



**UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO**  
División Académica de Ciencias Biológicas  
“Estudio en la duda. Acción en la fe”



---

---

**“VALORACIÓN DE LA TOXICIDAD DEL AGROQUÍMICO DIAZINÓN  
DEL PLATANO (*Musa spp.*) MEDIANTE BIOENSAYO CON EL  
CRUSTÁCEO (*Hyaella azteca S.I.*) EN EL CENTRO,  
TABASCO, MÉXICO”**

Trabajo recepcional, en la modalidad de:

Tesis

Para obtener el título en:

Licenciatura en Ingeniería Ambiental

Presenta:

Ana María Ramírez Montejo

Directores:

M. en C. Juan Carlos Chacón Espinoza  
M. en C. Ernesto Rodríguez Rodríguez

Villahermosa, Tabasco, México

Junio, 2023



UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
DIRECCIÓN

Villahermosa, Tab., a 06 de Junio de 2023

**ASUNTO:** Autorización de Modalidad de Titulación

**C. LIC. MARIBEL VALENCIA THOMPSON**  
**JEFE DEL DEPTO. DE CERTIFICACIÓN Y TITULACION**  
**DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES**  
**P R E S E N T E**

Por este conducto y de acuerdo a la solicitud correspondiente por parte del interesado, informo a usted, que en base al reglamento de titulación vigente en esta Universidad, ésta Dirección a mi cargo, autoriza a la **C. ANA MARÍA RAMÍREZ MONTEJO** egresada de la Lic. en **ING. AMBIENTAL** de la División Académica de **CIENCIAS BIOLÓGICAS** la opción de titularse bajo la modalidad de Tesis denominado: "**VALORACIÓN DE LA TOXICIDAD DEL AGROQUÍMICO DIAZINÓN DEL PLATANO (*Musa spp.*) MEDIANTE BIOENSAYO CON EL CRUSTÁCEO (*Hyaella azteca S.l.*) EN EL CENTRO, TABASCO, MÉXICO**".

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para saludarle afectuosamente.

A T E N T A M E N T E

  
**DR. ARTURO GARRIDO MORA**  
**DIRECTOR DE LA DIVISIÓN ACADÉMICA**  
**DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**U.J.A.T.**  
**DIVISIÓN ACADÉMICA**  
**DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**



**DIRECCIÓN**

C.c.p.- Expediente Alumno de la División Académica  
C.c.p.- Interesado



**UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO**

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



**DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
DIRECCIÓN**

JUNIO 6 DE 2023

**C. ANA MARÍA RAMÍREZ MONTEJO  
PAS. DE LA LIC. EN ING. AMBIENTAL  
P R E S E N T E**

En virtud de haber cumplido con lo establecido en los Arts. 80 al 85 del Cap. III del Reglamento de titulación de esta Universidad, tengo a bien comunicarle que se le autoriza la impresión de su Trabajo Recepcional, en la Modalidad de Tesis denominado: **"VALORACIÓN DE LA TOXICIDAD DEL AGROQUÍMICO DIAZINÓN DEL PLATANO (*Musa spp.*) MEDIANTE BIOENSAYO CON EL CRUSTÁCEO (*Hyalella azteca S.I.*) EN EL CENTRO, TABASCO, MÉXICO"**, asesorado por el M. en C. Juan Carlos Chacón Espinoza y M. en C. Ernesto Rodríguez Rodríguez sobre el cual sustentará su Examen Profesional, cuyo jurado está integrado por el Dr. Julio Horacio Figueroa Meza, M. en C. Melvi Rocío Santos Márquez, M. en C. Ernesto Rodríguez Rodríguez, Dra. Rocío López Vidal y M. en C. Luz Obdulia Sánchez Ruiz.

**ATENTAMENTE  
ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE**

**DR. ARTURO GARRIDO MORA  
DIRECTOR**

U.J.A.T.  
DIVISIÓN ACADÉMICA  
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



DIRECCIÓN

C.c.p.- Expediente del Alumno.  
Archivo.

## CARTA AUTORIZACIÓN

El que suscribe, autoriza por medio del presente escrito a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para que utilice tanto física como digitalmente el Trabajo Recepcional en la modalidad de Tesis de Licenciatura denominado: **“VALORACIÓN DE LA TOXICIDAD DEL AGROQUÍMICO DIAZINÓN DEL PLATANO (*Musa spp.*) MEDIANTE BIOENSAYO CON EL CRUSTÁCEO (*Hyalella azteca S.l.*) EN EL CENTRO, TABASCO, MÉXICO”**, de la cual soy autor y titular de los Derechos de Autor.

La finalidad del uso por parte de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco el Trabajo Recepcional antes mencionada, será única y exclusivamente para difusión, educación y sin fines de lucro; autorización que se hace de manera enunciativa más no limitativa para subirla a la Red Abierta de Bibliotecas Digitales (RABID) y a cualquier otra red académica con las que la Universidad tenga relación institucional.

Por lo antes manifestado, libero a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de cualquier reclamación legal que pudiera ejercer respecto al uso y manipulación de la tesis mencionada y para los fines estipulados en éste documento.

Se firma la presente autorización en la ciudad de Villahermosa, Tabasco el Día 06 de Junio de Dos Mil Veintitrés.

AUTORIZO



---

ANA MARÍA RAMÍREZ MONTEJO

Villahermosa, Tabasco a 14 de junio de 2023

**Ana María Ramírez Montejo**  
Est. Lic. en Ingeniería Ambiental  
PRESENTE

En cumplimiento de los lineamientos de la Universidad y por instrucciones de la Coordinación de Estudios Terminales, se implementó la revisión del documento recepcional (Tesis), a través del programa iThenticate a:

TIPO DE DOCUMENTO	TESIS
TÍTULO	VALORACIÓN DE LA TOXICIDAD DEL AGROQUÍMICO DIAZINÓN DEL PLÁTANO ( <i>Musa spp.</i> ), MEDIANTE BIOENSAYOS CON EL CRUSTÁCEO ( <i>Hyalella azteca S.I.</i> ), EN CENTRO, TABASCO, MÉXICO
AUTOR	ANA MARÍA RAMÍREZ MONTEJO

Criterios de Evaluación de similitud:

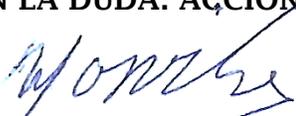
- Incluir citas
- Excluir Bibliografía
- Excluir fuentes pequeñas (o palabras)
- Limitar el tamaño de la coincidencia a 13 palabras

RESULTADO DE SIMILITUD	5 %
	10033 palabras, 20 coincidencias y 16 fuentes

Se anexa informe de similitud de la evaluación.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para enviarle un cordial saludo.

**A T E N T A M E N T E**  
**“ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE”**

  
**M. EN C. MÓRVILA CRUZ ASCENCIO**  
**COORDINACIÓN DE ESTUDIOS TERMINALES**



## DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios por darme la sabiduría, guiarme y darme la fortaleza para seguir adelante y poder culminar esta etapa de mi vida.

A mi familia, principalmente a mi mamá la Sra. Ana María Montejo Lopez quien me ha apoyado siempre, quien sola me ha sacado adelante, siempre alentándome a no darme por vencida, acompañándome hasta largas horas de la noche cuando realizaba mis trabajos, por estar en mis momentos buenos y en los más difíciles gracias por todo mamá, sin tu amor y apoyo incondicional nada de esto sería posible, tú siempre serás mi ejemplo a seguir, Te amo. A mi hermano Santiago Melitón Ramírez Montejo por estar siempre apoyándome en todo momento.

Agradezco a la institución que me ayudo a adquirir todos conocimientos nuevos para mi formación profesional la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco en especial a la División Académica de Ciencias Biológicas (DAC-Biol), por darme el honor de pertenecer a esta privilegiada institución

A Juan Manuel Nava Flores, con quien e compartido algunas etapas de mi vida y siempre me ha apoyado en todo momento, ha estado conmigo incluso en los momentos más difíciles, motivándome ,ayudándome, gracias por todo tu apoyo.

A mis amigos, el team "Netas divinas" a Lalo, Janeth, Susi y Monse quiénes desde que los conocí siempre me apoyaron, explicándome temas que no entendía, trabajando en equipo y haciendo que mis días en la universidad fueran mejores, y estuvieran llenos de risas y buenos momentos a su lado.

Además de agradecerle a todas estas personas les dedico mi tesis con todo mi amor y cariño.

Agradezco al maestro Ernesto Rodríguez mi asesor de Tesis, quien admiro mucho y agradezco el apoyo brindado en todo momento, quien confió en mí y me brindó sus conocimientos.

Agradezco a mis sinodales por todo su apoyo, por dedicarle tiempo a mi trabajo y darme sus consejos y correcciones para hacer de este trabajo uno mejor.

Muchas gracias a todos por ser parte de esta bonita etapa, por darme su apoyo y confiar en mí.

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>3. ANTECEDENTES.....</b>	<b>4</b>
3.1 El plátano como especie de importancia agrícola.....	4
3.1.1 El cultivo de plátano en México y Tabasco .....	6
3.2 La especie <i>Hyalella</i> azteca y los bioensayos toxicológicos.....	11
3.3 Investigación sobre agroquímicos en Tabasco.....	14
<b>4. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....</b>	<b>16</b>
<b>5. OBJETIVOS .....</b>	<b>18</b>
5.1 Objetivo General .....	18
5.2 Objetivos Específicos.....	18
<b>6. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>19</b>
6.1 Propiedades Toxicológicas de Diazinón.....	19
6.2 Sistograma metodológico .....	21
6.3 Actividades de campo.....	22
6.4 Actividades de Laboratorio .....	24
6.5 Actividades de gabinete.....	30
<b>7. RESULTADOS.....</b>	<b>37</b>
7.1 Análisis Estadístico.....	37
7.2 Descripción del Análisis Probit.....	37
7.3 Resultados del Bioensayo .....	38
7.4 Gráficos de resultados.....	40
<b>8. DISCUSIÓN.....</b>	<b>49</b>
<b>9. CONCLUSIONES.....</b>	<b>54</b>
<b>10 LITERATURA CITADA.....</b>	<b>55</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Producción histórica del plátano en México. Periodo 1980-2018. Tomado de CEDRSSA, 2019 .....	6
Fig. 2 Producción semanal de plátano y consumo de agua en la Empacadora Chula Banana de Teapa, Tabasco. Período 2014-2016. Tomado de Rodríguez, 2018.....	9
Fig. 3 Fotografía del crustáceo <i>Hyaella azteca</i> empleado en la investigación .....	11
Fig. 4 Distribución geográfica reportada en la literatura nacional, Tomado de Marrón Becerra, 2017 .....	12
Fig. 5 Ubicación de la laguna Esmeralda respecto al área urbana de la Ciudad de Villahermosa, Tabasco, Tomado de Google Earth, 2022.....	17
Fig. 6 Fórmula química del Diazinón. Tomado de Whitacre, 2010.....	19
Fig. 7 Sistegrma Metodológico de la investigación .....	21
Fig. 8 Laguna Esmeralda .....	22
Fig. 9 Muestras de Lirio Acuático ( <i>Eichhornia crassipes</i> ).....	23
Fig. 10 Protección de muestras .....	23
Fig. 11 Crustáceo <i>Hyaella Azteca</i> (macho), Tomado de García, 2010.....	25
Fig. 12 Crustáceo <i>Hyaella Azteca</i> (hembra), Tomado de García, 2010 .....	25
Fig. 13 Extracción de raíz del Lirio acuático.....	26
Fig. 14 Observación estereoscópica y examen de la Raíz. ....	27
Fig. 15 Traslado de los organismos encontrados en la raíz. ....	28
Fig. 16 Ejemplar del crustáceo <i>Hyaella Azteca</i> .....	29
Fig. 17 Datos muestreo 2018-2019 .....	31
Fig. 18 Muestras para la prueba toxicológica .....	34
Fig. 19 Dosificación de las concentraciones de Diazinón en las muestras .....	35
Fig. 20 $DL_{50}$ y tiempo de mortalidad para la dosis Extrapolada (0.05 ml).....	41
Fig. 21 $DL_{50}$ y tiempo de mortalidad para la dosis de 0.1 ml .....	41
Fig. 22 $DL_{50}$ y tiempo de mortalidad para la dosis de 0.2 ml .....	42
Fig. 23 $DL_{50}$ y tiempo de mortalidad para la dosis de 0.3 ml.....	42
Fig. 24 $DL_{50}$ y tiempo de mortalidad para la dosis de 0.4 ml .....	43
Fig. 25 Resultados Probit obtenidos para un tiempo de 5 min.....	44
Fig. 26 Resultados Probit obtenidos para un tiempo de 10 min.....	45
Fig. 27 Resultados Probit obtenidos para un tiempo de 15 min.....	45
Fig. 28 Resultados Probit obtenidos para un tiempo de 20 min.....	46
Fig. 29 Resultados Probit obtenidos para un tiempo de 25 min.....	46
Fig. 30 Resultados Probit obtenidos para un tiempo de 30 min.....	47
Fig. 31 Resultados Probit obtenidos para un tiempo de 35 min.....	47
Fig. 32 Resultados Probit obtenidos para un tiempo de 40 min.....	48
Fig. 33 Diferentes mecanismos de transporte de los plaguicidas en el medio ambiente, Tomado de Aronzon, 2013.....	50
Fig. 34 Equipo de protección personal, Tomado de CASAFE, 2017 .....	53

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Entidades productoras de plátano y producción en Toneladas (Informe Anual 2018).....	7
Tabla 2. Superficie municipal sembrada con plátano en Tabasco 2018-2021 .....	8
Tabla 3. Descripción limnológica de la laguna Esmeralda, Tabasco, México. ....	16
Tabla 4. Propiedades fisicoquímicas y toxicológicas del agroquímico Diazinón (AGROformuladora Delta, 2018). ....	20
Tabla 5. Datos muestreo temporal .....	30
Tabla 6. Distribución de soluciones de Diazinón en los Vasos de Precipitado.....	35
Tabla 7. Resultados de mortalidad del Bioensayo toxicológico 06/10/22 .....	39
Tabla 8. Resultados de mortalidad de los bioensayos con Hyalella azteca y una dosis extrapolada .....	39

## 1. INTRODUCCIÓN

El uso indiscriminado y extenso de plaguicidas se ha convertido en un problema ambiental y de salud a nivel mundial de mayor importancia. En las plantaciones agrícolas, este problema va en aumento debido a la necesidad de un control intensivo de las plagas agrícolas (Hernández *et al.*, 2022).

De acuerdo con un reporte reciente de CEDRSSA (2019) el cultivo de plátano y sus diversas variedades en México se concentra en dos entidades del país, Chiapas y Tabasco, los cuales abarcan en conjunto cerca del 54.4% de la producción anual. En ambas entidades, como en otras 14 en las que se cultiva plátano en el país, el cultivo y la producción de este fruto tropical, está basado en el uso extensivo de diversas sustancias químicas para el control de diversas plagas.

En particular el Estado de Tabasco, es la entidad donde se registra el segundo lugar en superficie sembrada y producción de banano en el ámbito nacional, lo cual se obtiene en diversas plantaciones de entre 40 y 180 ha, que a su vez llevan la producción a las empacadoras del producto para su comercialización nacional o para exportación.

Se puede señalar que el cultivo de plátano se realiza en países y regiones tropicales del orbe y en las plantaciones es muy peculiar el emplear diversos tipos de sustancias químicas, como los plaguicidas, que reducen los daños y las pérdidas ocasionados por malezas o las enfermedades que se puedan encontrar en estos.

El listado es muy grande acerca de los diferentes tipos de agroquímicos empleados en las plantaciones de plátano de México, en los que se suelen incluir diversos tipos de Insecticidas, Herbicidas y Fungicidas, y los orientados al control de diversas especies de insectos destacan algunos como: Carbofurano, Aldicarb, Clorpirifos (empleado en el embolsamiento del fruto), Dimetoato y Diazinón entre otros (CICOPLAFEST, 1991).

