

Estado de conocimiento de las concentraciones de cadmio, mercurio y plomo en organismos acuáticos de Venezuela - Current state of knowledge of the concentrations of cadmium, mercury and lead from aquatic organisms of Venezuela

Salazar-Lugo, Raquel

Departamento de Bioanálisis, Núcleo de Sucre, Universidad de Oriente. Postgrado de Biología Aplicada, Laboratorio de Proteínas e inmunotoxicidad, cerro del medio, Núcleo de Sucre, Universidad de Oriente, Cumaná, Estado Sucre, Venezuela 6101.

E-mail: raquelugove@yahoo.com

RESUMEN

En Venezuela, la contaminación por metales pesados está relacionada con el desarrollo de la industria siderúrgica y petrolera, así como a la explotación indiscriminada de otros metales como el oro. Está bastante documentada la contaminación del lago de Maracaibo dado al desarrollo en sus cercanías de actividades urbanas, industriales, mineras y agropecuarias; del lago de Valencia, del río Tuy, Orinoco y Manzanares, entre otros. En este trabajo se revisa el estado de conocimiento, en los últimos 10 años, de la concentración de plomo, cadmio y mercurio en especies acuáticas de diferentes áreas del País.

Palabras clave: plomo| mercurio| cadmio| Venezuela| especies acuáticas

ABSTRACT

Contamination due to trace metals in Venezuela is related with indiscriminate exploitation of metals like gold, transport of river runoff, oil and siderurgica industries and urban zones. The Tuy, Orinoco, Tigre, Manzanares rivers and others basins as Valencia and Maracaibo lakes has been reported as polluted for many years. In this work, we reviewed the state of knowledge, in the last 10 years, of metals concentrations specially lead, cadmium and mercury, in aquatic species from diverse areas of country.

Key words: lead| mercury| cadmium| Venezuela| aquatic organisms.

INTRODUCCIÓN

En Venezuela, a pesar de que existen leyes que regulan la concentración de elementos metálicos en los cuerpos de agua y en los organismos, el aumento de las concentraciones ambientales de metales pesados producto de la actividad antropogénica se ha convertido en un problema (Decreto 883, Gaceta oficial No 5021, 1995). Esta situación se hace compleja dado a la naturaleza de los metales como componentes de la tierra, y a que muchos de estos elementos son esenciales para que los organismos realicen sus funciones vitales, por lo que estos han desarrollado mecanismos bioquímicos que permiten su captura, manejo y almacenamiento.

Metales como el mercurio, cadmio y plomo no son esenciales para la vida. De estos metales, el cadmio es un contaminante reciente; es utilizado en numerosas industrias, se encuentra en la naturaleza ligado al zinc con quien presenta fuertes analogías químicas. En los sistemas biológicos puede competir con el zinc, el cobre y el calcio por los sitios de unión de estos elementos en las macromoléculas. Su competencia con el calcio, se debe a que en el estado iónico (Cd^{2++}) presenta un radio iónico semejante a ese elemento; esto lleva a que pueda reemplazarlo en los huesos, dando como resultado la deformación de los mismos. A nivel molecular, su efecto está relacionado con la inhibición parcial de la cadena transportadora de electrones, específicamente a nivel del complejo III en el sitio de unión de la semiubiquinona, afectando la transferencia de electrones; la semiubiquinona, es conocida que transfiere un electrón al oxígeno molecular para formar el anión superóxido, esto explica el efecto oxidativo inducido por este metal en la células. El cadmio puede acumularse en el riñón y en el hígado e induce inmunosupresión (Nordberg, 2009).

El mercurio es un metal sumamente móvil de tal forma que la contaminación por este elemento resulta un problema mundial. Se han encontrado altas concentraciones de mercurio en corales en zonas prístinas de Panamá, y se sugiere que la presencia de este metal en estos organismos se debe a su transporte desde las áreas de alta minería y tala de árboles (Guzmán y García, 2002). A nivel molecular, la causa del daño celular provocado por el mercurio probablemente se deba a su interacción con grupos tioles de las proteínas y péptidos, inactivándolos. Igualmente, la forma metil-mercurio es altamente tóxica porque puede atravesar la barrera hematoencefálica debido a que forma un complejo metil-mercurio-cisteína el cual mimetiza al aminoácido metionina y de esta forma utiliza al transportador para este aminoácido para entrar en las células cerebrales, (especialmente en los astrocitos), ejerciendo su ya descrito efecto sobre las biomoléculas (Bridges y Zalups 2005; Hoffmeyer y *col.*, 2006).

