

Bioacumulación de Cadmio (Cd) en *Neritina reclivata* de acuerdo a la NOM-029-SSA1-1996, en el Sistema Lagunar Tampamachoco, Veracruz, México.

Bioaccumulation of Cadmium (Cd) in *Neritina reclivata* according to NOM-029-SSA1-1996 in Tampamachoco Lagoon System, Veracruz, Mexico.

Obed Godínez-Campos¹, Marisela López-Ortega^{1✉} y Rodrigo Cuervo-González²

¹Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Campus Tuxpan, Tuxpan Veracruz, km 7.5 Carretera Tuxpan - Tampico C.P. 92895, Tuxpan, Veracruz, México. E-mail: ogodinez@uv.mx; malopez@uv.mx ✉ Autor para correspondencia

²Laboratorio de Evolución y Embriología, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Campus Tuxpan, Tuxpan Veracruz, km 7.5 Carretera Tuxpan - Tampico CP 92895, Tuxpan, Veracruz, México. E-mail: rodcuervo@uv.mx

Recibido: 03/04/2013

Aceptado: 21/07/2013

RESUMEN

Las lagunas costeras en la actualidad presentan problemas de contaminación, éstos se deben principalmente a las descargas de actividades antropogénicas y a procesos fisicoquímicos y ecofisiológicos que ocurren en estos sistemas; uno de estos problemas es la acumulación de metales pesados en aguas, sedimentos y organismos afines a este ecosistema. Es por ello que el objetivo de este estudio fue determinar las concentraciones de cadmio en concha y tejido del gasterópodo *N. reclivata* y usarlo como bioindicador de contaminación en la laguna de Tampamachoco Veracruz; para conocer la concentración de Cd que existe en *Neritina reclivata* en la laguna de Tampamachoco Veracruz; se seleccionaron seis puntos de muestreo, cada muestra consistió en 100 ± 120 organismos, se separaron las conchas del tejido y se digestaron por separado de acuerdo a la NOM, para cada muestra se analizó la concentración de Cd, mediante espectrofotometría de absorción atómica, encontrando en tejido concentraciones de 1.55 ± 0.98 mg/kg y en concha de 0.77 ± 0.68 mg/kg. El Cadmio superó en todas las muestras los límites permisibles que establecen las normas sanitarias para gasterópodos y se estima que presentan un riesgo para la salud humana.

Palabras clave: *Neritina reclivata*, espectrofotometría de absorción atómica, metal pesado, bioindicador, contaminación.

ABSTRACT

Coastal lagoons currently have pollution problems, they are mainly due to the discharge of anthropogenic activities and physicochemical processes and ecophysiological that occurs in these systems, one of these problems is the accumulation of heavy metals in water, sediments and organisms related to this ecosystem. That is why the aim of this study was to determine the concentrations of cadmium in shell and tissue gastropod *N. reclivata* and use as a bioindicator of pollution in the lagoon of Tampamachoco Veracruz for Cd concentration that exists in *Neritina reclivata* in the lagoon of Tampamachoco Veracruz six were selected sampling points, each sample consisted of 100 ± 120 bodies were separated shells from the tissue and digestaron separately according to NOM for each sample was analyzed Cd concentration by atomic absorption spectrophotometry, finding in tissue concentrations of 1.55 ± 0.98 mg / kg and shell of 0.77 ± 0.68 mg / kg. Cadmium exceeded in all samples permissible limits that establish health standards for gastropods and is expected to present a risk to human health.

Key words: *Neritina reclivata*, atomic absorption spectrophotometry, heavy metal, biomarker, pollution.

INTRODUCCIÓN

Las lagunas costeras son cuerpos de agua situados a lo largo del litoral, que en la mayoría de los casos tienen una comunicación permanente con el mar y una entrada continua de agua dulce por medio de ríos. Estos ecosistemas son considerados de alta producción pesquera, en la actualidad presentan problemas de contaminación debido a los efectos que provocan las actividades humanas que se desarrollan en ellas (Barrera *et al.* 1994).

