

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Evaluación de Tres Insecticidas para el Control del Gorgojo Dentado de los Granos *Oryzaephilus surinamensis* en Harina, Bajo Condiciones de Laboratorio

Por:

**SERGIO ENRIQUE NOH NOH**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Evaluación de Tres Insecticidas para el Control del Gorgojo Dentado de los  
Granos *Oryzaephilus surinamensis* en Harina, Bajo Condiciones de Laboratorio

Por:

**SERGIO ENRIQUE NOH NOH**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

Aprobada:

Dr. Ernesto Cerna Chávez  
Asesor Principal

Dr. Jerónimo Landeros Flores  
Coasesor

Dra. Yisa María Ochoa Fuentes  
Coasesor

Dr. Leobardo Bañuelos Herrera  
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2014

## **AGRADECIMIENTOS**

**A Dios**, por haberme prestado la vida, por todas las bendiciones que he recibido, por darme salud y haber permitido alcanzar una meta más en mi vida y por darme la oportunidad de concluir con mis estudios de Licenciatura.

**A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por haberme abierto las puertas y darme las herramientas y permitirme formarme como un profesional, por siempre orgulloso de mi “ALMA MATER”.

**Al Dr. Ernesto Cerna Chávez** por la amistad brindada, por su apoyo, tiempo y sugerencia, así como también por sus conocimientos transmitidos y por la oportunidad que me ha dado de trabajar con él, y por todos los comentarios para enriquecer y realizar este trabajo.

**Al Dr. Jerónimo Landeros Flores** por su participación como jurado en este trabajo.

**A la Dra. Yisa María Ochoa Fuentes** por su parte del jurado y revisión en este trabajo.

**A todos mis profesores del Departamento de Parasitología Agrícola** por haberme compartido sus conocimientos y por la amistad que me han brindado.

**A mis compañeros de la Generación CXVIII de la carrera de Parasitología** por su amistad brindada durante mi estancia en esta Universidad, por todos aquellos momentos que hemos vivido durante estos años, por haberme escuchado por ser más que mis amigos en los momentos difíciles. En especial a mis mejores amigos Ervin Morales, Victor Pérez, Lizmark Morales, José L, Rudi A. Pérez, Luis Rojas, Rusber, Ever, las Gemelas, por los tiempos compartidos durante mi estancia en esta mi ALMA MATER.

**A mis primos y amigos del cuarto** que me brindaron su apoyo incondicional. En especial a Miguel A. Cauich, Jorge Gpe. Noh, Emanuel Noh, Jose D. Noh, Fernando Camaal, Daniel Cauich, Eduardo Chi,

**A mis tíos y tías** que siempre me inspiraron para perseguir este sueño dándome ánimo para comprender que nunca es tarde para luchar por lo que quieres, gracias por sus apoyos y por estar pendiente de mí.

## DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado especialmente a las personas que les debo la vida y todos mis logros:

### **A mis padres**

Adalberto Noh Peche

Rafaela Yolanda Noh Canche

Por darme la vida, y por qué siempre me apoyaron, estuvieron conmigo, por sus sabios consejos y esas confianzas que depositaron en mí. Por qué todo lo que soy se lo debo a ustedes papá, les Amo.

### **A mis hermanos**

Erika Alondra Noh Noh

Carlos Alberto Noh Noh

María de los Ángeles Noh Noh

Rocio Guadalupe Noh Noh

Por el apoyo que siempre me brindaron y por qué siempre estuvieron conmigo en los momentos felices y en los momentos más difíciles, por todos los sacrificios que hicieron por mí, los Quiero.

### **A mis abuelos**

Adalberto Noh May

Teresa Pech Canche

Guadalupe Noh May

Elvia Canche Yam

Graciela Quetz Puch

Por su apoyo y sus consejos que me brindaron en mi infancia, porque siempre estuvieron pendiente de mí, que por sus palabras de consejo me han motivado a seguir adelante. La cual se los agradezco mucho.

## RESUMEN

Actualmente el uso de insecticidas sigue siendo el principal método de lucha para controlar las plagas de granos almacenados, pero el uso continuo e irracional y el mal manejo, han ocasionado problemas tales como la resistencia. Uno de los principales mecanismos de resistencia adquiridos por dichas plagas, son desarrollar mecanismos bioquímicos que permiten incrementar la detoxificación del agente químico. El objetivo de este trabajo es determinar la efectividad biológica de tres insecticidas de diferentes grupos toxicológicos para el control del gorgojo dentado de los granos *Oryzaephilus surinamensis*. Primero se realizó las concentraciones con dosis diferentes para después saber cuál de los insecticidas es efectivo para el control del Gorgojo dentado de los granos. De acuerdo a los resultados obtenidos podemos concluir que, el diazinon del grupo toxicológico de los organosfosforados a dosis de 80.9 ppm presenta una mortalidad del 50% de la población adulto de *Oryzaephilus surinamensis*, seguido por cypermetrina (Piretroide) con una dosis de 257 ppm y por último la permetrina (Piretroide) con dosis de 881.2 ppm. De acuerdo a la investigación podemos decir que el diazinon de acuerdo a la mortalidad presenta una buena alternativa para el control de *Oryzaephilus surinamensis* ya que para este caso mostraron buen efecto de mortalidad a las 24 horas con 93.3 % de mortalidad con una dosis más alta de 1000 ppm.