El plomo, al igual que el mercurio, es conocido desde la antigüedad y su toxicidad se ha asociado a la enfermedad denominada el saturnismo la cual resulta de la competencia de este metal con el hierro, interfiriendo en la síntesis de ferroporfirinas. No está del todo claro el mecanismo molecular por medio del cual este elemento produce neurotoxicidad y carcinogénesis, pero las evidencias demuestran que interfiere en la ruta de traducción de señales, de manera particular con las proteinquinas dependientes de calcio, las cuales juegan un rol importante en la proliferación celular. De allí que se piense que compite con el calcio y estimula la progresión del ciclo celular (Lu y col., 2001). Se ha sugerido una asociación entre la alta incidencia de anencefalia y la presencia de altas concentraciones de plomo, mercurio y vanadio en el ambiente de poblaciones de la costa oriental del Lago de Maracaibo, estado Zulia (Romero y col., 1998).

Algunos organismos acuáticos tienden a bioacumular metales pesados a concentraciones superiores a las del medio y aunado a esto, está el problema de la biomagnificación de estos elementos en su paso a través de la cadena trófica. De allí la necesidad de realizar una revisión del estado de conocimiento de las concentraciones de metales no esenciales, tales como el cadmio, mercurio y plomo en organismos acuáticos de Venezuela, debido a que constituyen un recurso alimenticio esencial en la dieta de la población venezolana.

DESARROLLO

Presencia de mercurio, plomo y cadmio en cuerpos de agua

Venezuela tiene legislaciones para el manejo de las costas que incluyen los Parques Nacionales y otras áreas bajo regulación especial, asimismo existen Decretos que regulan el contenido de metales en cuerpos de agua. Sin embargo la protección de estos cuerpos de agua no es eficiente y existen fuerzas económicas que ignoran estas regulaciones. En el País, la contaminación de los cuerpos de agua con metales como plomo, mercurio y cadmio, está relacionada con el desarrollo de la industria siderúrgica y petrolera, así como a la explotación indiscriminada de otros metales como el oro. En el caso específico del plomo, a la utilización de la gasolina con plomo. El enriquecimiento con cadmio y plomo de cuerpos de agua cercanos a zonas industrializadas ha sido reportado desde hace algunas décadas; sin embargo, la literatura al respecto sigue siendo escasa no solo en Venezuela sino en toda el área del Caribe (Fernández y col, 2007; García y col., 2008).

Algunas de las cuencas mejor estudiadas desde hace más de veinte años son las del río Tuy, Estado Miranda, el Lago de Maracaibo, Estado

Zulia y el Lago de Valencia, Estado Carabobo (Figura 1); la contaminación por metales en estas cuencas se debe al desarrollo en sus cercanías de actividades urbanas, industriales, mineras y agropecuarias; siendo el Lago de Maracaibo el cuerpo de agua mayormente contaminado; en vista del papel protagónico que ha jugado en el desarrollo de la industria petrolera (Rivas y col., 2005). En el Lago de Valencia, se ha reportado un aumento exponencial de los metales pesados; en el caso del cadmio este aumento se evidenció a partir de los años 1978-1980 (Bifano y Mogollón, 1995; Mogollón y col., 1996).

El efecto de la contaminación del río Tuy se ve reflejada en las elevadas concentraciones de cadmio y plomo reportadas en sedimentos superficiales y agua de las costas de Río Chico y de Boca de Paparo, litoral central (estado Miranda) zonas costeras localizadas en las áreas de influencia de este río (Acosta y col., 2002). En áreas costeras cercanas a los desarrollos petroquímicos se evidencian concentraciones de plomo y cadmio por encima de las establecidas por la normativa ambiental internacional, afectando parques nacionales localizados en las cercanías (Rada y Losada, 2000; García y col., 2008).

Para el año 1989 se publican los primeros reportes de contaminación por mercurio en el río Roscio localizado en el estado Bolívar (Shrestha y Ruiz, 1989) relacionado con la explotación del oro en esa región. Más recientemente, Rojas de Astudillo y col., (2005) reportan la presencia de mercurio en sedimentos de áreas del delta del Orinoco, región alejada de la zona de influencia de la explotación de oro, lo que demuestra la facilidad de movilización de este elemento. En la región del Golfo Triste se realizó una cronología de mercurio en esqueletos de corales *Siderastrea siderea* y *Mostastraea faveolata* encontrándose que la biodisponibilidad de este metal se relacionó con el inicio de las actividades de la planta de Soda cáustica y fertilizantes del Complejo petroquímico de Morón (Estado Carabobo; Ramos y col., 2009).

