



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE QUINTANA ROO

DIVISIÓN DE CIENCIAS, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

---

“Determinación de la Concentración Media Letal (CL50) del  
Mancolaxyl 72 WP<sup>®</sup> y Fungoxyl<sup>®</sup> en especímenes de  
Laonereis culveri (Annelida: Nereididae).”

---

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE

**INGENIERO AMBIENTAL**

PRESENTA

**REYES OZIEL POOT TAH**

DIRECTOR DE TESIS

**Dr. VÍCTOR HUGO DELGADO BLAS**

ASESORES

**Dr. RUSSELL GIOVANNI UC PERAZA**

**Dra. MARTHA GUTIÉRREZ AGUIRRE**

**Dra. JENNIFER DENISSE RUIZ RAMÍREZ**

**M.C. JOSÉ LUIS GONZALES BUCIO**



CHETUMAL QUINTANA ROO, MÉXICO, JUNIO DE 2023



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE QUINTANA ROO

## DIVISIÓN DE CIENCIAS, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

### TRABAJO DE TESIS TITULADO

“Determinación de la Concentración Media Letal (CL50) del MancoIaxyl 72 WP® y Fungoxyl® en especímenes de *Laonereis culveri* (Annelida: Nereididae).”

ELABORADO POR

**REYES OZIEL POOT TAH**

BAJO SUPERVISIÓN DEL COMITÉ DEL PROGRAMA DE LICENCIATURA Y APROBADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

**INGENIERO AMBIENTAL**

COMITÉ DE TESIS

DIRECTOR:

Dr. VÍCTOR HUGO DELGADO BLAS

ASESOR:

Dr. RUSSELL GIOVANNI UC PERAZA

ASESOR:

Dra. JENNIFER DENISSE RUIZ RAMÍREZ

ASESOR SUPLENTE:

DRA. MARTGA GUTIÉRREZ AGUIRRE

ASESOR SUPLENTE:

M.C JOSÉ LUIS GONZALES BUENO



CHETUMAL QUINTANA ROO, MÉXICO, JUNIO DE 2023

# **Dedicatoria**

**“Considero más valiente al que conquista sus deseos que al que conquista sus enemigos, ya que la victoria más dura es la victoria sobre uno mismo “**

**- Aristóteles -**

**Con todo el amor del mundo para mi madre que sin su ayuda nada de esto hubiera sido posible, gracias por todo madre, algún día te daré todo lo que te mereces.**

**A mi padre, gracias por tu forma tan diferente de apoyarme y demostrarme tu cariño.**

**A mi fatimita, mi macalito, mi nescafe, lo logre, gracias por todo su amor en mi memoria y mi corazón vivirán por siempre los extraño.**

**A mi familia, a pesar de todos los problemas y ser pocos, los amo inmensamente gracias por todo.**

**A mis amigos que gracias por las vivencias para superar las adversidades con risas y motivación gracias.**

# Agradecimientos

*Al momento de redactar estas palabras viene a mi memoria un sinfín de recuerdos y sentimientos que no tengo palabras para expresar todo el sentimiento que expresa este trabajo realizado*

*Para empezar quiero agradecer a la vida, a mi dios que me permitió llegar hasta este punto de mi vida en donde a través de sus manos me hizo pasar por cada una de sus pruebas hasta este punto de felicidad.*

*A mi madre el motor de mi vida mi bombita como le digo con amor y cariño gracias madre mía por darme todo lo que en su momento necesite y nunca me dejaste solo porque tu moviste mar y tierra por mí y nunca poder pagarte todo lo que hiciste haces y sé qué harás por mí, solo puedo decirte gracias y espero nunca fallarte te amo mucho madre.*

*A mi padre que sin su apoyo no hubiera terminado, por tus consejos y regaños cada vez que iba a su casa por las pláticas amenas que tuvimos y sé que seguiremos teniendo.*

*Watimita, macalito, nescafe lo logre, que desde el cielo sé que están orgullosos de mí y este logro no es solo mio si no de ustedes mi watimita y macalito cuanto no me cuidaron y dieron todo por mí, ami tio nestuja que sé que la vida nos separó muy pronto y que sé que estarías orgulloso de este logro y que con gusto lo compartirías con nosotros, para ti no tengo las palabras para decirte el gran apoyo que nos diste siempre estaré agradecido, los extraño y los extrañare toda la vida les mando un beso hasta el cielo.*

*A toda mi familia que estuvo al pendiente de mí en mi estadía y durante mi carrera a mis tíos Yazmani, Mabel y Gabriel gracias por todo su apoyo y cariño siempre los llevare en el corazón.*

*A mi hermano querido gracias porque a pesar de no estar siempre juntos estas para mí como yo estaré para ti te quiero mucho y sé que estas orgulloso de mi así como yo estoy súper orgulloso de ti.*

*Al Dr. Víctor Hugo Delgado Blas que sin su apoyo y consejos no hubiera podido seguir, gracias por su tiempo así como también, su gran conocimiento que nos compartió dentro y fuera del aula, las pláticas que tuvimos mientras realizábamos los muestreos de campo siempre lo tendré en mi memoria, al doctor Russell que sin su apoyo de igual forma no hubiera logrado continuar por sus enseñanzas dentro del laboratorio y las clases de estadística que nos dio mil gracias.*

*De igual forma a cada uno de los doctores que conforman el comité de tesis la Dra. Jennifer Dennise Ruiz, Dra. Martha Angélica Gutiérrez.*

*Así como también a cada uno de los profesores de la carrera que siempre prestaron su tiempo para resolver cada una de mis dudas al profe Juan Carlos Reveles un gran ser*

*humano, el profe Jaime castillo que nos prestaba el laboratorio para la elaboración de la tesis, Profesor Gonzales Bucio que siempre nos motivó y brindo su experiencia, a la Doctora Norma Angélica Oropeza por su gran conocimiento brindado en las aulas y su gran interés por impartir clases.*

*A mis compañeros de clase que siempre estuvieron ahí para hacer amenos estos años de carrera, en donde tuvimos experiencias buenas y malas y a cada uno por su amistad, en especial a mis compañeros Elsy, Larissa, Melvin, Williams y Daniela.*

*A Ceci mi compañera de laboratorio y compañera de tesis que siempre estuvo aquí y entre ambos nos apoyamos gracias por tu amistad y por cada una de nuestras pláticas dentro del laboratorio.*

*A todos mis amigos que me apoyaron Ángel, Alex, Ricardo, Felipe que con su amistad y compañerismo pudieron hacer mi carrera más divertida por todos los momentos felices que pasamos dentro y fuera de la casa , espero sigamos tomando la coca por mucho tiempo más los quiero .*

*Esme gracias por todo tu amor cariño y comprensión por ser parte de esto a la distancia sin ti hubiera sido casi imposible te mando un beso y siempre te tendré presente mi corazón.*

## Índice general

|   |      |
|---|------|
| Dedicatoria .....   | vii  |
| Agradecimientos.....  | viii |
| Índice general .....  | v    |
| Índice de Figuras.....  | vii  |
| Índice de Tablas.....   | viii |
| Índice de Anexos.....   | ix   |
| Resumen .....   | 1    |
| Capítulo.....   | 2    |
| Introducción.....   | 2    |
| 1. Introducción.....  | 3    |
| 1.1 Marco teórico .....   | 6    |
| 1.1.1 Plaguicidas .....   | 6    |
| 1.5.2 Mancolaxyl 72 WP® .....                                     | 8    |
| 1.5.3 Fungoxyl®.....  | 11   |
| 1.5.4 Poliquetos.....   | 12   |
| 1.5.6 <i>Laeonereis culveri</i> .....                             | 15   |
| 1.5.7 Pruebas de toxicidad .....                                  | 15   |
| 1.2 Antecedentes .....  | 17   |
| 1.3 Justificación.....  | 19   |
| 1.4 Objetivos .....   | 21   |
| 1.4.1 Objetivo General.....                                       | 21   |
| 1.4.2 Objetivos específicos.....                                  | 21   |
| 1.4.5 Preguntas de investigación.....                             | 21   |
| 1.4.6 Hipótesis .....   | 21   |
| Capítulo II.....  | 22   |
| Materiales y métodos .....  | 22   |
| 2.1 Método de campo .....   | 23   |
| 2.2 Laboratorio .....   | 25   |
| 2.2.1 Selección, identificación y aclimatación de organismos..... | 25   |
| 2.2.2 Preparación del sedimento .....                             | 26   |

|  |    |
|--|----|
| 2.2.3 Preparación del agua salina .....                                | 27 |
| 2.2.4 Preparación de la solución madre.....                            | 27 |
| 2.2.5 Preparación de las disoluciones de prueba .....                  | 28 |
| 2.3 Preparación del bioensayo.....                                     | 30 |
| 2.3.1 Realización de las pruebas de toxicidad.....                     | 31 |
| 2.3.2 Cálculo de la Concentración Letal Media (CL <sub>50</sub> )..... | 31 |
| 2.3.3 Determinación del grado de toxicidad.....                        | 32 |
| 2.4 Análisis Estadístico .....   | 33 |
| Capítulo III.....  | 34 |
| Resultados .....   | 34 |
| 3.1 Toxicidad aguda del plaguicida Fungoxyl®.....                      | 35 |
| 3.3 Clasificación del Grado de Toxicidad de Fungoxyl®.....             | 38 |
| 3.4 Toxicidad aguda del plaguicida Mancolaxyl 72 WP®.....              | 39 |
| 3.5 Clasificación del grado de toxicidad del Mancolaxyl 72 WP®.....    | 42 |
| 3.6 Análisis estadístico descriptivo.....                              | 43 |
| Capítulo IV.....   | 46 |
| Discusión.....   | 46 |
| 4. Discusión.....  | 47 |
| Capítulo V.....  | 52 |
| Conclusiones.....  | 52 |
| 5. Conclusiones.....   | 53 |
| Capítulo VI.....   | 54 |
| Recomendaciones.....   | 54 |
| 6. Recomendaciones .....   | 55 |
| Capítulo VII.....  | 57 |
| Referencias bibliográficas .....                                       | 57 |
| 7. Referencias bibliográficas .....                                    | 58 |
| Capítulo VIII.....   | 62 |
| Anexos .....   | 62 |
| 8. Anexos .....  | 63 |

# Índice de Figuras

|  |    |
|--|----|
| Fig.1. Distribución de los plaguicidas en los sistemas bióticos y abióticos (Cremlyn, 1979).<br>.....  | 8  |
| Fig.2. Estructura química del Metalaxil (Meza, 2022) .....   | 9  |
| Fig. 3. Estructura química del Mancozeb (Cerda, 2020) .....  | 9  |
| Fig.4. Estructura química del Clorotalonil (Zamora-Ibarra et al.2017) .....  | 11 |
| Fig.5. Esquema generalizado de un anelido (Polychaeta) (Lazo et al.2007) .....   | 13 |
| Fig.6. <i>Laeonereis culveri</i> .....   | 15 |
| Fig.8. Recolección de organismos <i>Laeonereis culveri</i> en el sitio de Club Campestre. ....   | 24 |
| Fig.9. Selección de los organismos a utilizar en los bioensayos. ....  | 25 |
| Fig.10.Determinación del peso del sedimento para usar en los bioensayos. ....  | 26 |
| Fig.11. Preparación del agua salina. ....  | 27 |
| Fig.12.Preparación de la solución madre .....  | 27 |
| Fig.13. Adición de la solución madre a cada replica para obtener las concentraciones<br>deseadas para los bioensayos.....                        | 30 |
| Fig.14. Cámara de bioensayos definitivos del Mancoaxyl 72 WP® y Fungoxyl® .....  | 31 |
| Fig. 16. Obtención gráfica de la CL <sub>50</sub> correspondiente al plaguicida Fungoxyl® .....  | 37 |
| Fig.17.Relación del logaritmo de la concentración y el Probit empírico con el Mancoaxyl<br>72 WP® .....  | 40 |
| Fig. 18. Obtención gráfica de la CL <sub>50</sub> correspondiente al plaguicida Mancoaxyl 72 WP® 41  |    |
| Fig.19. Distribución de la variable mortalidad de <i>L. culveri</i> expuestas a los plaguicidas<br>Mancoaxyl 72 WP® y Fungoxyl® a 48 horas. .... | 45 |
| Fig.20. Organismos <i>Laeonereis culveri</i> empleados en los bioensayos.....  | 68 |
| Fig.21. Plaguicidas empleados en los bioensayos pertenecientes al grupo de los<br>organofosforados. ....   | 69 |



# Índice de Tablas

|   |    |
|---|----|
| Tabla .1. Propiedades fisicoquímicas del Mancolaxyl 72 WP®. ....  | 10 |
| Tabla.2.Principales propiedades fisicoquímicas del Fungoxyl® .....  | 12 |
| Tabla. 3. Concentraciones definitivas para el Mancolaxyl 72 WP® con sus tres respectivas réplicas. ....   | 28 |
| Tabla.4.Concentraciones definitivas para el Fungoxyl® con sus respectivas tres réplicas. .  | 28 |
| Tabla.5. Volumen de la solución madre y solución marina para determinar las concentraciones de la cámara de bioensayo del Mancolaxyl 72 WP® .....           | 29 |
| Tabla.6. Volumen de la solución madre y solución marina para determinar las concentraciones de la cámara de bioensayo del Fungoxyl® .....                   | 29 |
| Tabla 7. Clasificación de la toxicidad de plaguicidas Naserabad et al, (2015). ....   | 32 |
| Tabla 8. Porcentaje de mortalidad de <i>Laoenereis culveri</i> expuestos a Fungoxyl® durante 48 horas. ....   | 35 |
| Tabla.9. Logaritmo base 10 de la concentración y Probit empírico en relación al porcentaje de mortalidad de cada concentración de Fungoxyl® .....           | 36 |
| Tabla .10.Porcentaje mortalidad de <i>Laoenereis culveri</i> expuestos a Mancolaxyl 72 WP® durante 48 horas. ....   | 39 |
| Tabla.11. Logaritmo base 10 de la concentración y Probit empírico en relación al porcentaje de mortalidad de cada concentración de Mancolaxyl 72 WP® .....  | 40 |
| Tabla 12. Resultados descriptivos del Fungoxyl® y Mancolaxyl 72 WP®. ....   | 43 |
| Tabla.13. Análisis estadístico estratificado por plaguicida. ....   | 44 |
| Tabla 14. Resultados de la prueba exploratoria con Fungoxyl® donde se expusieron 10 organismos de <i>Laoenereis culveri</i> por concentración. ....         | 63 |
| Tabla 15. Resultados de la prueba exploratoria con Mancolaxyl 72 WP® donde se expusieron 10 organismos de <i>Laoenereis culveri</i> por concentración. .... | 63 |
| Tabla 16.Resultados del registro de mortalidad de organismos de <i>Laeonereis culveri</i> en la cámara de bioensayo del Fungoxyl® a 48 horas .....          | 64 |
| Tabla 17.Resultados del registro de mortalidad de organismos de <i>Laeonereis culveri</i> en la cámara de bioensayo del Mancolaxyl 72 WP® a 48 horas .....  | 65 |
| .....   | 65 |

