

UNIVERSIDAD DEL MAR

Campus Puerto Ángel



**Plaguicidas organoclorados en sedimentos superficiales del sistema
lagunar Chacahua-Pastoría, Oaxaca, México**

TESIS

Que para obtener el Título Profesional de

Licenciado en Biología Marina

Presenta

Edgar Emmanuel Aguilar Jiménez

Directora

Dra. María Luisa Leal Acosta

Ciudad Universitaria, Puerto Ángel, Oaxaca, México, 2020

Resumen

Los plaguicidas organoclorados (PO) son compuestos químicos de origen antropogénico y son potencialmente tóxicos para la biota, incluido el hombre. Son difíciles de degradarse, extremadamente persistentes en el medio y tienen efectos nocivos en la reproducción, desarrollo y función inmunológica de los organismos. Trabajos sobre PO en el Pacífico sur mexicano son escasos, sin embargo, muestran, en general, un escenario de posible riesgo a la salud humana y ambiental. El complejo lagunar Chacahua-Pastoría, forma parte del Parque Nacional Lagunas de Chacahua, donde se desarrollan actividades pesqueras de importancia regional, agricultura y ganadería, evaluaciones ambientales son de suma importancia en el diagnóstico del estado de salud de sus ecosistemas por su importancia como fuente de recursos naturales en la región. En el presente trabajo se realizaron colectas de sedimentos superficiales en el complejo lagunar Chacahua-Pastoría, una en abril (secas) y otra en septiembre (lluvias) del año 2018, con el objetivo de evaluar el estado de contaminación del sistema lagunar por PO e identificar sus patrones de distribución de estos. Los compuestos fueron extraídos mediante el método QuEChERS, la identificación y cuantificación se realizó mediante cromatografía de gases con detector de micro-captura de electrones (μ -ECD). Se identificó a (Hexaclorociclohexano. (HCH), β -HCH, Lindano, γ -HCH, p,p'-DDD, p,p'-DDE, p,p'-DDT, dieldrín, endosulfán alfa, endosulfán beta, endosulfán sulfato, endrín, endrín aldehído, heptacloro y metoxicloro, en concentraciones desde < LD a 43.18 ng g⁻¹ para temporada de secas y desde < LD a 22.8 ng g⁻¹ en temporada de lluvias. Algunos niveles de concentración fueron mayores a los reportados en otros trabajos a nivel mundial. La laguna de Pastoría presentó concentraciones mayores que la laguna de Chacahua lo que se atribuye a la hidrodinámica del complejo lagunar y concentraciones mayores de materia orgánica, la cual se asocia a la mayor retención de estos compuestos en los sedimentos.

Palabras clave: Bioacumulación, contaminantes, consumo humano, exposición, laguna.

Abstract

Organochlorine pesticides (PO) are chemical compounds of anthropogenic origin and are potentially toxic to biota, including man. They are difficult to degrade, extremely persistent in the environment and have harmful effects on the reproduction, development and immune function of organisms. Works about PO in the Mexican South Pacific are scarce, they show in general possible risks to human and environmental health. The Chacahua-Pastoría lagoon complex is part of the Lagunas de Chacahua National Park, where fishing activities of regional importance, agriculture and farming are developed, environmental assessments are of utmost importance in the diagnosis of the health status of its ecosystems because of its importance as a source of natural resources in the region. Surface sediments were collected in this work in the Chacahua-Pastoría lagoon complex, one in April (dry season) and another in September (rainy season) in 2018, with the objective of assessing the state of contamination of the lagoon system by PO and identify their distribution patterns. The compounds were extracted using the QuEChERS method, the identification and quantification was performed by gas chromatography with electron micro-capture detector (m-ECD). (Hexachlorocyclohexane. (HCH), γ -HCH, Lindane, β -HCH, p, p'-DDD, p, p'-DDE, p, p'-DDT, dieldrin, endosulfan alpha, endosulfan beta, endosulfan sulfate, endrin, endrin aldehyde, heptachlor and methoxychlor was identified, in concentrations from <LD to 43.18 ng g⁻¹ for dry season and from <LD to 22.8 ng g⁻¹ in rainy season. Some levels of concentration were higher than those reported in other works worldwide. The Pastoria lagoon showed higher concentrations than the Chacahua lagoon, which is attributed to the hydrodynamics of the lagoon complex and higher concentrations of organic matter, which is associated with the greater retention of these compounds in the sediments.

Keywords: Bioaccumulation, exposure, human consumption, lagoon, pollutant.