La evaluación de otras cuencas como las del río Tigre y la laguna de Unare, Estado Anzoátegui (Fermín, 2002; Vaquero y col., 2004, Márquez y col., 2008a); La laguna de Castillero, Estado Bolívar (Márquez y col., 2008b); El río manzanares y el Golfo de Cariaco, Estado Sucre (Márquez y col., 2000; Martínez, 2002) indican que existe contaminación por cadmio y plomo entre moderada a alta; encontrándose las mayores concentraciones de estos elementos en los sedimentos. La ausencia de mercurio en algunas de las evaluaciones realizadas está relacionada mas con la no determinación de este metal que con el hecho de que no se encuentre presente en esas aguas. En todos los casos evaluados los autores concluyen que el enriquecimiento

de las aguas con metales pesados está asociado con la actividad antropogénica.

Contenido de cadmio, plomo y mercurio en peces de Venezuela

Venezuela tiene una ictiofauna marina diversa y característica de las cuatro ecoregiones o ambientes ecológicos definidos que conforman sus costas; además de los grandes y numerosos ríos que posee con especies piscícolas autóctonas. Tres de estas áreas están influenciadas por los drenajes de los grandes ríos de Suramérica incluyendo el Orinoco; a saber, la plataforma atlántica incluido el Golfo de Paria, el área de fertilidad de la plataforma continental de la región nororiental del país y parcialmente, el litoral Central, el cual tiene además la influencia de ríos altamente contaminados como El Tuy; la última ecoregión está constituida por las grandes áreas estuarinas y su zona de influencia, la cual incluye el sistema Lago de Maracaibo (Cervigón, 2005).

Trabajos pioneros indican que desde hace veinte años atrás muchas especies pesqueras de importancia económica ya presentaban concentraciones de mercurio y plomo que en algunos casos estaban en los límites permisibles (Ulrich, 1981; Shrestha y col., 1988; Sánquiz y col., 2000). Sin embargo, en la última década, son escasos los estudios publicados al respecto. En la tabla I se presentan los registros de evaluaciones reportadas (años 1999-2009) del contenido de cadmio, mercurio y plomo en algunas especies piscícolas de Venezuela.

Las especies provenientes de zonas impactadas tienen mayores concentraciones de metales (Marcano y Troconis, 2001; Fermín, 2002; Dorta y Sosa, 2004, Márquez y col, 2008 a y b). La cachama (*Colossoma macropomum*) proveniente de lagunas aparentemente no impactadas, presenta concentraciones moderadas de plomo y cadmio, lo que sugiere la movilidad de estos elementos y probablemente esté relacionado con procesos de bioconcentración y biomagnificación (Tabla I). Al respecto, al evaluar las concentraciones de cadmio y plomo en los peces de los ríos Guasare y Carichuano (Estado Zulia) se observó que estas superan en 100 veces los valores reportados para el agua de estos ríos (valores en agua: 0,01 y 0,02 mg/L para cadmio y de 0,05 y 0,1 mg/L para plomo (Vanegas y Hernández, 2003).

Similar a lo observado por estos autores, Márquez y col., (2008 a) señalan que el cadmio y el plomo fueron indetectables en el agua de la laguna de Unare (Estado Anzoátegui); sin embargo, los peces, provenientes de la laguna, presentaron altas concentraciones de estos metales (Tabla I).

TABLA I. Concentración de cadmio, plomo y mercurio en peces de Venezuela
 TABLE I. Cadmium, lead and mercury concentration in Venezuelan fishes

Organismo	Procedencia	Cd	Pb	Hg	Referencia
Lebranche (<i>M. Liza</i>)	Laguna de Unare, Estado Anzoátegui	3,33 µg/g 0,052 µg/g	10,44 µg/g 0,22 µg/g		Dorta y Sosa (2004). Márquez <i>et al</i> (2008)
Lisa (<i>M. curema</i>)	Laguna de Unare, Estado Anzoátegui	0,04 µg/g	0,28 µg/g	0,40±0,04	Márquez <i>et al</i> (2008)
(<i>M. gainardiunus</i>)	Costas de Cumaná	0,056 µg/g	0,12 µg/g		Marcano y Troconis (2001) Márquez <i>et al</i> (2008)
	Laguna de Unare, Estado Anzoátegui				
Lamparosa (<i>S. vomer</i>)	Estado Falcón: Costas de Punto Fijo			1,38 ± 0,24 µg/g	Marcano y Troconis (2001)
Curvina (<i>M. ancylodon</i>)	Costas de Punto Fijo			1,25 ± 0,03 µg/g	Marcano y Troconis (2001)
Robalito (<i>C. ensiferus</i>)	Costas de Punto Fijo			1,09 ± 0,07 µg/g	Marcano y Troconis (2001)
Róbalo (<i>Centropomus undecimalis</i>)	Laguna de Unare, Estado Anzoátegui	0,072 µg/g	No detectable		Márquez <i>et al</i> (2008)
Trucha de mar (<i>D. radiale</i>)	Costas de Punto Fijo			0,99 ± 0,08 µg/g	Marcano y Troconis (2001)
Corocoro (<i>A. surinamensis</i>)	Costas de Punto Fijo			0,65 ± 0,11 µg/g	Marcano y Troconis (2001)
Armadillo (<i>H. watwata</i>)	Estado Zulia: Lago de Maracaibo			0,72 ± 0,13 µg/g	Marcano y Troconis (2001)

