gracias a la bacteria anaeróbica



CUADRO 2
Contenidos de mercurio en algunos peces e invertebrados del Lago de Maracaibo

Organismo	Lugar	Hg	Fuente
Armadillo (<i>Hypostomus watwata</i>)	Lago de Maracaibo	0,72 ± 0,13 mg/g	Marcano y Troconis, 2001
Manamana (<i>Anodus laticeps</i>)	Lago de Maracaibo	0,41 ± 0,05 mg/g	Marcano y Troconis, 2001
Bagre (<i>Creagrutus maracaiboensi</i>)	Zona norte, Lago de Maracaibo (Estado Zulia)	1,115 mg/kg	Sánquiz <i>et al.</i> , 1999
Corvina (<i>Argyrosomus regius</i>)	Zona norte, Lago de Maracaibo (Estado Zulia)	0,814 mg/kg	Sánquiz <i>et al.</i> , 1999
Almeja (<i>Polymesoda solida</i>)	Zona norte, Lago de Maracaibo (Estado Zulia)	0,687 mg/kg	Sánquiz <i>et al.</i> , 1999

Fuente: Salazar, 2009.



Metanobacterium amelanskis (Calcina, 2006). De las sustancias formadas, el metilmercurio (CH_3Hg) es la especie química más tóxica, ya que forma varios complejos organometálicos que son extremadamente volátiles. Esta bacteria que contiene metilmercurio puede ser rápidamente adsorbida por el fitoplancton y pasar a los organismos superiores, invadiendo hígado, riñón, cerebro y sangre (Calcina, 2006). Por ello, un monitoreo de las zonas impactadas y de los organismos que allí habitan, así como la ejecución de las normativas vigentes para el control ambiental, podría ayudar a mejorar la calidad del ambiente y en consecuencia, la salud de las poblaciones humanas (Achterberg *et al.*, 2003).

Nutrientes (nitrógeno, fósforo) y aguas servidas domésticas

Otra problemática ambiental en el Lago de Maracaibo a lo largo de los años, ha sido el aporte de nutrientes, producto del uso descontrolado de agroquímicos y del manejo incorrecto de aguas residuales, desperdicios sólidos y dañinos (Corona, 2011, Rivas *et al.*, 2009). Además, la intervención de las cuencas altas de los ríos tributarios y de las zonas protectoras (manglares) debido al desarrollo industrial y agrícola, así como al crecimiento demográfico, ha contaminado el agua, ha disminuido su caudal y ha provocado daños ecológicos, así como el desvío de las aguas. Debido a su poder erosivo, los ríos arrastran sales, materia orgánica y sólidos en suspensión. A todo esto, la acción humana añade residuos provenientes de actividades domésticas, industriales (sólidos y metales de actividades mineras) agrícolas y ganaderas (nitratos, fosfatos y pesticidas, entre otros), cuyos efectos más importantes

han sido: la restricción en el uso del agua potable, alteraciones en la flora y fauna acuáticas, así como olores desagradables (Rivas *et al.*, 2009).

La principal defensa que los ríos tienen para contrarrestar la contaminación es su dinámica. Sin embargo, la contaminación de los lagos es de mayor magnitud, puesto que se trata de masas de agua con poca movilidad. En las aguas sin contaminar, existe un equilibrio biológico entre la fauna y flora, que se rompe por la presencia de contaminantes, dando lugar a que algunas especies desaparezcan, mientras que otras se desarrollan demasiado (Moriello *et al.*, 2010).

Los ríos tributarios más importantes del Sistema de Maracaibo son: El Limón, Palmar, Apón, Santa Ana, Catatumbo, Escalante, Chama y los de la Panamericana: Motatán, Misoa, Machango y Pueblo Viejo, cuyas descargas puntuales contribuyen con el 80% de agua dulce al Lago, siendo sus caudales un factor significativo en el movimiento de la masa de agua del estuario, en el sentido contrario a las agujas del reloj (CPDI, 1990).