Los metales pesados afectan estos ecosistemas costeros y alteran de manera significativa la naturaleza tanto en el campo ambiental como en el de salud pública. Uno de los metales que más dañan a las lagunas costeras del Golfo de México es el cadmio (Cd), sus concentraciones están por encima de la normatividad oficial mexicana, motivo por el cual debe ponerse atención sobre las concentraciones que se han reportado, mismas que rebasan los 0.5 mg/kg que marca la NOM.

El envenenamiento por cadmio produce osteoporosis, enfisema pulmonar, cáncer, hipertensión, cardiopatías y retraso en la habilidad verbal de los niños (Livingstone, 1991). El cadmio está presente en tuberías, pinturas, plásticos. Se adquiere por inhalar polvo contaminado, por el uso de utensilios de plástico en la alimentación, por humo de tabaco y por ingerir agua contaminada. Las medidas preventivas contra el envenenamiento por cadmio es evitar su ingesta e incrementar los hábitos de higiene en las zonas donde exista este metal en el polvo o agua (Rendón *et al.* 1990).

La laguna de Tampamachoco es un ecosistema que se localiza al norte del estado de Veracruz y que presenta altas concentraciones de este metal (Cd), dicha laguna tiene una superficie de 1,500 ha. Los manglares que le circundan, los esteros de Tumulco y Jácome, forman un sistema lagunar-estuario con un área de influencia de 29,000 hectáreas (INEGI, 2001). Una manera de monitorear las

concentraciones de este metal es usando los bioindicadores, como los gasterópodos, en este caso se usó a la especie *Neritina reclivata*, que habita en la laguna de Tampamachoco, y comúnmente se le llama Nerita de oliva. Se alimentan de algas de agua dulce, su concha crece de 1.21 ± 2.5 cm, su temperatura óptima de crecimiento es de 22.5 ± 26.6 °C y su concha es lisa de color verde intenso (Etter, 1989).

En *Neritina reclivata*, determinamos la concentración de diferentes metales pesados: cromo, cobre, níquel, plomo, mercurio y cadmio, usando la técnica de espectrofotometría de absorción atómica y la técnica de fluorescencia de rayos X. Encontramos que el cadmio fue el único metal que muestra valores por encima de lo que establece la NOM-029-

SSA1-1996, las concentraciones en tejido van de 1.55 ± 0.98 mg/kg y en concha de 0.77 ± 0.68 mg/kg. Es por ello, que nuestros resultados son una referencia para determinar las fuentes que originan las altas concentraciones de este metal en la laguna de Tampamachoco y proponer un mejor manejo de los desechos contaminantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización Geográfica: La laguna de Tampamachoco, se localiza en el Golfo de México, al norte del estado de Veracruz, limita con el municipio de Tuxpan, cuenta con un área de influencia de 29,000 hectáreas, se ubica entre las coordenadas $20^{\circ} 58' 15''$ y $21^{\circ} 05'$ de latitud norte y los meridianos $97^{\circ} 20' 30''$ a $97^{\circ} 24'$ (INEGI, 2001) (Fig. 1).

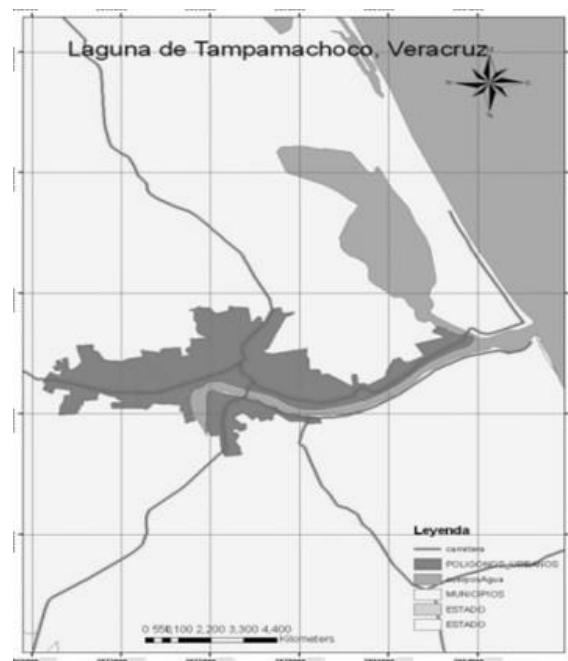


Figura 1. Laguna de Tampamachoco, Veracruz.