Manamana (<i>A. laticeps</i>)	Lago de Maracaibo			0,41 ± 0,05 µg/g	Marcano y Troconis (2001)
Sardina (<i>P. barromeri</i>)	Estado Sucre: Costas de Cumaná			0,49 ± 0,03 µg/g	Marcano y Troconis (2001)
Carite (<i>S. maculatus</i>)	Costas de Cumaná			0,79 ± 0,11 µg/g	Marcano y Troconis (2001)
Vieja (<i>A. pulcher</i>)	Estado Zulia, Río Guasare,	2,54–3,55 mg/Kg	6,2±0–8,93 ±0,77 mg/Kg		Vanegas (2003)
Bagre amarillo (<i>P. clarias</i>)	Río Guasare	1,82–3,28 mg/Kg	4,95–8,13± 1 mg/Kg		Vanegas (2003)
Guabina (<i>H. malabaricus</i>)	Río Guasare	1 mg/Kg	8,83 mg/Kg		Vanegas (2003)
Bocachico (<i>P. reticulatus</i>)	Río Guasare	0,85–3,4 mg/Kg	7,15–10,29 ±5,25 mg/Kg		Vanegas (2003)
Chupatierra (<i>G. steindachneri</i>)	Río Guasare	1,13–3,18 mg/Kg	0,30–12,42 mg/Kg		Vanegas (2003)
Chaguita (<i>A. magdalena</i>)	Río Guasare	2,58–3,19 mg/Kg	6,39±2,75-8,91±2,72 mg/Kg		Vanegas (2003)
Pez aguja (<i>C. hiyeta</i>)	Río Guasare	4,08±0,88 mg/Kg	4,49±0,19 mg/Kg		Vanegas (2003)
	(<i>C. kraussii</i>)	Río Guasare	2,42–4,83 mg/Kg	5,56±2,5–7,88±1,82 mg/Kg	Vanegas (2003)
Armadillo (<i>R. magdalena</i>)	Río Guasare	2,48–3,40 mg/Kg	5,71–9,31 mg/Kg		Vanegas (2003)
	(<i>R. dayi</i>)	Río Guasare	2,86–3,03 mg/Kg	6,98±2 mg/Kg	Vanegas (2003)
	(<i>P. suborbitalis</i>)	Río Guasare	3,2 mg/Kg	16,43 mg/Kg	Vanegas (2003)

<i>(C. dearborni)</i>	Laguna de los Patos Cumaná, Estado Sucre	19,48 ± 5,81 µg/mg	22,85 ± 20 ug/mg		Toledo <i>et al.</i> , (2000)
Bagre <i>(C. maracaiboensi)</i>	Zona norte, lago de Maracaibo, estado Zulia			1,115 mg/Kg (0,052–4,942)	Sánquiz <i>et al.</i> , (1999)
Bagre cuinche <i>Calthorops spixi</i>	Laguna de Unare, Estado Anzoátegui	0,09 µg/g	0,22 µg/g		Márquez <i>et al</i> (2008)
Curvina <i>(S. herbergü)</i>	Zona norte, lago de Maracaibo, estado Zulia			0,814 mg/Kg (0,310–0,543)	Sánquiz <i>et al.</i> , (1999)
Macabí/Malacho <i>Elops saurus</i>	Laguna de Unare, Estado Anzoátegui	0,88 µg/g	0,16 µg/g		Márquez <i>et al</i> (2008)
Cachama <i>(C. macropomum)</i>	Laguna Caigual Edo. Delta Amacuro	8,16µg/gps	5,90 µg/gps	No detectable	Datos obtenidos por el autor

Contenido de metales pesados en invertebrados acuáticos de Venezuela

Invertebrados como los moluscos son conocidos por su capacidad de bioconcentrar metales pesados por lo que resultan organismos utilizados en las evaluaciones de metales pesados en ambientes acuáticos. En la tabla II se muestran los datos (1999-2009) de la concentración de metales reportadas para algunas especies de importancia comercial. Todos los organismos evaluados presentan concentraciones de cadmio de baja a moderada. Se observa que el mejillón marrón *P. perna* proveniente del Golfo de Cariaco presenta los valores más altos de cadmio y plomo, los autores sugieren que las altas concentraciones de estos elementos metálicos en el mejillón podría estar relacionado con las descargas de efluentes procedentes de industrias procesadoras de productos del mar (Castillo y col., 2005). Las concentraciones de cadmio y plomo reportadas por Boada y col., (2007), en camarones aunque parecieran mas altas que las reportadas para el camarón, presentan desviaciones muy grandes lo que sugiere que los valores reportados son muy heterogéneos.