Dedicatoria

A mi familia:

*Gracias por todo lo que han hecho por mí...
Estoy sumamente agradecido.*

Agradecimientos

Un agradecimiento especial a la Dra. María Luisa Leal Acosta, no solo por dirigirme durante el proceso de elaboración de esta tesis, si no, por su amistad, consejos, regaños, recomendaciones y alguno que otro... bueno no, bastantes chascarrillos y pláticas amenas sobre la vida en general #PrayforMalu.

Al Dr. Belisario Leyva por instruirme durante el procesamiento de las muestras y durante la elaboración de este trabajo, pero principalmente por lograr que mi estancia en Tepic fuese productiva y mucho más accesible de lo esperado, le agradezco muchas cosas, pero una de las más importantes, el abrirme las puertas de su hogar y hacerme sentir en casa desde el primer momento.

Al Dr. Edgar Cruz Acevedo por mostrarme como analizar los datos y salvarme la vida, pero principalmente por hacerme sentir en confianza desde el principio.

A mis revisores los doctores Edgar Robles Zavala y Miguel Ángel Ahumada Sempoal por los comentarios a mi trabajo.

Al Dr. Pedro Bastidas por enseñarme tanto en tan poco tiempo.

Al CENITT y su personal en Nayarit por las facilidades al usar sus instalaciones y hacerme sentir parte del equipo.

Al CIAD por apoyarme en ese paso fugaz de una semana...

A Ixchel por estar a mi lado en todos esos momentos y ser una amiga incondicional... sabes que jamás te diría eso, pero también sabes que en el fondo lo siento.

A mis compañeros de la universidad, los que estuvieron antes, los que me acompañaron en el camino y los que llegaron hasta el final. Podría enlistar algunos nombres, pero créanme de todos aprendí algo y estoy seguro que la mayoría tiene un momento especial que pasamos juntos para recordar.

Y por último, pero no menos importante a la gente de Zipolite, a todos aquellos que lograron que este fuera mi hogar durante cinco años, me llenaron de experiencias inolvidables que seguro llevaré en la memoria y el corazón por siempre.

INDICE

	Página
Índice de figuras	viii
Índice de tablas	x
1. Introducción	1
<i>Plaguicidas organoclorados</i>	3
<i>Transporte de plaguicidas en el ambiente</i>	4
<i>Plaguicidas en lagunas costeras</i>	6
2. Antecedentes	6
<i>Plaguicidas organoclorados en sedimentos lagunares</i>	8
<i>El estudio de plaguicidas organoclorados en México</i>	9
<i>Plaguicidas organoclorados en ecosistemas costeros de México</i>	10
<i>Plaguicidas organoclorados en el suroeste de México</i>	11
<i>Problemática socioambiental del sistema lagunar Chacahua-Pastoría</i>	12
3. Justificación	13
4. Hipótesis	14
5. Objetivo	14
6. Objetivos particulares	14
7. Área de estudio	15
<i>Clima e hidrología</i>	16
<i>Hidrodinámica</i>	17
8. Material y métodos	19
<i>Recolección de sedimentos superficiales</i>	19
<i>Análisis de materia orgánica total</i>	19
<i>Procesamiento de muestras</i>	19
<i>Extracción de analitos</i>	20
<i>Identificación y cuantificación de plaguicidas organoclorados</i>	21
<i>Mapas de distribución</i>	22
<i>Análisis estadísticos</i>	22
<i>Frecuencia de detección</i>	22
<i>Correlación de materia orgánica y plaguicidas organoclorados</i>	25
9. Resultados	25
<i>Contenido de materia orgánica</i>	25

<i>Plaguicidas organoclorados</i>	29
<i>Perfiles de concentración</i>	34
<i>Distribución espacial</i>	34
<i>Gradientes de concentración por estaciones</i>	37
<i>Clasificación de los sitios de muestreo</i>	38
<i>Análisis de la variación en los patrones de contaminación</i>	39
<i>Concentración total de PO entre sitios y épocas</i>	42
10. Discusión	44
<i>El sistema lagunar Chacahua-Pastoría</i>	44
<i>Dinámica de las lagunas y la región adyacente</i>	44
<i>Plaguicidas Organoclorados en el complejo lagunar Chacahua-Pastoría</i>	46
Normatividad.....	47
<i>Comparativa a nivel mundial</i>	49
<i>Efectos adversos por plaguicidas organoclorados en la biota y salud humana</i>	52
<i>Escenario socio-ambiental</i>	52
11. Conclusiones	54
11. Referencias	55
Anexos	67