# Índice de Anexos

|  |    |
|--|----|
| Anexo 1. Pruebas exploratorias .....                                     | 63 |
| Anexo 2. Resultados de la mortalidad en las cámaras de bioensayos .....  | 64 |
| Anexo 3. Esquema de las cámaras de bioensayo.....                        | 66 |
| Anexo 4. Clasificación del organismo de prueba para los bioensayos ..... | 68 |
| Anexo 5. Plaguicidas utilizados en los bioensayos.....                   | 69 |

## Resumen

El siguiente trabajo determinó la toxicidad de dos plaguicidas comerciales, Mancolaxyl 72 WP<sup>®</sup> y Fungoxyl<sup>®</sup>, ambos son los más utilizados en las actividades de agricultura de la zona norte del Estado de Quintana Roo. Se realizaron las pruebas de toxicidad aguda a 48 horas con la especie de poliquetos *Laeonereis culveri*, los cuales fueron recolectados en Playa Campestre de la bahía de Chetumal, posteriormente los organismos fueron aclimatados y se identificaron en el laboratorio. Para las pruebas de toxicidad se utilizaron cinco concentraciones nominales de ambos plaguicidas; las concentraciones de Mancolaxyl 72 WP<sup>®</sup> fueron 9.15, 8.4, 7.65, 6.9, y 6.15 mg/L y para Fungoxyl<sup>®</sup> fueron 4.15, 3.65, 3.15, 2.65, 2.15 mg/L; donde se utilizaron 10 organismos de *Laeonereis culveri* por réplica y fueron expuestos a los plaguicidas con sus respectivas concentraciones y se monitoreo el comportamiento de los organismos en periodos de tiempo de 1, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 24, 36 y 48 horas. Los valores de la Concentración Letales Media (CL<sub>50</sub>) fueron determinados con el método Probit, y los resultados fueron 2.63 mg/L para el Fungoxyl<sup>®</sup> y 6.60 mg/L para Mancolaxyl 72 WP<sup>®</sup>. Posteriormente, a partir de los valores de la CL<sub>50</sub> se procedió a determinar las Unidades de Toxicidad (UT) de cada plaguicida y fueron clasificados ambos casos como moderadamente tóxicos para los organismos de prueba lo que puede generar algún daño al ambiente acuático. Entre los plaguicidas evaluados, el menos propenso a generar un daño al ambiental fue el Mancolaxyl 72 WP<sup>®</sup>, el cual se puede recomendar su uso en los cultivos de la zona norte de Quintana Roo. En el caso de, Fungoxyl<sup>®</sup> no se recomienda su uso debido a su alta toxicidad en los organismos evaluados y por los ingredientes activos considerados altamente tóxicos, como es el caso del Cloratalonil

**Palabras clave:** Plaguicidas, Poliquetos, Pruebas de toxicidad, Contaminación acuática.

---

# Capítulo

## Introducción

---

## 1. Introducción

La agricultura se desarrolló para cultivar y obtener los productos necesarios para el sustento de la sociedad. Conforme al paso del tiempo la agricultura dio un giro de ser únicamente la actividad para el mantenimiento familiar y doméstico, a ser una de las bases fundamentales de la economía a nivel mundial tanto para países desarrollados y subdesarrollados.

Uno de los principales problemas que presenta la agricultura son fitosanitarios causados por bacterias, hongos, insectos o virus que afectan a las plantas con efectos adversos como es la disminución de la calidad de los cultivos hasta la pérdida total de las cosechas.

Es por ello que surge la necesidad de prevenir, mitigar y controlar estas plagas y enfermedades en los cultivos, dicho control es realizado mediante la utilización de compuestos químicos sintéticos llamados plaguicidas.

El uso de estos plaguicidas es debido al formidable progreso de la industria química a partir del siglo XX, que suministra una gran cantidad de sustancias químicas de alta agresividad contra estos organismos dañinos, pero también, ocasiona efectos sobre el ser humano y el ecosistema.

A nivel mundial se tienen registrados 64,000 ingredientes activos correspondientes a plaguicidas que al combinarse con compuestos “inertes” resultan más de 100,000 productos comerciales (Kegley et al., 2016).

En México el uso indiscriminado de estos plaguicidas ha ido en aumento año con año, Andy et al. (2020) indicaron que en 2018 se importaron más de 61,000 toneladas de plaguicidas, a pesar que en 2017 la producción fue mayor a 106 mil toneladas. Una de las problemáticas en México, como en otros países, es la falta de una regulación eficiente regulación y el monitoreo del uso de plaguicidas.

Debido al uso indiscriminado de sustancias químicas sintéticas en la agricultura moderna surge la necesidad de determinar el grado de toxicidad de los plaguicidas mediante la realización de bioensayos de toxicidad aguda para evaluar los riesgos a la salud y por los efectos que estos provocan al ambiente. Díaz-Báez et al. (2004) mencionan que las pruebas de toxicidad se remontan a 1940 con el empleo de algas y peces.

Los plaguicidas Fungoxyl® y Mancolaxyl 72 WP® forman parte del grupo de los organofosforados, los cuales son considerado plaguicidas muy tóxicos. Estos son principalmente esteres del ácido fosfórico, que se descomponen con más facilidad que los organoclorados, los cuales no se acumulan en el ambiente y sus daños se ven a corto plazo (*Karam et al.*, 2004). Este agente químico es usado por contacto, ingestión o acción por sus efectos contra insectos y arácnidos.

Actualmente son limitados los estudios eco-toxicológicos con pruebas de toxicidad utilizando los plaguicidas Fungoxyl® y Mancolaxyl 72 WP® o de alguno de sus ingredientes activos tanto para la zona Quintana Roo como a nivel nacional con respecto a bioensayos de toxicidad aguda con organismos acuáticos.

Los bioensayos son técnicas para determinar los efectos tóxicos agudos o crónicos, tanto de sustancias químicas conocidas como de muestras ambientales de composición desconocida. Tienen el objetivo de medir el efecto de uno o más contaminantes sobre las especies mediante la exposición de los organismos de prueba a concentraciones crecientes de algún agente tóxico, así mismo para determinar algún cambio en los organismos en un cierto periodo de tiempo (Larraín, 1995). Dicha toxicidad es medida a través de la Concentración Letal Media (CL<sub>50</sub>).

Los poliquetos son uno de los organismos más utilizados para realizar pruebas de toxicidad aguda. Fernández Rodríguez y Londoño Mesa, (2015) mencionan que las características ecológicas de los poliquetos permiten, que al estar en contacto permanente con diferentes tipos de contaminantes responden bioacumulando, disminuyendo o aumentando su abundancia, según sea la especie lo cual lo posiciona como un potencial indicador de contaminación.

El uso de los poliquetos para las pruebas de toxicidad tiene varias ventajas como por ejemplo, su fácil manejo en los experimentos, la gran abundancia de los organismos, la sensibilidad de los organismos al ser expuestos a cambios ambientales ,además de sus características propias los cuales presentan movilidad limitada y sedentarismo, además de su fácil captura , por lo que proporciona que estas especies pudieran reaccionar a las mínimas alteraciones del medio en donde habitan Fernández Rodríguez y Londoño Mesa, (2015)

El siguiente estudio evalúa la toxicidad aguda de dos formulaciones de plaguicidas comerciales a 48 horas en bioensayos de tipo estático, utilizando a *Laeonereis culveri* como organismos de prueba con el objetivo de determinar su grado de toxicidad y recomendar el uso del menos propenso a causar daños al ambiente de la región.

## **1.1 Marco teórico**

### **1.1.1 Plaguicidas**

El artículo 2° del Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas (FAO, 1990) define los plaguicidas como una sustancia o mezcla de sustancias que son destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga capaz de causar daño o interferir con la producción, procesamiento, almacenamiento, transporte o mercado de los alimentos, los artículos agrícolas de consumo, la madera y sus productos, el forraje para animales o los productos que pueden administrárseles para el control de insectos, arácnidos u otras plagas corporales.

Ramírez y Lacasaña (2001) menciona que los plaguicidas sintéticos surgen entre 1930 y 1940, como resultado de investigaciones enfocadas al desarrollo de armas químicas probadas en insectos. Uno de los primeros compuestos es el diclorodifeniltricloroetano (DDT) siendo sintetizado por Zeidler en 1874 y sus propiedades insecticidas fue descrita por Paul Müller en 1939.

Incluso el avance de la producción de estos productos químicos mediante “la pujante industrialización así como los intereses económicos de los grandes productores de plaguicidas, así como también la necesidad de controlar químicamente las plagas favorecieron su fabricación y consumo a escala mundial “ (OMS, 1990) por ende el crecimiento del mercado de estos productos químicos, así como también el incremento de la demanda de los mismos, pudiendo generar una mayor contaminación ambiental y afectaciones al ser humano.

Una de las principales fuentes de exposición a la población fue mediante la ingesta de alimentos que contenían residuos de plaguicidas durante el crecimiento del cultivo, su cosecha y comercialización.



La contaminación ambiental por plaguicidas esta dada fundamentalmente por su método de aplicación en los cultivos agrícolas, en particular en el lavado de los equipos de aspersión, en las filtraciones en los depósitos de almacenamiento, así como en derrames, descargas directas en el suelo y en el agua derivado del mal manejo de la población.

La unión de estos factores provoca su distribución en la naturaleza(Fig.1). principalmente en los compartimientos del suelo y agua, además los restos de estos plaguicidas se dispersan en el ambiente y se convierten en contaminantes para los sistemas bióticos y abióticos afectando sus condiciones físicas y químicas , el clima, las condiciones geomorfológicas de los suelos y condiciones hidrogeológicas y meteorológicas (Suárez *et al.*, 2014).

La distribución de los plaguicidas en los sistemas bióticos y abióticos se describe en la figura 1 (Cremllyn, 1979).

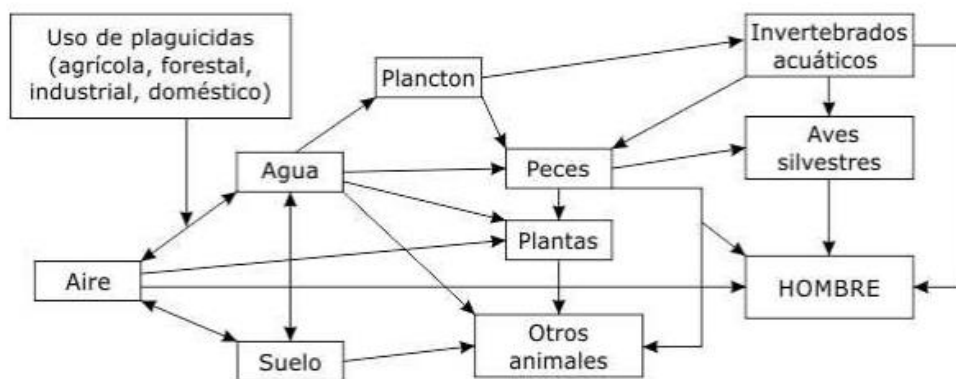


Fig.1. Distribución de los plaguicidas en los sistemas bióticos y abióticos (Cremllyn, 1979).

### 1.5.2 Mancolaxyl 72 WP®

**Mancolaxyl 72 WP®** es el nombre comercial de los dos ingredientes activos siendo el Metalaxil N- (2,6-Dimetilfenil)-N (metoxiacetil)-DL-alanina metil ester (equivalente a 80 g de i.a/kg). Seguido del Mancozeb producto de coordinación del ion zinc y etilen bis ditiocarbomato de manganeso (equivalente a 640g de i.a/kg) del grupo de los organofosforados con fórmula química  $C_{15}H_{21}NO_4$  y número CAS; para el Metalaxil su número CAS corresponde A.I57837-19-1, para el Mancozeb su número CAS A.I 8018-01-7 La mezcla de los compuestos genera que al el tener contacto con la piel y ojos puede causar irritación, lagrimeo. Su estructura química esta descrita en las siguientes figuras 3 y 2.

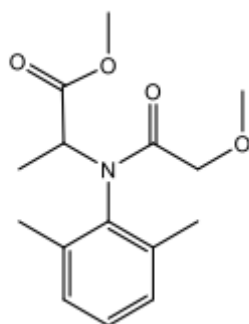


Fig.2. Estructura química del Metalaxil (Meza, 2022)

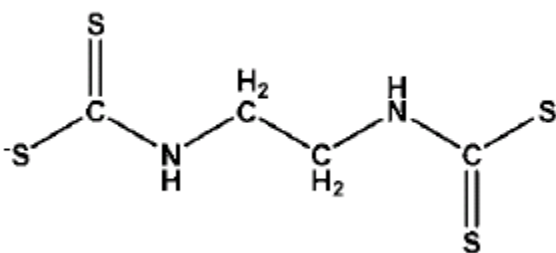


Fig. 3. Estructura química del Mancozeb (Cerde, 2020)

De acuerdo con la información del Portal Tecno Agrícola, el Mancozyl 72 WP® es un fungicida organofosforado que funciona de manera sistemática y de contacto, debido a sus dos ingredientes activos, el Mancozeb es un fungicida protectante multisitio, con acción preventiva por contacto sobre enfermedades foliares producidas por hongos endoparásitos, creando una capa protectora en las superficies de la planta e inhibe la germinación de las esporas de los hongos patógenos.

Por otro lado el Metalaxil es un fungicida sistemático que como menciona la ficha técnica proporcionada por el fabricante, es de acción específica preventiva y curativa, absorbido por las hojas, tallos y raíces para ser transportado y distribuirse en el follaje. Recomendado para su empleo en cultivos de jitomate y papa.

Sus principales características fisicoquímicas del Mancolaxyl 72 WP® (Chile Patente n° 3077, 2009) se muestran en la siguiente tabla.

Tabla .1. Propiedades fisicoquímicas del Mancolaxyl 72 WP®.

| <b>Estado físico</b>                         | <b>Polvo mojable</b>                     |
|--|--|
| <b>Apariencia y olor</b>                     | Amarillo claro a café claro olor a moho. |
| <b>pH</b>                                    | 5-9                                      |
| <b>Temperatura de descomposición</b>         | Totalmente estable bajo 50°C             |
| <b>Punto de inflamación</b>                  | No inflamable                            |
| <b>Propiedades explosivas</b>                | No explosivo                             |
| <b>Peligro de fuego o exposición</b>         | n/a                                      |
| <b>Temperatura de ebullición</b>             | 192-198°C                                |
| <b>Densidad a 20°C</b>                       | 1,2(20°C) (Metalaxyl)                    |
| <b>Solubilidad en agua y otros solventes</b> | Dispersa                                 |

Los efectos que menciona la hoja de seguridad del fabricante del Mancolaxyl debido a la mezcla de sus dos ingredientes activos, es persistente en aguas y suelos con un alto potencial de lixiviación, altamente tóxico a peces y organismos acuáticos.