La influencia de la explotación minera en el alto y medio Orinoco se ve reflejada en el aumento sostenido de la concentración de mercurio en el mejillón *Perna viridus*, y en la ostra *Crassostrea* sp; Rojas de Astudillo y col., (2002) reportan para estas especies concentraciones moderadas de mercurio; dos años después, Rojas (2005) evaluando dos de las zonas antes reportadas por Rojas de Astudillo y col., (2002) encuentra que en las muestras provenientes de Río Caribe, Estado Sucre se observan concentraciones de mercurio de 1 mg/Kg de masa seca en 8,5% de éstas; este valor representa el límite máximo permisible para consumo humano, mientras que el 3%; de las muestras provenientes de Chacopata, zona supuestamente no impactada, presentan valores igual o superior a 1 mg/Kg; aunque este porcentaje es bajo, es indicativo que esos organismos ya están siendo afectados por la presencia de mercurio en esta zona (Tabla II)

TABLA II. Concentración de cadmio, plomo y mercurio en moluscos y crustáceos de Venezuela.

TABLE II. Cadmium, lead and mercury concentration in crustacean and mussels of Venezuela

Organismo	Procedencia	Cd	Pb	Hg	Referencia
Cangrejo (<i>C. ornato</i>)	Bocaripo- Chacopata (Estado Sucre)	17,02 mg/g	0.13 mg/g		Pérez <i>et al.</i> (2004)
Bivalvo (<i>L. plei</i>)	Puerto la Cruz. (Estado. Anzoátegui)	0,13 µg/g	6,87µg/g		Segura (2006)
Pepitona (<i>A. zebra</i>)		0.33 µg/g	5,78 µg/g		Segura (2006)
Guacuco (<i>T. matroides</i>)	Playa Caicara, (Estado Anzoátegui)	0,59-0,88 µg/g	2,98-4,12 µg/g		Rivero (2006)
	Estado Miranda:	<1-1,9 µg/g	<1,5-4,9 µg/g		LaBrecque <i>et al.</i> , (2004)
	Boca de Paparo	1,23-6,31 µg/g	0.02-1.80 µg/g		Acosta y Lodeiros (2004)
	Río Chico	2,60-5,64 µg/g			
	Playa Güiría	0,7-6,52 µg/g			

Camarón (<i>P. brasiliensis</i>)	Estado Anzoátegui	0,08- 3,67 ppm	0,003-2,03 ppm	Segura (2006)	
Camarón blanco (<i>P. schmitti</i>)	Laguna de Unare	0,065 µg/g	0,26 µg/g	Márquez <i>et al</i> (2008)	
Calamar (<i>L. plei</i>)	Estado Anzoátegui	0,0- 0,13ppm	1,82- 6,87 ppm	Segura (2006)	
Mejillón (<i>P. viridis</i>)	Guaca-Guatapanare (Estado Anzoátegui)	0,02-0,09 ppm	1,86- 3,52 ppm	Arias de Díaz y García (2001)	
	Estado Sucre	2,5-5,7 ppm		0,022 µg/gps	
	Isla de Margarita (Estado Nueva Esparta)	0,02- 0,00 µg/gps		0,021 µg/g	
	Estado Sucre: Chacopata	0,03 µg/g		0,433 µg/gps	
	Rio Caribe	0,03 µg/g		0,02 µg/g	
					0,688 µg/gps
	Güiria	0,05±0,02 µg/g		0,08- 0,01 µg/g	Rojas de Astudillo <i>et al.</i> , (2002)
					Rojas, (2005)
Mejillón marrón (<i>P. perna</i>)	Golfo de Cariaco (Estado Sucre)	4,60±2,61 ug/g	9,76±5,39 ug/g	Rojas de Astudillo <i>et al.</i> , (2002)	
				Rojas de Astudillo <i>et al.</i> , (2002)	
				Castillo <i>et al.</i> , (2005)	

