



UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA de
TAMAULIPAS

INSTITUTO DE ECOLOGÍA APLICADA

Posgrado en Ecología y Manejo de Recursos Naturales



**EVALUACIÓN DE METALES PESADOS EN POBLACIONES DE COCODRILO DE
PANTANO (*Crocodylus moreletii*) EN UNA ZONA URBANA Y UNA ZONA
INDUSTRIAL EN EL SUR DE TAMAULIPAS**

TESIS

Que para obtener el título de

**DOCTOR EN ECOLOGÍA
Y MANEJO DE RECURSOS NATURALES**

Presenta

CÉSAR NORBERTO CEDILLO LEAL

DIRECTORA DE TESIS

DRA. EUGENIA GPE. CIENFUEGOS RIVAS

Cd. Victoria, Tamaulipas, México

Julio de 2017

Cd. Victoria, Tamaulipas, a 31 de Julio de 2017

La tesis titulada “Evaluación de metales pesados en poblaciones de cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*) en una zona urbana y una zona industrial en el sur de Tamaulipas”, presentada por César Norberto Cedillo Leal, fue revisada y aprobada por su Comité de Tesis como requisito parcial para obtener el título de:

Doctor en Ecología y Manejo de Recursos Naturales

COMITÉ DE TESIS

Dra. Eugenia Gpe. Cienfuegos Rivas
Directora

Dr. Armando H. Escobedo Galván
Asesor

Dr. Casimiro Benavides García
Asesor

Dra. María de la Luz Vázquez Saucedo
Asesora

Dr. Leroy Soria Díaz
Asesor

RESUMEN

La contaminación por metales pesados en los ecosistemas acuáticos es latente a nivel mundial, debido al crecimiento y desarrollo urbano e industrial. El cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*) al ser un animal longevo, sedentario, presentar una distribución restringida, soportar condiciones ambientales extremas y ser un depredador tope en ecosistemas acuáticos, lo hace un bioindicador confiable para estudiar la contaminación por metales pesados. El objetivo de esta investigación fue determinar las concentraciones de metales pesados en agua y tejido en *C. moreletii*, además de la relación entre las concentraciones en el tejido de la hembra y sus huevos en la etapa de anidación, en cuerpos de agua impactados por desechos industriales y urbanos en la zona sur de Tamaulipas. El estudio se realizó en una laguna ubicada en una zona industrial (Estero Garrapatas; EG) y una laguna ubicada en una zona urbana (Laguna Carpintero; LC). Se colectaron muestras de agua mensualmente durante un año y se capturaron 48 ejemplares de *C. moreletii*, clasificándolos en cinco tallas y sexo. Se retiró una porción de tejido muscular de la cola (escudetes caudales). Se colectaron 30 huevos en la temporada de anidación 2014 de tres nidos y se capturó a la hembra para tomar una muestra de tejido. Las muestras fueron analizadas en el Centro de Investigación y Tecnología en Saneamiento Ambiental (CITSA) para la detección de metales pesados (Cadmio, Cd; Cromo, Cr y Plomo, Pb) mediante el método de absorción atómica por flama. Se observó al analizar el agua de EG y LC, que existe diferencia significativa ($F_{1,40} = 4.08$, $p = 0.001$) en las concentraciones de Pb por sitio de muestreo. También hubo diferencias significativas en las concentraciones de Cd ($F_{3,40} = 2.83$, $p = 0.005$) y Pb ($F_{3,40} = 2.83$, $p = 0.0001$) en agua por temporada, en la primavera se presentó mayor concentración de ambos metales. Para la concentración de Cd, Cr y Pb en tejido de *C. moreletii* para LC fue de 21.57, 103.31 y 55.57 mg kg⁻¹ respectivamente; y para EG 24.27, 46.93 y 70.91 mg kg⁻¹ respectivamente. Solo para Pb hubo diferencias significativas ($F_{1,30} = 4.17$, $p = 0.02$) entre sexos, donde las hembras presentaron mayores concentraciones. Se observaron diferencias significativas entre tallas ($F_{4,30} = 2.60$, $p = 0.0001$), con la mayor concentración de metales en la talla II (juveniles). Se observó una relación negativa significativamente diferente a cero ($r^2 = -0.18$, $F_{1,28} = 6.28$, $p = 0.01$) para Pb en hembras y en huevos. Los resultados de contaminación por metales pesados (Cd, Cr, Pb) en *C. moreletii* obtenidos en este estudio son los primeros

reportados para el estado de Tamaulipas, y uno de los pocos realizados en el país. Se concluye que el agua de la zona industrial (EG) está más contaminada que la de la zona urbana (LC) para Cd (60 y 30 %) y Pb (310 y 150 %) respectivamente ambos por encima de los Límites Máximos Permisibles (LMP) según la NOM-001-SEMARNAT-1996. En el caso de las concentraciones de Cd, Cr y Pb en tejido de *C. moreletii*, al no existir una norma que regule los LMP para fauna silvestre, los resultados pueden servir como base para estudios sobre contaminación de especies para consumo humano, ya que actualmente se están aprovechando algunas poblaciones silvestres de cocodrilianos a nivel mundial. Las concentraciones de metales pesados encontrados en huevos de cocodrilo sugieren que las hembras eliminan un porcentaje de estos por medio de la transferencia materna al llevar a cabo la oviposición.

