

# UNIVERSIDAD DEL MAR

## *Campus Puerto Ángel*



### METALES PESADOS EN EL TIBURÓN PILOTO *Carcharhinus falciformis* (CARCHARHINIFORMES: CARCHARHINIDAE) EN EL PACÍFICO SUR MEXICANO

TESIS

Que para obtener el título profesional de  
Licenciada en Biología Marina

Presenta

Diana Alejandra Caro Osollo

Director

Dr. Edgar Cruz Acevedo

Co-directora

Dra. Ana María Torres Huerta

Ciudad Universitaria, Puerto Ángel, Oaxaca, México, 2024

## RESUMEN

El tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* es de los principales depredadores tope en las redes tróficas del Pacífico Sur mexicano y representa una de las mayores pesquerías de pelágicos mayores en esta región. En este estudio se evaluó la bioacumulación de cobre Cu, zinc Zn, cromo Cr, mercurio Hg y selenio Se en hígado y músculo de tiburones desembarcados en Mazunte, en la costa central de Oaxaca. Las muestras fueron liofilizadas, pulverizadas y digeridas con ácido nítrico concentrado. Los metales pesados se cuantificaron por espectrofotometría de absorción atómica. Las tallas de los tiburones del presente estudio oscilaron entre 70 y 250 cm con un promedio de 142.08 cm para machos, mientras que para hembras las tallas fueron de 62 a 171 cm con un promedio de 98.33 cm. Las concentraciones en tejidos del tiburón piloto no superaron los límites establecidos por la NOM-027-SSA1-1993. A nivel multivariado, no se encontraron diferencias en la concentración de metales entre sexos (PERMANOVA:  $p = 0.592$ ), si entre tejidos (PERMANOVA:  $p = 0.001$ ), pero no en la interacción sexo-tejido (PERMANOVA:  $p = 0.769$ ). En orden descendente, el Zn, Cu y Cr fueron los elementos con mayor aporte para la conformación de toda la concentración en el hígado; en el músculo fueron Zn y Cr. El porcentaje de similitud en el perfil de concentraciones fue de 86.64% en sexos y 83.10% en tejidos. Las concentraciones de observadas no representan un riesgo para la población del tiburón piloto en el área geográfica evaluada, ni para el consumo de su carne. Se recomienda utilizar al tiburón piloto como biomonitor de la contaminación por metales pesados en los ecosistemas marinos de la costa oaxaqueña.

### Palabras clave

Bioacumulación, metales, hígado, músculo, tiburones, concentraciones, Normas, ambiente.

*A mi Padre Victor H. Caro Jáquez, su fortaleza y amor ha sido la brújula y el viento en mi travesía.*

## AGRADECIMIENTOS

A mi director el Dr. Edgar Cruz Acevedo, por tu compromiso, tu enseñanza y apoyo, tanto académico como moral, siempre al pendiente ayudándome a resolver mis líos, por esto y más fue posible este trabajo.

A mi directora la Dra. Ana María Torres, por apoyar mi proyecto desde el comienzo, por guiarme, enseñarme, orientarme y tener toda la disposición para desarrollar este proyecto aportando recursos y tiempo.

A la Bióloga marina Yhutsin Avendaño Peláez, por tu presencia en mi vida durante la carrera, tu apoyo incondicional, académico, económico, sentimental, por haber influido de manera muy positiva en mi en cuestión académica durante la etapa universitaria, por estar a mi lado a cada paso de la carrera.

A la Dra. María Luisa Leal Acosta, además de tu contribución en mi formación académica y la revisión de mi tesis, por tu gran amistad, tu bondad y amor para ayudar más allá de lo escolar, en lo económico y lo emocional.

Al Dr. Pedro Cervantes Hernández por ayudarme a descubrir mi gran pasión por el análisis multivariado, las redes neuronales, por ser de los mejores profesores que he tenido, por incluirme en sus proyectos y enseñarme con paciencia.

Al Dr. Antonio Serrano por el conocimiento que compartió conmigo, por su apoyo y su amistad.

Al Dr. Edgar Robles, jefe de carrera, profesor y amigo, por su constante presencia y disposición a lo largo de la carrera.

Al Dr. Martín Jara, por ser parte fundamental en la obtención de los resultados, brindando todo el material y el equipo de laboratorio para la etapa crucial de la lectura de metales.

A la Dra. Rosario Enríquez Rosado, Vicerrectora de la Universidad del Mar, por permitir mi ingreso durante la contingencia por COVID-19 a los laboratorios de la Universidad del Mar para poder avanzar con mi tesis a pesar de la pandemia.

Al Dr. Sangha Ravinder, por apoyarnos al Dr. Edgar y a mí con la compra y reposición del vaso de extracción de grasas para la liofilización de las muestras, un desastre del que se me responsabilizó en laboratorio y sin usted mi investigación habría demorado aún más.

A los técnicos de laboratorio de la Universidad del mar Eufrosina, Coral, Frida, Oli y Beto. que con amabilidad me apoyaron con el material y el equipo necesario para trabajar.