Ostra (<i>Crassostrea sp</i>)	Isla de Margarita (Estado Nueva Esparta)	>0,01 µg/g		0,02 µg/g	Rojas de Astudillo <i>et al.</i> , (2002)
	Estado Sucre: Chacopata	0,22 ± 0,01 µg/g		0,05 µg/g	Rojas de Astudillo <i>et al.</i> , (2002)
	Güiria	0,08 ± 0,02 µg/g		0,01 µg/g	
	Yaguaraparo				
	Chacachacare	0,03 µg/g		0,03 µg/g	Rojas de Astudillo <i>et al.</i> , (2002)
	Pedernales (Estado Delta Amacuro)	<0,01 µg/g		0,04 µg/g	
				0,05 µg/g	
Bivalvo (<i>Donax spp</i>)	Estado Anzoátegui	0,09 ± 0,13 ppm	0,12- 8,87 ppm		Segura (2006)
Pepitona (<i>A. zebra</i>)	Estado Anzoátegui	0,19 ± 0,33 ppm	1,50 -6,20 ppm		Segura (2006)
Almeja (<i>P. solida</i>)	Zona norte, Lago de Maracaibo (Estado Zulia)			0,687 mg/Kg	Sánquiz <i>et al</i> (1999)
Camarón (<i>P. schmitti</i>)	Golfo de Cariaco (Estado Sucre)	0,08±0,22 µg/gps	29,27±29,27 µg/gps	0,838 mg/Kg	Boada <i>et al.</i> , (2007)
		0,065 µg/g	0,26 µg/g		
(<i>F. subtilis</i>)	Estado Anzoátegui: Laguna de Unare,	0,83±3,83 µg/gps	19,05±22,28 µg/gps		Márquez <i>et al.</i> , 2008
(<i>F. nodialis</i>)	Estado Sucre: Golfo de	2,30± 5,40 µg/gps	8,60±5,40 µg/gps		Boada <i>et al.</i> , (2007)

Cariaco				
				Boada <i>et al.</i> , (2007)
(<i>F. subtilis</i>)	Golfo de Paria	0,10±0,11 µg/gps	7,10±10,56 µg/gps	Boada <i>et al.</i> , (2007)
(<i>F. nodialis</i>)		0,30±0,37 µg/gps	No detectado	Boada <i>et al.</i> , (2007)
(<i>F. brasiliensis</i>)	Isla de Margarita (Estado Nueva Esparta)	0,71±1,30 µg/gps	8,69±8,11 µg/gps	Boada <i>et al.</i> , (2007)

Perspectivas

La contaminación de cuerpos de agua del país por los metales cadmio, mercurio y plomo está repercutiendo negativamente en las especies que en ellos habitan las cuales, en algunos casos, presentan concentraciones de estos elementos por encima de los valores recomendados por la OMS en alimentos utilizados para el consumo humano (OMS, 1999). Un monitoreo de las zonas impactadas, de las posibles zonas de influencia 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.

CONCLUSIONES

La movilidad de los elementos evaluados (cadmio, plomo y mercurio) y probablemente, los procesos de bioconcentración y biomagnificación podrían explicar la presencia de moderadas concentraciones de estos elementos en los organismos provenientes de las zonas de influencia de los ríos y de zonas aparentemente no impactadas

Existe escasa información sobre las concentraciones de los metales cadmio, mercurio y plomo en organismos acuáticos de Venezuela, sin embargo, la literatura revisada reporta que las concentraciones de estos metales en los peces y en otras especies superan hasta cien veces las concentraciones determinadas en las aguas y sedimentos.

Agradecimiento: Los autores agradecen al Fondo Nacional de Ciencia Investigación y Tecnología (FONACIT) proyecto de investigación UDO-FONACIT G2005000775 y al Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Cumaná,

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, V., Lodeiros, C., Senior, W., Martínez, G. Niveles de metales pesados en sedimentos superficiales en tres zonas litorales de Venezuela. *Interciencia*, 2002, vol. 27, n° 20, p.1-6.
- Acosta, V., Lodeiros, C. Metales pesados en la almeja *Tivela mactroides* (Born, Bibalvia Veneridae) en localidades costeras con diferentes grados de contaminación en Venezuela. *Ciencias Marinas*, 2004, vol. 30, n° 2, p. 323-333.
- Bifano, C. I., Mogollón, J. L. Metallic contaminant profile in sediment cores from lake Valencia, Venezuela. *Environm Geochem Health*, 1995, vol.17, n° 3, p.113-118.
- Boada, M., Moreno, M., Gil, H., Marcano, J., Maza J. Metales Pesados (Cu^{+2} , Cd^{+2} , Pb^{+2} , Zn^{+2}) en Músculo y Cefalotórax de Camarones Silvestres *Litopenaeus schmitti*, *Farfantepenaeus subtilis*, *F. notialis* y *F. brasiliensis* de la Región Oriental de Venezuela. *Revista Científica (Venezuela)*, 2007, vol.17, n° 2, p. 186-192.
- Bridges, C.C., Zalups, R.K. Molecular and ionic mimicry and the transport of toxic metals. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 2005, vol. 204, p. 274-308.
- Castillo, I., Acosta, V., Martínez, G., Núñez, M. Niveles de metales pesados en gónadas y músculo aductor del mejillón marrón *Perna perna*, cultivado en la ensenada de Turpialito, golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela. *Zootecnia Trop (Venezuela)*, 2005, vol. 23, n° 2, p.141-154.
- Cervigón, F. La ictiofauna marina de Venezuela: una aproximación ecológica. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente*, 2005, vol. 44, n° 1, p.3–28.
- 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 No 5,021. Extraordinario.
- Dorta, A., Sosa, P. Determinación de niveles de Pb, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni y Zn en tejidos de lisa (*Mugil caurema*) y lebranche (*Mugil lisa*) capturados en la laguna de Unare, Estado Anzoátegui. *Acta Cient. Ven.*, 2004, vol. 55, n° 1, p. 70 (resumen).
- Fermín, I. Estudio geoquímico de los sedimentos superficiales de la laguna de Unare. Edo. Anzoátegui. Venezuela. Tesis de Grado no publicada. Universidad de Oriente, Venezuela. 2002. 70 pp.
- Fernández, A., Singh, A., Jaffe, R. A literatura review on trace metals organic compounds of antropogenic origin in the wider Caribbean Region. *Marine Polution. Bull.*, 2007, vol. 54, n° 11, p.1681-1691.