ABSTRACT

The heavy metal contamination in aquatic ecosystems is dormant globally because of the urban and industrial development. The Morelet's Crocodile (*Crocodylus moreletii*) being a long-lived, sedentary animal, exhibiting a restricted distribution, enduring extreme environmental conditions and being a top predator in aquatic ecosystems, makes it a reliable bioindicator to study heavy metal contamination. The objective of this research was to determine the concentrations of heavy metals in water and tissue of *C. moreletii*, in addition to the relationship between concentrations in the tissue of the female and her eggs on the nesting stage, in water bodies impacted by industrial and urban waste in the south Tamaulipas. The study was conducted in a lagoon located in an industrial area (Estero Garrapatas; EG) and a lagoon located in an urban area (Laguna Carpintero, LC). Water samples were collected monthly for one year and 48 specimens of *C. moreletii* were captured and classifying them in five sizes, they were sexed and a piece of tissue from the tail (caudal scutes) was sampled. Thirty eggs were collected in the 2014 nesting season from three nests and it was captured the nesting female to take a tissue sample. Samples were sent to the Centro de Investigación y Tecnología en Saneamiento Ambiental (CITSA) for the detection of heavy metals (Cd, Cr, Pb) by the method of flame atomic absorption. It was observed when analyzing water that EG and LC had difference ($F_{1,40} = 4.08$, $p = 0.001$) in Pb concentrations by sampling site; there were differences for Cd ($F_{3,40} = 2.83$, $p = 0.005$) and Pb ($F_{3,40} = 2.83$, $p = 0.0001$) in water by season, where spring had a higher concentration of both metals. For Cd, Cr and Pb contamination in tissue LC had 21.57, 103.31 y 55.57 mg kg⁻¹, respectively; and EG had 24.27, 46.93 y 70.91 mg kg⁻¹, respectively. Only for Pb differences ($F_{1,30} = 4.17$, $p = 0.02$) were found between sexes, where females were the most contaminated. Differences between sizes ($F_{4,30} = 2.60$, $p = 0.0001$) were observed, where size II (juveniles) had the highest metals concentration. It was observed for Pb a negative and different from zero relationship ($r^2 = -0.18$, $F_{1,28} = 6.28$, $p = 0.01$) among the females and eggs. The results of contamination by heavy metals (Cd, Cr, Pb) in *C. moreletii* obtained in this study are the first reported for the state of Tamaulipas, and one of the few ones conducted all around the country. It is concluded that the water from the industrial zone (EG) is more polluted than the urban area (LC) for Cd (60 and 30%) and Pb (310 and 150%) respectively, both water bodies above the

maximum permissible limits (LMP) according to NOM-001-SEMARNAT-1996 In the case of Cd, Cr and Pb concentrations in *C. moreletii* tissue, in the absence of a standard to regulate LMP for wild fauna, the results can serve as a basis for studies on contamination of species for human consumption, since Some wild populations of crocodilians are currently being exploited worldwide. The concentrations of heavy metals found in crocodile eggs suggest that females remove a percentage of these metals by maternal transfer carrying out oviposition.

CONTENIDO

Agradecimientos Oficiales.....	iii
Agradecimientos Personales.....	iv
Dedicatoria.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	ix
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1.1 Introducción.....	2
1.2 Características morfológicas de <i>Crocodylus moreletii</i>	5
1.3 Distribución y hábitat de <i>Crocodylus moreletii</i>	5
1.4 Importancia y estatus poblacional de <i>Crocodylus moreletii</i>	6
1.5 Los metales pesados.....	8
1.5.1 La contaminación por Cadmio (Cd).....	8
1.5.2 La contaminación por Cromo (Cr).....	11
1.5.3 La contaminación por Plomo (Pb).....	13
1.6 Los metales pesados en los ecosistemas acuáticos.....	16
1.6.1 La contaminación del agua.....	16
1.6.2 La contaminación en el sedimento.....	17
1.7 Contaminación por metales pesados en crocodilianos.....	18
1.8 Contaminación por metales pesados en huevos de crocodilianos.....	22
1.9 HIPÓTESIS.....	25
1.10 OBJETIVOS.....	26
1.10.1 Objetivo general.....	26

CONTENIDO

1.10.2 Objetivos específicos.....	26
CAPÍTULO II. VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE METALES PESADOS PRESENTES EN AGUA DE DOS ZONAS ALTERADAS EN EL SUR DE TAMAULIPAS.....	27
2.1 Introducción.....	28
2.2 Materiales y Métodos.....	29
2.2.1 Área de estudio.....	29
2.2.2 Método de campo.....	30
2.2.3 Método de laboratorio.....	31
2.2.4 Análisis estadísticos.....	33
2.3 Resultados.....	34
2.4 Discusión.....	36
2.5 Conclusión.....	39
2.6 Literatura citada.....	40
CAPÍTULO III. CONTAMINACIÓN DE METALES PESADOS EN <i>Crocodylus moreletii</i> SEGÚN EL PESO Y LA TALLA.....	45
3.1 Introducción.....	46
3.2 Materiales y Métodos.....	47
3.2.1 Área de estudio.....	47
3.2.2 Método de campo.....	48
3.2.3 Método de laboratorio.....	49
3.2.4 Edición de los datos.....	51
3.2.5 Análisis estadísticos.....	52

CONTENIDO

3.3 Resultados.....	53
3.4 Discusión.....	56
3.5 Conclusión.....	58
3.6 Literatura citada.....	59
CAPÍTULO IV. METALES PESADOS EN HUEVOS Y TEJIDO DE <i>Crocodylus moreletii</i> EN UNA LAGUNA URBANA DE TAMAULIPAS.....	64
4.1 Introducción.....	65
4.2 Materiales y Métodos.....	66
4.2.1 Métodos de campo.....	66
4.2.2 Métodos de laboratorio.....	67
4.2.3 Análisis estadísticos.....	69
4.3 Resultados.....	69
4.4 Discusión.....	71
4.5 Conclusión.....	74
4.6 Literatura citada.....	74
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES GENERALES.....	79
5.1 Discusión General.....	80
5.2 Conclusiones Generales.....	84
CAPÍTULO VI. LITERATURA GENERAL.....	86