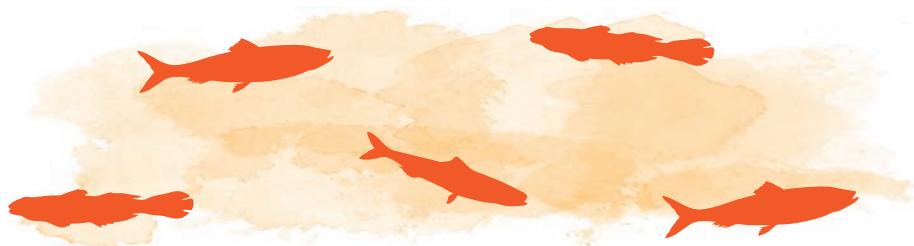
En el Cuadro 3, se presenta un resumen de algunos de estos ríos con sus respectivos aportes de nutrientes, producto de investigaciones realizadas durante los años 1970, 1990 y 2004. Se puede observar, que en los ríos Motatán, Catatumbo, Zulia, Escalante y Chama, las concentraciones de fósforo total son elevadas con tendencia a disminuir, con la excepción del río Santa Ana, cuyas concentraciones aumentaron, hasta llegar en el 2004 a 2,35 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. De igual forma, el nitrógeno total en todos los ríos ha disminuido, con ciertas fluctuaciones en los ríos Catatumbo, Zulia, Escalante y Chama.

Además, en otros ríos tributarios como El Limón, para los años 90, Barboza (1999) determinó que las concentraciones de fósforo total se habían triplicado ($0,06\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) y en el caso del nitrato se duplicó ($0,08\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), sobrepasando los valores de estos nutrientes para aguas no contaminadas (Rivas *et al.*, 2009), lo que significa que los cuerpos de agua del estuario pasaron de oligotróficos a eutróficos (Decreto 883, 1995; ICLAM, 1991 y Rivas *et al.*, 2009). Estos aportes de nutrientes, están empalmados con las descargas de aguas residuales domésticas y el uso indiscriminado de plaguicidas y fertilizantes, producto de la actividad antrópica alrededor de la cuenca. Esto ha provocado en los últimos años, la proliferación de algas cianofíceas y de la planta acuática *Lemna* sp, que ha ocasionado el aumento de los organismos fotosintéticos, el incremento de

CUADRO 3
Resumen de ríos tributarios con sus aportes de fósforo y nitrógeno

	Año	Caudal (m ³ ·seg-1)	Nitrógeno total (mg·l-1)	Fósforo total (mg·l-1)
MOTATÁN	1976-78	21	1,83	2,62
	1996	38	1,41	1,08
	1997	22	1,19	0,21
	1998	40	1,67	0,51
	2004	*	1,20	<0,01
SANTA ANA	1976-78	71	0,98	0,89
	1996	276	0,23	0,88
	1997	136	0,22	0,92
	1998	172	0,19	1,94
	2004	*	0,22	2,35
CATATUMBO	1976-78	636	1,50	1,56
	1996	665	1,58	0,76
	1997	381	1,30	0,36
	1998	664	0,80	0,18
	2004	445	1,42	0,24
ZULIA	1976-78	285	0,68	1,27
	1996	181,6	6,53	0,44
	1997	95,4	2,04	0,46
	2001	179,1	1,55	0,31
	2002	102,6	1,21	0,18
ESCALANTE	1976-78	43	1,48	2,40
	1996	74	2,55	0,99
	1997	34	2,08	0,36
	1998	28	1,69	0,44
	2004	*	1,71	0,50
CHAMA	1976-78	42	3,41	2,62
	1996	68	1,85	1,24
	1997	42	2,51	0,50
	1998	52	1,89	0,78
	2004	*	1,86	0,45

FUENTE: Rivas *et al.* (2009)
 mg·l-1= equivalente a mg/L
 m³·seg-1= L·seg
 * No detectado



la producción primaria y el cambio de las condiciones organolépticas del agua superficial (Morillo *et al.*, 2010; Rodríguez y Espejel, 2001).

Los aumentos en el contenido de microalgas en el Lago de Maracaibo, se producen con mayor intensidad en los meses de abril, mayo y junio, cuando se inicia la temporada de lluvias. Durante estos meses aumenta el caudal de los ríos tributarios y con ellos, la descarga de nutrientes en las aguas del Lago. La continua acumulación de nitrógeno ha creado una fuente de este elemento en el fondo del estero, que seguirá aportándolo por muchos años, por lo que los procesos de nitrificación que ocurren en el fondo deben ser tomados en cuenta al cuantificar los niveles de nitrógeno en el agua (Hernán, 1997; Rodríguez, 2000).