Índice de figuras

Figura	Página
Figura 1.-Representación del ciclo de transporte de plaguicidas (Modificado de Basu 2014).	5
Figura 2.- Ubicación geográfica del Parque Nacional Lagunas de Chacahua, A) y B) macro localización, C) temporada de secas y D) temporada de lluvias.	16
Figura 3.- Distribución espacial y temporal del contenido de materia orgánica total (%) en sedimentos superficiales del complejo lagunar Chacahua-Pastoría, A) temporada de secas y B) temporada de lluvias.	28
Figura 4.- Concentración de materia orgánica total en el complejo lagunar Chacahua-Pastoría, ordenado por lagunas y épocas. Letras iguales entre grupos muestran diferencias significativas.	28
Figura 5.- Frecuencia de detección de plaguicidas organoclorados en el complejo lagunar Chacahua-Pastoría, ordenados por grupos químicos. Letras iguales entre grupos muestran diferencias significativas.....	30
Figura 6.- Concentración promedio de plaguicidas organoclorados en el complejo lagunar Chacahua-Pastoría, ordenados por grupos químicos.	30
Figura 7.- Distribución espacial de p, p'-DDT (ng g ⁻¹) en el complejo lagunar Chacahua-Pastoría, A) temporada de secas y B) temporada de lluvias.	35
Figura 8.- Distribución espacial de p, p'-DDD (ng g ⁻¹) en el complejo lagunar Chacahua-Pastoría, A) temporada de secas y B) temporada de lluvias.	35
Figura 9.- Distribución espacial de endrin (ng g ⁻¹) en el complejo lagunar Chacahua-Pastoría, A) temporada de secas y B) temporada de lluvias.	36
Figura 10.- Distribución espacial de endosulfán sulfato (ng g ⁻¹) en el complejo lagunar Chacahua-Pastoría, A) temporada de secas y B) temporada de lluvias.	36
Figura 11.- Distribución espacial de la sumatoria de PO (ng g ⁻¹) en el complejo lagunar Chacahua-Pastoría, A) temporada de secas y B) temporada de lluvias.	37
Figura 12.- Ordenación de las estaciones de muestreo por medio del ajuste dimensional no-métrico (NMDS) mostrando gradientes de similitud para las 48 estaciones de muestreo en las dos temporadas.	38

Figura 13.- Dendrograma de la concentración de PO en las estaciones de muestreo, mostrando conglomerados de estaciones con mayor similitud..... 39

Figura 14.- Concentración total de PO en las estaciones de muestreo, agrupados por laguna-época. Letras iguales entre grupos muestran diferencias significativas 43

Figura 15.-Correlacion de MOT y PO, a) MOT vs Sitio/Temporada, b) correlación de Pearson entre la concentración total de PO y la MOT..... 43

Índice de tablas

Tabla	Página
<i>Tabla I.- Límites de detección para los 17 plaguicidas analizados.</i> _____	22
<i>Tabla II.- Contenido de materia orgánica para las muestras de sedimentos superficiales en la temporada de secas. (-) No se contaba con muestra suficiente.</i> _____	26
<i>Tabla III.- Contenido de materia orgánica para las muestras de sedimentos superficiales en la temporada de lluvias. (-) No se contaba con muestra suficiente.</i> _____	27
<i>Tabla IV.- Concentración total de plaguicidas organoclorados en sedimentos superficiales del complejo lagunar Chacahua-Pastoría. Valores mínimos y máximos, media geométrica \pm desviación estándar (Helsel 2012), paréntesis: muestras totales/muestras censurados</i> _____	31
<i>Tabla V.- Conjuntos Laguna-Epoca obtenidos mediante un análisis SIMPER de las muestras de plaguicidas obtenidas del complejo lagunar Chacahua-Pastoría.</i> _____	41
<i>Tabla VI.- Resultados de las comparaciones por pares de PERMANOVA para los conjuntos de lagunas y épocas de PO.</i> _____	42
<i>Tabla VII.- Resultados de las comparaciones pareadas de Laguna-Época ajustados por False Discovery Rate (FDR)</i> _____	42
<i>Tabla VIII.- Comparación de valores máximos de concentración de plaguicidas organoclorados en el Complejo lagunar Chacahua-Pastoría con parámetros internacionales (ng g^{-1}).</i> _____	47
<i>Tabla IX.- Plaguicidas organoclorados que se mencionan en los Convenios de Estocolmo y Rotterdam como extremadamente peligrosos para la biota y la salud humana.</i> _____	48
<i>Tabla X.- Concentración de plaguicidas organoclorados en sedimentos de diferentes zonas costeras del mundo. Valores en ng g^{-1} peso seco.</i> _____	51