### 1.5.3 Fungoxyl®

**Fungoxyl®** es el nombre comercial de los dos compuestos activos siendo el primero de nueva cuenta el Metalaxil N- (2,6-Dimetilfenil)-N (metoxiacetil)-DL-alanina metil ester (equivalente a 45 g de i.a/kg).seguido del clortalonil tetracloroisoftalonitrilo (equivalente a 7250 d de i.a/kg) del grupo de los plaguicidas organofosforados con formula química del metalaxil  $C_{15}H_{21}NO_4$  y la del Clortalonil  $C_8Cl_4N_2$  y con número CAS del Clortalonil 1897-45-6 y para el Metalaxil A.157837-19-1, la mezcla de estos compuestos genera el contactar con los ojos causa enrojecimiento, en contacto con la piel causa leve irritación y por medio de inhalación irritación de las vías respiratorias respecto a su estructura química se ve descrita en la figura 4.

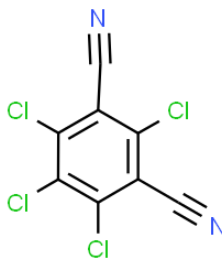


Fig.4. Estructura química del Clortalonil (Zamora-Ibarra et al.2017)

El Fungoxyl® es un plaguicida del grupo de los organofosforados, al igual que el Mancolaxyl 72 WP® funciona de manera sistemática y de contacto, donde el Clortalonil tiene un amplio espectro con acción para prevenir y erradicar las plagas, la cual, reduce la respiración de las células del hongo generando la muerte y el Metalaxil es un fungicida sistemático absorbido y transportado por las hojas, tallo y raíces de las plantas para distribuirse en el follaje recomendado. La aplicación de cultivos de papa y jitomate entre otros cultivos.

Dentro de las advertencias y consecuencias al ambiente el fabricante menciona que es muy persistente en el ambiente y no debe aplicarse en mantos freáticos poco profundos (75 cm de profundidad) al igual menciona que los compuestos activos son extremadamente tóxicos para animales y plantas acuáticas.

Tabla.2.Principales propiedades fisicoquímicas del Fungoxyl®

| Descripción física      | Polvo blanco                    |
|-------------------------|---------------------------------|
| <b>Olor</b>             | Inoloro                         |
| <b>Peso molecular</b>   | 265.89                          |
| <b>Punto de fusión</b>  | A 250 -251°C con descomposición |
| <b>Densidad</b>         | 1.7 a 25° C                     |
| <b>Presión de vapor</b> | 1.3 mPa a 40°C                  |

#### 1.5.4 Poliquetos

Son organismos marinos, con una historia evolutiva que data desde el periodo cámbrico medio aunque se encuentran fósiles conocidos desde el ordovícico temprano (Rouse y Pleijel, 2001); su cuerpo esta formado en un lobulo cefálico o prostomio, con estructuras sensoriales como son ojos, antenas y palpos, además, de un cuerpo segmentado o metastomio con parapodios, que son apéndices laterales con pares dispuestos a lo largo de su cuerpo con el extremo final o pigidio.

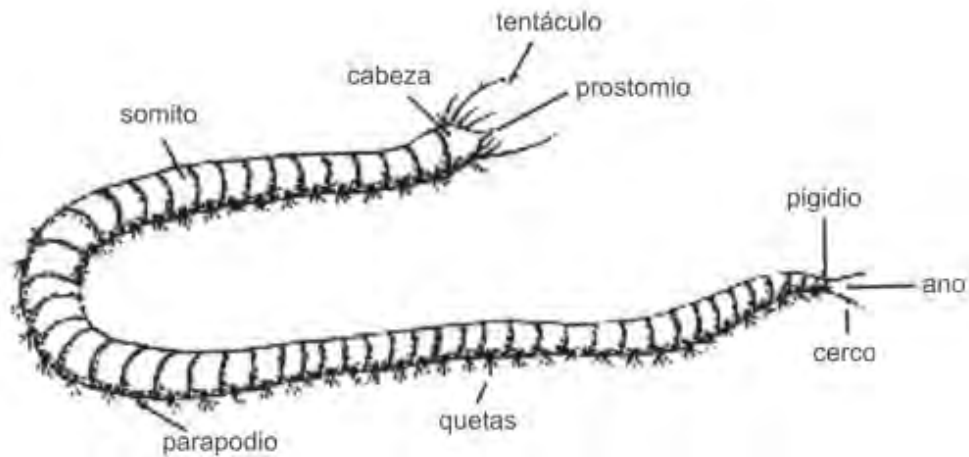


Fig.5. Esquema generalizado de un anelido (Polychaeta) (Lazo et al.2007)

#### Prostomio.

Es la región dada por la cabeza de los poliquetos que se divide en dos segmentos, el prostomio y el peristomio, algunas veces se puede encontrar algún órgano sensorial en el prostomio, tiene una posición dorsal y no se considera un segmento verdadero (Lazo et al.2007).

#### Metastomio.

Es denominado también como “tronco o soma”, el metastomio porta los parapodios, los cuales son sostenidos por estructuras quitinosas llamadas acículas. La forma de vida de los poliquetos determinará el nivel de desarrollos de los parapodios por ende el desarrollo del metastomio (Lazo et al.2007).

Pigidio.

Es el segmento terminal del cuerpo, presenta modificaciones morfológicas importantes siendo útiles no sólo entre familias, sino entre géneros, el pigidio presenta un número variable de cirros y la posición de la abertura anal varía también.

El estudio de los poliquetos es muy variado debido a la gran cantidad de ambientes que habitan, se encuentran en sustratos blandos (arena, lodo, grava) o duros (rocas, corales, madera y metal). Además, la ubicación de estos organismos en el sustrato va a depender de la especie que deseamos estudiar (Blake, 1994), existen especies escavadoras que se entierran en el sedimento (infauna o endofauna) contribuyendo en su oxigenación del compartimiento y a la mineralización de la materia orgánica, algunos segregan mucus que adhiere partículas (grano de arena) del sedimento alrededor del cuerpo, el cual forma tubos para su protección o para incubar embriones. Algunas especies viven en el sustrato (epifauna) ya sea blando o duro y el cuerpo puede estar total o parcialmente expuestos.

El grupo de poliquetos representa el mayor grupo de invertebrados marinos con más de 16,000 especies conocidas y pueden llegar a conformar el mayor componente biótico de la infauna marina (alrededor del 70% de todas las especies e individuos), tanto cerca de la costa como en las grandes profundidades (Blake 1994).

Los poliquetos son usados como bioindicadores por sus características como:

- Su gran abundancia en el ambiente
- Sedentarismo
- La capacidad de soportar cambios en el ambiente por factores bióticos
- Fácil captura para muestreo
- Bajo costo de mantenimiento en el laboratorio
- Características ecológicas conocidas para su fácil interpretación



### **1.5.6 *Laeonereis culveri***

La especie *Laeonereis culveri* (Fig. 6) es a menudo abundante y por lo general vive en sustratos con alto contenido de materia orgánica. Los miembros del género suelen ser una fuente importante de alimento en estanques camaroneros o para aves playeras migratorias. De Paiva y da Silva (1998) mencionan que la *Laeonereis culveri* forma parte de la base de la alimentación de ciertas especies de peces contribuyendo al equilibrio ecológico del medio acuático, por lo que resulta de suma importancia su estudio y las posibles causas de los agentes químicos liberados en el medio acuático en estos organismos. Además, esta especie juega un papel importante en el funcionamiento de las comunidades bentónicas, por la reutilización de los sedimentos marinos y compactación de materia orgánica (Hutchings, 1998).



Fig.6. *Laeonereis culveri*

### **1.5.7 Pruebas de toxicidad**

Los bioensayos o ensayos de toxicidad son una metodología que evalúa los efectos de los contaminantes sobre los organismos de prueba. La técnica se basa en la exposición de los organismos a determinada concentración del tóxico por un tiempo previamente determinado. Los

organismos deben estar adecuados a las condiciones de laboratorio y disponer de un grupo de control (Markert y Wünschmann 2010). Las pruebas de toxicidad acuática son utilizadas para detectar y evaluar los efectos potenciales toxicológicos sobre los organismos acuáticos. Estas pruebas proporcionan información de referencia que se puede utilizar para evaluar los riesgos de los agentes químicos en los organismos y así indicar los posibles efectos en el ecosistema.

## 1.2 Antecedentes

Debido a que los productos comerciales Mancolaxyl 72 WP® y Fungoxyl® son relativamente nuevos en el mercado de los plaguicidas, éstos cuentan con registros de pruebas de toxicidad del nombre comercial o de alguno de las mezclas de sus ingredientes activos.

Solamente se tiene un registro en las hojas de seguridad proporcionadas por el fabricante, donde se determinó la (CL<sub>50</sub>) del Mancolaxyl 72 WP® e indica una CL<sub>50</sub> de 1.86 mg/l para *Daphnia* expuesta a 48 horas (Lewis et al., 2016).

También, en los últimos años se ha empleado el uso de poliquetos de la especie *Laeonereis culveri* en pruebas de toxicidad en la zona sur de Quintana Roo.

Uc Peraza y Delgado Blas, (2012) determinaron la CL<sub>50</sub> en organismos de *Laeonereis culveri* de cuatro detergentes domésticos biodegradables (Roma®, Foca®, Puro-Sol® y Blanca Nieves®), concluyendo que el detergente Foca® y Blanca Nieves® mostraron el mayor grado de mortalidad clasificándolos como moderadamente tóxicos, seguidos del Roma® y Puro-Sol® clasificados como ligeramente tóxicos.

Coll Cruz (2017) determinó la CL<sub>50</sub> en organismos de *Laeonereis culveri* con lixiviados provenientes del relleno sanitario de Bacalar Quintana Roo y donde obtuvieron las unidades de toxicidad (U.T. = 2.42201894), el cual ayudo a clasificar los lixiviados del relleno sanitario como tóxicos.

Yu Lin, (2013) determinó la CL<sub>50</sub> en organismos de *Laeonereis culveri* usando el plaguicida Gramoxone®, determinando que es tóxico para el poliqueto, así mismo, determinaron su grado de toxicidad como altamente tóxico con 5.2 unidades de toxicidad.

Además de los estudios anteriores, se han realizado pruebas de toxicidad con otras especies de poliquetos y anfípodos con plaguicidas. Por ejemplo:

Calderón et al. (2019) determinaron la  $CL_{50}$  del malation y clorpirifós-etil en organismos de *Capitella cf. Capitata* proveniente de la bahía de Chetumal, y clasificaron al malation como tóxico y el clorpirifós-etil como altamente tóxico, además que el coeficiente de riesgo para ambos plaguicidas fue menor a uno, lo que indica el riesgo es despreciable.

Sotelo Vásquez (2018) determinó la  $CL_{50}$  de tres plaguicidas (Butaclor, Oxicloruro de cobre y Clorpirifos) sobre organismos bentónicos (*Apothyale grandicornis*) y concluyeron que el de mayor grado de toxicidad fue el Butaclor seguido del Clorpirifos y el Oxicloruro de cobre.

### **1.3 Justificación**

Año con año el uso de agentes químicos en la vida diaria va aumentando alrededor del mundo por sus diversas aplicaciones, sin embargo, lo que más destaca es el uso continuo de sustancias químicas para la agricultura, los plaguicidas han facilitado a los agricultores prevenir y mitigar plagas, sin embargo, estos agentes químicos producen daños al ambiente y a la salud humana durante la aplicación en los cultivos.

El uso de plaguicidas por los agricultores tiene el propósito de evitar plagas no deseadas y no perder grandes sumas de dinero en la producción y cosecha de sus respectivos cultivos, En la zona norte del estado se utilizan los plaguicidas en los cultivos como papaya, hierba buena, calabaza italiana y arúgula las cuales tienen un valor económico importante en esta zona.

Los plaguicidas pueden causar grandes afectaciones a la salud humana que van desde intoxicaciones hasta generar algunas enfermedades de tipo respiratorio, dermatológico, afectaciones al sistema nervioso debido a la constante exposición; también afecta la calidad del agua, suelo y aire, ocasionando el deterioro del ambiente o la desaparición de un ecosistema completo.

Los plaguicidas pueden causar grandes afectaciones a cuerpos de agua y afectar un ecosistema acuático, a través de los escurrimientos por lluvias, además de derrames ocasionados por un mal manejo, generando afectaciones al manto acuífero, creando un desequilibrio en el ecosistema acuático

Los plaguicidas Fungoxyl® y Mancolaxyl 72 WP® fueron seleccionados por ser los más usados en los cultivos de la zona norte del estado basado en la consulta mediante la visita a diversos cultivos de esta zona, mencionando el empleo debido a su eficacia y respuesta contra las plagas, y ambos utilizados durante todo el tiempo de vida de los cultivos sin embargo, se desconocen las afectaciones que pudieran estar provocando al ambiente.

Estos plaguicidas son usados a veces sin el conocimiento de sus potenciales afectaciones, ya sea por falta de información o meramente por el desinterés de los agricultores, así como también, el uso de los plaguicidas es de manera empírica, pasando de generación en generación y desconociendo los efectos que pudiera estar causando a la salud humana y el ambiente, en particular al sistema acuático.

Por ello se pretende determinar la (CL<sub>50</sub>) y su grado de toxicidad de estos plaguicidas, así mismo, brindar información a los agricultores sobre el producto más tóxico y que puede generar un daño al ambiente, en consecuencia recomendar el producto menos tóxico para su empleo en los cultivos de la zona.

Por lo que se ha optado utilizar a la especie *Laeonereis culveri* que se encuentra presente en la bahía de Chetumal, por ser una especie viable para el estudio, debido a su abundancia, distribución en la bahía, su fácil colección, bajos costos y mantenimiento en el laboratorio.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

- Determinar el grado de toxicidad del Mancolaxyl 72 WP® y Fungoxyl ® siendo los más empleados en los cultivos de la zona norte de Quintana Roo

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Determinar la Concentración Letal Media (CL<sub>50</sub>) del Mancolaxyl 72 WP® y Fungoxyl ® a 48 horas.
- Determinar cuál de los plaguicidas es el más tóxico y menos favorable para el ambiente acuático.
- Brindar recomendaciones a los agricultores sobre cuál de los dos plaguicidas es menos tóxico para su utilización.