Seis fueron los sitios seleccionados para el muestreo de la especie *Neritina reclivata*, se localizó a la especie en los primeros cuatro sitios, adheridas a manglar y a troncos muertos

a una profundidad no mayor a los 10 cm (Fig. 2). Las muestras fueron recolectadas en tres cuatrimestres considerando la época de lluvias, secas y nortes. Las variables fisicoquímicas

salinidad, temperatura y oxígeno disuelto fueron medidas *in situ* utilizando una sonda

multiparamétrica marca Hanna HI 9828.



Figura 2. Puntos de Muestreo en la laguna de Tampamachoco.

Se colectaron tres muestras en cada sitio por época climática (nortes, lluvias y secas). Cada muestra consistió de 100 a 120 neritas con tallas de 1.21 ± 2.5 cm, que fueron limpiadas para eliminar restos adheridos y algas, luego transportadas al laboratorio de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Veracruzana, siguiendo los protocolos que establece la NOM-001-ECOL-1996. Con la ayuda de un microscopio estereoscópico y un estuche de disección se procedió a separar el tejido y la concha. Se colocaron las muestras en cápsulas de porcelana y se procedió a calcinar en mufla (400°C) hasta la mineralización total. Los métodos usados en tejido para la digestión vía seca fueron de acuerdo con NOM-001-ECOL-1996 y en concha se utilizó la metodología de Palacios Fest *et al.* (2003). Una vez realizadas las digestiones, para su posterior análisis cada muestra fue enviada a los laboratorios Mensuranda S.A de C.V. Las concentraciones de cadmio, se determinaron usando la técnica

de espectrometría de absorción atómica con llama FS220. Con el fin de asegurar la precisión de los resultados de laboratorio se hizo uso de estándares de referencia de NIST 1566 tanto en tejido como en concha.

Las concentraciones de cadmio en tejido y concha de la especie *Neritina reclivata*, fueron examinadas de acuerdo con la normatividad con la prueba de Wilks-Shapiro la cual rechaza la hipótesis nula de normalidad si el estadístico W es menor que el valor crítico proporcionado. El software estadística versión 7.0, se utilizó para correlacionar los efectos significativos de las concentraciones en concha y tejido con las épocas climáticas y las variables físico-químicas.

RESULTADOS

Las concentraciones promedio de cadmio en los sitios de muestreo en concha y

tejido de la especie *N. reclivata* en la laguna de Tampamachoco, Veracruz, durante el periodo septiembre 2010 a octubre 2011, se presentan en el (Cuadro 1). Las concentraciones promedio de cadmio considerando la época climática en concha y tejido de *Neritina reclivata* en la laguna de Tampamachoco Veracruz, se muestran en el Cuadro 2 y los valores promedio de la variables físico-químicas por punto de análisis se muestran en el Cuadro 3. Se comparan con los límites máximos permisibles (LMP) previstos por la Norma Mexicana NOM-001-ECOL-1996.

El valor más alto de cadmio en *Neritina reclivata*, se encontró en tejido en sitio La Mata y fue con una concentración de 1.33 mg/kg, rebasando los 0.5 mg/Kg de acuerdo a lo que establece la NOM, mientras que la concentración más baja se registró en concha en

Cuadro 1. Concentraciones promedio de Cd (mg/kg) por punto de muestreo en *Neritina reclivata*, en el sistema lagunar Tampamachoco, Veracruz.

Elemento	La Mata	Isla 2	Isla 3	CFE
Cd Tejido	1.33	1.08	1.26	1.03
Cd Concha	0.64	0.58	0.66	0.70

LMP Norma Mexicana NOM-001- ECOL-1996 = 0.5 mg/Kg

Cuadro 2. Concentraciones promedio de cadmio (mg/kg) por época climática, en *Neritina reclivata*, en el sistema lagunar Tampamachoco, Veracruz.

Elemento	Nortes	Lluvias	Secas
Cd Tejido	1.37	1.11	1.13
Cd Concha	0.67	0.64	0.64

LMP Norma Mexicana NOM-001- ECOL-1996= 0.5 mg/Kg

el sitio Isla 2 con una concentración de 0.58 mg/kg.