La EPA (2022) define como pesticida a cualquier sustancia o mezcla de sustancias cuyo objetivo es:

- La prevención o control de una plaga, inclusive su destrucción.
- Suele utilizarse para regular el crecimiento de las plantas.

Por su empleo en el cultivo de plátano, en la presente investigación se realizaron bioensayos de toxicidad aguda con el insecticida organosforado Diazinón, cuyos efectos fueron evaluados mediante pruebas eco toxicológicas usando un anfípodo de la especie crustácea *Hyalella Azteca S.I*, para esta investigación se colectaron especímenes de este organismo en una laguna cercana a la ciudad de Villahermosa.

La evaluación de los efectos de este plaguicida organofosforado ayudo a conocer cómo los organismos acuáticos podrían verse afectados por este tipo de sustancias químicas de uso generalizado en el cultivo de plátano, para el control de diversos insectos-plaga.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Derivado de un listado de COFEPRIS en donde se exponen 39 agroquímicos empleados en el estado de Tabasco para el cultivo de plátano, 11 son insecticidas entre ellos Diazinón, 18 sustancias se emplean como fungicidas incluso con fumigación aérea y otros dos incluyen a un nematocida y un acaricida. Pero la importancia de la elección del diazinón como sustancia de prueba en este estudio es que también se usa en cultivos de caña de azúcar y naranja según COFEPRIS (ver Anexo 1) y se usa comúnmente en cultivos de plátano a una dosis de 150 ml/100 L de agua entre aplicaciones.

Respecto al organismo que se empleó en los bioensayos, se debe mencionar que el crustáceo *Hyaella azteca* S.I. es un invertebrado de amplia distribución en el estado de Tabasco, incluso en las cercanías de la ciudad de Villahermosa se puede encontrar en ríos o arroyos, como en pequeñas lagunas o incluso lagos artificiales de excavación de arena.

### 3. ANTECEDENTES

#### 3.1 El plátano como especie de importancia agrícola

El plátano (*Musa spp.*) que es originario de África y del sureste asiático, es un cultivo de importancia económica, industrial, social, cultural y ambiental (Díaz, 2006). En los últimos años en México, se ha observado una tendencia creciente en la producción, siendo el estado de Chiapas el principal productor seguido de Tabasco, las Regiones del Soconusco en Chiapas y La Sierra en el municipio de Teapa en Tabasco, presentan los más altos niveles de superficie sembrada y de producción (BananoTecnica, 2019).

Para el sureste de México Gutiérrez y Burgos (2012) han reportado 73 especies para la Familia Musácea, de las cuales 65 pertenecen al género *Musa* y ocho al género *Ensete*. Todas las especies de esta Familia Neotropical presentan los siguientes rasgos o atributos anatómicos:

- Son plantas arborescentes con tallo subterráneo, corto y grueso denominado cormo, este se forma por vainas foliares que se encuentran sobrepuestas de tal manera que cubre el escapo floral.
- Presentan las hojas basales más grandes del Reino Vegetal.
- Con inflorescencias terminales en su época de floración, con tirsos erectos o colgantes, de 12-20 flores.

El fruto es una baya alargada de color verde, que entre los 80 y 150 días adquiere una coloración amarilla al madurar (Gutiérrez y Burgos, 2012).

Las enfermedades fitosanitarias del plátano están asociadas a las condiciones de humedad en las plantaciones debido a las temperaturas tropicales húmedas y las condiciones de evaporación que muchas veces requieren riego. La fuente del suministro del agua para riego en el estado de Tabasco proviene de pozos de abastecimiento subterráneo (Rodríguez, 2018).

En el cultivo del plátano existe empleo de sustancias insecticidas para diversos procesos agro-culturales, entre ese listado de COFEPRIS destacan el Abamectina, Aldicarb, Carbofuran, Dimeotoato, Etoprofos y Diazinón, entre las de mayor relevancia y uso (Ver el Anexo 1).

El beneficio del plátano después de la cosecha incluye una serie de actividades que se realizan en las denominadas empacadoras de plátano, en las cuales se seleccionan y lavan los frutos, siguiendo protocolos especiales, que pueden poner al productor en contacto directo o indirecto con los agroquímicos empleados antes de la cosecha y durante el empaque.

La taxonomía de *Musa* L. 1753 se describe a continuación:

**Reino:** *Plantae*

**Subreino:** *Tracheobionta*

**División:** *Magnoliophyta*

**Clase:** *Liliopsida*

**Orden:** *Zingiberales*

**Familia:** *Musacea*

**Subfamilia:** *Sterculiaceae*

**Género:** *Musa* L. 1753

**Especies:** *Musa paradisiaca* (Plátano macho)

*Musa cavendishii* (Plátano comestible)

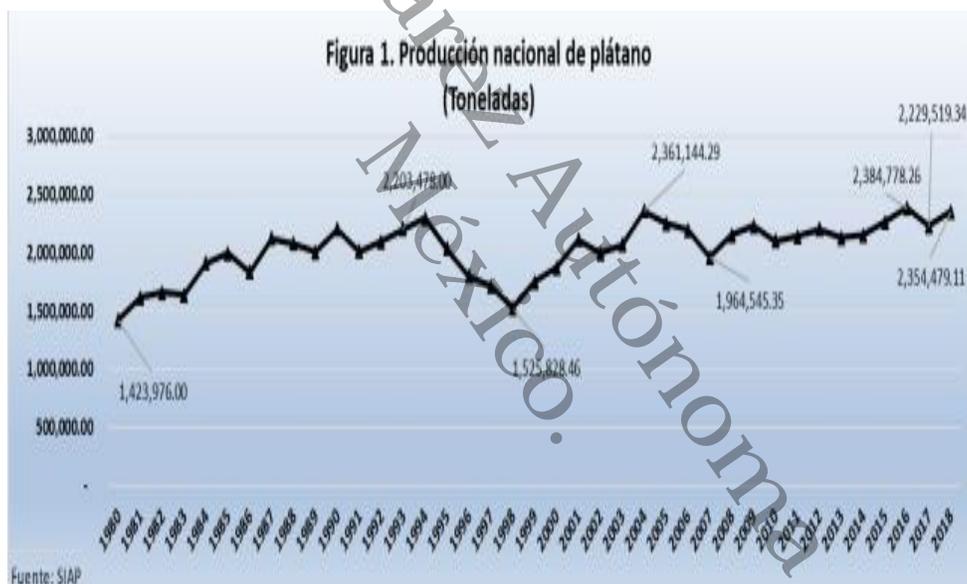
*Musa acuminata* (Plátano malayo) (García, 2021).

Se debe señalar que, aunque de región a región, el cultivo del plátano puede realizarse con el uso de variedades especiales de un país tropical a otro, existen tres especies cultivables: el denominado plátano macho (de la especie *Musa paradisiaca*), el que produce los frutos más grandes y comestibles con diversos procedimientos de cocción; el banano o plátano comestible como fruta o postre de manera directa (de la especie *Musa cavendishii* y con varias variedades y tamaños)

y el plátano malayo (que pertenece a la especie *Musa acuminata*) (Nadal et al, 2009).

### 3.1.1 El cultivo de plátano en México y Tabasco

La producción nacional de plátano ha fluctuado históricamente con tendencia hacia el incremento (ver Figura 1), así en el año 1980 se reportan un millón 424 mil toneladas mientras que en 2018 alcanzó 2 millones 355 toneladas. De esa manera, la Tasa Media de Crecimiento Anual (TMCA) de la producción fue de 1.3% para ese mismo período (CEDRSSA, 2019).



**Fig. 1 Producción histórica del plátano en México. Periodo 1980-2018. Tomado de CEDRSSA, 2019.**

Son 16 las entidades del país en las que se cultiva plátano y sus variedades, destacando con cerca del 84% de la producción, Chiapas, Tabasco, Veracruz, Colima y Jalisco (Ver tabla 1) (CEDRSSA, 2019).

**Tabla 1. Entidades productoras de plátano y producción en Toneladas  
(Informe Anual 2018).**

<b>Estado</b>	<b>Producción</b>	<b>(%)</b>
Chiapas	697,931.6	29.643
Tabasco	608,211.7	25.832
Veracruz	281,784.6	11.968
Colima	206,696.8	8.779
Jalisco	176,339.6	7.490
Michoacán	160,096.5	6.800
Guerrero	78,247.8	3.323
Oaxaca	62,311.1	2.646
Puebla	36,943.2	1.569
Nayarit	31,088.7	1.320
Quintana Roo	11,507.5	0.489
Campeche	1,393.9	0.059
Yucatán	1,277.6	0.054
Morelos	339.0	0.014
México	241.2	0.010
Hidalgo	68.4	0.003
<b>Total</b>	<b>2,354,479.1</b>	<b>100.000</b>

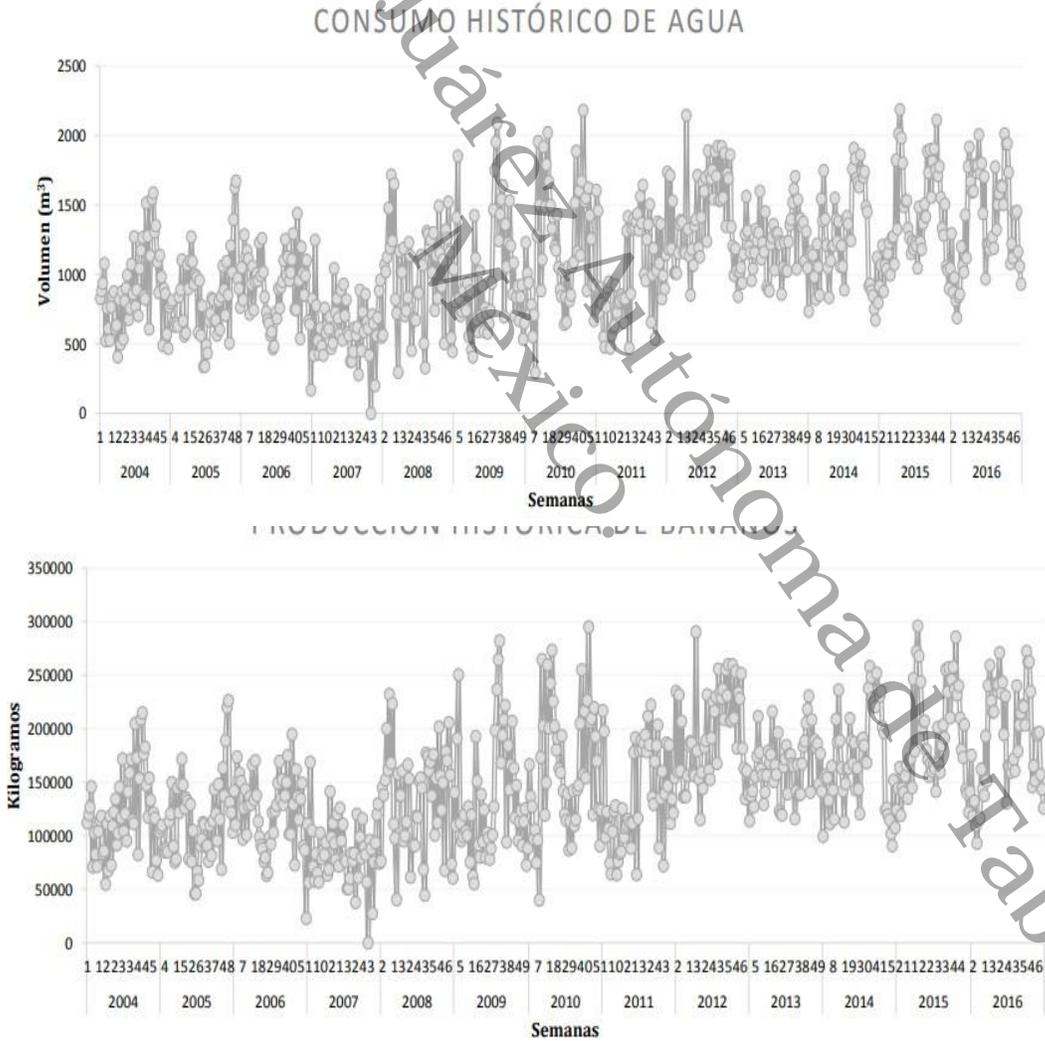
Respecto al estado de Tabasco, segundo productor de plátano en la República Mexicana, este fruto se cultiva en siete municipios de las Regiones Chontalpa y Sierra según datos de la SIAP, siendo el municipio de Teapa en la Sierra el de mayor superficie sembrada, seguido de Cunduacán en La Chontalpa, ambos municipios abarcan alrededor del 92.4% del área sembrada con este cultivo en la entidad (Ver tabla 2).

**Tabla 2. Superficie municipal sembrada con plátano en Tabasco 2018-2021.**

MUNICIPIO	SUPERFICIE SEMBRADA CON PLÁTANO (HA)			
	2018	2019	2020	2021
Cárdenas	143	143	143	143
Centro	850	877	877	880
Cunduacán	1715	1715	1715	1715
Huimanguillo	461	461	461	461
Jalapa	330	330	340	340
Tacotalpa	668.85	668.85	708.85	708.85
Teapa	7339.57	7439.57	7439.57	7439.57
<b>REGION CHONTALPA</b>	<b>2319</b>	<b>2319</b>	<b>2319</b>	<b>2319</b>
<b>% R. CHONTALPA</b>	<b>20.2</b>	<b>19.9</b>	<b>19.8</b>	<b>19.8</b>
<b>REGION SIERRA</b>	<b>8338.4</b>	<b>8438.4</b>	<b>8488.4</b>	<b>8488.4</b>
<b>% REGION SIERRA</b>	<b>72.5</b>	<b>72.5</b>	<b>72.6</b>	<b>72.6</b>
<b>TOTAL EN TABASCO</b>	<b>11507.4</b>	<b>11634.4</b>	<b>11684.4</b>	<b>11687.4</b>

Es en las localidades y ecosistemas de estos siete municipios de tres regiones de la entidad, en donde el uso de agroquímicos en el plátano permite identificar la mayor sensibilidad en términos de los efectos tóxicos entre la población tabasqueña y los ambientes edáficos y acuáticos que reciben esta carga tóxica.

Otro aspecto que es adecuado mencionar es que la producción y el beneficio de plátano en la entidad, realizado en más de 70 empacadoras presentes en la entidad, se realiza durante todo el año en las 56 semanas de cada ciclo anual, empleándose un volumen de agua adicional al empleado para el riego de esta plantación perenne. Considerando los datos históricos semanales de la Empacadora Chula Banano, en la Figura 2 se presentan la tendencia semanal de producción de plátano y el consumo de agua para los propósitos de empaque de este producto para exportación (Rodríguez, 2018).



**Fig. 2 Producción semanal de plátano y consumo de agua en la Empacadora Chula Banana de Teapa, Tabasco. Período 2014-2016. Tomado de Rodríguez, 2018.**

El plátano es uno de los cultivos tropicales que se asocia a una gran cantidad de plagas de esta plantación en el mundo, cuya propagación depende de prácticas agropecuarias inadecuadas. Para el estado de Tabasco son cinco los principales insectos plaga en el cultivo del plátano: el picudo negro (*Cosmopolites sordidus*), los Trips (*Frankiniela p rvara* y *Chaetanophoytrips*), varias especies de  caros (*Tetranychus spp.*), dos especies de áfidos (*Aphys gossypii* y *Maydis sp.*) y la chinche de la especie *Planococcus citri* (ICA, 2012).

A estas especies se pretende controlar con el uso de diversos insecticidas, como es el caso del agroquímico Diazinón, que fue empleado en esta investigación ecotoxicológica.