### **1.4.5 Preguntas de investigación**

- ¿Cuál es la Concentración Letal Media del Mancolaxyl 72 WP® y Fungoxyl ® en una prueba a 48 horas?
- ¿Cuál de los plaguicidas es menos tóxico y más recomendable para su uso?

### **1.4.6 Hipótesis**

La Concentración Media Letal de estos plaguicidas se encontrará en los intervalos de 1.5 mg/l y 2.5 mg/l debido que ambos plaguicidas comparten a Metalaxil como ingrediente activo, y se estima que el Mancolaxyl 72 WP® será más tóxico debido a que este tiene el más alto porcentaje del ingrediente activo Metalaxil con el 8%.

---

# Capítulo II

## Materiales y métodos

---



## 2.1 Método de campo

Se recolectaron los organismos vivos de *Laeonereis culveri* en la playa en frente del Club Campestre de Chetumal Quintana Roo (Fig. 7) con base al trabajo Uc-Peraza y Delgado-Blas (2012) con coordenadas 18°30'47.1"N 88°16'33.36"O. Además, se tomaron muestras del sedimento del área de captura para la aclimatación de los organismos en el laboratorio y con ello la realización de los bioensayos. También, se trasportó el agua del sitio en una garrafa con capacidad de 20 litros.

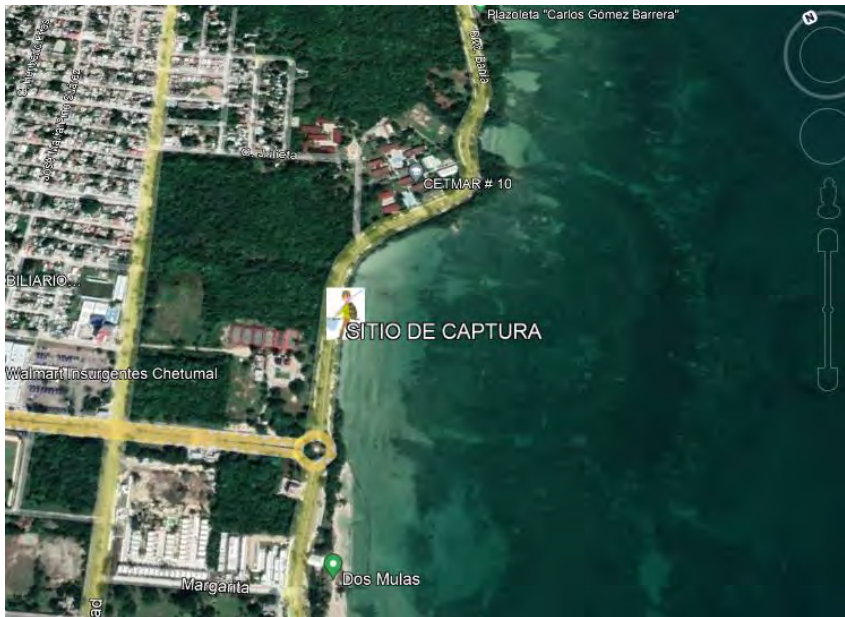


Fig.7. Localización del sitio de captura de *Laeonereis culveri*.

Se recolectaron los organismos con un nucleador de plástico elaborado con PVC con dimensiones de 11 cm de diámetro y 25 cm de largo donde, se tomaron muestras del sedimento para posteriormente tamizarlos través de dos tamices de diferente abertura de malla, siendo 1 y 0.5 mm.

Una vez tamizada la muestra, los organismos fueron succionados con pipetas de plástico de 3 mL de capacidad, esto con el fin de evitar la fragmentación,

al estrés y la posibilidad de enredarse con otros organismos (Fig. 8) Posteriormente, se procedió a introducir los organismos en viales con agua del mismo sitio de muestreo y después las muestras se trasladaron en una nevera para el laboratorio.

También, se colectó con el mismo núcleo un kg de sedimento en bolsas de plástico para transportarlo al laboratorio. Todos los organismos que no sean de la familia Nereididae fueron devueltos al medio.

Se determinaron *in situ* los siguientes parámetros; oxígeno, temperatura, salinidad y pH con los equipos de oxímetro de la marca Hanna Modelo HI 9142 y con un potenciómetro de la misma marca Hanna Modelo HI 991001 se determinó la temperatura del agua, además, se utilizó un refractómetro de la marca US-HFLH Modelo HT113ATC para determinar la salinidad con el fin de aclimatar a los organismos en el laboratorio a las mismas condiciones del sitio de muestreo.



Fig.8. Recolección de organismos *Laeonereis culveri* en el sitio de Club Campestre.

## 2.2 Laboratorio

### 2.2.1 Selección, identificación y aclimatación de organismos

En el laboratorio se procedió a la identificación de los organismos pertenecientes a la familia Nereididae del resto del material biológico recolectado. Una vez identificados y separados se seleccionaron los organismos en etapa adulta de *Laeonereis culveri* con un tamaño aproximado de 20 mm y que no estuvieran fragmentados o presenten una coloración pálida o manifiesten poco movimiento (Fig. 9). La especie utilizada se identificó mediante la observación y a través de un microscopio óptico y un estereoscopio utilizando las claves de identificación de (Conde Vela y Salazar Vallejo, 2015)

Una vez obtenido los organismos se introdujeron en contenedores de plástico con una capacidad de 2 L de agua, aireados y con sedimento. Los Nereididos tienen la capacidad de consumir detritos que están presentes en el sedimento, por lo que no se les proporcionó alimento (Uc Peraza y Delgado Blas, 2012).



Fig.9. Selección de los organismos a utilizar en los bioensayos.

### 2.2.2 Preparación del sedimento

El sedimento obtenido del sitio de muestreo fue tamizado a través de una abertura de malla de 0.5 mm para extraer todos los organismos y así eliminar algún otro organismo no deseado que pudiera provocar alteraciones en los resultados durante el bioensayo. Posterior se esperó un lapso de tiempo de 30 minutos para que el sedimento precipite y posterior el agua excedente fue extraída mediante un sifón para finalmente obtener el sedimento.

Se colocó el sedimento obtenido en cinco recipientes con sus respectivas tres replicas, cada recipiente contenía 10 gr de sedimento basado en el trabajo de Calderón et al.(2009) (Fig.10).

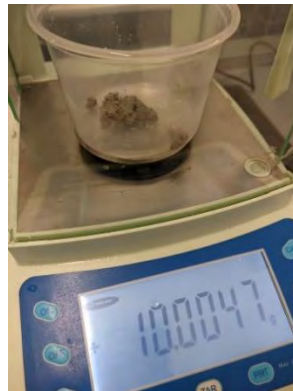


Fig.10.Determinacion del peso del sedimento para usar en los bioensayos.

### 2.2.3 Preparación del agua salina

Se utilizó sal marina de la marca “Oceanic” (Fig.11) junto con agua destilada para así imitar las mismas condiciones de salinidad presentada en el sitio de muestreo (14%), con el objetivo de que el agua esté libre de sustancias tóxicas que estuvieran presentes en el agua de la bahía donde se realizó la recolección de los organismos y que pudiera reaccionar químicamente con los plaguicidas durante la realización del bioensayo.

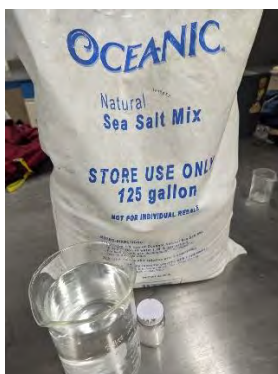


Fig.11. Preparación del agua salina.

### 2.2.4 Preparación de la solución madre

Para los plaguicidas se elaboró una solución madre al 0.05% (0.05 gr) del producto basado del trabajo de Yu Lin (2013) y aforado en 100 mL de agua destilada el cual contenía para ambos plaguicidas 500mg/L y a partir de esta se prepararon las distintas disoluciones para la elaboración de los bioensayos (Fig.12).



Fig.12.Preparación de la solución madre

### 2.2.5 Preparación de las disoluciones de prueba

Debido a falta de estudios previos con Mancolaxyl 72 WP<sup>®</sup> y Fungoxyl<sup>®</sup> en poliquetos fue necesaria la realización de pruebas exploratorias (anexo 1), para poder determinar el rango de las concentraciones que serán utilizadas en los bioensayos definitivos Yu Lin (2013). Una vez obtenidas se les agrego un factor constante de 0.5 para el fungoxyl<sup>®</sup> y 0.75 para el Mancolaxyl 72 WP<sup>®</sup> para que las concentraciones estén uniformemente espaciadas en la escala logarítmica, las concentraciones determinadas para los bioensayos definitivos se muestran en la tablas 3 y 4, el factor constante es mayor en las concentraciones del Mancolaxyl 72 WP<sup>®</sup> debido a que se amplió el rango de este, para reducir la cantidad de pruebas exploratorias.

Tabla. 3. Concentraciones definitivas para el Mancolaxyl 72 WP<sup>®</sup> con sus tres respectivas réplicas.

| <b>Concentración en mg/L</b> | <b>Concentración en mL</b> |
|------------------------------|----------------------------|
| 6.15 mg/L                    | 2.46 mL                    |
| 6.9 mg/L                     | 2.76 mL                    |
| 7.65 mg/L                    | 3.06 mL                    |
| 8.4 mg/L                     | 3.36 mL                    |
| 9.15 mg/L                    | 3.66 mL                    |

Tabla.4. Concentraciones definitivas para el Fungoxyl<sup>®</sup> con sus respectivas tres réplicas.

| <b>Concentración en mg/L</b> | <b>Concentración en mL</b> |
|------------------------------|----------------------------|
| 2.15 mg/L                    | 0.86 mL                    |
| 2.65 mg/L                    | 1.06 mL                    |
| 3.15 mg/L                    | 1.26 mL                    |
| 3.65 mg/L                    | 1.46 mL                    |
| 4.15 mg/L                    | 1.66 mL                    |

Para la determinación de las concentraciones que serán expuestas a los organismos durante el bioensayo, se calcularon las cantidades exactas a utilizar de la solución madre y agua marina para las 5 concentraciones con sus respectivas tres réplicas para tener un volumen final de 200 mL que se muestran en la tabla 4 y 5.

Además se utilizó una concentración de control “blanco” la cual era una réplica sin añadir ningún plaguicida más que solo el agua salina.

Tabla.5. Volumen de la solución madre y solución marina para determinar las concentraciones de la cámara de bioensayo del Mancolaxyl 72 WP®.

| <b>Concentración en mg/L</b> | <b>Concentración en mL</b> | <b>Solución marina</b> |
|------------------------------|----------------------------|------------------------|
| 6.15 mg/L                    | 2.46 mL                    | 197.54 mL              |
| 6.9 mg/L                     | 2.76 mL                    | 197.24 mL              |
| 7.65 mg/L                    | 3.06 mL                    | 196.94 mL              |
| 8.4 mg/L                     | 3.36 mL                    | 196.64 mL              |
| 9.15 mg/L                    | 3.66 mL                    | 196.34 mL              |

Tabla.6. Volumen de la solución madre y solución marina para determinar las concentraciones de la cámara de bioensayo del Fungoxyl®.

| <b>Concentración en mg/L</b> | <b>Concentración en mL</b> | <b>Solución marina</b> |
|------------------------------|----------------------------|------------------------|
| 2.15 mg/L                    | 0.86 mL                    | 199.4 mL               |
| 2.65 mg/L                    | 1.06 mL                    | 198.94 mL              |
| 3.15 mg/L                    | 1.26 mL                    | 198.74 mL              |
| 3.65 mg/L                    | 1.46 mL                    | 198.54 mL              |
| 4.15 mg/L                    | 1.66 mL                    | 198.34 mL              |

## **2.3 Preparación del bioensayo**

Se colocaron aleatoriamente 10 organismos de *Laonereis culveri* en contenedores de plástico con capacidad de 473 mL, con el respectivo sedimento previamente adicionado. Posteriormente se esperó un lapso de tiempo de 30 minutos para que estos organismos se introdujeran en el sedimento de los bioensayos, posteriormente se procedió a agregar la solución tóxica con sus diferentes concentraciones en cada cámara de los bioensayo (Figura 13).



Fig.13. Adición de la solución madre a cada replica para obtener las concentraciones deseadas para los bioensayos.



### 2.3.1 Realización de las pruebas de toxicidad

Para observar la mortalidad de organismos a 48 horas fue necesario observar cada réplica de las concentraciones a intervalos de tiempo de 1, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 24, 36 y 48 horas. Los organismos que estuvieran clasificados como muertos según APHA (1992) son los que presentaban una coloración pálida, hinchados y que no contaran con movilidad sobre el sedimento, fueron contabilizados y retirados de cada réplica usando pipetas de plástico (Anexo 2). En la figura 14 se puede apreciar las cámaras de bioensayos de ambos plaguicidas.



Fig.14. Cámara de bioensayos definitivos del Mancolaxyl 72 WP® y Fungoxyl®

### 2.3.2 Cálculo de la Concentración Letal Media (CL<sub>50</sub>)

Los valores de la CL<sub>50</sub> se determinó con el método Probit, mediante el análisis gráfico (APHA, 1992), con sus respectivos intervalos de confianza del 95%.

Para realizar el análisis gráfico, se determinó el valor de Probit Empírico el cual fue calculado a partir de los valores del porcentaje de mortalidad de cada una de las concentraciones utilizando el procedimiento establecido en la Norma Oficial Mexicana NMX-AA-087-1995-SCFI (Evaluación de toxicidad aguda con *Daphnia magna* Status (Crustacea Cladocera) – Método de prueba).

### 2.3.3 Determinación del grado de toxicidad

Los valores de  $CL_{50}$  de cada plaguicida se utilizó para la clasificación de la toxicidad de los productos evaluados basado en el trabajo de (Naserabad et al 2015) (Tabla 7).

Tabla 7. Clasificación de la toxicidad de plaguicidas Naserabad et al, (2015).

| Grados de Toxicidad            | $CL_{50}$ (mg/L) |
|--------------------------------|------------------|
| <b>Extremadamente tóxico</b>   | <0.1             |
| <b>Muy tóxico</b>              | 0.1-1            |
| <b>Moderadamente tóxico</b>    | 1-10             |
| <b>Ligeramente tóxico</b>      | 10-100           |
| <b>Prácticamente no tóxico</b> | >100             |

## **2.4 Análisis Estadístico**

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el Software The Jamovi Project (2022) y se realizó el análisis descriptivo de la Mortandad (variable de respuesta) *Laeonereis culveri* una vez terminada la prueba de toxicidad aguda (48 horas). Esto con el propósito de conocer el comportamiento de la variable objeto de estudio con los plaguicidas evaluados. Posteriormente, se procedió a realizar la prueba T para determinar si los resultados de la mortalidad entre ambos plaguicidas presentan diferencias significativas y el nivel de confianza considerado para este estudio fue del 95%.