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.

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

La acción antropogénica ha acelerado rápidamente los cambios ambientales dentro del sistema, afectando la fauna y las propiedades fisicoquímicas del medio acuático, perjudicando la actividad pesquera en la zona a través de los siguientes actividades: 1. industria petroquímica, 2. contaminación de los cuerpos de agua del Lago por aguas residuales domésticas, 3. efluentes industriales con altas concentraciones de metales pesados y 4. falta de conciencia ecológica de la población aledaña a la cuenca y de los funcionarios públicos encargados de salvaguardar a este ecosistema lacustre.



De acuerdo con lo anterior, es importante fortalecer o establecer los mecanismos y sistemas de evaluación, monitoreo, control y sanciones necesarios para la implementación exitosa de medidas drásticas, basadas en criterios técnicos y no políticos, para solucionar la crisis ambiental de la Cuenca del Lago de Maracaibo. Para ello es necesario: el control de vertidos en las cuencas de los afluentes y la creación de comités ambientales, que hagan cumplir las leyes nacionales emanadas de la enmienda constitucional sobre el derecho a un ambiente sano.

Por último, para futuras investigaciones, es trascendental la identificación y evaluación de problemas, para establecer prioridades y plantear objetivos alcanzables en función de la problemática ambiental en el Lago de Maracaibo. Asimismo, seleccionar estrategias y medidas, incluidos los criterios de gestión, para estimar la eficacia de las estrategias y de los programas a implementar.

REFERENCIAS

- Achterberg, E.P., Herlz V.M.C., Braungardt, C.B. & Millward, G.E. (2003). Metal behavior in an estuary by acid mine drainage: the role of particulate matter. *Environmental pollutions*, 121: 283-292.
- Atlas, R.M. y Bartha, R. (2002). *Ecología Microbiana y Microbiología Ambiental*. Editorial Pearson Educacion, S.A. Madrid.
- Bermúdez, N. (2006). Los derrames de petróleo en el Lago de Maracaibo entre 1922 y 1928. *Revista Semestral de Historia, Arte y Ciencias Sociales*, 1 (9): 1-23.
- Barboza, F. (1999). Influencia de los Intercambios de Agua en el Ecosistema Manglar del Río Limón. Isla San Carlos. Tesis de Maestría. La Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela. 85 pp.
- Calcina, L. (2006). Presencia de metales pesados en la biota acuática (*Orestias* sp y *Schoenoplectus tatora*) de la desembocadura del río Ramis. Lago Titicaca. [Documento en línea]. Recuperado de <http://www.bolpriaven.com/website/bdatop.asp>.
- CPDI. (1990). Estudio de contaminantes en el Lago de Maracaibo a través de la técnica de sensores remotos. Centro de Procesamiento Digital de Imágenes. Fundación Instituto de Ingeniería, Caracas.
- Corona, J. (2011). Estado de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas de la Cuenca del Lago de Maracaibo. *Revista Multiciencias*, 11 (4).