Se debe así considerar que en todas las etapas de desarrollo del cultivo de plátano se pueden presentar plagas de insectos, que suelen causar pérdida de cosecha y el rechazo de esta fruta para exportación. Los daños en el cultivo, por efecto de las diversas especies de insectos plaga se pueden manifestar en el debilitamiento de las plantas o en decoloraciones en las hojas (Redagr cola, 2020).

### 3.2 La especie *Hyaella azteca* y los bioensayos toxicológicos

En la Figura 3 se muestra imagen del crustáceo que fue empleado para las pruebas de ecotoxicidad con el agroquímico del plátano Diazinón. Este invertebrado acuático de agua dulce está muy extendido en el estado de Tabasco, habiéndose recolectado en lagunas continentales aproximadamente en 18 ubicadas en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, siendo la especie dominante en troncos hundidos (Montalvo *et al.*, 2010), pero también se le puede encontrar en lagunas urbanas cercanas a la Ciudad de Villahermosa, Tabasco (Sánchez *et al.*, 2012).



**Fig. 3 Fotografía del crustáceo *Hyaella azteca* empleado en la investigación.**

La clasificación taxonómica de la especie *Hyaellidae* con especies endémicas y de amplia distribución en el continente americano se presenta de la siguiente manera:

**Phylum:** *Artrópoda*

**Subphylum:** *Crustácea*

**Clase:** *Malacostraca*

**Orden:** *Amphipoda*

**Suborden:** *Senticaudata*

**Superfamilia:** *Talitroidea*

**Familia:** *Hyaellidae*

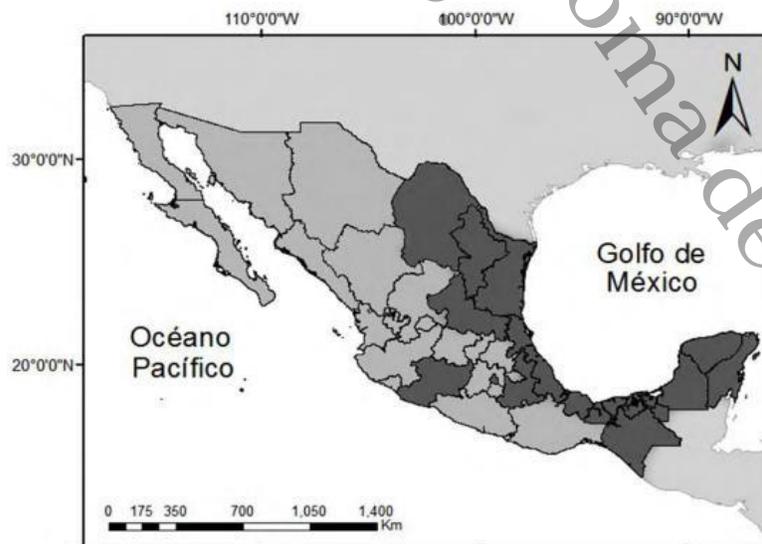
**Género:** *Hyaella* S.I.

**Especie:** *Hyaella azteca* (Arzola *et al.*, 2010).

En América del Norte se han descubierto “complejos aztecas” que integran especies fenotípicamente similares, pero pequeñas diferencias morfológicas o genéticas complican la demarcación entre especies (Marrón Becerra, 2017).

*Hyaella azteca* fue descrita por primera vez como *Amphipoda Latreillei* por Saussure en 1802 y redescrita como *Hyaella azteca* por González y Watling (2002).

Esta especie se reporta actualmente en la literatura científica en 13 estados de la República Mexicana: Michoacán, Nuevo León, Puebla, Coahuila, Ciudad de México, Veracruz, Tabasco, Campeche, Chiapas, San Luis Potosí, Yucatán, Tamaulipas y Quintana Roo (Ver Figura 4) (Marrón, 2017). Violante Huerta (2020), también informó sobre el estado de Morelos.



**Fig. 4** Distribución geográfica reportada en la literatura nacional, Tomado de Marrón Becerra, 2017.

Väinölä *et al.*, (2008) reportan que de las cuatro familias de anfípodos pertenecientes a la superfamilia Talitroidea, la familia Hyalellidae integra el mayor número de especies, principalmente en el Neotrópico, con alrededor de 84 especies descritas actualmente reportadas, distribuidas en 36 secciones ubicadas en América del Sur (De los Ríos *et al.* 2012).

En particular, el crustáceo *Hyalella azteca*, cuya longitud puede alcanzar los 8-9 mm, tiene reproducción sexual, se alimenta de algas y desechos orgánicos, al igual vive en aguas epigeas y en ambientes lóticos y lénticos incluso cercanos a áreas urbanizadas, se le puede ver en las raíces de las plantas acuáticas donde se esconde de los depredadores (Waller, 2023).

Aunque en México no existen regulaciones para el uso de *Hyalella azteca* en pruebas eco toxicológicas, esta especie se utiliza en Estados Unidos bajo estándares y protocolos experimentales para la evaluación de toxicidad en sedimentos acuáticos (EPA, 2000). La investigación descrita es adecuada para tales evaluaciones en varios países de América utilizando otras especies de *Hyalella* (Mac Loughlin, 2015).

Siguiendo el protocolo mencionado, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos al seleccionar los organismos para las pruebas toxicológicas:

- La sensibilidad a las sustancias tóxicas.
- Relevancia ambiental.
- Tiempos cortos de exposición y generación.
- Facilidad en el cultivo y mantenimiento en el laboratorio.
- Facilidad de identificación Taxonómica.
- Importancia ecológica.
- Localización geográfica en términos del sitio de estudio.
- Compatibilidad con la metodología del ensayo (Mac Loughlin, 2015).

Por su distribución sudamericana se ha empleado para evaluaciones toxicológicas con plaguicidas a *Hyalella curvispina* (Jergentz *et al.*, 2004) cuyo protocolo de bioensayo se establece años más tarde por Peluso *et al.*, (2011).

Particularmente, la especie *Hyalella azteca* se ha empleado como organismo prueba en pruebas toxicológicas con los agroquímicos Endrin, Methoxichlor y Endosulfan, por You *et al.*, (2004).

De la misma manera, *Hyalella azteca* fue empleada como especie centinela para evaluar la mitigación de la mezcla de los agroquímicos Atrazina, Metholachlor y Fipronil en un humedal húmico (Lizotte *et al.*, 2009). Más recientemente Walsh *et al.*, (2019) señalaron la utilidad de la especie *Hyalella azteca* para evaluar toxicidad con aguas epigeas de baja carga iónica.

### **3.3 Investigación sobre agroquímicos en Tabasco**

En el estado de Tabasco, entre los estudios realizados sobre plaguicidas, podemos mencionar a Hernández Acosta (2012), quien diagnosticó el uso de plaguicidas en el cultivo de la caña de azúcar en el municipio de Cárdenas, Tabasco.

De la misma manera, Jiménez León (2013) realiza el diagnóstico situacional del uso de plaguicidas del cacao en varias asociaciones de productores del municipio de Comalcalco y López Ocaña (2013) revisa la seguridad y el manejo de Equipos de Protección Personal entre los trabajadores de asociaciones de productores de cacao también del municipio de Comalcalco, Tabasco.

Sin embargo, dentro de la aplicación de bioensayos en relación con tóxicos de origen petrolero, también importantes en la entidad, se puede mencionar el uso de las especies de Crustáceos Cladóceros de agua dulce *Simocephalus mixtus* y *Daphnia magna* (Martínez *et al.*, 2008).

Sobre agroquímicos del plátano y el manejo de agua residual de una empacadora de banano, se puede mencionar el trabajo de Rodríguez Santos (2018) y sobre el análisis situacional del uso de agroquímicos en el cultivo de plátano mediante métodos de análisis FODA el trabajo de investigación de Hernández Cervantes *et al.*, (2022).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

#### 4. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Los organismos del crustáceo *Hyalella azteca* utilizados en este estudio fueron colectados de la denominada Laguna Esmeralda, ubicada cerca de la ciudad de Villahermosa, junto a la carretera Villahermosa-Nacajuca. Para la descripción del ecosistema lacustre, la información limnológica de la cuenca lacustre se presenta en la Tabla 3.

**Tabla 3. Descripción limnológica de la laguna Esmeralda, Tabasco, México.**

<b>NOMBRE</b>	Laguna Esmeralda
<b>ORIGEN</b>	Excavación de Arena
<b>LATITUD</b>	18°02'16.2"N
<b>LONGITUD</b>	92°55'57.08"O
<b>ALTITUD</b>	7 m.s.n.m.
<b>AREA SUPERFICIAL</b>	93822.32 m <sup>2</sup>
<b>PERIMETRO</b>	1462.62 m
<b>LONGITUD MAXIMA</b>	480.55 m
<b>ANCHURA MAXIMA</b>	289.72 m
<b>RELACION LARGO/ANCHO</b>	1.66
<b>TIPO DE MEZCLA</b>	Completa
<b>TRANSPARENCIA PROMEDIO</b>	0.68 m
<b>PROFUNDIDAD MAXIMA</b>	9.75 m
<b>PROFUNDIDAD PROMEDIO</b>	6.26 m
<b>pH PROMEDIO</b>	8.49
<b>CONDUCTIVIDAD PROMEDIO</b>	569 micro S/cm
<b>TEMP. SUPERFICIAL PROMEDIO</b>	28.83°C

En la Figura 5 muestra la ubicación de la laguna Esmeralda en relación con la expansión de la ciudad de Villahermosa, capital del estado de Tabasco, el crustáceo *Hyalella azteca* fue colectado en este ecosistema urbano en cantidades suficientes para realizar estudios toxicológicos mediante la prueba agroquímica del diazinón.



**Fig. 5 Ubicación de la laguna Esmeralda respecto al área urbana de la Ciudad de Villahermosa, Tabasco, Tomado de Google Earth, 2022.**

## 5. OBJETIVOS

### 5.1 Objetivo General

- Determinar la toxicidad del agroquímico Diazinón del Plátano (*Musa spp L.*), mediante bioensayos con la especie del crustáceo *Hyaella azteca* en Centro, Tabasco, México.

### 5.2 Objetivos Específicos

- Realizar el protocolo de bioensayos con el uso de *Hyaella azteca* y el efecto del agroquímico del plátano Diazinón.
- Determinar la mortandad del crustáceo *Hyaella Azteca* con diferente concentración y exposición del Diazinón en los bioensayos.
- Proponer evaluación técnica práctica para medir la toxicología del Diazinón en laboratorio.

## 6. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1 Propiedades Toxicológicas de Diazinón

Diazinón es un insecticida organofosforado, no sistémico, que se empezó a comercializar para el control de plagas en cultivos en el año de 1952, y cuyos riesgos toxicológicos todavía se están evaluando, no obstante, ello en los Estados Unidos quedó prohibido su uso pues se reportaron sus efectos sobre el peso y la talla de bebés expuestos a esta sustancia. Aún con su prohibición desde hace más de 20 años en los Estados Unidos (EPA, 2018)., en Latinoamérica su uso es amplio y particularmente en el estado de Tabasco, se emplea para el control de insectos en las plantaciones plataneras.

La fórmula química y la estructura molecular de este agroquímico organofosforado se describen a continuación:

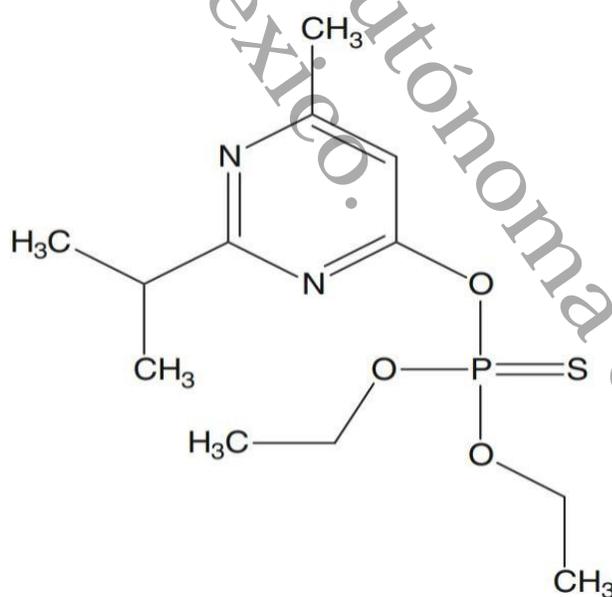


Fig. 6 Fórmula química del Diazinón. Tomado de Whitacre, 2010.

En la Tabla 4 se presenta el concentrado de información toxicológica básica sobre el Diazinón, así como la descripción de sus propiedades fisicoquímicas, como las dosis de aplicación y comercialización de este insecticida en relación con el cultivo de plátano en Tabasco.

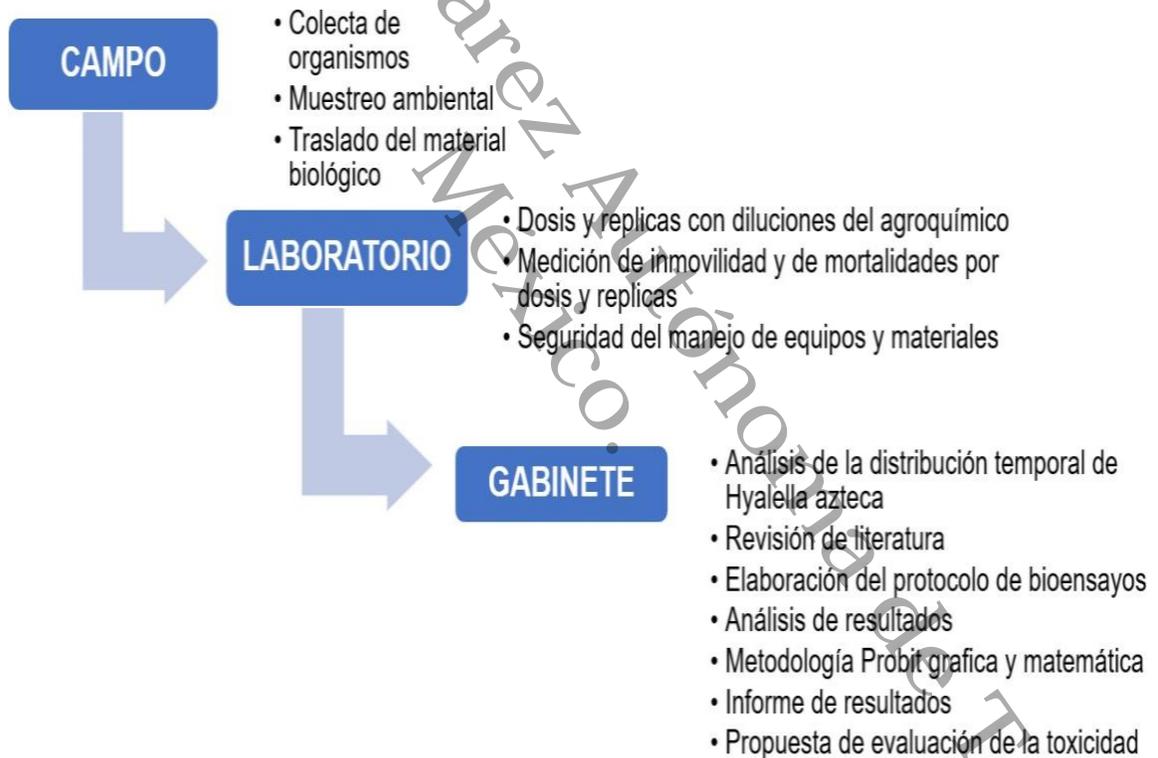
**Tabla 4. Propiedades fisicoquímicas y toxicológicas del agroquímico Diazinón (AGROformuladora Delta, 2018).**

<b>Nomenclatura</b>	Diazinón
<b>Nombre IUPAC</b>	O,O-dietil O-2-isopropil-6-metilpirimidin-4-il fosforotioato
<b>Número CAS</b>	333.41-5
<b>Tipo</b>	Insecticida, Acaricida
<b>Clasificación</b>	Organofosforado
<b>Usos</b>	Agrícola, urbano, industrial, pecuario, doméstico
<b>Peso Molecular</b>	304.35 g/mol
<b>Formula Química</b>	C <sub>12</sub> H <sub>21</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub> PS
<b>Densidad Relativa</b>	1.116-1.118 a 20°C
<b>Punto de Ebullición</b>	83 y 84 °C
<b>Punto de Fusión</b>	120°C
<b>Dosis de Aplicación en Plátano</b>	1-1.5 ml/100 L de agua
<b>Coefficiente de Henry</b>	1.17 x 10 <sup>-6</sup> atm/m <sup>3</sup> /mol a 20°C
<b>Presión de vapor</b>	9.01 x 10 <sup>-7</sup> mmHg a 23°C
<b>Solubilidad en Agua</b>	40 mg/L a 25°C
<b>Persistencia</b>	Moderada (hasta un año)
<b>Vida Media</b>	60-120 días
<b>Coefficiente de Reparto Kow</b>	3.69 Alta afinidad para agua
<b>Coefficiente de Reparto Koc</b>	60 Adsorción en suelo
<b>Toxicidad</b>	Riesgo Grave para vida silvestre
<b>Muy Tóxico</b>	Para peces e invertebrados

<b>Factores de Toxicidad</b>	Toxicidad se incrementa con la Temperatura
<b>Grado de Toxicidad</b>	Ligeramente peligroso

## 6.2 Sistograma metodológico

El presente estudio es experimental y se basa en el esquema metodológico descrito en la figura. 7. En principio, integra métodos y actividades de campo, laboratorio y gabinete, que se describirán con más detalle más adelante.