---

# Capítulo III

## Resultados

---

### 3.1 Toxicidad aguda del plaguicida Fungoxyl®

Se determinó la CL<sub>50</sub> del plaguicida Fungoxyl® perteneciente al grupo de los organofosforados, utilizando a la especie *Laoenereis culveri* como organismo de prueba.

Las concentraciones utilizadas para Fungoxyl® fueron 2.15, 2.65, 3.15, 3.65 y 4.15 mg/L, exponiendo a 10 organismos por réplica durante 48 horas (Tabla 8), los resultados mostraron porcentajes de mortalidad entre 96.7 y 36.7 mg/L, esta última fue registrada en la concentración más baja.

Tabla 8. Porcentaje de mortalidad de *Laoenereis culveri* expuestos a Fungoxyl® durante 48 horas.

| Concentración mg/L | No.Organismos Expuestos | No.Organismos muertos | Mortalidad (%) |
|--------------------|-------------------------|-----------------------|----------------|
| 4.15               | 30                      | 29                    | 96.7           |
| 3.65               | 30                      | 23                    | 76.7           |
| 3.15               | 30                      | 19                    | 63.3           |
| 2.65               | 30                      | 16                    | 53.3           |
| 2.15               | 30                      | 11                    | 36.7           |
| Control            | 30                      | 0                     | 0              |

Para cada concentración se calculó el logaritmo base 10 resultando los siguientes valores: 2.15 (0.332), 2.65 (0.423), 3.15 (0.498), 3.65 (0.562) y 4.15 (0.618) mg/L (Tabla 9).

Tabla.9. Logaritmo base 10 de la concentración y Probit empírico en relación al porcentaje de mortalidad de cada concentración de Fungoxyl®

| Concentración<br>mg/L | Log de la<br>concentración | No.Organismos<br>expuestos | Mortalidad<br>(%) | Probit<br>Empírico |
|-----------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|--------------------|
| 4.15                  | 0.618                      | 30                         | 96.7              | 6.75               |
| 3.65                  | 0.562                      | 30                         | 76.7              | 5.71               |
| 3.15                  | 0.498                      | 30                         | 63.3              | 5.33               |
| 2.65                  | 0.423                      | 30                         | 53.3              | 5.08               |
| 2.15                  | 0.332                      | 30                         | 36.7              | 4.64               |

Posteriormente se graficaron los valores del logaritmo de las concentraciones del plaguicida Fungoxyl® en el eje "X" y los valores del Probit Empírico en el eje "Y" (Fig.15).

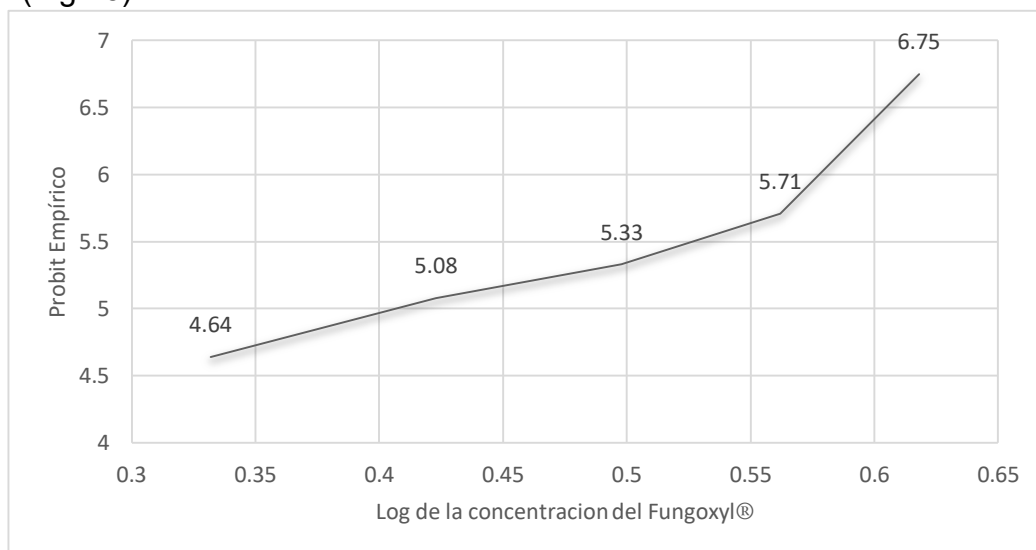


Fig.15. Relación del logaritmo de la concentración y el Probit empírico con Fungoxyl®.

Se ajustó la gráfica por el método de los mínimos cuadrados, trazándose una línea perpendicular en el eje “Y” marcado exactamente en el valor Probit empírico igual a 5 y se proyecta en el eje “X” obteniendo el valor del logaritmo de la CL<sub>50</sub>, el cual registró el valor de 0.42 (Fig.16).

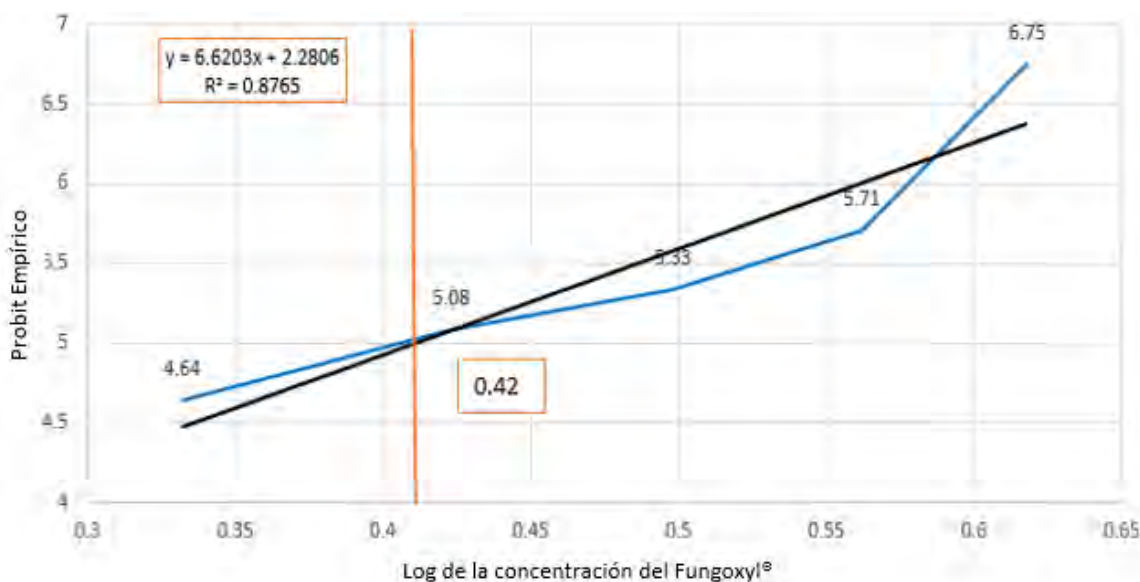


Fig. 16. Obtención gráfica de la CL<sub>50</sub> correspondiente al plaguicida Fungoxyl®.

Para determinar la CL<sub>50</sub> se procedió a calcular el antilogaritmo de la concentración (0.42) (Ecuación 1), obteniendo la concentración de ± 2.63 mg/L del plaguicida Fungoxyl® que elimina el 50% de los organismos de la especie de *Laenereis culveri* en un tiempo de exposición de 48 horas.

$$CL_{50} = \text{Antilog}(0.42) = 2.63 \text{ mg/L (Ecuación 1)}$$

### **3.3 Clasificación del Grado de Toxicidad de Fungoxyl®.**

Se determinó el grado de toxicidad del plaguicida Fungoxyl®, basado en el valor de la CL<sub>50</sub> obtenida y se utilizó la clasificación de toxicidad de plaguicidas de Naserabad *et al.* (2015) para de esta manera tener una referencia de su grado de toxicidad.

La clasificación del grado de toxicidad del Fungoxyl® con base a su CL<sub>50</sub> obtenida (2.63 mg/L) fue Moderadamente tóxico.



### **3.4 Toxicidad aguda del plaguicida Mancolaxyl 72 WP<sup>®</sup>**

Se determinó la CL<sub>50</sub> del plaguicida Mancolaxyl 72 WP<sup>®</sup> utilizando las concentraciones 6.15, 6.9, 7.65, 8.4 y 9.15 mg/L, empleando 10 organismos por réplica durante 48 horas (Tabla 10), donde se registró un porcentaje de mortalidad entre 90.0 y 43.4%.

Tabla .10.Porcentaje mortalidad de *Laenereis culveri* expuestos a Mancolaxyl 72 WP<sup>®</sup> durante 48 horas.

| <b>Concentración en mg/L</b> | <b>No.Organismos Expuestos</b> | <b>No.Organismos muertos</b> | <b>Mortalidad (%)</b> |
|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------------|
| <b>9.15</b>                  | 30                             | 27                           | 90.0                  |
| <b>8.4</b>                   | 30                             | 25                           | 83.3                  |
| <b>7.65</b>                  | 30                             | 19                           | 63.3                  |
| <b>6.9</b>                   | 30                             | 17                           | 56.7                  |
| <b>6.15</b>                  | 30                             | 13                           | 43.4                  |
| <b>Control</b>               | 30                             | 0                            | 0                     |

Para cada concentración se calculó el logaritmo base10, resultando los siguientes valores; 6.15 (0.789), 6.9 (0.839), 7.65 (0.884), 8.4 (0.924), y 9.15 (0.961) mg/L (Tabla 11).

Tabla.11. Logaritmo base 10 de la concentración y Probit empírico en relación al porcentaje de mortalidad de cada concentración de Mancolaxyl 72 WP®.

| Concentración mg/L | Log de la concentración | No.Organismos expuestos | Mortalidad (%) | Probit Empírico |
|--------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|-----------------|
| 9.15               | 0.961                   | 30                      | 90.0           | 6.28            |
| 8.4                | 0.924                   | 30                      | 83.3           | 5.95            |
| 7.65               | 0.884                   | 30                      | 63.3           | 5.33            |
| 6.9                | 0.839                   | 30                      | 56.7           | 5.15            |
| 6.15               | 0.789                   | 30                      | 43.4           | 4.82            |

Posteriormente, se graficaron los valores del logaritmo de las concentraciones del plaguicida Mancolaxyl 72 WP® en el eje “X” y los valores del Probit Empírico en el eje “Y” (Fig. 17).

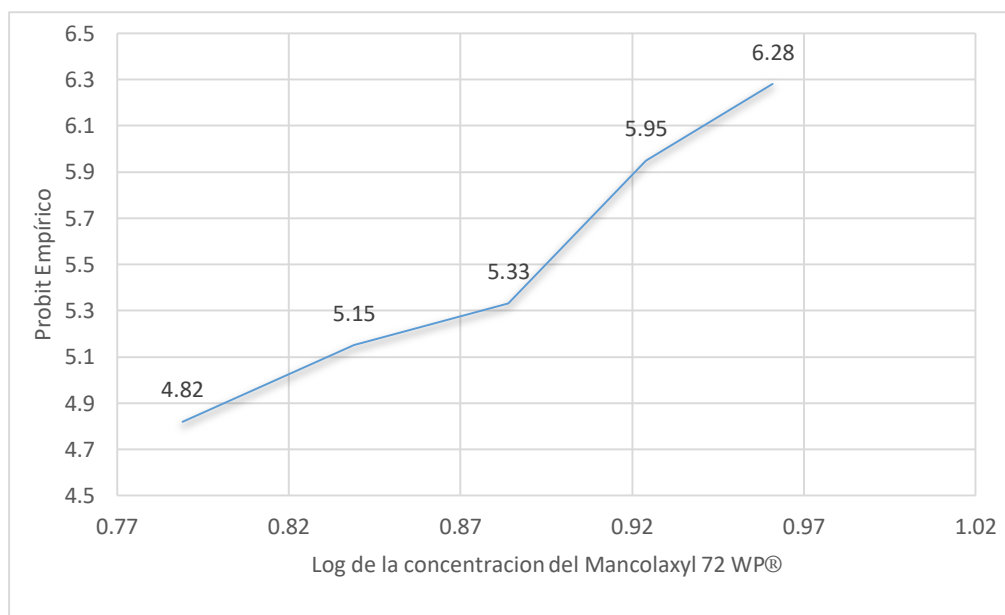


Fig.17.Relación del logaritmo de la concentración y el Probit empírico con el Mancolaxyl 72 WP®.

Se ajustó la gráfica por el método de los mínimos cuadrados trazándose una línea perpendicular en el eje “Y” marcado exactamente en el valor Probit igual a 5 y se proyecta en el eje “X” obteniendo el valor del logaritmo de la CL<sub>50</sub> el cual registró el valor de 0.82 (Fig.18).

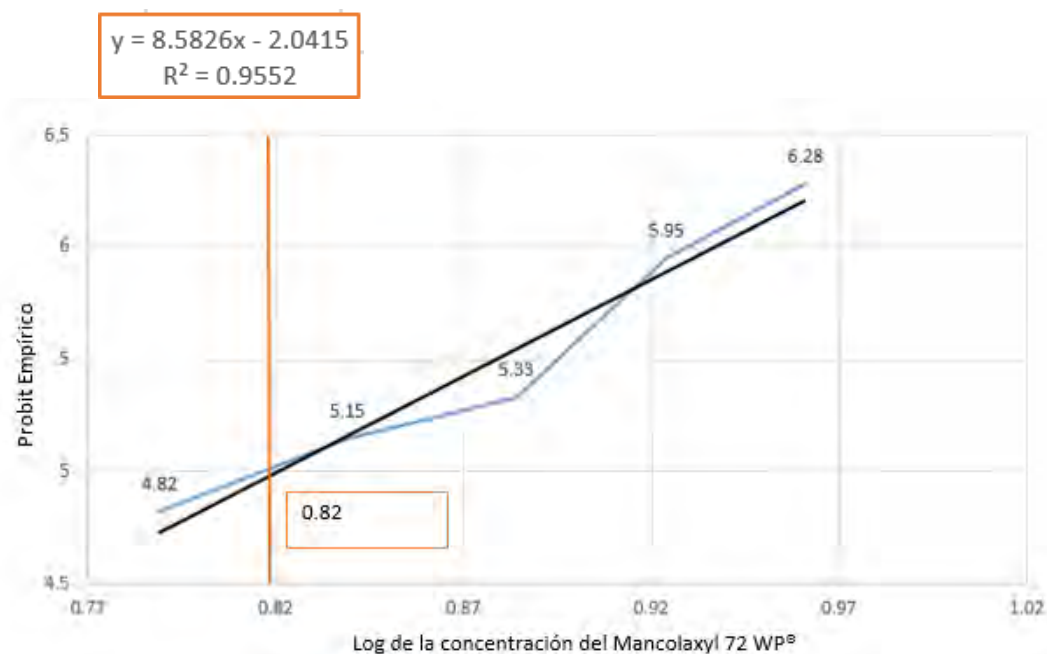


Fig. 18. Obtención gráfica de la CL<sub>50</sub> correspondiente al plaguicida Mancolaxyl 72 WP®

Diferencia coeficiente de determinación R y coeficiente correlacion pa que sirven

Para determinar la CL<sub>50</sub> se procedió a calcular el antilogaritmo de la concentración (0.82) obteniendo la concentración de ±6.76mg/L del plaguicida Mancolaxyl 72 WP® que elimina el 50% de los organismos de la especie de *Laeoneris culveri* en un tiempo de exposición de 48 horas.

$$CL_{50} = \text{Antilog}(0.82) = 6.76 \text{ mg/L}$$

### **3.5 Clasificación del grado de toxicidad del Mancolaxyl 72 WP<sup>®</sup>**

---

Se determinó la clasificación del Grado de Toxicidad plaguicida Mancolaxyl 72 WP<sup>®</sup> basado en el valor de la CL<sub>50</sub> obtenida y se utilizó la clasificación de toxicidad de plaguicidas de Naserabad *et al.* (2015)(Tabla 7) para de esta manera tener una referencia de su grado de toxicidad.