- Decreto 883. Gaceta Oficial de La República de Venezuela. (1995). Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos. N° 5,021. Extraordinario. Caracas.
- Escobar, J. (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. N° 50. Santiago de Chile. 79 pp.
- Fernández, A., Singh, A. & Jaffe, R. (2007). Literature review on trace metals organic compounds of anthropogenic origin in the wider Caribbean Region. *Marine Pollution Bull*, 54 (11):1681-1691.
- Flores, J., Martínez, E. y Dávila, P. (2007). Puntos críticos en la evaluación de impacto ambiental de la camaricultura en el Pacífico de Nicaragua, durante su proceso productivo: Producción de larvas, operación y abandono de Granjas. *Revista Universitas*, 1 (1).
- Hermán, S. (1997). Proceso de salinización en el Lago de Maracaibo. División de Información y relaciones institucionales. Instituto para el Control y la Conservación del Lago de Maracaibo (ICLAM). Venezuela, 109 pp.
- Herrera, L. (2004). Investigación científica: inversión para conservar. *Revista Interciencia*, 29 (9): 482-484.
- Hidalgo, J. (2009). Efecto de los derrames petroleros sobre los hábitats marinos. *Revista Ciencia Ahora*, 24 (12): 22-30.
- ICLAM. (1991). Estudio Preliminar de la Laguna de Sinaimaica. Informe Técnico. Convenio Corporación para el Desarrollo de la Región Zuliana- Instituto para el Control y Preservación de la Cuenca del Lago de Maracaibo. Maracaibo, Venezuela. 78 pp.
- Marín, J. (1999). Dinámica del nitrógeno en la interfase agua-sedimento del Lago de Maracaibo, Venezuela. Universidad del Zulia. Postgrado de Ingeniería. Tesis de Maestría. Venezuela, 100 pp.
- Martínez, E. (2007). Acuicultura de camarones marinos *L. vannamei* en Nicaragua, un enfoque sostenible. Folleto para el componente curricular Acuicultura. Departamento de Biología, UNAN-León. León, Nicaragua. 101 pp.
- Morillo, N., Montiel, N., Belandria, J. y Mújica, F. (2006). Caracterización proximal de los desechos del procesamiento de los crustáceos (cangrejo y camarón) en el Estado Zulia. *Veterinaria Trop*, 31(1-2): 71-83.
- Morillo, G., Jonte, L., Araujo, I., Angulo, N., Herrera, L. y Morales, E. (2010). Efectos del nitrógeno y cloruros en la dinámica del fitoplancton del Lago de Maracaibo, Venezuela. *Revista Interciencia*, 35 (8): 575-578.
- Norberg, G. (2009). Historical perspective on cadmium toxicology. *Toxicol. Appl. Pharmacol*, 238 (3): 192-200.
- Ojeda, L. y Arias, R. (2000). Informe nacional sobre la gestión de agua en Colombia (Recursos hídricos, agua potable y saneamiento). Ministerio de Medio Ambiente, Santafé de Bogotá. 137 pp.
- OMS. (1999). Evaluación de ciertos aditivos alimentarios y contaminantes de los alimentos. 49° Informe del Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios. Serie de Informes Técnicos, N° 884.
- Rivas, Z., Troncone, F., Colina, M. y Ledo, H. (2005). Contaminación de los ríos venezolanos Catatumbo y Tarra por derrames de petróleo provenientes de la República de Colombia. I Jornadas Técnicas de Conservación Ambiental. Caracas, Venezuela. 17 pp.
- Rivas, Z., Sánchez, J., Troncone, F., Márquez, R., Ledo, H., Colina, M. y Gutiérrez, E. (2009). Nitrógeno y fósforo totales de los ríos tributarios al sistema Lago de Maracaibo, Venezuela. *Revista Interciencia*, 34: 308-314.
- Rodríguez, G. (2000). El Sistema de Maracaibo. 3ª Ed. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas-Venezuela). 410 pp.
- Rodríguez, O. y Espejel, I. (2001). Las Aguas Residuales Municipales como Fuentes Terrestres de Contaminación de la Zona Marino-Costera en la Región de América Latina y el Caribe. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA. México, DF.
- Salazar, L. (2009). Estado de conocimiento de las concentraciones de cadmio, mercurio y plomo en organismos acuáticos de Venezuela. *REDVET*, 10 (11).
- Sánquiz, M., Ávila, H., Nerva, M. y Rivas, Z. (2000). Concentraciones de metales en biota del lago de Maracaibo. *Act. Cient. Venez*, 51 (2): 87.
- Saborío, C. y Bravo, J. (2002). Manual técnico para el cultivo de camarones marinos en Nicaragua. Managua, Nicaragua. UCA-CIDEA. 50 pp.
- Vanegas, S. (1992). Estudio de la Calidad del Agua del Río Catatumbo y sus Afluentes. Informe Técnico. ICLAM. Maracaibo, Venezuela. 10 pp.
- Zwolsman, J., Van, E. & Van Der, W. (1997). Geochemistry of dissolved trace metals (cadmium, copper, zinc) in the Scheldt Estuary, southwestern Netherlands: Impact of seasonal variability. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 61: 1635-1652.