**Fig. 7 Sistograma Metodológico de la investigación.**

### 6.3 Actividades de campo

Para la colecta de los individuos de esta especie se utilizaron varios materiales con los cuales se obtuvieron sustratos vegetales de *Eichhornia crassipes* (lirio acuático).

#### 6.3.1 Material de recolecta de muestra

- 2 cubetas de 20 L
- Ligas medianas
- 2 bolsas de plástico transparentes de 60 x 90 cm

#### 6.3.2 Metodología de Campo

Las muestras fueron tomadas en la Laguna Esmeralda ubicada en el estado de Tabasco, ecosistema lacustre que está situado en la Colonia Saloya 2da sección, con fecha y hora de colecta el día 4 de diciembre a las 10:30 de la mañana.



Fig. 8 Laguna Esmeralda.

Se extrajeron especímenes de la planta Lirio Acuático (*Eichhornia crassipes*) en diversos puntos de la Laguna, para lo cual se usaron cubetas en las que se introdujeron las muestras de plantas y agua de la laguna.



**Fig. 9 Muestras de Lirio Acuático (*Eichhornia crassipes*).**

Estas muestras fueron protegidas con bolsas de plástico transparente y ligas, esto para un mejor traslado hasta el sitio de realización de las pruebas.



**Fig. 10 Protección de muestras.**

#### 6.4 Actividades de Laboratorio

De acuerdo con Florencia Colla (2015) el género *Hyaella* presenta una estructura anatómica con tres regiones: la cabeza o cefalón (en la que se pueden distinguir un par de ojos sésiles y dos pares de anténulas), el tórax o pereion (compuesto por siete segmentos y un par de gnatopodos anteriores y 5 pares de pereiopodos) y el abdomen (dividido en pleosoma y urosoma o telson (compuesto por tres pares finales de uropodos).

La separación y cuantificación de los organismos del crustáceo *Hyaella azteca* se realizó en el laboratorio con el uso de Estereoscopio (con aumento de 10x) y el lavado y tamizado del material proveniente de la colecta de las plantas vasculares acuáticas.

Siguiendo este procedimiento de separación y cuantificación en cada muestra de planta vascular, se identificaron los siguientes tipos de organismos de *Hyaella azteca*:

- Juveniles: con tallas entre 3-6 mm.
- Machos adultos: tallas de más de 6 mm y gnatopodos protuberantes.
- Hembras Adultas: entre 6-8 mm y gnatopodos más pequeños.
- Hembras ovigeras: con sacos ovigeros entre los segmentos del tórax.



Fig. 11 *Crustáceo Hyalella Azteca* (macho), Tomado de García, 2010.



Fig. 12 *Crustáceo Hyalella Azteca* (hembra), Tomado de García, 2010.

## 6.4.1 Metodología de Laboratorio

### 6.4.1.1 Extracción de organismos

Con las muestras y los especímenes una vez llegados al laboratorio, se procedió a realizar la separación y cuantificación de los organismos. Este proceso consistió en la extracción de las raíces de los Lirios, arrancando los tallos de las plantas, para así obtener solo la raíz y poder examinarlas.



Fig. 13 Extracción de raíz del Lirio acuático.

Se utilizaron vasos de precipitado de 1000 ml con agua de la Laguna donde se introdujo la raíz para su conservación durante la examinación. Para la cuantificación de los organismos del crustáceo *Hyalella azteca* presentes en las raíces, se utilizaron Cajas Petri donde con ayuda de Agujas de Disección se desmenuzaban las raíces. La muestra de raíz colocada en cada Caja Petri fue examinada en el Estereoscopio para una mejor apreciación de los organismos.



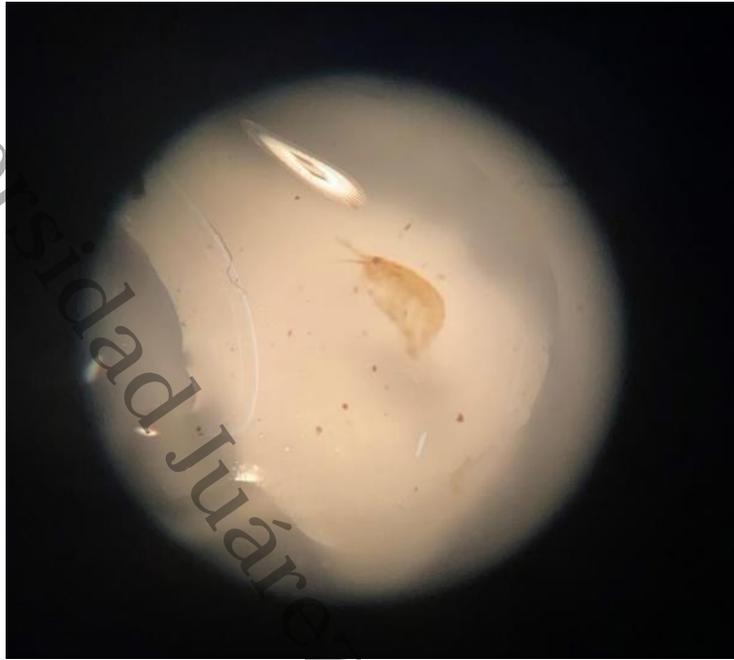
Fig. 14 Observación estereoscópica y examen de la Raíz.

En el proceso de extracción de los organismos encontrados en la raíz se usaron pinceles, debido a que así era más fácil la extracción y el cuidado de estos.



**Fig. 15 Traslado de los organismos encontrados en la raíz.**

Una vez identificados y separados los organismos de la especie crustáceo *Hyaella azteca* se almacenaron en recipientes de vidrio de 1 L que contenían agua proveniente del sitio de su colecta, hasta antes del inicio de cada ensayo toxicológico.



**Fig. 16 Ejemplar del crustáceo *Hyalella Azteca*.**

Se realizaron cinco replicas, entre estas el testigo no contiene dilución del tóxico y el rango de diluciones de las otras cuatro debe ir aumentando a partir de un nivel de concentración inicial.

## 6.5 Actividades de gabinete.

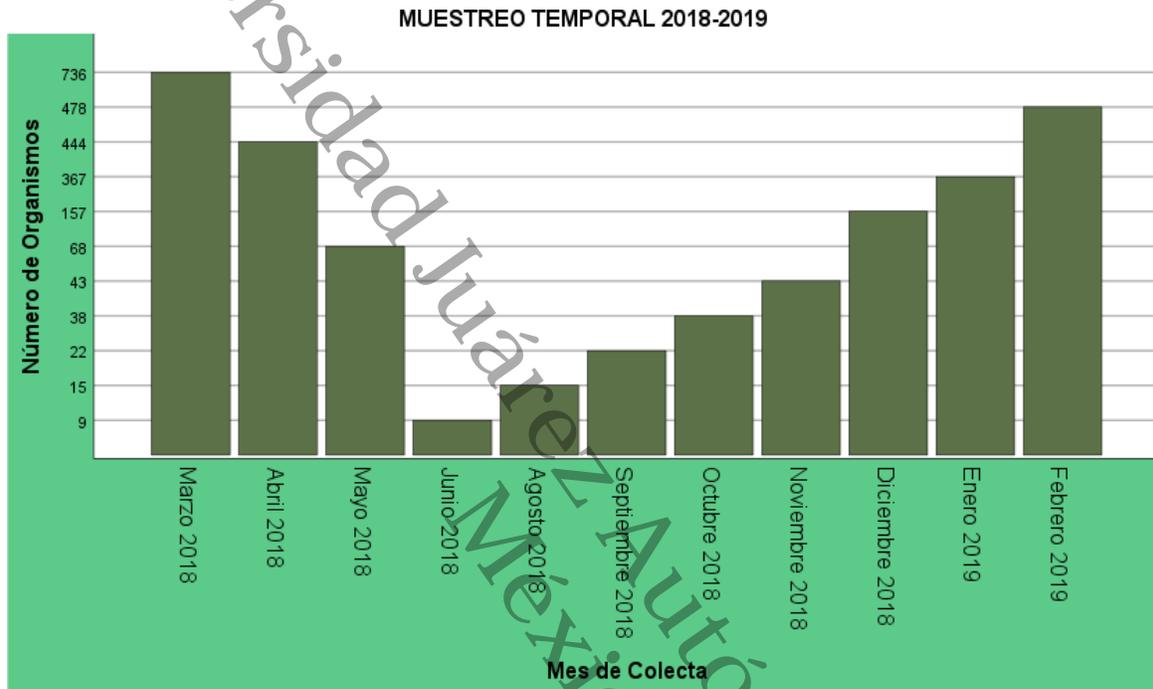
Para asegurar la cantidad adecuada de organismos prueba en este estudio, se monitoreó la distribución temporal del crustáceo *Hyaella azteca* en la Laguna Esmeralda.

De esa manera, de acuerdo con un muestreo temporal realizado por el M.C. Ernesto Rodríguez Rodríguez entre 2018 y 2019, se colectó el crustáceo *Hyaella azteca* en la laguna Esmeralda bajo el siguiente esquema mensual, que se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 5. Datos muestreo temporal.**

MES DE COLECTA	NÚMERO DE ORGANISMOS
Marzo de 2018	736
Abril de 2018	444
Mayo de 2018	68
Junio de 2018	9
Agosto de 2018	15
Septiembre de 2018	22
Octubre de 2018	38
Noviembre de 2018	43
Diciembre de 2018	157
Enero de 2019	367
Febrero de 2019	478

De esta manera, se anexa la siguiente gráfica donde se puede observar que, entre enero y marzo de cada año, se puede encontrar y recolectar una cantidad suficiente de crustáceos *Hyaella azteca* en Laguna Esmeralda.



**Fig. 17 Datos muestreo 2018-2019.**

Para el desarrollo de la presente investigación de carácter experimental, como parte de las actividades de gabinete se acopiaron y revisaron documentos sobre las siguientes temáticas:

- 1) Distribución geográfica del género *Hyaella*.
- 2) Biología y ecología de la especie *Hyaella azteca*.
- 3) Bioensayos toxicológicos realizados en agroquímicos con la especie referida.
- 4) Descripción de los procedimientos de seguridad relacionados con el manejo de esta especie como organismo test para ensayos toxicológicos.
- 5) Evaluación de la toxicidad con el uso de diversas especies de anfípodos.

Los bioensayos con el crustáceo *Hyalella azteca* se prepararon siguiendo las pautas de la EPA (2000). Este documento describe los requisitos básicos y experimentales en bioensayos para evaluar la toxicidad de los siguientes invertebrados en sedimentos: *Chironomus tentans*, *Lumbriculus variegatus* y *Hyalella azteca*.

Para los bioensayos aplicados con Diazinón en la presente investigación se habían considerado organismos prueba del crustáceo *Hyalella azteca* con el conjunto de tres tipos: juveniles, machos adultos y hembras adultas no ovigeras. Pero debido a que la colecta se realizó en uno de los meses en donde se puede encontrar un número menor de este tipo de organismos, se optó porque los organismos utilizados fueran un conjunto no segregado entre juveniles, machos y hembras.

El conjunto de estos organismos fue conformado de acuerdo con lo señalado para pruebas eco toxicológicas agudas, con al menos cinco diluciones del agrotóxico y un testigo sin agrotóxico, con 10 organismos en un volumen de agua de 1 L.

Las características de los test de prueba se describen con detalle a continuación:

<b>ORGANISMOS HYALELLA AZTECA</b>	
1	Testigo
2	Dilución 1
3	Dilución 2
4	Dilución 3
5	Dilución 4
6	Dilución 5
Volumen de cada Celda Prueba: 1 L	
Número de Organismos por Celda prueba: 10	
Variables de seguimiento: No. De Organismos Muertos e Inmóviles	
Intervalo de Tiempo: menos de 24 horas	

## **6.6 Bioensayos Toxicológicos**

### **6.6.1 Lugar de realización**

El presente estudio de toxicidad se realizó en el Laboratorio de Biología de la División Académica de Ciencias Biológicas ubicada en la Carretera Villahermosa-Cárdenas Km 0.5 S/N Entronque a Bosques de Saloya, teniendo en cuenta las medidas generales de seguridad en el laboratorio.

### **6.6.2 Materiales de Laboratorio**

- 1 Caja Petri
- 2 Agujas de disección
- 2 Pinceles chicos
- 1 Cedazo
- Estereoscopio
- 5 Vasos de precipitado de 1000 ml/ 1 L
- Aguja de Insulina de 0.5 ml
- Guantes
- Cubre bocas
- Agitador

### **6.6.3 Material Biológico**

- 50 organismos de *Hyalella azteca*

### **6.6.4 Reactivo**

- Recipiente de 250 mL de Diazinón

Los organismos que se utilizaron para los bioensayos fueron así un conjunto de organismos del crustáceo *Hyaella azteca*, se colocaron 10 ejemplares en cada vaso de precipitado con agua de la laguna con una capacidad de 1000 mL, se realizaron cinco réplicas de ensayos de las cuales una fue la testigo sin dilución de tóxico y las otras con el rango de diluciones en aumento a partir de un nivel inicial de concentración del Agrotóxico.



**Fig. 18 Muestras para la prueba toxicológica.**

En esta investigación al haber definido el rango de diluciones en las réplicas correspondientes, se evaluó la toxicidad con las mismas concentraciones para los organismos prueba del crustáceo *Hyaella azteca*, lo cual permitió evaluar los efectos del tóxico de una manera integral sobre la especie en seguimiento.

La EPA (2022) define la toxicidad como el grado en que una sustancia o mezcla de sustancias puede causar daño a humanos o animales según lo determinado por parámetros toxicológicos como DL50.