La clasificación del grado de toxicidad del Mancolaxyl 72 WP<sup>®</sup> con base a su CL<sub>50</sub> obtenida (6.60 mg/L) fue Moderadamente tóxico.

### **3.6 Análisis estadístico descriptivo**

Al realizar el análisis estadístico descriptivo del número de organismos muertos (variable de respuesta o variable dependiente) de la cámara de bioensayos del Fungoxyl® y el Mancolaxyl 72 WP® se obtuvieron los siguientes valores generales presentados en la tabla 12.

Tabla 12. Resultados descriptivos del Fungoxyl® y Mancolaxyl 72 WP®.

| <b>Mortalidad</b>          |      |
|----------------------------|------|
| <b>N</b>                   | 30   |
| <b>Media</b>               | 6.63 |
| <b>Mediana</b>             | 6.00 |
| <b>Desviación estándar</b> | 1.99 |
| <b>Mínimo</b>              | 3    |
| <b>Máximo</b>              | 10   |
| <b>Varianza</b>            | 3.96 |

Además se presentan los datos del análisis estadístico estratificado por plaguicidas en la tabla (13).

Tabla.13. Análisis estadístico estratificado por plaguicida.

| <b>Descriptivos</b>    |                   |            |                   |
|------------------------|-------------------|------------|-------------------|
|                        | <b>Plaguicida</b> |            | <b>Mortalidad</b> |
| <b>N</b>               |                   | MANCOLAXYL | 15                |
|                        |                   | FUNGOXL    | 15                |
| <b>Median</b>          |                   | MANCOLAXYL | 6                 |
|                        |                   | FUNGOXL    | 6                 |
| <b>Shapiro-Wilk p</b>  |                   | MANCOLAXYL | 0.031             |
|                        |                   | FUNGOXL    | 0.663             |
| <b>25th percentile</b> |                   | MANCOLAXYL | 5.50              |
|                        |                   | FUNGOXL    | 5.00              |
| <b>50th percentile</b> |                   | MANCOLAXYL | 6.00              |
|                        |                   | FUNGOXL    | 6.00              |
| <b>75th percentile</b> |                   | MANCOLAXYL | 9.00              |
|                        |                   | FUNGOXL    | 8.00              |

Para una mejor interpretación de los datos se procedió a elaborar el gráfico un gráfico Box Plot para comprender el comportamiento de la mortalidad con relación a los plaguicidas evaluados (Fig.19). Además los valores de los cuartiles se presentan en la tabla 13.

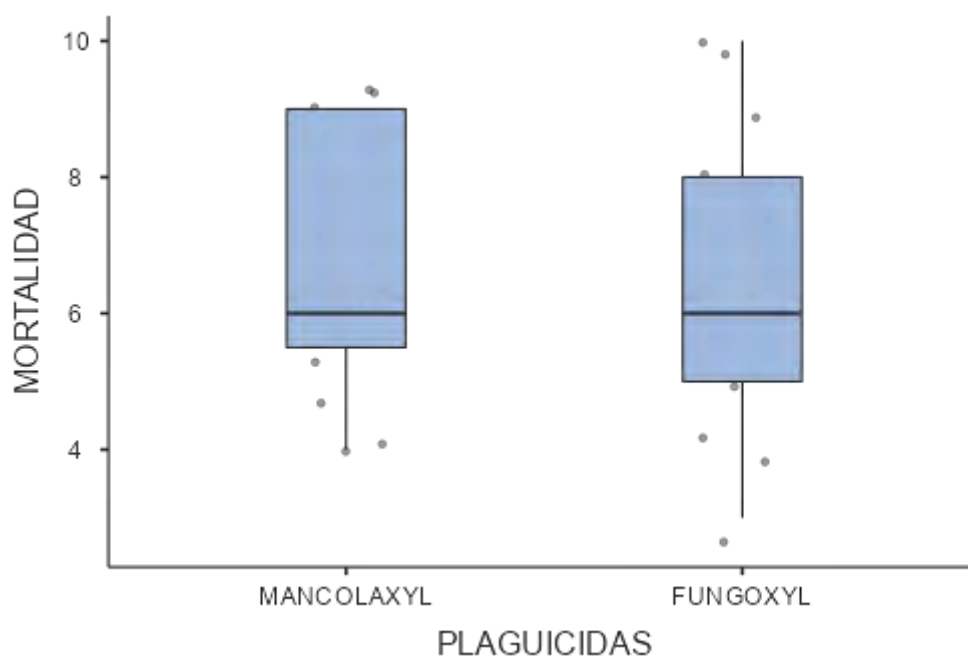


Fig.19. Distribución de la variable mortalidad de *L. culveri* expuestas a los plaguicidas Mancolaxyl 72 WP® y Fungoxyl® a 48 horas.

Por último, el análisis de la Prueba T indico que no existe diferencias significativas con relación a la variable de respuesta ( $p > 0.05$ ) entre los plaguicidas estudiados.

---

# Capítulo IV

## Discusión

---



#### **4. Discusión**

Los plaguicidas han ocasionado efectos negativos sobre el ambiente, movilizándose a través del aire, suelo y agua, generando destrucción de hábitats, contaminación de sustratos, contaminación de aguas superficiales y subterráneas, erosión, degradación de suelos y destrucción catalítica de la capa de ozono (García, 2006).

Los plaguicidas organofosforados Fungoxyl<sup>®</sup> y Mancolaxyl 72 WP<sup>®</sup> contienen el ingrediente activo Clorotalonil y Mancozeb respectivamente, sin embargo, ambos comparten el ingrediente activo Metalaxil con diferentes porcentajes, el Fungoxyl<sup>®</sup> contiene 4.5% y Mancolaxyl 72 WP<sup>®</sup> el 8%, y ambos plaguicidas son relativamente nuevos en el mercado mexicano.

A estos plaguicidas se les determinó la Concentración Letal Media (CL<sub>50</sub>) a una exposición de 48 horas utilizando a *Laoenereis culveri*. Los valores en términos de CL<sub>50</sub> para el Fungoxyl<sup>®</sup> fue 2.63 mg/L y para el Mancolaxyl 72 WP<sup>®</sup> de 6.76 mg/L rechazando la hipótesis antes presentada, en la que se esperaba que el Mancolaxyl 72 WP<sup>®</sup> fuera más tóxico.

Previamente, se han realizado estudios con otros grupos taxonómicos de anélidos como son Capitellidae, Phyllodocidae, Paraonidae y Nereididae. Algunas especies de esas familias han sido utilizadas como indicadores de contaminación de la calidad del agua, pruebas de toxicidad, metales pesados, sustancias químicas, lixiviados, materia orgánica, detergentes, efluentes y ahora con plaguicidas (Negrete, 2020).

Yun Lin (2013) determinó una CL<sub>50</sub> de 19.23 mg/L para Gramoxone<sup>®</sup> en *Laoenereis culveri* siendo una concentración mucho mayor a las concentraciones obtenidas en este trabajo (2.63mg/L y 6.76mg/L), sin embargo, el plaguicida Gramoxone<sup>®</sup> resultó ser menos tóxico que el Fungoxyl<sup>®</sup> y Mancolaxyl 72 WP<sup>®</sup>, posiblemente, se debe a que el ingrediente activo del Gramoxone<sup>®</sup> el Paraquat

perteneciente al mismo grupo de plaguicidas que los evaluados en este trabajo , es menos tóxico para *Laeonereis culveri* debido a sus propiedades de acción del plaguicida o debido a que los organismos *Laeonereis culveri* sean más tolerantes al Paraquat. Así mismo, los plaguicidas estudiados en este trabajo presentan una mezcla de dos ingredientes activos observándose un posible efecto sinérgico, el cual puede ser más tóxicos para los organismos de *Laeonereis culveri* en comparación a un sólo ingrediente activo del mismo grupo de plaguicidas.

Así mismo, Calderón, et al. (2019) presentaron resultados similares con *Capitella capitata* determinando a CL<sub>50</sub> de 2.67 mg/L para el Malation 500<sup>®</sup> y 1.59 mg/L para el Type 4E<sup>®</sup>, estos valores en términos de CL<sub>50</sub> son cercanos a los resultados obtenidos con Fungoxyl <sup>®</sup> (2.63 mg/L) , sin embargo, estas concentraciones son más tóxicas en relación al Mancolaxyl 72 WP <sup>®</sup> (6.76 mg/L )siendo 2.5 veces mayor para Malation 500<sup>®</sup> y 4.2 veces mayor para el Type 4E<sup>®</sup>, por lo tanto el ingrediente activo del Malation 500<sup>®</sup> y Type 4E<sup>®</sup> son más tóxicos para *Capitella capitata* en comparación a *Laeonereis culveri* .

Debido a que los plaguicidas Fungoxyl<sup>®</sup> y Mancolaxyl 72 WP<sup>®</sup> presentan una mezcla de ingredientes activos (Tabla 1 y 2) y comparten al Metalaxil como compuesto activo fue necesario comparar los resultados obtenidos en este estudio con los ingredientes activos por separado.

Para el caso del Mancolaxyl 72 WP <sup>®</sup> su ingrediente activo de mayor concentración es Mancozeb, siendo éste un fungicida que actúa de manera de contacto. El catalogo oficial de plaguicidas (Diario Oficial de la Federación ,1991) menciona que un plaguicida de contacto es aquel que elimina, erradicando la plaga principalmente al ser absorbido por los tejidos externos del organismo, este metodo de abosrcion podría determinar una diferencia de la toxicidad, debido a que los poliquetos no cuentan con una capa protectora o concha , exponiéndolos al contaminante, así mismo, Uh (2018) determinó la toxicidad de Mancozeb, siendo la CL<sub>50</sub> de 0.073mg/L a 48 horas con organismos de *Daphnia magna* al compararse con los resultados obtenidos, se encontró que a diferencia de la mezcla del Mancolaxyl 72 WP<sup>®</sup> con una CL<sub>50</sub> de 6.576 mg/L, el ingrediente activo Mancozeb

por sí solo presenta una mayor toxicidad (90.08 veces), posiblemente se debe a diversos factores como la sensibilidad de *Daphnia magna*, la tolerancia entre las especies, el tipo de método de acción del Mancozeb que actúa como un fungicida de contacto, las condiciones del laboratorio y los materiales, así como también, la pureza del Mancozeb debido que la CL<sub>50</sub> con *Daphnia magna* se realizó únicamente con este ingrediente es decir 100% Mancozeb, a diferencia de los resultados del presente estudio, el Mancolaxyl 72 WP® es una mezcla comercial con el 64% de Mancozeb y el 26% restante es de Metalaxil.

Para el caso de organismos taxonómicos de mayor tamaño como los peces Uh (2018) encontró una CL<sub>50</sub> de Mancozeb de 0.074 mg/L a 96 horas con organismos *Oncorhynchus mykiss*, al compararse con los resultados del presente trabajo con *Laeonereis culveri* (CL<sub>50</sub> 6.576 mg/L), resulta 88.8 veces mayor en organismos *Oncorhynchus mykiss*, pero al ser comparada con la CL<sub>50</sub> de *Daphnia magna* la diferencia es casi insignificante con solo 0.001 mg/L. La diferencia de CL<sub>50</sub> entre ambas especies pudiera ser por el tiempo de exposición duplicando el primero de *Daphnia magna* con 48 horas. Posiblemente, uno de los factores que influyen es que los organismos *Oncorhynchus mykiss* se encuentran distribuidos en ambientes salados y dulces, por lo que es una especie euroica, lo cual puede ser este un factor determinante en la tolerancia del plaguicida entre otros factores biológicos, generando la diferencia de toxicidad con *Laeonereis culveri*, así como también el tiempo de exposición y la diferencia significativa del tamaño entre organismos.

El Fungoxyl® con su ingrediente activo Clorotalonil fue de mayor volumen con un 72% del total de los ingredientes activos, es un componente que actúa de manera de contacto sobre la plaga a erradicar. Los resultados con Fungoxyl® (CL<sub>50</sub> 2.63 mg/L) al comparar los obtenidos por Bonta (2007) quién determinó la CL<sub>50</sub> del Clorotalonil en dos especies acuáticas como *Daphnia obtusa* de 0.153mg/L y *Gambusia affinis* obtuvo un valor de 0.189, resultaron ser más tóxicos que los con la mezcla del Fungoxyl® de 17.20 y 14.00 veces mayor respectivamente, debido que el Clorotalonil es altamente tóxico para peces, invertebrados acuáticos y microorganismo marinos. El modo de acción de este compuesto es la union con las

enzimas sulfidril, que son importantes en la respiración, reduciendo las funciones metabólicas y de respiración celular provocando la muerte del organismo (Sharred et al., 2003).

El ingrediente activo Metalaxil comparte ambos plaguicidas con diferentes porcentajes, para el Fungoxyl 4.5% y el Mancolaxyl 72 WP® 8%, siendo este compuesto de acción sistémica, es decir penetra justo a través de la cutícula y son transportados alrededor de la planta (Murcia, 2008). La información ecotoxicológica respecto al Metalaxil es limitada en lo que concierne a organismos acuáticos y taxonómicamente cercanos a organismos *Laeonereis culveri*, pero sin embargo, Uh (2018) determinó una CL<sub>50</sub> de 0.96 de Metalaxil para *Oncorhynchus mykiss* a 96 horas reflejando una toxicidad mayor comparado a los resultados encontrados con ambos plaguicidas, en el caso del Fungoxyl® fue 2.8 veces mayor y para el Mancolaxyl 72 WP® fue 7 veces mayor, pudiendo decir que este compuesto al ser usado de manera individual provocaría una mayor toxicidad que al realizarse en una mezcla.