De las tres épocas climáticas de la región, durante los nortes se registró la mayor concentración de Cd, en tejido fue de 1.37 mg/kg y en concha de 0.67 mg/kg, en ambos casos rebasando los LMP que establece la NOM; la menor concentración de este metal ocurrió en la época de lluvias con una concentración de 1.11 mg/kg en tejido; en concha las concentraciones fueron similares para lluvias y secas con un valor de 0.64 mg/kg, rebasando de igual manera los límites que marca la NOM (Cuadro 2).

Los valores de salinidad, oxígeno disuelto y temperatura registrados como referencia de las características para cada punto de muestreo se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Variables fisicoquímicas por época climática, en el sistema lagunar Tampamachoco, Veracruz.

Parámetros	Nortes	Lluvias	Secas
Salinidad UPS	29.66	14.81	32.22
Oxígeno Disuelto mg/l	5.27	5.58	6.28
Temperatura °C	23.94	26.40	25.64

DISCUSIÓN

Cadmio es el metal pesado que se localiza en altas concentraciones tanto en concha y tejido en *Neritina reclivata*, en la laguna de Tampamachoco, Veracruz, alcanzando concentraciones promedio de 1.33 mg/kg en tejido y 0.645 mg/kg en concha, ambas rebasando el LMP de 0.5 mg/kg establecido por la normatividad oficial NOM-001-ECOL-1996. En los últimos años los estudios referentes al cadmio han mostrado una alta concentración y esto es motivo de preocupación por los efectos ecológicos y en la salud que esto representa; Botello (1994) reporta una concentración media de 1.10 mg/kg de Cd de las lagunas de Llano, Veracruz. Galaviz (2003) reporta 5.86 mg/kg de Cd de la laguna de La Mancha y Guzmán Amaya *et al.* (2005) informaron de concentraciones medias de 2.94 y 4.61 mg/kg de Cd de las lagunas de Mandinga y Alvarado. Las concentraciones de Cd encontradas en las lagunas costeras antes mencionadas, se deben principalmente a las contribuciones de la escorrentía (Guzmán-Amaya *et al.* 2005). Al igual que las lagunas antes mencionadas, las concentraciones medias de Cd de la Laguna de Tampamachoco son altas. Las causas probables de estas concentraciones son: a) La descarga de aguas residuales domésticas y municipales de efluentes que contienen materia orgánica, pesticidas, fertilizantes, detergentes y metales (Cuevas *et al.* 2006), b) El alto nivel de la

actividad agrícola en las zonas alrededor de la laguna que practica el monocultivo, requiere grandes cantidades de agroquímicos, además este cuerpo de agua y los manglares que le circundan, los esteros de Tumilco y Jácome, forman un sistema lagunar-estuario con una área de influencia de 29, 000 hectáreas (Altieri, 1996), particularmente el uso de fertilizantes de fosfato que contienen Cd se aplica comúnmente a maíz, frijol, chile verde y los cultivos de naranja en la región y, finalmente, se filtran en el suelo y son transportados a las lagunas de la escorrentía y c) La ingestión y acumulación de cadmio en los gasterópodos es una función de condiciones de exposición, los factores fisiológicos, reproducción y excreción; factores que también son variables. Por lo tanto, las interpretaciones de los mecanismos puede ser complicado por éstos y otros factores que intervienen durante la exposición y toxicokinesis (Rodríguez de la Rúa *et al.* 2005).

Debido a los procesos antes descritos, la concentración de Cd en el agua en las lagunas costeras de México supera el LMP establecido en la NOM-001-ECOL-1996 (SEMARNAT, 1996) de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. En lagunas como ésta y similares, que generalmente tienen agua salobre, la biodisponibilidad de cadmio es el resultado de los continuos cambios de salinidad lo que determina la concentración de este metal en los

animales sésiles, tales como *Neritina reclivata* (Palacios-Fest *et al.* 2003).