Para lo cual se dosificaron las réplicas con concentraciones del agroquímico Diazinón en cada uno de los Vasos de precipitado de 1 L. Durante el tiempo que duro cada prueba de toxicidad aguda no se le proporciono ningún tipo de alimento

a los organismos en evaluación. A cada recipiente de cristal con los organismos prueba se le agrego el volumen de dilución del agrotóxico correspondiente a cada réplica y test que se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 6. Distribución de soluciones de Diazinón en los Vasos de Precipitado.**

NÚMERO DE RÉPLICA	SOLUCIÓN DE DIAZINÓN (ml)	SOLUCIÓN DE DIAZINÓN (mg/ml)
Testigo	0	0
1	0.1	0.005664
2	0.2	0.011328
3	0.3	0.016992
4	0.4	0.022656



**Fig. 19 Dosificación de las concentraciones de Diazinón en las muestras.**

Los efectos toxicológicos de la sustancia evaluada se estimaron con el seguimiento temporal de la inmovilidad y de la mortalidad de los organismos prueba en cada recipiente, durante el intervalo que duró cada replica. Como los ensayos a emplear en este estudio fueron pruebas toxicológicas agudas, el tiempo de seguimiento de la mortalidad y la inmovilidad de los organismos prueba, fue inferior a las 24 horas.

Para la identificación de los organismos que perdían movilidad se empleó una aguja de disección, que permitió la identificación, diferenciación y cuantificación de los organismos por efectos de contactos leves durante los periodos de prueba, si éstos no presentaban reacción, se confirmaría la mortandad del organismo prueba y si recuperaban movilidad, aunque leve, se identificaría como pérdida de capacidad locomotriz.

Se tomó nota del comportamiento de los organismos sometidos al bioensayo, las observaciones con respecto al número y el tiempo de mortandad de los organismos se realizaron al cumplirse los periodos de 5,10,15,20 y 25 minutos. La mortalidad obtenida en las pruebas se extrapoló con los respectivos valores del Diazinón en los tiempos y condiciones especificadas por la prueba, comparando así los resultados obtenidos e interpretando la toxicidad del Diazinón en el crustáceo *Hyalella azteca*.

Todos los procedimientos de laboratorio relacionados con estas pruebas ecotoxicológicas estaban orientadas a un minucioso seguimiento de medidas de seguridad, que abarcan aspectos de bioseguridad desde el manejo de los organismos prueba hasta la dosificación y dilución del agrotóxico empleado.

Del mismo modo, todo el material y el personal de laboratorio fueron limpiados apropiadamente, antes y durante los procedimientos analíticos, cuidando también un manejo y transporte eficiente y seguro de los reactivos empleados.

Así mismo, los residuos generados durante los procedimientos analíticos tuvieron un procedimiento especial en cuanto a su manejo y desecho basado en estrictas normas de seguridad.

## 7. RESULTADOS

Para el análisis estadístico de la información cuantitativa se utilizó el método Probit propuesto por Finney (1971), los resultados obtenidos con la cuantificación de la mortalidad y la inmovilidad de los organismos prueba en cada celda y test eco toxicológicos, permitieron construir las curvas de dosis respuesta y obtener los valores de  $DL_{50}$  para el tóxico y el organismo prueba evaluado.

### 7.1 Análisis Estadístico

El análisis estadístico aplicado en este proyecto de investigación fue el Análisis Probit.

### 7.2 Descripción del Análisis Probit

Para el análisis estadístico de la información cuantitativa se empleó el Método Probit propuesto por Finney (1971), para lo cual se considera un análisis de regresión lineal entre lo que este autor denomina unidades Probit o el porcentaje de la mortalidad o la inmovilidad de los organismos prueba y como variable independiente al valor logarítmico de la dosis aplicada.

El Análisis Probit se puede realizar, como cualquier procedimiento de regresión lineal con datos transformados, de manera gráfica por extrapolación de información, de forma manual con el uso de calculadoras personales y con el uso de Software Estadístico como es el caso del Paquete Estadístico SPSS.

Con base en los resultados del presente estudio, se elaboró un informe técnico que realizó una evaluación toxicológica de agroquímicos económicamente importantes en el estado de Tabasco que podrían afectar la salud y el bienestar de los productores y sus familias.

Este tipo de análisis estadístico es nuevo para muchos científicos de laboratorio clínico, pero se ha utilizado en agricultura para ensayos biológicos desde la década de 1940 para caracterizar las curvas de respuesta a la dosis. La técnica clásica se encuentra en el libro escrito por Finney y publicado en 1947 (Probit Analysis: un tratamiento estadístico de la curva de respuestas sigmoideas). El enfoque se utilizó para aplicaciones de toxicología, por ejemplo, para caracterizar la dosis de productos químicos necesarios para matar insectos. El enfoque experimental determina las "tasas de muerte" (proporción de insectos muertos) aumentando las dosis de insecticidas, luego convierte esas proporciones en "probits", que son "unidades de probabilidad" relacionadas con el número de desviaciones estándar en una distribución normal (Finney, 1947).

### **7.3 Resultados del Bioensayo**

Los resultados obtenidos del bioensayo realizado fueron anotados y recopilados para posteriormente introducirlos a una Hoja de Word y al Programa Excel, después de esto se procedió a los cálculos correspondientes.

La Tabla 6 muestra los resultados de mortandad del crustáceo *Hyalella Azteca*, de las concentraciones del insecticida Diazinón en los diferentes tiempos (5,10,15,20 y 25 min), indicando así las diferencias significativas con respecto a la mortandad dependiendo las concentraciones evaluadas.

**Tabla 7. Resultados de mortalidad del Bioensayo toxicológico 06/10/22.**

Tiempo (Minutos)	Testigo	Muestra 1 (0.1 ml)	Muestra 2 (0.2 ml)	Muestra 3 (0.3 ml)	Muestra 4 (0.4 ml)
5	0	6	5	6	7
10	0	9	7	10	10
15	0	10	10	10	10
20	0	10	10	10	10
25	0	10	10	10	10

Estos resultados se interpolaron con el valor de concentración 0.1 ml, cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 8. Resultados de mortalidad de los bioensayos con *Hyalella azteca* y una dosis extrapolada.**

Tiempo (Minutos)	Testigo	Extrapolado 0.05 mL	M 1 0.1 mL	M 2 0.2 mL	M 3 0.3 mL	M 4 0.4 mL
5	0	3	6	5	6	7
10	0	4	9	7	10	10
15	0	5	10	10	10	10
20	0	6	10	10	10	10
25	0	7	10	10	10	10
30	0	8	10	10	10	10
35	0	9	10	10	10	10
40	0	10	10	10	10	10

#### 7.4 Gráficos de resultados

Se determinaron los valores del DL<sub>50</sub> para Diazinón obtenidos de los bioensayos de toxicidad con el crustáceo *Hyalella azteca*.

DL<sub>50</sub> (abreviatura de "dosis letal, 50 por ciento") es la dosis de una sustancia o radiación que es letal para la mitad de un grupo de organismos de prueba. Este valor se utiliza a menudo como indicador general de la toxicidad aguda de una sustancia (Gámez, 2007).

La Dosis Letal 50 se refiere a aquella dosis de xenobiótico que causa la muerte del 50 % de los animales prueba, valor efectivo obtenido por estadística que representa la mejor estimación de la dosis necesaria para provocar la muerte en el 50% de los animales, por lo que siempre va acompañado de alguna desestimación del valor detectado, como su rango. Los límites de intervalos de confianza se eligieron arbitrariamente para mostrar que se obtendrían resultados similares en el 90% o 95% de las pruebas realizadas de la misma forma descrita (Roldán, 2016).

Al graficar los resultados a los 5,10,15,20 y 25 minutos de prueba, se tomaron los datos del número de organismos sobrevivientes en cada concentración de Diazinón, estos resultados se interpolaron con el valor de concentración 0.05 mL de tal manera, que a cada porcentaje de sobrevivencia le correspondieron la concentración a la cual sobrevivieron el 50% de los organismos. La mortalidad obtenida para cada tiempo del período de la evaluación de la evaluación de las mortalidades de *Hyalella azteca* para cada dosis de Diazinón que fue evaluada, se presentan en los siguientes gráficos:

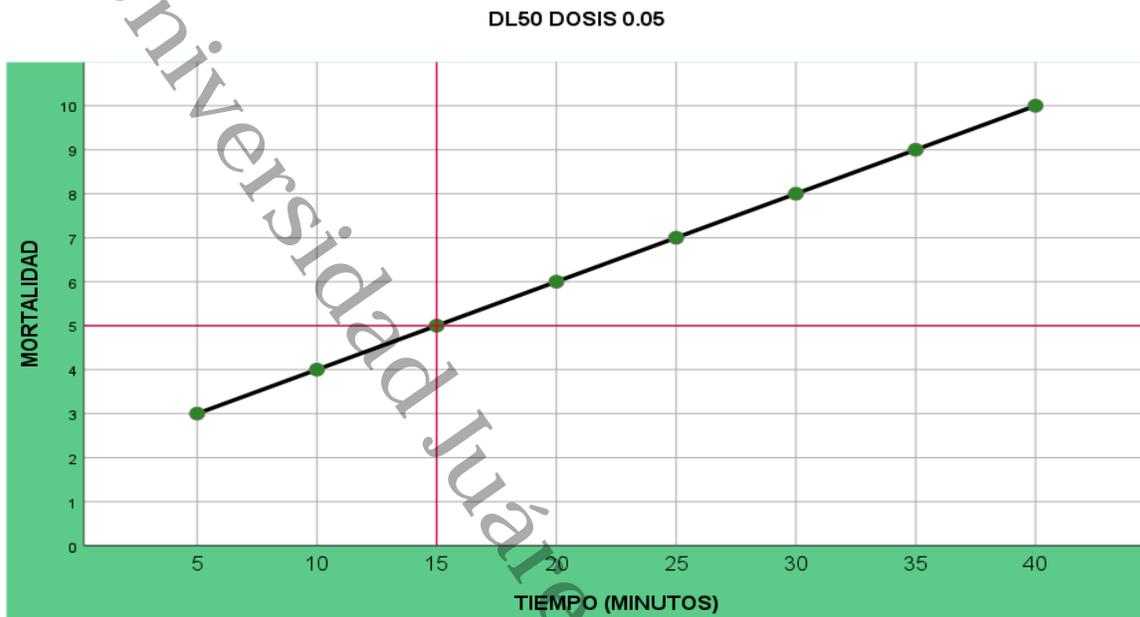


Fig. 20 DL<sub>50</sub> y tiempo de mortalidad para la dosis Extrapolada (0.05 ml).

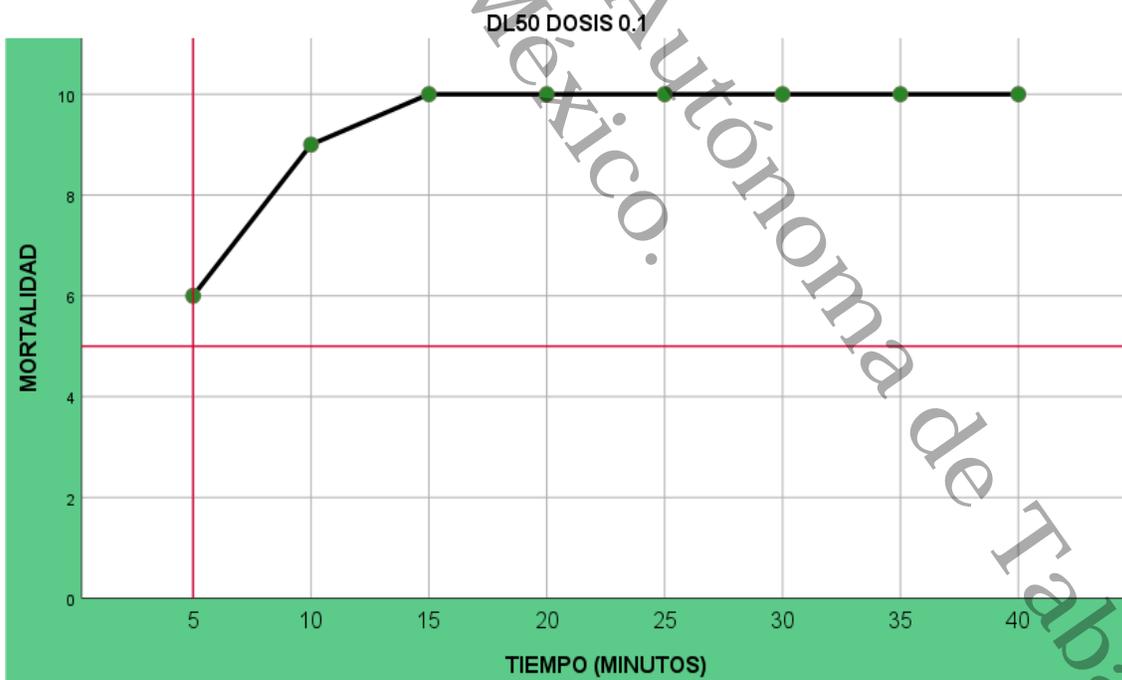


Fig. 21 DL<sub>50</sub> y tiempo de mortalidad para la dosis de 0.1 ml.

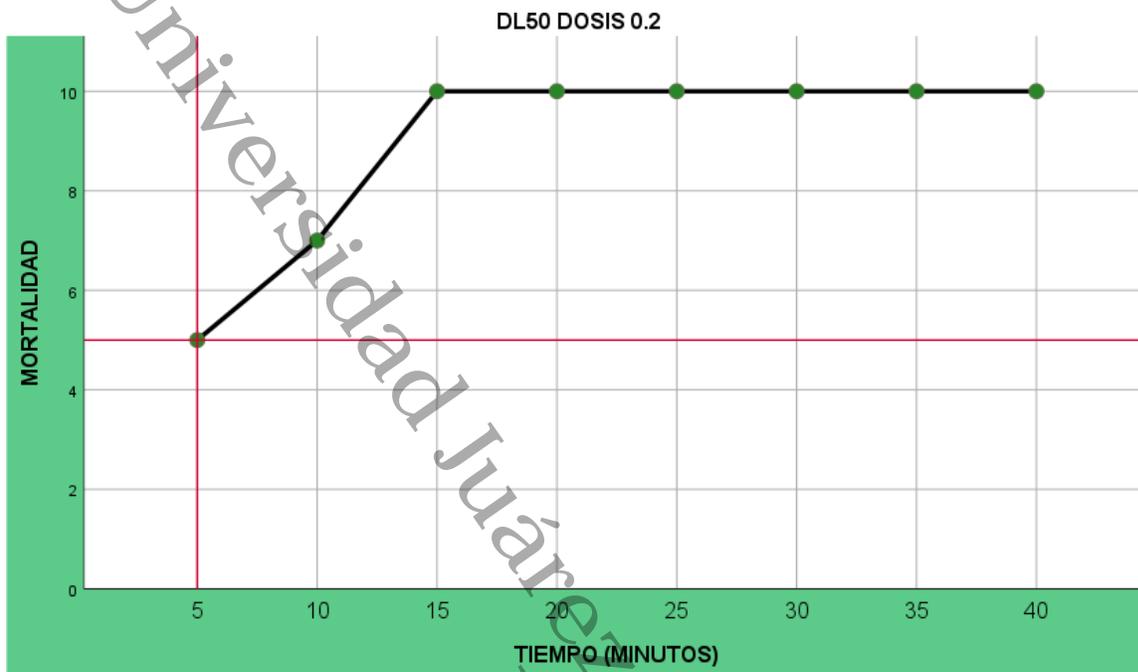


Fig. 22 DL<sub>50</sub> y tiempo de mortalidad para la dosis de 0.2 ml.