Dentro de las hojas de seguridad del fabricante sobre el Mancolaxyl 72 WP®, se menciona su uso como fungicida, por lo que es necesario brindar información toxicológica del producto, además, en esta hoja de seguridad se encontró que en organismos de *Daphnia magna* registraron CL<sub>50</sub> de 1.86 mg/L expuestos a 48 horas, así como también una CL<sub>50</sub> en peces *Oncorhynchus mykiss* de 0.645 mg/L durante 96 horas. En comparación con los resultados obtenidos en el presente trabajo, las concentraciones determinadas en las hojas de seguridad son mayores a las registrando de 3.5 y 10.47 veces comparado con el Mancolaxyl 72 WP® (6.576 mg/L) con *Laeonereis culveri*. Por lo que los organismos resultan ser menos tolerantes a la exposición del Mancolaxyl 72 WP® en comparación a *Daphnia magna* y *Oncorhynchus mykiss*.

Los valores de la CL<sub>50</sub> de Mancolaxyl 72 WP® y Fungoxyl® fueron usados para la clasificación del grado de toxicidad y clasificarlos como Moderadamente Tóxicos con base a la clasificación para plaguicidas establecida por Naserabad et al. (2015) (Tabla 7) sin embargo con base a los valores de la CL<sub>50</sub> el Fungoxyl® resulto ser más toxico para organismos *Laonereis culveri* que el Mancolaxyl 72 WP®, pero no sé debe descartar la posibilidad de que ambos puedan ser tóxicos para otras especies de diferentes grupos taxonómicos, así como también, pudieran generar un efecto adverso al ecosistema acuático. También estos resultados posiblemente se pueda deber al componentes activos del Fungoxyl®.

No obstante el análisis estadístico (Prueba T) de la variable de respuesta (Mortalidad) mostro que no existen diferencias estadísticas significativas ( $p > 0.05$ ) entre los plaguicidas, por lo que confirma nuestros resultados en relación al mismo grado de toxicidad, por lo tanto estos resultados posiblemente se deba a la formulación de los plaguicidas, los cuales contienen un mismo ingrediente y esto posiblemente genere una sensibilidad estadísticamente similar entre los organismos evaluados.

Con base a la literatura, podemos decir que el Fungoxyl® y Mancolaxyl 72 WP® al ser usados de manera de mezcla, éstos serían menos tóxicos que al emplearse de manera individual componente por componente. Se podría decir que al compartir con otro ingrediente activo es posible la disminución de la toxicidad(antagonismo) debido a que los ingredientes activos Mancozeb y Cloratolonil resultan ser altamente tóxicos de manera individual pero al mezclarlos con el Metalaxil esto pudiera provocar una disminución de la toxicidad sobre los organismos marinos, como es el caso de *Laeonereis culveri*.

De igual manera, se puede decir que los plaguicidas estudiados, resultan más tóxicos para los organismos de *Laeonereis culveri* en comparación con el Gramoxone® de la misma familia de los organofosforados encontrados en el trabajo de Yun Li (2013), pero no tan distantes a los resultados de Calderón (2019) con una CL<sub>50</sub> cercana en organismos *Capitella capitata*.

---

# Capítulo V

## Conclusiones

---

## **5. Conclusiones**

- Mediante el empleo de pruebas de toxicidad de tipo aguda con organismos de *Laeonereis culveri* se determinó una CL<sub>50</sub> a 48 horas con dos plaguicidas organofosforados Mancolaxyl 72 WP® y Fungoxyl® con valores de  $\pm 6,576$  mg/L y  $\pm 2.63$  mg/L, respectivamente, siendo el Fungoxyl® más tóxico para los organismos de *Laeonereis culveri*.
- El empleo de la prueba T, determinó que no existen diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) indicando que la mortalidad se comportó de manera similar entre las concentraciones de ambos plaguicidas.
- El Mancolaxyl 72 WP® y el Fungoxyl® se clasifican como Moderadamente tóxicos, ambos son altamente tóxicos para los organismos de *Laeonereis culveri*.
- *Laeonereis culveri* resultó ser más tolerante a Mancolaxyl 72 WP® y Fungoxyl® que otros organismos, como lo son *Daphnia Magna* y peces *Oncorhynchus mykiss* mencionados en las hojas de seguridad.
- Los ingredientes activos de ambos plaguicidas resultan ser más tóxicos por separado para organismos marinos, en comparación con la de mezcla comercial del Mancolaxyl 72 WP® y Fungoxyl®.

---

# Capítulo VI

## Recomendaciones

---



## **6. Recomendaciones**

- Se recomienda seguir investigando la toxicidad de los plaguicidas Fungoxyl® y Mancolaxyl 72 WP® con otras especies presentes en la bahía de Chetumal para encontrar una especie sensible y pueda ser utilizada en otras pruebas de toxicidad y proteger el resto de la biodiversidad.
- Determinar la Concentración Letal Media (CL<sub>50</sub>) por separado de cada uno de los ingredientes activos de ambos plaguicidas para determinar si existe una variación sobre *Laeonereis culveri*.
- Realizar pruebas de toxicidad crónica con el Fungoxyl® y Mancolaxyl 72 WP® empleando *Laeonereis culveri* para determinar otros efectos como su crecimiento, conducta u otros efectos negativos en los organismos.
- Recomendar a los encargados de los cultivos donde se emplee el uso de estos plaguicidas evaluados, se considere el empleo del Mancolaxyl 72 WP® sobre el Fungoxyl® tomando en cuenta los resultados de este trabajo siendo el primero con menos unidades de toxicidad.
- Seguir realizando pruebas de toxicidad aguda con otro tipo de plaguicida empleado en la zona norte del estado así como también con organismos acuáticos que estén cercanos a los cultivos donde se empleen estos plaguicidas
- Informar a los agricultores de la zona sobre la toxicidad de ambos plaguicidas y las medidas de seguridad que tendrían que tomar en cuenta en el manejo

de estas sustancias en los cultivos así como el potencial daño que estas pudieran ocasionar a su salud y al ambiente.

---

# Capítulo VII

## Referencias bibliográficas

---

## 7. Referencias bibliográficas

- APHA-AEEA-WPCF (1992). Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Editorial Díaz de Santos, S.A., Madrid, 1576pp.
- Andy, J. M., Azorín Vega, E. P., Ramírez Duran, N., & Moreno Pérez, M. P. (2020). Estado de la producción y consumo de plaguicidas en México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 12.
- Blake, J.A. y B. Hilbig. 1994. Taxonomic Atlas of the Santa Maria Basin and Western Santa Barbara Channel. Vol. 4. Annelida Part 1. Oligochaeta and Polychaeta (Phyllodocidae to Paralacydoniidae). Santa Barbara Museum of Natural History. 369 pp.
- Bonta, e. C. (2007). Evaluación de los efectos ecotoxicológicos del clorotalonil en dos especies dulceacuícolas: *Daphnia obtusa* (cladóceras) y *Gambusia affinis* (Cyprinodontidae). Valdivia, Chile.
- Calderón Ruiz, Armando, Delgado Blas, Víctor Hugo, & Uc Peraza, Russell Giovanni. (2019). Toxicidad aguda del Malation 500® y Typen 4e® EN *Capitella* sp... *Revista internacional de contaminación ambiental*, 35(3), 565-574. Epub 21 de agosto de 2020. <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.03.04>
- Campbell, P.C., Chapman, P.M & Hale, B.A (2006). Risk Assessment of Metals in the Environment. *Chemicals in the Environment: Assessing and Managing Risk, Issues in Environmental Science and Technology*, No.22, 103
- Coll Cruz, P. (2017). Determinación de la concentración letal media (CL<sub>50</sub>) del lixiviado del relleno sanitario de Bacalar, Quintana Roo utilizando *Laeonereis culveri* como bioindicador.
- Cremllyn R. Pesticides. Preparation and Mode of Action. New York, EUA: John Wiley & Sons; 1979.
- De Paiva, P. C., & da Silva, R. M. C. (1998). Macrobenthic invertebrates as food for penaeid shrimp pond farms in Brazil. *Revista de Biología Tropical*, 46, 427-430
- Díaz Báez, M. C., Bustos López, M., & Espinosa Ramírez, A. J. (2004). Pruebas de toxicidad acuática : Fundamentos y métodos.
- Fernández Rodríguez, V., y Londoño Mesa, M. H. (2015). Poliquetos (Annelida: Polychaeta) como indicadores biológicos de contaminación marina: casos en

Colombia. *Gestión y Ambiente*, 18(1), 189–204. Recuperado a partir de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/46320>

- García, J. E. (2006). Consecuencias negativas de los plaguicidas en el medio ambiente. *Agronomía mesoamericana*, 17.
- Hutchings, P. 1998. Biodiversity and functioning of polychaetes in benthic sediments. *Biodiversity Conservation*
- Jesús Flores, Citlalli & Salazar González, Salazar Vallejo, Sergio. (2016). Morphological distinction between estuarine polychaetes: *Laeonereis culveri* and *L. nota* (Phyllodocta: Nereididae). *Revista de biología tropical*, 64(1)
- Karam, Miguel Ángel, Galván, Juan Manuel, Bustamante Montes, L. Patricia, Ramírez, Guadalupe (2004). Plaguicidas y salud de la población. *CIENCIA ergo-sum*, *Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, 11(3) ,246-254. [Fecha de Consulta 30 de abril de 2022]. ISSN: 1405-0269. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10411304>
- Kegley S.E., Hill B.R., Orme S. & Choi A.H. (2016). PAN Pesticide Database, Pesticide Action Network, North America San Francisco, CA [en línea]. <http://www.pesticideinfo.org>
- Kegley S.E., Hill B.R., Orme S. y Choi A.H. (2016). PAN Pesticide Database, Pesticide Action Network, North America San Francisco, CA [en línea]. <http://www.pesticideinfo.org>
- Larraín, A. (1995). Criterios eco toxicológico para evaluar alteraciones ambientales y establecer parámetros de control: Importancia de los Bioensayos de Toxicidad. *Revista Ciencia y Tecnología del Mar*, 39(47).
- León becerra, M. V. (2015). Poliquetos meiofaunales (annelida: polychaeta) de la zona intermareal de la región de santa marta, colombia.
- Lewis, K. A., Tzilivakis, J., Warner, D. J., & Green, A. (2016). An international database for pesticide risk assessments and management. *Human and Ecological Risk Assessment*, 22(4), 1050–1064. <https://doi.org/10.1080/10807039.2015.1133242>
- Markert, B. & S. Wünschmann. 2010. Bioindicators and Biomonitoring: Use of organisms to observe the influence of chemicals on the environment. *Organic Xenobiotics and Plants Plant Ecophysiology*
- Naserabad S.S., Mirvaghefi A., Gerami M.H. y Farsani H.G. (2015). Acute toxicity and behavioral changes of the gold fish (*Carassius auratus*) exposed to malathion and hinosan. *Iran. Journ. Toxicol.* 8 (27),

- Negrete, N. P. (2020). Determinación de la concentración de contaminantes en sedimentos superficiales y su relación con la estructura de comunidades bentónicas en la costa de Antioquia, caribe colombiano. Turbo, Antioquia.
- Murcia O, A. M., & Stashenko, E. (2008). Determinación de plaguicidas organofosforados en vegetales producidos en Colombia. *AgroSur*, 36(2), 7181
- Organización Mundial de la Salud (OMS), (1990), Organización Panamericana de la Salud (OPS), Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Serie Vigilancia, 9. Plaguicidas organoclorados. México: OMS/OPS,
- Uc Peraza, Russell Giovanni, Delgado Blas, Víctor Hugo. (2012). Determinación de la concentración letal media (CL50) de cuatro detergentes domésticos biodegradables en *Laeonereis culveri* (Webster 1879) (Polychaeta: Annelida). *Revista internacional de contaminación ambiental*, 28(2).
- Ramírez, J., y La Casaña, M. (2001). Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición. *Academia Accelerating the World's Research*, 75.
- Rouse, G., & Pleijel, F. (2001). *Polychaetes* Oxford University Press Inc Oxford.
- Saldaña, P., Lerdo de Tejada, A. Gómez, M.A., y López R. (2002). La importancia de incluir análisis de toxicidad en descargas industriales y municipales que afectan los cuerpos receptores. Morelos: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
- Secretaría de Salud (1991). *Diario oficial de la federación: Catálogo oficial de plaguicidas*. México, D.F
- SEMARNAT. 2005. *Indicadores básicos del desempeño ambiental de México: 2005*. México, D.F. 337 p.
- Sotelo Vásquez, D. L. (2018). Toxicidad aguda de tres plaguicidas (Butaclor, Oxicloruro de cobre y Clorpirifos) sobre el anfípodo bentónico marino *Apothyale grandicornis* (Kroyer, 1845) (Crustacea: Hyalidae). *Revista Biotempo* Vol. 16 Núm. 2.
- Stephan, C.E. (1977). *Methods for Calculating an LC50*. In: *American Society for Testing and Materials (ASTM) Aquatic Toxicology and Hazard Evaluation*, pp.65-84, F.L Mayer and J.L Hamelink, Editors. ASTM STP 534, Philadelphia, Pennsylvania.
- Suarez Tamallo, S., Palacio Estrada, D. E., & M, A. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista cubana de Higiene Y epidemiología*.

US EPA. (1992). Framework for Ecological Risk Assesment. Washinton: Risk Assesmente Forumn Report No.EPA/630/R-92/00.

Villalba, M. N., & Chifteian Rosso, I. (2018). Determinación CL50 96 horas de Cipermetrina y Malatión para Australoheros facetus en condiciones de laboratorio. Tesis de grado de Doctor. Universidad de la república

World Health Organization & United Nations Environment Programme. (1990). Public health impact of pesticides used in agriculture. World Health Organization.