CONCLUSIÓN

En el presente estudio, las concentraciones de cadmio en las muestras del gasterópodo fueron relativamente altas. En comparación con otros estudios, los tejidos presentaron mayores concentraciones medias de Cd que en los de concha, en contraste con lo reportado por Mendoza (2010) quien registra concentraciones promedio en *F. aztecus* de 1.36 mg/kg de cadmio y López, 2012 encontró concentraciones promedio de Cd en *E. Plumieri* de 6.65 mg/kg en piel, 2.35 mg/kg en músculo, 0.71 mg/kg en branquias y 3.18 mg/kg en hígado, todos los resultados muestran concentraciones que rebasan el LMP que establece la NOM-001-ECOL-1996 (SEMARNAT, 1996), se concluye que la laguna de Tampamachoco Veracruz, presenta altas concentraciones de cadmio, lo cual puede causar grandes problemas en la salud humana.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al CONACyT por el apoyo otorgado para la realización del presente estudio así mismo, se agradece al Laboratorio Mensuranda S.A. de C.V., por los análisis realizados, a la Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, por el apoyo brindado para las digestiones y análisis de datos y al Dr. Rodrigo Cuervo González, por enseñarnos a redactar un artículo de carácter científico.

LITERATURA CITADA

- Altieri, M. A. 1996. Agroecology: The science of sustainable agriculture. Boulder CO: Westview Press.
- Barrera, E. G.; G. E. Arrera; S. F. Sobrino; X. G. Guzmán; F. G. Hernández; F. V. Saavedra; E. I. CH. Wong. 1994. Evaluación de la calidad sanitaria de la zona costera de Veracruz: Lagunas de Pueblo Viejo, Tamiahua y Tampamachoco.
- Botello, A. V. 1994. Evaluación ambiental de las lagunas costeras de Pueblo Viejo, Tamiahua y Tampamachoco, Veracruz, para el aprovechamiento y conservación de su biodiversidad. Reporte final del proyecto multidisciplinario. Div. CBS, UAM-I, México. 98 p.
- Cuevas B. J.; S. O. Seguel y S. A. Ellies. 2006. Efectos de las enmiendas orgánicas sobre las propiedades físicas del suelo con especial referencias a la adición de lodos urbanos. R. C. Suelo Nutr. Veg. 6: 1-12.
- Etter, R. J. 1989. *Life History Variation in the Intertidal Snail Nucella Lapillus Across a Wave-Exposure Gradient. Ecology.* 70(6): 1857-1876.
- Galaviz, V. I. 2003. Estudio de la calidad sanitaria del ostión *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791) de los sistemas lagunares de Alvarado y La Mancha, Veracruz; mediante el método de análisis de riesgos, identificación y control de puntos críticos (ARICPC o HACCP). Ms. Sc. Thesis. Instituto Tecnológico del Mar 01. Boca del Río, Veracruz, México. 101 p.

- INEGI, 2001. Tuxpan. Estado de Veracruz. Cuaderno Estadístico Municipal. Gobierno del Estado de Veracruz e Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. México. 180 p.
- Livingstone, M. S.; G. D. Rosen; F. W. Drislane y A. M. Galaburda. 1991. Physiological and anatomical evidence for a magnocellular defect in developmental dyslexia. *Proc Natl Acad Sci* 88(18): 7943-7947.
- López, O. M. 2012. Determinación de algunos metales pesados en *Eugerres plumieri* (Cuvier, 1830) y agua de Laguna de Tampamachoco, Veracruz por espectroscopia de absorción atómica. 89 p.
- Mendoza, D. F. 2010. Determinación de metales pesados, Cd, Cr, Cu y Pb en *Farfantepenaeus aztecus* (Ives, 1891) colectados en la laguna de Tampamachoco, Veracruz.
- Palacios-Fest, M. R.; L. E. Park; J. González-Porta; M. R. Palacios-Fest y G. R. Dix. 2003. Química de conchas de ostrácodos: una alternativa para medir la contaminación por metales en sistemas acuáticos. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 20(2): 139-153.
- Rodríguez de la Rúa, A.; M. L. González de Canales; J. Blasco y C. Sarasquete. 2005. Accumulation of copper and histopathological alterations in the oyster *Crassostrea angulata*. *Ciencias Marinas* 31: 455-466.
- SEMARNAT, 1996. Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996. Límites Máximos Permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Aclaración Diario Oficial de la Federación 30 abril de 1997.
- SSA, 1994. Norma Oficial Mexicana Bienes y Servicios NOM-117-SSA1-1994, Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, fierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica. Secretaría de Salud, Diario Oficial de la Federación. 29 de junio de 1995.