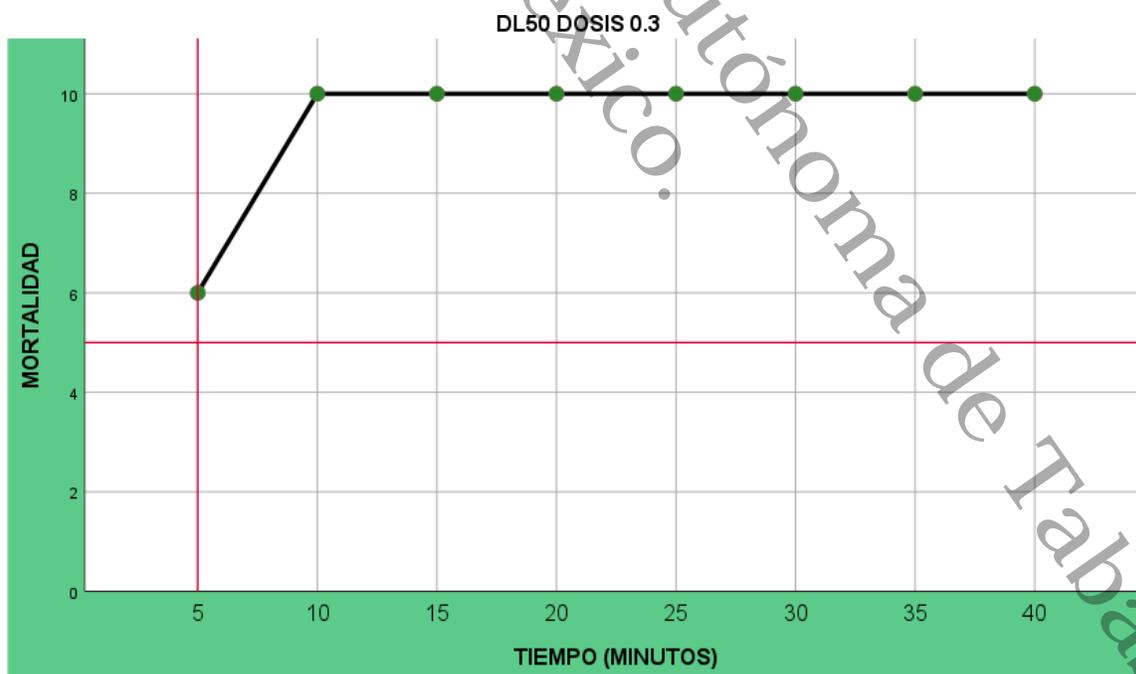
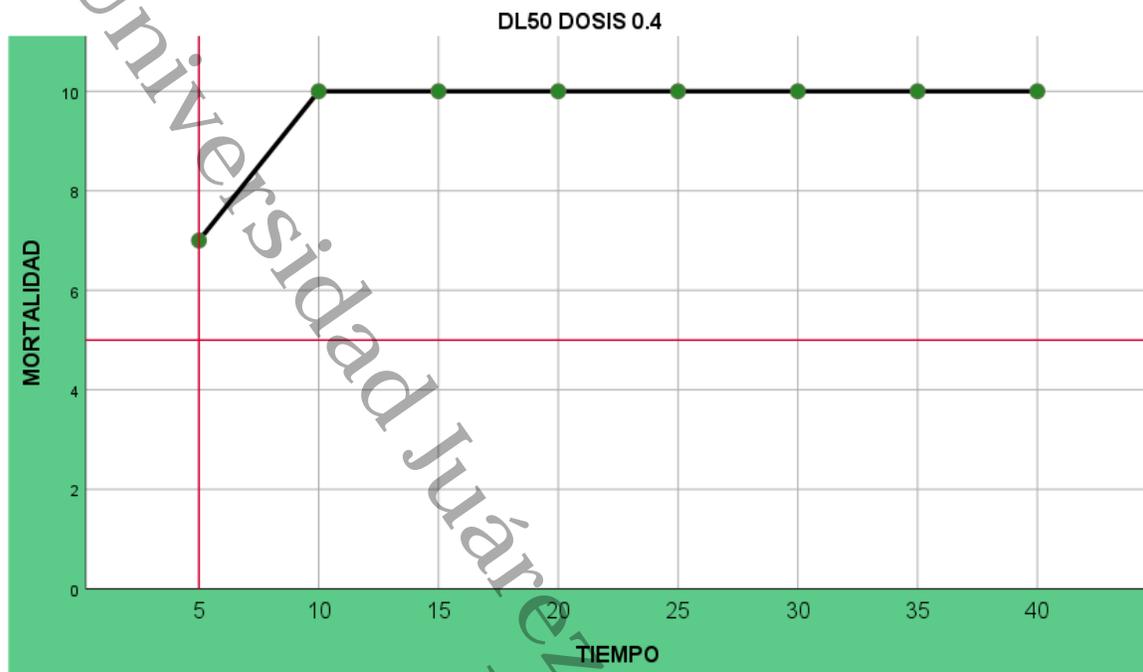


Fig. 23 DL<sub>50</sub> y tiempo de mortalidad para la dosis de 0.3 ml.



**Fig. 24 DL DL<sub>50</sub> y tiempo de mortalidad para la dosis de 0.4 ml.**

De tal manera se observó que el Diazinón tuvo efectos muy significativos respecto a la mortandad de los organismos, se evidencio el efecto tóxico de esta sustancia, en donde se observó que al incrementar la dosis de Diazinón los efectos de éste en los organismos prueba era más mortal y en menor tiempo. Así, la dosis letal media se observa a partir de los 5 minutos para una dosis 0.1 ml, y considerando una mortalidad de 100% de los organismos prueba, ésta se observó a los 10 minutos para una concentración de 0.4 ml. Estos resultados demuestran la elevada toxicidad del Diazinón.

Al ser graficada por medio del Análisis PROBIT, la información sobre el número de organismos sobrevivientes en cada concentración de Diazinón fue la misma, evidenciando así que el Diazinón es muy tóxico, corroborando así que conforme se aumenta la dosis es más el número de organismos muertos y en un tiempo menor. En estas gráficas se representó en el eje X las dosis y en el eje Y los valores de mortalidad, mismas que se manejaron con respecto al tiempo, la mortalidad

obtenida para cada dosis de Diazinón , los cuales se presentan en las figuras los siguientes gráficos:



Fig. 25 Resultados Probit obtenidos para un tiempo de 5 min.

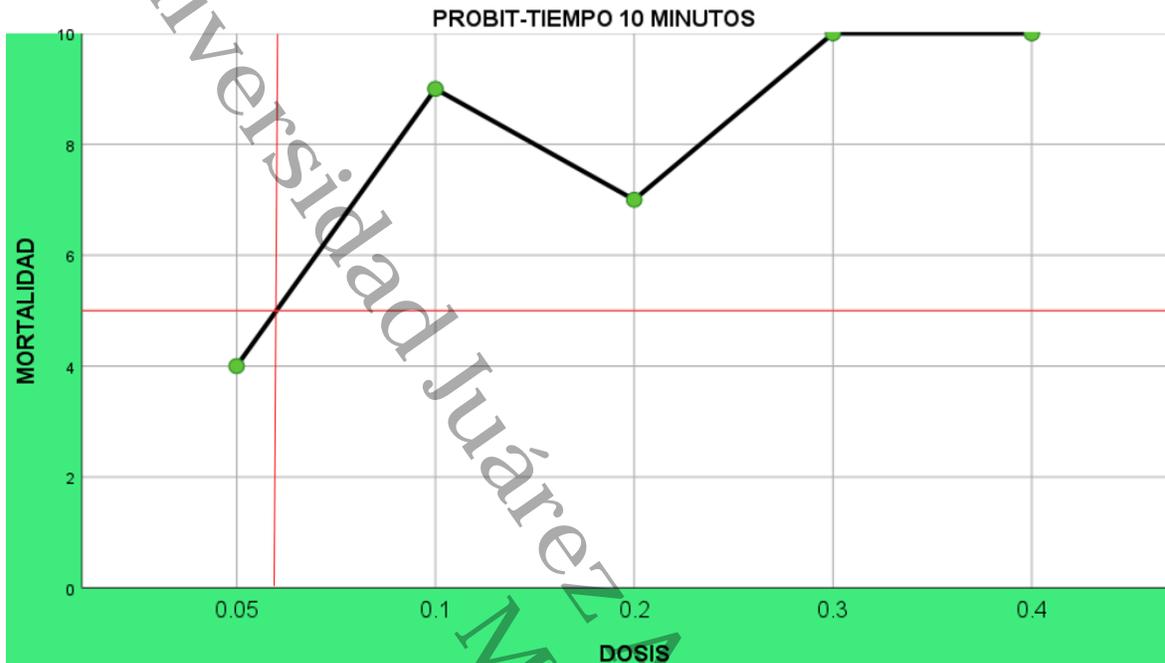


Fig. 26 Resultados Probit obtenidos para un tiempo de 10 min.

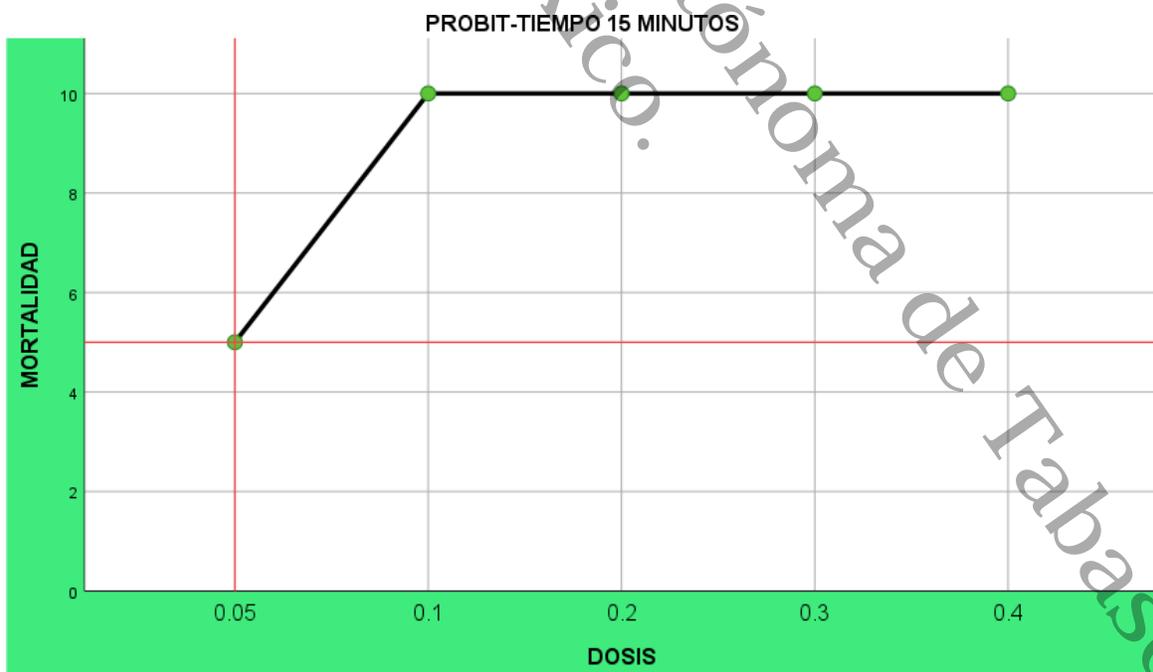


Fig. 27 Resultados Probit obtenidos para un tiempo de 15 min.

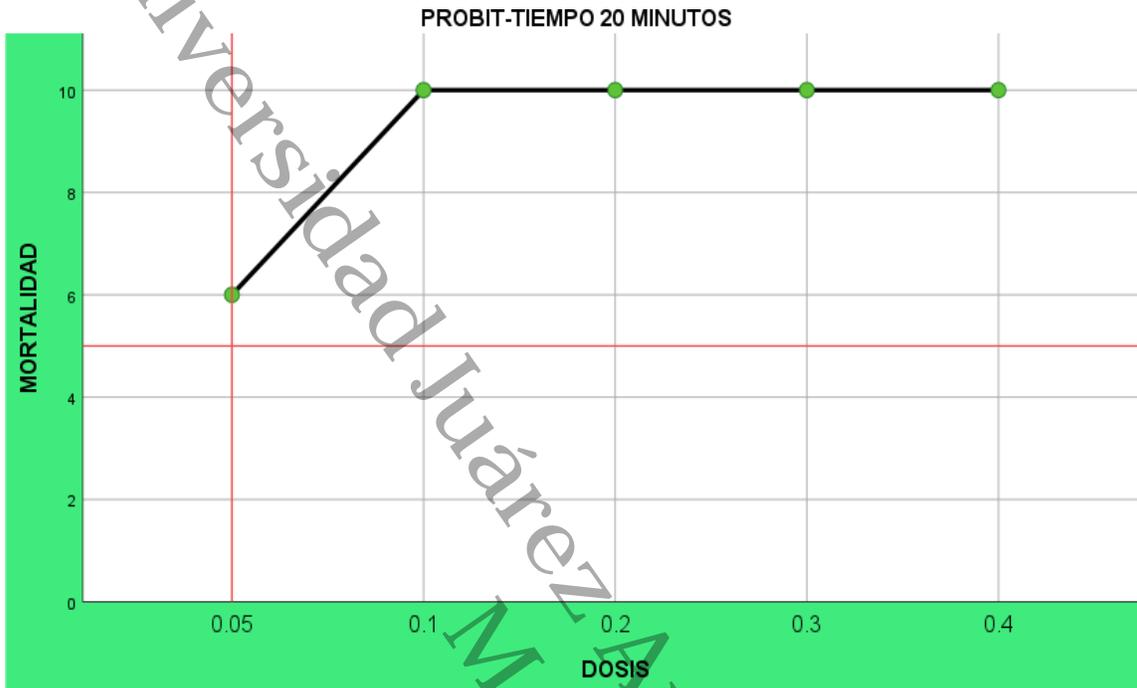


Fig. 28 Resultados Probit obtenidos para un tiempo de 20 min.

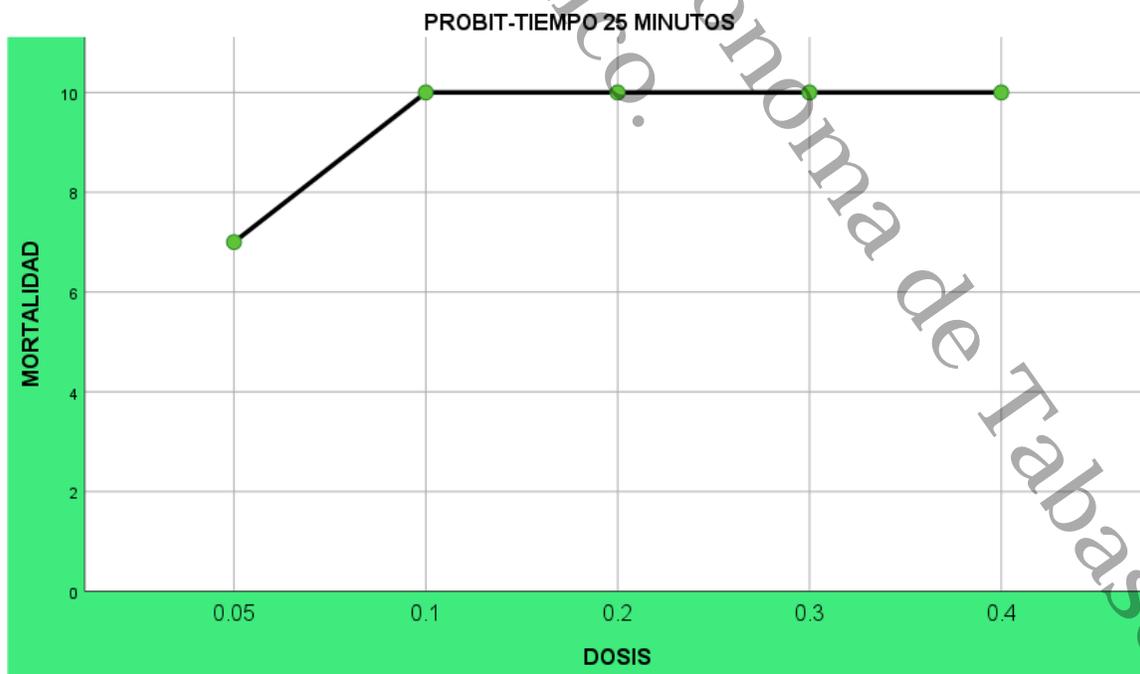


Fig. 29 Resultados Probit obtenidos para un tiempo de 25 min.