YU LIN, CHIN (2013). Determinación de la concentración letal media (CL50) del bipiridilo en poliquetos (polychaeta: nereididae).Tesis de Licenciatura. Universidad de Quintana Roo

---

# Capítulo VIII

## Anexos

---



## 8. Anexos

### Anexo 1. Pruebas exploratorias

#### Resultados de la prueba exploratoria con el Fungoxyl® y Mancolaxyl 72 WP®

Tabla 14. Resultados de la prueba exploratoria con Fungoxyl® donde se expusieron 10 organismos de *Laoenereis culveri* por concentración.

| CONCENTRACION | NUMERO DE ORGANISMOS MUERTOS |    |    |    |     |     |     |     | TOTAL |
|---------------|------------------------------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-------|
|               | 1 h                          | 2h | 4h | 8h | 16h | 24h | 36h | 48h |       |
| 2.15 mg/L     | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0   | 2   | 0   | 2   | 4     |
| 2.65 mg/L     | 0                            | 0  | 0  | 0  | 00  | 2   | 2   | 1   | 5     |
| 3.15 mg/L     | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0   | 5   | 2   | 0   | 7     |
| 3.65 mg/L     | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0   | 5   | 2   | 0   | 7     |
| 415 mg /L     | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0   | 6   | 1   | 1   | 8     |
| Control       | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0     |

Tabla 15. Resultados de la prueba exploratoria con Mancolaxyl 72 WP® donde se expusieron 10 organismos de *Laoenereis culveri* por concentración.

| CONCENTRACION | NUMERO DE ORGANISMOS MUERTOS |    |    |    |     |     |     |     | TOTAL |
|---------------|------------------------------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-------|
|               | 1 h                          | 2h | 4h | 8h | 16h | 24h | 36h | 48h |       |
| 6.15 mg/L     | 0                            | 0  | 0  | 0  | 1   | 2   | 0   | 0   | 3     |
| 6.9 mg/L      | 0                            | 0  | 0  | 0  | 1   | 2   | 1   | 0   | 4     |
| 7.65 mg/L     | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0   | 4   | 1   | 1   | 6     |
| 8.4 mg/L      | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0   | 8   | 0   | 2   | 10    |
| 9.15mg /L     | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0   | 8   | 0   | 2   | 10    |
| Control       | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0     |

## Anexo 2. Resultados de la mortalidad de las cámaras de bioensayos

Tabla 16. Resultados del registro de mortalidad de organismos de *Laonereis culveri* en la cámara de bioensayo del Fungoxyl® a 48 horas

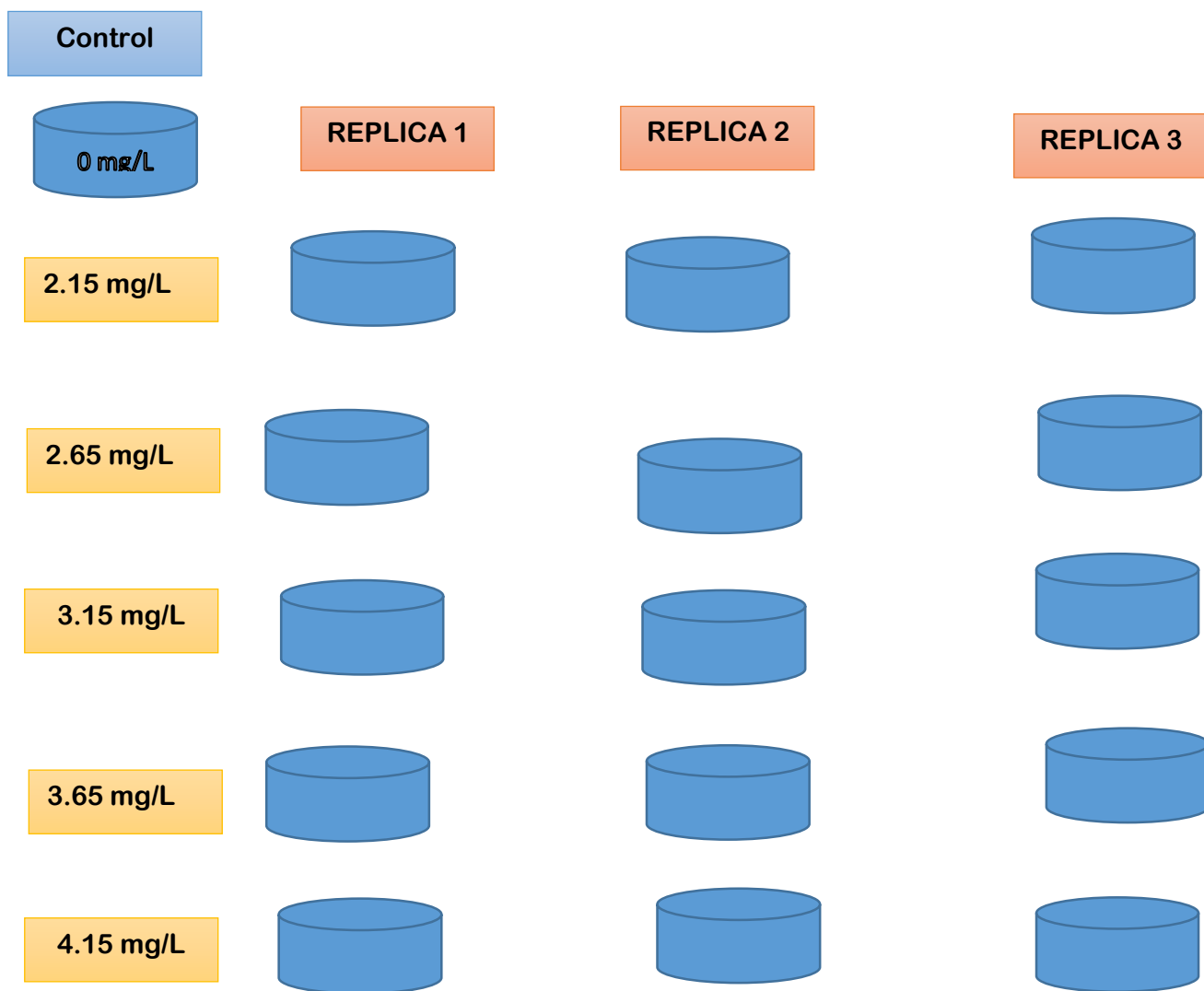
| CONCENTRACION<br>mg/l  | REPLICA | NUMERO DE ORGANISMOS MUERTOS |    |    |    |    |     |     |     |     |    | Total<br>por<br>replica | Total por<br>concentración |
|------------------------|---------|------------------------------|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|----|-------------------------|----------------------------|
|                        |         | 1H                           | 2H | 4H | 6H | 8H | 16H | 24H | 36H | 48H |    |                         |                            |
| CONTROL                | 1       | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0                       | 0                          |
| <b>Concentración 1</b> |         |                              |    |    |    |    |     |     |     |     |    |                         |                            |
| 2.15 mg/L              | 1       | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 1   | 0   | 2   | 3  | 11                      |                            |
|                        | 2       | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 2   | 0   | 2   | 4  |                         |                            |
|                        | 3       | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 1   | 0   | 3   | 4  |                         |                            |
| <b>Concentración 2</b> |         |                              |    |    |    |    |     |     |     |     |    |                         |                            |
| 2.65mg/L               | 1       | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 2   | 1   | 2   | 5  | 16                      |                            |
|                        | 2       | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 3   | 0   | 2   | 5  |                         |                            |
|                        | 3       | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 2   | 1   | 3   | 6  |                         |                            |
| <b>Concentración 3</b> |         |                              |    |    |    |    |     |     |     |     |    |                         |                            |
| 3.15mg/L               | 1       | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 2   | 1   | 3   | 6  | 19                      |                            |
|                        | 2       | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 3   | 2   | 2   | 7  |                         |                            |
|                        | 3       | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 3   | 1   | 2   | 6  |                         |                            |
| <b>Concentración 4</b> |         |                              |    |    |    |    |     |     |     |     |    |                         |                            |
| 3.65mg/L               | 1       | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 5   | 1   | 1   | 7  | 23                      |                            |
|                        | 2       | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 4   | 2   | 2   | 8  |                         |                            |
|                        | 3       | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 3   | 1   | 4   | 8  |                         |                            |
| <b>Concentración 5</b> |         |                              |    |    |    |    |     |     |     |     |    |                         |                            |
| 4.15 mg/L              | 1       | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 6   | 2   | 1   | 9  | 29                      |                            |
|                        | 2       | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 5   | 2   | 3   | 10 |                         |                            |
|                        | 3       | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 6   | 0   | 4   | 10 |                         |                            |

Tabla 17. Resultados del registro de mortalidad de organismos de *Laonereis culveri* en la cámara de bioensayo del Mancolaxyl 72 WP<sup>®</sup> a 48 horas

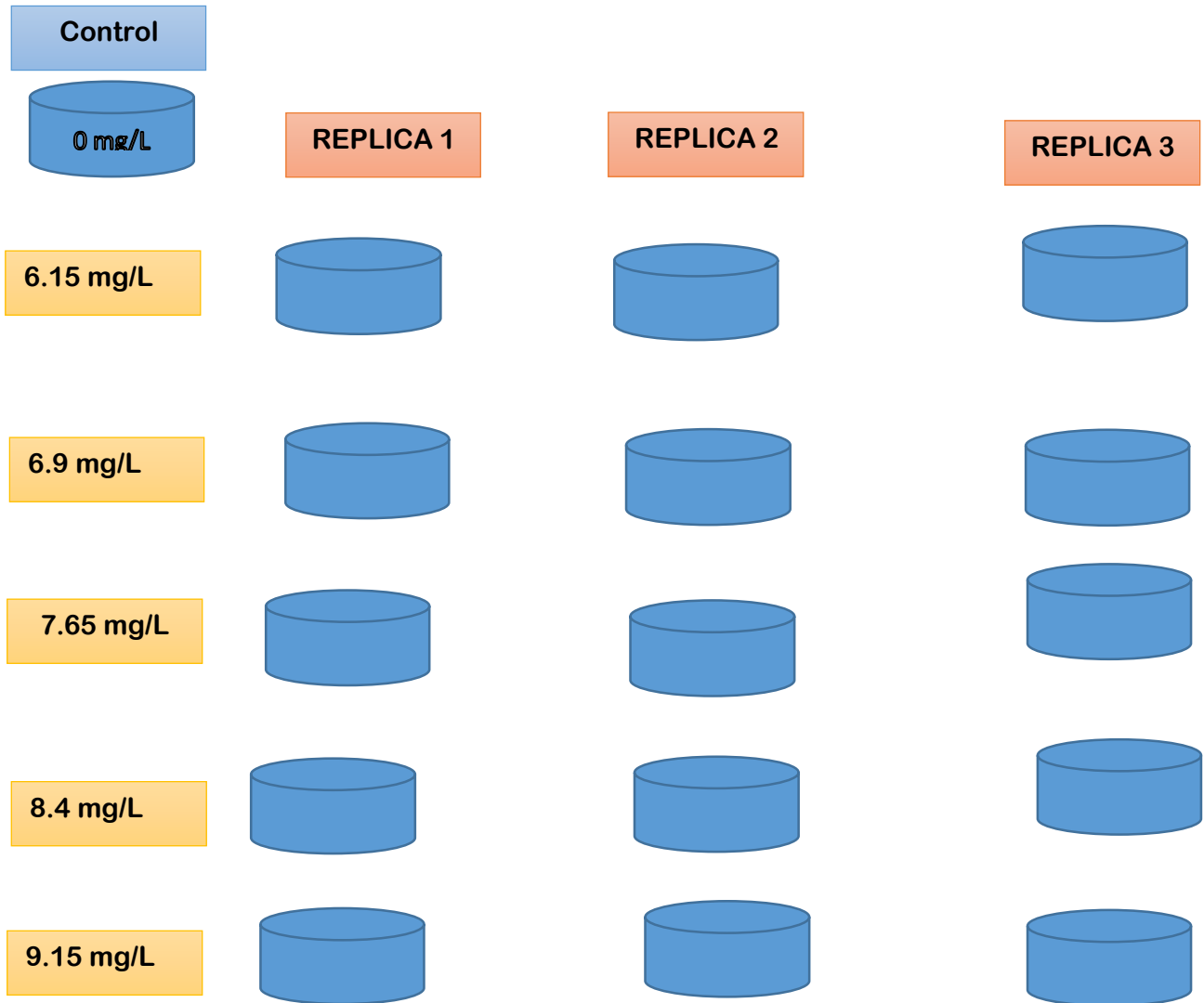
| CONCENTRACION mg/l     | REPLICA | NUMERO DE ORGANISMOS MUERTOS |    |    |    |    |     |     |     |     |   | Total por replica | Total por concentración |
|------------------------|---------|------------------------------|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|---|-------------------|-------------------------|
|                        |         | 1H                           | 2H | 4H | 6H | 8H | 16H | 24H | 36H | 48H |   |                   |                         |
| CONTROL                | 1       | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0 | 0                 | 0                       |
| <b>Concentración 1</b> |         |                              |    |    |    |    |     |     |     |     |   |                   |                         |
| 6.15 mg/L              | 1       | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0  | 1   | 4   | 0   | 0   | 5 | 13                |                         |
|                        | 2       | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 3   | 0   | 1   | 4 |                   |                         |
|                        | 3       | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0  | 1   | 3   | 0   | 0   | 4 |                   |                         |
| <b>Concentración 2</b> |         |                              |    |    |    |    |     |     |     |     |   |                   |                         |
| 6.9mg/L                | 1       | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 5   | 0   | 1   | 6 | 17                |                         |
|                        | 2       | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 3   | 0   | 2   | 5 |                   |                         |
|                        | 3       | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 4   | 0   | 2   | 6 |                   |                         |
| <b>Concentración 3</b> |         |                              |    |    |    |    |     |     |     |     |   |                   |                         |
| 7.65mg/L               | 1       | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 5   | 0   | 1   | 6 | 19                |                         |
|                        | 2       | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 4   | 0   | 2   | 6 |                   |                         |
|                        | 3       | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 6   | 0   | 1   | 7 |                   |                         |
| <b>Concentración 4</b> |         |                              |    |    |    |    |     |     |     |     |   |                   |                         |
| 8.4mg/L                | 1       | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 8   | 0   | 1   | 9 | 25                |                         |
|                        | 2       | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 6   | 0   | 1   | 7 |                   |                         |
|                        | 3       | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 7   | 0   | 2   | 9 |                   |                         |
| <b>Concentración 5</b> |         |                              |    |    |    |    |     |     |     |     |   |                   |                         |
| 9.15 mg/L              | 1       | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 8   | 0   | 1   | 9 | 27                |                         |
|                        | 2       | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 7   | 0   | 2   | 9 |                   |                         |
|                        | 3       | 0                            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 7   | 0   | 2   | 9 |                   |                         |

### Anexo 3. Esquema de las cámaras de bioensayo

#### Cámara de bioensayos del Fungoxyl®



**Cámara de bioensayos del Mancolaxyl 72 WP®**



#### **Anexo 4. Clasificación del organismo utilizado para los bioensayos**

##### ***Laeonereis Culveri (Polychaeta)***



Fig.20. Organismos *Laeonereis culveri* empleados en los bioensayos.

#### **Taxonomía**

**Reino: Animalia**

**Filo: Annelida**

**Clase Polychaeta**

**Orden: Aciculata**

**Familia: Nereididae**

**Género: Laeonereis**

**Especie: *Laeonereis Culveri* (Webster, 1879)**

## Anexo 5. Plaguicidas Utilizados en los bioensayos



Fig.21. Plaguicidas empleados en los bioensayos pertenecientes al grupo de los organofosforados.