- García, E. M., Motta-Cruz, J. J., Farina, O., Bastidas, C. Anthropogenic influences on heavy metals across marine habitats in the western coast of Venezuela Continental. Shell. Research, 2008, vol. 28, n° 20, p. 2757-2766.
- Guzman, H. M., Garcia E. M. Mercury levels in coral reefs along the Caribbean coast of Central America. Marine Pollut. Bul.I. 2002, vol. 44, n° 12, p. 1415-1242.
- Hoffmeyer, R. E., Sing, S. P., Doman, C.J., Ross, A.R., Hughes, R. J., Pickering, I. J., George, G.N. Molecular mimicry in mercury toxicology. Chem Res Toxicol., 2006. Vol. 19, p. 753-759.
- LaBrecque, J. J., Benzo, Z., Alfonso, J. A., Cordoves, P. R., Quintal, M., Gómez, C. V., Marcano, E.. The concentrations of selected trace elements in clams, *Trivela mactroidea* along the Venezuelan coast in the state of Miranda. Mar Pollut Bull., 2004, vol. 49n° 7-8, p. 664-667.
- Lu, H., Guizzetti, M., Costa, L. G.. Inorganic, lead stimulates DNA synthesis in human astrocytoma cells: role of protein kinase. Can J Neurochem, 2001, vol. 78, p. 590-599.
- Marcano, V., Troconis A. R. Evaluación del contenido de mercurio en el pescado expendido en la ciudad de Mérida, Venezuela. Rev Bio. Lat Am., 2001, vol. 8, n°2, p. 15–24.
- Márquez, A., Senior, W., Martinez, G. Comportamiento y concentraciones de metales pesados en una zona estuarina de Venezuela. Interciencia, 2000, vol. 25, n° 6, p. 284-292.
- Márquez, A., Senior, W., Fermín, I., Martínez, G., Castañeda, J., González, A. Cuantificación de las concentraciones de metales pesados en tejidos de peces y crustáceos de la Laguna de Unare, estado Anzoátegui, Venezuela. Rev. Cient. (Venezuela) 2008 a, vol. 18, n° 1, p.73-86.
- Márquez, A., Senior, W., Martínez, G., Castañeda, J., González, A. Concentraciones de metales en sedimentos y tejidos musculares de algunos peces de la laguna de Castillero, Venezuela. Rev. Cient. (Venezuela), 2008b, vol. 18, n° 2, p. 121-123.
- Márquez, A., Senior, W., Fermín, I., Martínez, G., Castañeda, J., González, Martínez, G. Metales pesados en sedimentos superficiales del Golfo de Cariaco, Venezuela. Bol. Inst. Oceanog. Venezuela. Univ. Oriente. 2002, vol. 41n° 1 y 2, p. 83-96.
- Mogollón, J E., Bifano, C., Davies, B E. Geochemistry and anthropogenic inputs of metals in a tropical lake in Venezuela. Applied Geochemistry, 1996, vol. 11, n° 4, p.605-616.
- Norberg, G. F. Historical perspective aon cadmium toxicology. Toxicol. Appl. Pharmacol. 2009, vol. 238, n° 3, p. 192-200.
- 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, No 884.