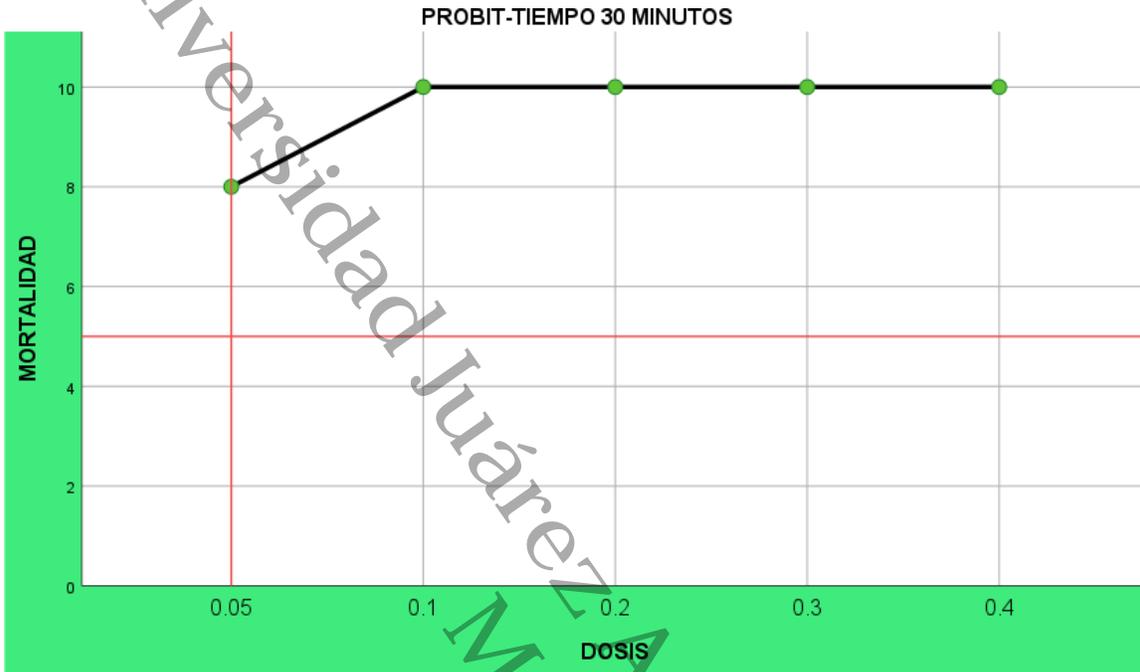


Fig. 30 Resultados Probit obtenidos para un tiempo de 30 min.

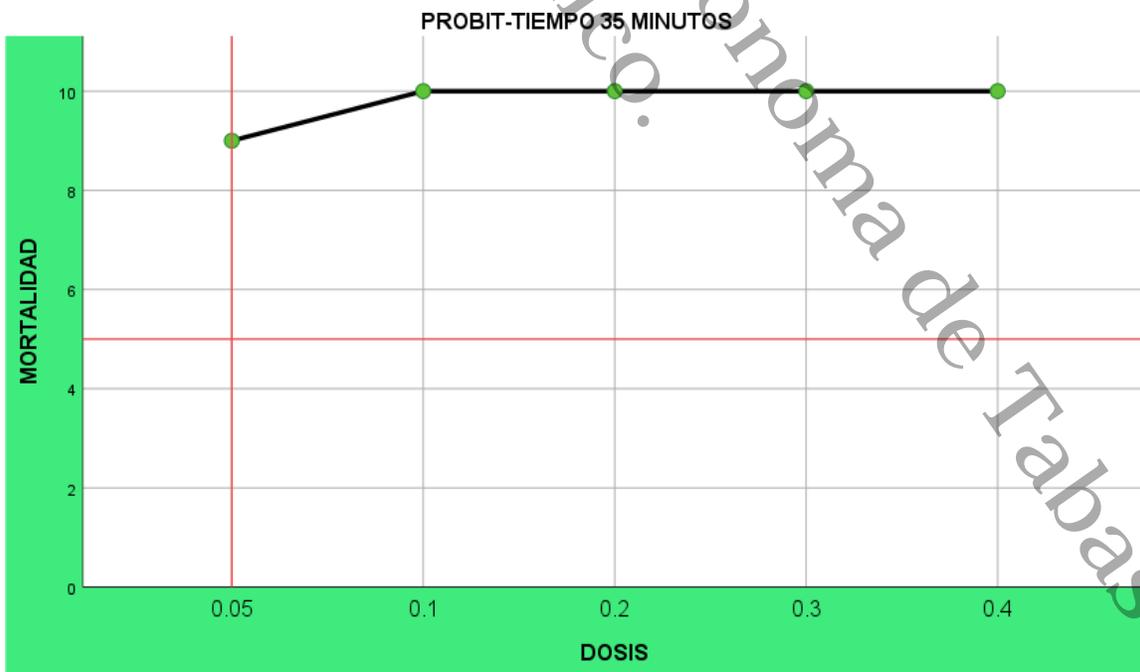


Fig. 31 Resultados Probit obtenidos para un tiempo de 35 min.

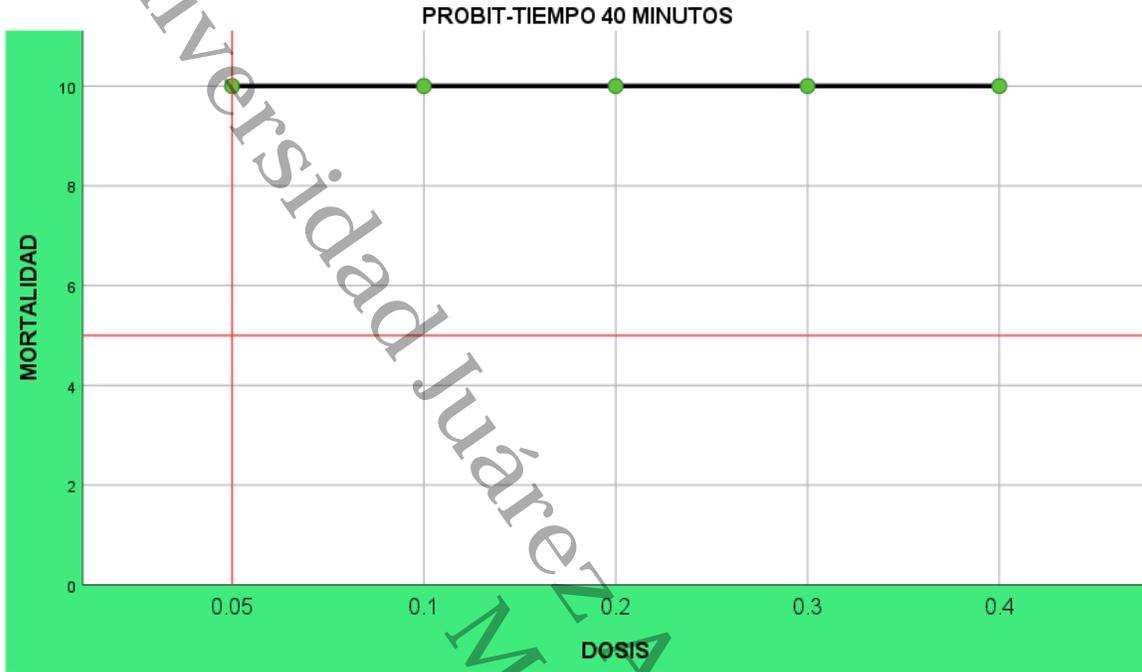


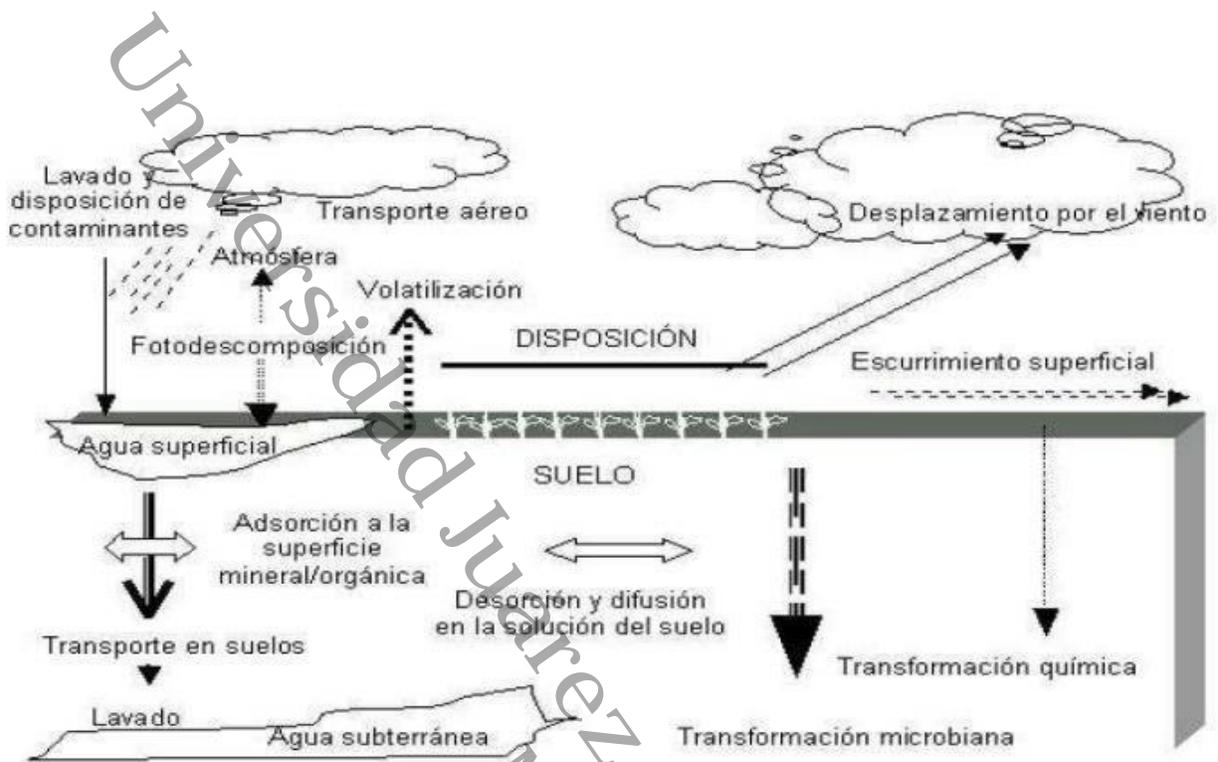
Fig. 32 Resultados Probit obtenidos para un tiempo de 40 min.

## 8. DISCUSIÓN

El Diazinón después del 31 de diciembre del 2004, se volvió ilegal en los Estados Unidos venderlo para uso exterior no agrícola (es decir, se eliminó todo uso residencial de pesticidas de Diazinón). Este al igual es tóxico para los organismos acuáticos, especialmente los invertebrados (EPA, 2018).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el Diazinón es un pesticida el cual a sido catalogado como moderadamente peligroso al ambiente, debido que al entrar al medio suele degradarse por fotólisis, hidrólisis, y metabolismo microbiano impidiendo de esta manera persistencia en el medio (Díaz, 2006).

Posterior a la aplicación de Diazinón en plantas y cultivos, se identificó que el pesticida se evapora rápidamente del suelo y entra fácilmente en las aguas superficiales, donde es uno de los pesticidas más comúnmente detectados. También puede alcanzar las aguas subterráneas y de esta manera afectar la biota silvestre y la salud humana. La mayor fuente de residuos son los cultivos agrícolas debido a su uso como plaguicida, mientras que los residuos en carnes y productos animales provienen del uso veterinario (Aronzon, 2013).



**Fig. 33** Diferentes mecanismos de transporte de los plaguicidas en el medio ambiente, Tomado de Aronzon, 2013.

Se hallaron indicios sobre el Diazinón, el cual informa que este podría inducir disrupción endócrina en mamíferos, disminución reproductiva, así como disminución en la tasa de nacimientos en roedores expuestos al plaguicida, causando también disrupción endocrina en el pez de agua dulce *Lepomis macrochirus*, alterándolo de manera sistémica y su la capacidad reproductiva (Aronzon, 2013).

Se ha informado que la exposición de las ranas a los insecticidas organofosforados reduce su actividad, causa problemas en la coordinación de natación, aumenta su vulnerabilidad a los depredadores, reduce su tasa de crecimiento y aumenta la mortalidad (Bridges, 2002). Al igual un estudio en la especie *Rhinella arenarum* expuesta al Diazinón presentó malformaciones visibles, provocándole así retraso en su desarrollo, reducción general de la talla y de la cola y su ondulamiento (Aronzon, 2013).

La mayor cantidad de plaguicidas aplicados no llega al organismo blanco, este se deposita en el suelo y agua, siendo una forma importante de contaminación ambiental, es por ello que en el mundo se hacen trabajos para determinar el efecto tóxico que pueden causar. Dicha información es importante para tomar medidas correctivas y/o preventivas en el uso y manejo de los agroquímicos para contribuir con una mejor calidad de vida de la población, sin afectar la productividad agrícola o pecuaria. Se han identificado diversos efectos sobre los ecosistemas debido al uso de agroquímicos, algunos de estos son: el manejo y disposición inadecuada, intoxicaciones, agotamiento de los nutrientes del suelo y su contaminación, así como contaminación de ríos y cuerpos de agua, lo que hace necesario evaluar la naturaleza y magnitud del daño al ambiente y a la salud de los pobladores (Tecuapetla, 2014).

Así, se encontró que el riesgo de intoxicación aguda por plaguicidas está relacionado con: la falta de conocimiento técnico y capacitación en el trabajo con agroquímicos y su uso, así como la falta de información relevante proporcionada a los usuarios por parte del vendedor y de los propios bienes. Esta ausencia conduce a la ejecución del conocimiento empírico de los agricultores, que se transmite de padres a hijos, lo que resulta en un manejo inadecuado de los productos. Esta situación ha generado consecuencias irreversibles en la salud de los seres humanos y del ambiente (Guzmán *et al.* 2016).

Como resultado, los pesticidas pueden tener efectos negativos en la salud humana si la exposición excede los niveles considerados seguros. La exposición a los pesticidas puede ser directa (para los trabajadores industriales y los operadores que los producen, especialmente los agricultores que los usan) o indirecta (para los consumidores, residentes y transeúntes), en particular durante o posterior a la aplicación de plaguicidas en jardinería, agricultura o terrenos deportivos, para el mantenimiento de edificios públicos, las hierbas en los márgenes de carreteras o vías férreas y otras actividades (Del Puerto *et al.*, 2014).

Por ello, se deben considerar recomendaciones generales, descritas a continuación:

- Tener en cuenta que todos los pesticidas son tóxicos.
- Al usar pesticidas, es mejor usar productos con baja toxicidad.
- Saber de antemano qué tipo de producto comprar.
- Comprar productos en su embalaje original.
- Transportar el producto por separado de los alimentos.
- Evite daños a los contenedores durante la carga y descarga.
- Contenga los derrames con equipos y materiales apropiados.
- Deseche los desechos en las áreas aprobadas.
- Almacene el producto en un área segura y debidamente etiquetada lejos de lugares de trabajo y hogares.
- No ingerir alimento durante la aplicación.
- Lleva a cabo prácticas de higiene durante todo el proceso.
- Estas sustancias no deben ser utilizadas por menores de edad, mujeres embarazadas y lactantes, ancianos y personas con discapacidades del desarrollo (INS, 2012).