A mis amigos los pescadores de la Sociedad Cooperativa y Servicios Mazunte 2000 S.C de R.L de C.V. Pargo, Dino, Jhony, Zira, Patas y los demás, por ser quienes pusieron la materia prima: los tiburones, para poder llevar a cabo este proyecto, gracias por ayudarme a tomar mis muestras, por enseñarme a reparar trasmallo, por llevarme a pescar, por enseñarme a surfear y andar en moto, gracias a Rodolfo (El Pargo) director general de la cooperativa por permitirme hacer mis estancias profesionales ahí para tomar mis muestras y además pagarme por trabajar en la caseta turística.

Agradezco a mis padres Víctor y Vicky por apoyar mi sueño de estudiar Biología marina desde el inicio (dos veces), hasta el final, después y siempre, por acompañarme en mis sueños y ambiciones mostrando siempre su apoyo y comprensión.

A mis hermanos por apoyarme de lejos y salir adelante después de mi partida.

A Lorena Peláez por ser como una madre para mí y apoyarme con todo el amor del mundo y ver por mí en circunstancias difíciles.

A Bersain Avendaño, por estar presente y estar dispuesto a apoyar siempre que fuese necesario, con sus paseos por Chiapas y su hospitalidad.

A mis profesores Darla, Pintos, Bastida, Coco, Lety, Beto, Castro, Yolanda, Auxilio (D.E.P), Becerril, Ildefonso, Panchito, Julia, Ahumada, Ceci, Leyte, Luzma, Eduardo, Alejo y a todos los demás por ser parte de mi formación, por enseñarme cuestiones académicas y no limitarse en eso, por formarme ética y moralmente para los desafíos de la vida científica, académica y personal.

A la familia Payan, por compartir su experiencia en la Universidad del mar para que yo me animara a iniciar esta aventura.

A mis gatitos Dante (D.E.P.) y Aristóteles, por ser mis compañeros y mis guardianes, acompañarme durante la realización de mi tesis y viajar conmigo.

A mi jefa Jenny, por darme toda la libertad para trabajar en mi tesis durante horas laborales utilizando el equipo de la oficina.

A Esteban por apoyarme con los toques finales del formato, con el índice y la numeración de las páginas.

A todas las voces en mi cabeza, mis ángeles y demonios, mis trastornos, mis aptitudes y conocimientos, mi terquedad, rebeldía y coraje. Por aguantar cada vez más, por no rendirme, por sacar fuerzas de donde ya no había.

## ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	9
I.1. <i>Metales pesados en las redes tróficas y en el ambiente</i> .....	10
II. ANTECEDENTES.....	14
II.1. <i>Escala Global sobre bioacumulación de metales pesados en tiburones</i> .....	14
II.2. <i>Bioacumulación de metales pesados en tiburones de mares mexicanos</i> .....	19
II.3. <i>Golfo de California y Pacífico Sudcaliforniano</i> .....	19
II.4. <i>Pacífico transicional mexicano</i> .....	21
II.5. <i>Pacífico Centroamericano</i> .....	22
III. JUSTIFICACIÓN .....	23
IV. HIPÓTESIS .....	24
V. OBJETIVOS .....	25
V.1. <i>General</i> .....	25
V.2. <i>Específicos</i> .....	25
VI. MATERIAL Y MÉTODOS .....	26
VI.1. <i>Área de estudio</i> .....	26
VI.2. <i>Trabajo de campo</i> .....	26
VI.3. <i>Preparación de materiales de muestreo</i> .....	27
VI.4. <i>Muestreo de organismos</i> .....	28
VI.5. <i>Trabajo de laboratorio</i> .....	29
VI.6. <i>Identificación y cuantificación de metales pesados</i> .....	30
VI.7. <i>Estadística descriptiva</i> .....	31
VI.8. <i>Evaluación de los perfiles de bioacumulación</i> .....	31
VII. RESULTADOS.....	34
VII.1. <i>Estadística básica</i> .....	34
VII.2. <i>Evaluación del perfil de bioacumulación de metales pesados en sexos y tejidos</i> ..	34
VII.3. <i>Comparación de concentraciones de metales pesados entre tejidos</i> .....	35
VIII. DISCUSIÓN .....	36

IX. CONCLUSIÓN .....	41
X. RECOMENDACIONES .....	42
XI. REFERENCIAS .....	43
XII. ANEXOS.....	52
XII.I. <i>Anexo I. Base de datos de los metales presentes en Carcharhinus falciformis</i> .....	52
XII.II. <i>Anexo II. Matriz con concentraciones de metales en hígado de ambos sexos</i> .....	54
XII.III. <i>Anexo III. Matriz con concentraciones de metales en músculo de ambos sexos</i> ..	55
XII.IV. <i>Anexo IV. Estudios comparativos a nivel global y nacional</i> .....	56
XII.IV. <i>Anexo V. Diagrama ilustrativo metodológico</i> .....	58

#### Índice de figuras

Figura 1.- Ubicación geográfica y batimetría del área de estudio (Google Inc. 2022) .....	33
---	----

#### Índice de Tablas

Tabla 1. Estadísticos básicos de las concentraciones de los metales en tiburón piloto.....	34
Tabla 2. Resultados de la prueba de porcentaje de similitud para tejidos ( <i>SIMPER</i> ) .....	35