- Pérez, M., Martínez, G., Andrade, J. Metales trazas en el cangrejo *Collinectes ornatos* del complejo lagunar Bocaripo-Chacopata. Acta Cient. Ven., 2004, vol. 55, n° 1, p. 69 (resumen).
- Rada, M., Losada, F. Evaluación ambiental de un área cercana a un expendio de gasolina en el Parque Nacional Morrocoy, Venezuela. II Calidad de agua, sedimento y biota. Rev. Biol. Trop., 2000, vol. 48, n° 1, p. 39-50.
- Ramos, R., Cipriani, R., Guzmán, H., García E. Chronology of mercury enrichment factors in reef corals from western Venezuela. Marine Pollut. Bull. 2009, vol. 58, n° 2, p. 222-229.
- Rojas de Astudillo, L., Chang, Y., Agard, J. Bekele, I., Hubbard, R. Heavy metals in green mussel (*Perna viridis*) and oysters (*Crassostrea* sp.) from Trinidad and Venezuela. Arch. Environ Contam. Toxicol., 2002. vol. 42, n°4, p. 410-5.
- Rojas de Astudillo, L., Chang, Y., Beckele, I. Heavy metals in sediments, mussels and oysters from Trinidad and Venezuela, Rev. Biol. Trop., 2005, vol. 53, n° 1, p. 41-53.
- Rojas, N. Metalotioninas como mecanismo de alarma por contaminación de mercurio (Hg) en *Perna viridis* proveniente de dos zonas del estado Sucre, península de Araya y península de Paria. Tesis de Maestría no publicada. Postgrado de Biología Aplicada. Universidad de Oriente. Venezuela. 2005. 83 pp
- Romero, R. A., Salgado, O., Marcano, L. Impact of social factors and heavy metal pollution on the incidence of anencephaly at the Eastern coast of lake Maracaibo, Venezuela. Trace Elements and Electrocytes, 1998, vol.15, n° 1, p. 34-38.
- Rivas, Z., Márquez, R., Troncone, F., Sanchez, J., Colin, M., Hernández P. Contribución de principales ríos tributarios a la contaminación y eutrofización del lago de Maracaibo. Ciencia, 2005, vol.13, n° 1, p. 68-77.
- Rivero, L. Efectos de metales pesados en lisosomas de células sanguíneas del guacuco *Tivela mactroides* (Born, 1778) en el área de Jose, Edo Anzoátegui. Tesis de Grado no publicada. Escuela de Ciencias, Núcleo de Sucre. Universidad de Oriente. Venezuela. 2006. 64 pp.
- Sánquiz, M., Rivas, Z., Ávila, H. Concentración de metales pesados en peces de ríos de la zona sur del lago de Maracaibo. Act. Cientif. Venez., 1999, vol. 50, n° 2, p. 84 (Resumen).
- Sánquiz, M., Ávila, H., Nerva, M., Rivas, Z. Concentraciones de metales en biota del lago de Maracaibo. Act. Cient. Venez., 2000, vol. 51, n° 2, p. 87 (Resumen).
- Segura, J. Determinación de metales en moluscos y camarón de mayor consumo en Puerto La Cruz, estado Anzoátegui. Trabajo de grado no publicado. Escuela de Ciencias. Núcleo de Sucre. Universidad de Oriente. Venezuela. 2006. 67 pp.

- Shrestha, K.P., Noguera, R., Chopite, J., Sosa, P. Mercury content of some marine fish from the southern Caribbean Sea. *Sci Total Environ.*, 1988, vol. 73, n° 3, p. 181-7.
- Shrestha, K.P., Ruiz de Quilarque, X. A preliminary study of mercury contamination in the surface soil and river sedimento of the Roscio District., Bolivar state, Venezuela. *Sci total Environ.*, 1989, vol. 79, n° 3, p. 233-9.
- Toledo, J., Lemus, M., Chung, K. S. Concentraciones de cobre, cadmio y plomo en el pez *Cyprinodon dearvorni*, en el sedimento y en el agua de dos lagunas en Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* 2000, vol. 48, n° 1, p. 225-231.
- Ulrich, J. Estudio comparativo de los niveles de mercurio total en la ictiofauna del Golfo Triste (Estado Carabobo) y zona oriental de la costa de Venezuela. Tesis de Maestría no publicada, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas, Venezuela, 1981, 115 pp.
- Vanegas, V.. Determinación de los Metales Pesados: Plomo, Vanadio, Zinc y Cadmio en Algunas Especies de Peces Presentes en el Río Guasare, Estado Zulia. Trabajo especial de Grado. Licenciada en Biología. División de Estudios Básicos Sectoriales. Facultad Experimental de Ciencias. La Universidad del Zulia. Maracaibo, Estado Zulia. 2003, 91pp.
- Vanegas, V., Hernández, J.. Determinación de plomo y zinc en agua y tejidos de peces presentes en el río Guasare, municipio Mara, Estado Zulia. Memorias del V Congreso Venezolano de Ecología, 3-7 noviembre, 2003, p. 158.
- Vaquero, J., Quilarte, J., López, V., Williams, L., Rojas, J., Bonilla. E., Ramírez, A. Evaluación de la contaminación por metales de la cuenca del río Tigre. *Act. Cient. Venez.* 2004, vol. 55, n° 81 (resumen).