Medidas preventivas para evitar accidentes con plaguicidas:

- Ropa Protectora.
- Usar ropa limpia cuando trabaje con productos químicos agrícolas.
- Utilizar camisa manga larga y pantalones largos.
- Usar mangas y ruedos fuera de los guantes y botas.
- Disponga de capa, delantal y traje impermeable.
- Usar guantes de neopreno u otro material aislante.

Prácticas Seguras al usar Plaguicidas:

- Sombrero impermeable.

- Botas de neopreno sin forro.
- Gafas y protectores sin faciales.
- Protección respiratoria con filtros adecuados según el producto utilizado.
- Repuestos para dispositivos de seguridad.
- Avalar el mantenimiento adecuado de los equipos de seguridad (INS, 2012).



Fig. 34 Equipo de protección personal, Tomado de CASAFE, 2017.

## 9. CONCLUSIONES

Los bioensayos son métodos importantes para estudiar la interacción potencial entre las sustancias tóxicas y los organismos vivos, permite determinar los gradientes de concentración necesarios para observar determinados efectos en la actividad biológica entre sustancias y organismos, incluida su muerte.

La información obtenida de los bioensayos con la especie del crustáceo *Hyaella Azteca*, se puede utilizar en el manejo racional y conservación de los recursos naturales con fines de prevención y control de las posibles alteraciones ambientales derivadas del uso de sustancias tóxicas, con diversos fines científico-tecnológico.

Se determinó que el crustáceo *Hyaella Azteca* es altamente susceptible, y un buen indicador accesible para probar dosis críticas o perjudiciales de algún tipo de agroquímico. Aun utilizando dosis por debajo de sus niveles recomendados; 1 a 1.5 ml del producto comercial (Diazinón) por litro de agua.

Se demostró en la investigación, que se tienen efectos toxicológicos agudos o significativos en el agua y que afectan a la biota presente en los ecosistemas vinculados a este vital recurso.

La información obtenida en el estudio permite exponer la importancia que tiene el capacitarse previamente acerca del manejo y el uso correcto de este tipo de agroquímicos y buscar otras alternativas de control de plagas, así como proteger la salud de personas y ambiental.

Los organismos utilizados en los bioensayos mostraron diversos grados de toxicidad en las diferentes muestras, siendo información de gran relevancia sobre el efecto del insecticida Diazinón, compuesto tóxico que en Tabasco y otras zonas agrícolas del país se emplea para el control de algunas plagas.

## 10 LITERATURA CITADA

**AGROformuladora Delta S. A. de C. V.** (2018). Hoja de seguridad del Diazinón. <https://www.grupourbania.mx/info-productos/urbanos/AGRODELTA/DIAZINON/HOJA.pdf>

**Aronzon, C.M. (2013)** *Evaluación de la toxicidad de los contaminantes Conre, Nonilfenol y Diazinón sobre embriones y larvas de Rhinella(Bufo)arenum* [Tesis de Doctorado, Universidad de Buenos Aires] 250 pp.

**Arzola, J. F., Flores, L. M., y Vázquez, A.** (2010). *Crustáceos decápodos intermareales de las islas de la costa de Sinaloa, México*. Universidad y ciencia, 26(2), 179-193.

**Amador Alarcón, M.** (2023) Revisión de Agroquímicos usados en Tabasco.

**BananoTecnía.** (13 de junio de 2019). *Plátano de Chiapas para México y el mundo*. <https://bananotecnia.com/articulos/platano-de-chiapas-para-mexico-y-el-mundo/>

**Bridges, C. M., Dwyer, F. J., Hardesty, D. K., y Whites, D. W.** (2002). *Comparative Contaminant Toxicity: Are Amphibian Larvae*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol*, 69, 562-569.

**CASAFE.** (2017). *Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes*. <https://www.casafe.org/>

**Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA).** (2019). *Reporte; la Producción y el Comercio de Plátano*. 14 pp.

**CICLOPLAFEST** (1991). *Catálogo oficial de Plaguicidas*. Secretaria de agricultura y recursos Hidráulicos. 493 pp.

**De los Ríos, P., Morrone, J.J. y Rivera, R.R.** (2012). *Distribution patterns of the South American species of Hyalella (Amphipoda: Hyalellidae)*. *Gayana*. 76(2):153-161.

**Del Puerto, A. M., Suárez, S., y Palacio, D. E.** (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y epidemiología*, 52(3), 372-387.

**Díaz Rivera, M.** (2006). *Manual Práctico para el Cultivo Sustentable del Plátano*. Universidad de Puerto Rico. 30 pp.

**Tecuapetla Vargas, M. G.** (2014). *Ecotoxicidad producida por Agroquímicos empleados en el cultivo de Gerbera Jamesonii en Invernadero, en Villa Guerrero, Estado de México* [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma del Estado de México]117 pp.

**Environmental Protection Agency.** (2000). *Method for Measurement the Toxicity and Bioaccumulation in Sediment-associated Contaminants with Freshwater Invertebrates*. Report EPA 600/R-99/64, Second Edition. 213 pp.

**Environmental Protection Agency.** (2018). *Fact Sheet: Final Recommended Aquatic Life Ambient Water Quality Criteria for Diazinón*. Report EPA-822-F-05-001. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2018-10/documents/factsheet-final-wqc-Diazinón.pdf>

**Environmental Protection Agency.** (2022). *Basic information about pesticides*. <https://espanol.epa.gov/espanol/informacion-basica-sobre-pesticidas#:~:text=Un%20pesticida%20es%20cualquier%20sustancia,repeler%20o%20controlar%20una%20plaga.>

**Finney, D.J.** (1947). *Análisis probit: un tratamiento estadístico de la curva de respuesta sigmoidea*. Cambridge University Press, Cambridge y Londres.

**Finney, D.J.** (1971). *Analysis Probit*. Cambridge University Second Edition. 333 pp.

**Florencia Colla, M.** (2015). *Estudio de poblaciones de Hyalella Smith 1874 (Crustacea, Amphipoda, Dogielinotidae) en ambientes acuáticos de la Reserva de Usos Múltiples Isla Martín García, Provincia de Buenos Aires* [Tesis Doctoral, Universidad Nacional de la Plata]110 pp.

**Gámez, R.,** (2007). Reseña analítica de" Aspectos generales de los estudios toxicológicos preclínicos más empleados". *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 38(3), 204-208.

**García Loor, C. V., y Sánchez Molina, F. D. (2021).** *Uso de los residuos de la cáscara de banano (Musa paradisiaca), para la elaboración de material plástico biodegradable* [Tesis de Licenciatura, Escuela superior politécnica agropecuaria de Manabí Manuel Félix López].

**García, M.E.** (2010). *Tipos de Hyalella azteca* [Imagen]. Recuperado de <http://www.elsevier.com/locate/ecoenv>

**González, E.R. y Watling, L.** (2002). *Redescription of Hyalella azteca from its type locality, Veracruz, México (Amphipoda: Hyalellidae)*. *Journal Crustacean Biology*. 22(1):173-183.

**Gutiérrez Báez, C. y Burgos Hernández, M.** (2012). Flora de Veracruz Musaceae. *Revista Instituto de Ecología*. Fasciculo 156. 17 pp.

**Guzmán, P., Guevara, R.E., Olguín, J.L., y Mancilla, O.R.** (2016). *Perspectiva campesina, intoxicaciones por plaguicidas y uso de agroquímicos*. *Idesia(Arica)*, 34 (3), 67–78.

**Hernández Acosta, L.** (2012). *Diagnóstico del uso y distribución de plaguicidas utilizados frecuentemente en cultivos de caña de azúcar y su posible efecto ambiental en el municipio de Cárdenas, Tabasco, México.* [Tesis de Licenciatura en Ingeniería Ambiental, División Académica de Ciencias Biológicas-UJAT] 97 pp.

**Hernández Cervantes, E., Adams Schoroeder, R.H., Gómez Cruz, R., Domínguez Rodríguez, V.I., Ramos Hernandez, E., y Baltierra Trejo, E.** (2022). *Análisis situacional por el uso de plaguicidas en unidad agrícola de cultivo de plátano.* *Contactos, Revista de Educación en Ciencias e Ingeniería.* (122),5-20.

**INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO.** (2015). *Manejo fitosanitario del Plátano (Musa spp).* Medidas para la temporada invernal. 43 pp.

**Instituto Nacional de Seguros.** (2012). *Guía para las prácticas Seguras en el Manejo de Plaguicidas.* Recuperado de <https://www.grupoins.com/media/2735/1007792folletogu%C3%ADapr%C3%A1cticassegurasmanejodeplaguici.pdf>

**Jergentz, S., Mugni, H., Bonetto, C. y Schulz, R.** (2004). Runnof-related Endosulfan contamination and aquatic invertebrate response in rural basins near Buenos Aires, Argentina. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 46:345-352.

**Jiménez León, A.J.** (2013). *Diagnóstico situacional del uso de plaguicidas en zonas cacaoteras del municipio de Comalcalco, Tabasco, México.* [Tesis de Licenciatura en Ingeniería Ambiental, División Académica de Ciencias Biológicas- UJAT]. 216 pp.

**Lizotte, R.E., Knight S.S., Shields, F.D. y Bryant, C.T.** (2009). Effect on Atrazine, Metholachlor and Fipronil Mixture on *Hyaella azteca* (Saussure) in a Modified Backwater. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 83:836-840.

**López Ocaña, M. K.** (2013). *Estudio sobre la seguridad y manejo de los Equipos de Protección Personal (EPP), empleados en la manipulación de plaguicidas de la zona cacaotera del municipio de Comalcalco, Tabasco, México.* [Tesis de Licenciatura en Ingeniería Ambiental. División Académica de Ciencias Biológicas, UJAT]. 159 pp.

**Mac Loughlin, T. M.** (2015) Efectos biológicos de plaguicidas en cuerpos de agua asociados a agroecosistemas de la Provincia de Buenos Aires. *Centro de Investigaciones del Medio Ambiente (CIMA)*. 27 pp.

**Marrón Becerra, A.** (2017). *Estudio comparativo del complejo Hyalella azteca (De Saussure 1858) en tres estados de México: Ciudad de México, Veracruz y Quintana Roo* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México] 139 pp.

**Martínez Jerónimo, F., Cruz Cisneros, J.L. y García Hernández, L.** (2008) *An comparison of the response of Simocephalus mixtus (Cladocera) and Daphnia magna a freshwater contaminated sediments.* *Ecotoxicology and Security Environmental*. 71(1):26-31.

**Montalvo Urgel. H., Sánchez, J.A., Florido, R. y Macossay Cortez, A.A.** (2010). *Lista de Crustáceos distribuidos en troncos hundidos en el humedal tropical Pantanos de Centla, al sur del Golfo de México.* *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 81:121-131.

**Nadal Medina, R., Manzo Sánchez, G., Orozco Romero, J., Orozco Santos, M., y Guzmán González, S.** (2009). Diversidad genética de bananos y plátanos (*Musa* spp.) determinada mediante marcadores RAPD. *Revista fitotecnia mexicana*, 32(1), 01-07.

**Peluso, L., Giusto, A., Rossini, G.B., Ferrari, L., Salibian, A., y Ronco, A.E.** (2011). *Hyalella curvispina (Amphipoda) as test organism in laboratory toxicity testing of Environmental samples.* *Fresenius Environmental Bulletin*, 20:372-376.

**Redagrícola.** (26 de mayo de 2020). *Principales plagas y enfermedades del banano.* <https://www.redagricola.com/co/principales-plagas-y-enfermedades-del-banano/#:~:text=Las%20cochinillas%20son%20insectos%20de,en%20la%20fruta%20para%20exportaci%C3%B3n.>

**Rodríguez Santos, I. G.** (2018). *Caracterización de las aguas residuales para la Empacadora Chula Banana y propuesta de tratamiento* [Tesis de Ingeniería Ambiental, DACBIOL-UJAT] 109 pp.

**Roldán, R. E.** (2016). *Introducción a la toxicología.* Universidad Nacional Autónoma de México.

**Sánchez, A. J., Salcedo, M. Á., Macossay Cortez, A. A., Feria Díaz, Y., Vázquez, L., Ovando, N., y Rosado, L.** (2012). Environmental quality of the La Polvora urban lagoon in the Grijalva river watershed. *Tecnología y ciencias del agua*, 3(3), 143-152.

**Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).** (2018). Campeche. Infografía agroalimentaria 2018. México: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.

**Väinölä, R., Witt, J.D.S., Grabrowski, M., Bradbury, J. H., Jazzewski, K. y Sket, B.** (2008). *Global biodiversity of amphipods (Amphipoda; Crustacea).* *Hidrobiologia*. 595:241-245.

**Violante Huerta, M.** (2020.). *Primer registro del anfípodo dulceacuícola Hyalella azteca (Amphipoda: Senticaudata) en Cuautla, Morelos.* *Hidrobiológica*. 30(2):177-179.

**Walsh, S., Gosselin, I., Lee, D., y Stuart, M.** (2019). *The Establishment of a New Culture of Hyalella azteca that would Permit Toxicity Tests to be conducted on low-ionic strength waters.* *Environmental Toxicology and Chemistry*. 38(3):585-590.

**You, J., Schuler, L.J., y Lydy, M.J.** (2004). *Acute toxicity of sediment-sorbed Endrin, Methoxychlor and Endosulfan to Hyalella azteca y Chironomus tentans*. *Bull. Environ. Contam.* 73(3):457-462.

**Waller Panzardi, A.** (2023). *Género Hyalella Smith, 1984 (Crustacea: Amphipoda: Hyalellidae) en Uruguay: taxonomía y ecología*. [Tesis de Doctorado en biología, Universidad de la República de Uruguay] 182 pp.

**Whitacre, D. M. (2010).** Reviews of environmental contamination and toxicology. Preface. *Reviews of environmental contamination and toxicology*, 223.

## ANEXO

### Anexo 1. Agroquímicos de cultivos perennes en Tabasco



**ANEXO 1. AGROQUÍMICOS DE CULTIVOS PERENNES DE TABASCO**

AGROQUÍMICO	TIPO	CACAO	CAÑA	COCO	PLATANO	NARANJA	LIMÓN	PIMIENTA	PALMA DE ACEITE
Abamectina	INS					*			
Aldicarb	INS	*	*		*				
Carbofuran	INS		*		*		*		
Diazinon	INS		*		*		*	*	
Terbufos	INS		*		*				
Ametrina	HER		*		*				
Dalapon	HER		*		*				
Diuron	HER		*		*				
Glifosato	HER				*		*		
Oxifluorfen	HER				*				
Paraquat	HER		*		*		*		
Benomilo	FUN				*		*		
Carbendazim	FUN				*		*		
Clorotalonil	FUN	*			*				
Hidroxido cuprico	FUN	*			*		*		
Mancozeb	FUN				*				
Oxicloruro de cobre	FUN	*			*		*		
Propiconazole	FUN				*				
Tiabendazol	FUN				*				
Clorpirifos etil	INS	*	*			*			
Cyflutrin	INS		*						
Malation	INS		*			*		*	
Monocrotofos	INS	*	*						
Atrazina	HER		*						
Diquat	HER		*						

AGROQUIMICO	TIPO	CACAO	CAÑA	COCO	PLATANO	NARANJA	LIMÓN	PIMIENTA	PALMA DE ACEITE
Metribuzin	HER		*						
Picloram	HER		*						
Simazina	HER		*			*	*		
Azufre elemental	Acaricida					*	*		
captan	FUN					*	*		
Fosetil-Al	FUN					*	*		
Glufosinato de amonio	HBC								*
Aliette	FUN					*			
Benomilo	FUN				*	*			
Metsulfuron metil	HER	*							

(Amador, 2023).