**Palabras clave:** insecticidas, granos almacenados, resistencia, detoxificación, gorgojo dentado de los granos *Oryzaephilus surinamensis*, diazinon, cipermetrina, permetrina.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>I</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>III</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO.....</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS .....</b>	<b>VIII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>IX</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
Importancia de las plagas de granos y productos almacenados.....	4
Origen y evolución de los insectos de almacén .....	5
Clasificación y distribución de las plagas .....	7
Descripción general del gorgojo de la harina <i>Oryzaephilus surinamensis</i> .....	8
Gorgojo de la harina <i>Oryzaephilus surinamensis</i> .....	10
Descripción del insecto .....	10
Origen y distribución .....	10
Clasificación taxonómica .....	11
Descripción morfológica.....	11
pupa a adulto.....	11
Ciclo de vida .....	12
Huevo .....	12
Larva.....	12
Pupa .....	13
Adulto.....	13
Biología y hábitos .....	13
Métodos de control.....	14
Control cultural .....	14
Control biológico .....	15
Control físico – mecánico.....	16
Control autocida.....	17
Fumigantes.....	17

Control químico.....	17
Resistencia a insecticidas .....	19
Mecanismos de resistencia.....	20
Tipos de resistencia .....	20
Resistencia por comportamiento .....	20
Resistencia morfológica .....	21
Resistencia cruzada .....	22
Resistencia metabólica .....	22
Oxidasas de función múltiples (MFO).....	23
Esterasas .....	23
Factores que afectan el desarrollo de resistencia .....	24
Métodos de detección de desarrollo de la resistencia .....	26
Métodos directos.....	26
Métodos indirectos .....	26
Bioensayo .....	27
Evaluación del tóxico .....	28
Ley de Weber y Fechner.....	28
Criterios para un buen Bioensayo.....	29
Grupos químicos de insecticidas .....	30
Insecticidas organofosforados .....	30
Modo de acción.....	31
Diazinon .....	32
Insecticida piretroides .....	32
Modo de acción.....	33
Permetrina .....	34
Cipermetrina .....	34
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>35</b>
Ubicación del experimento.....	35
Obtención del material biológico .....	35
Plaguicidas evaluados .....	36
Método de bioensayo.....	36
Análisis estadístico.....	38



<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>39</b>
Por ciento de mortalidad de <i>Oryzaephilus surinamensis</i> .....	39
Líneas de respuesta Dosis/Mortalidad .....	42
 <b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>43</b>
 <b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>44</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO 1.</b> Concentraciones utilizadas para evaluar la mortalidad en <i>Oryzaephilus surinamensis</i> .....	37
<b>CUADRO 2.</b> CL <sub>50</sub> , CL <sub>95</sub> y Parámetros de confianza a los 24 horas para <i>Oryzaephilus surinamensis</i> .....	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

- FIGURA 1.** Porcentaje de mortalidad del insecticida Diazinon sobre adultos de *Oryzaephilus surinamensis*.39
- FIGURA 2.** Porcentaje de mortalidad del insecticida Permetrina sobre adultos de *Oryzaephilus surinamensis*.40
- FIGURA 3.** Porcentaje de mortalidad del insecticida Cypermetrina sobre adultos de *Oryzaephilus surinamensis*.40
- FIGURA 4.** Línea de respuesta dosis-mortalidad de tres insecticidas de diferentes grupos toxicológicos sobre poblaciones de *Oryzaephilus surinamensis*.42

## INTRODUCCIÓN

El incremento en la población mundial y en la demanda de alimentos ha ocasionado un aumento en la utilización de tecnología para el control fitosanitario de las plagas que afectan a los principales granos almacenados de importancia económica. Una base indispensable para aplicar estas tecnologías de control, es la identificación correcta de la plaga, con el objetivo de determinar las acciones a desarrollar (Bautista, 2006).

El hombre necesita almacenar muchos de los productos vegetales como los granos que utiliza como alimento, porque en la mayoría de los casos su producción es estacional.

Muchos de los insectos son benéficos para el hombre, pero otros son destructivos y causan enormes daños a los cultivos, granos almacenados y a la salud del hombre.

Los insectos que atacan, dañan a los granos y sus productos durante el almacenamiento, comenzaron a ser importantes después que el hombre aprendió que podía guardar sus cosechas para utilizar posteriormente como alimento o semilla (Arias, 1983).

Najera (1991) menciona que los insectos causan daños considerables a los granos almacenados; en el mundo se han reportado 227 especies de insectos que

atacan los granos y sus productos. En México se han reportado 66 especies que afectan a los granos y sus productos, causan pérdidas entre el 15 y 25 % dependiendo de la región, entre ellas está el *Oryzaephilus surinamensis* y se sabe que causa un gran problema a los granos almacenados.

Cuando se trata de prevenir y controlar la presencia de insectos que están dañando un producto durante su almacenamiento, es indispensable identificarlo, conocer las condiciones ecológicas para su multiplicación y sus características biológicas (FAO/RLAC, 2011).

El Gorgojo dentado de los granos *Oryzaephilus surinamensis* se sabe que es plaga que afecta a los granos almacenados. Estos insectos son de cuerpo aplanado y angosto, con antenas delgadas y filiformes, con los dos últimos segmentos ligeramente engrosados, el color varía de café oscuro a casi negro (Arias, 1983).

Se considera plaga secundaria para granos de cereales enteros y sanos, aunque puede ser una plaga primaria para los productos de la molienda y oleaginosas de endospermo más blando. Atacando una gran variedad de productos y en la zona central del país, llega a alcanzar elevadas poblaciones en trigo almacenado, con elevado porcentaje de impurezas, especialmente en graneros (Arias, 1983).

Para disminuir los efectos adversos que producen estos organismos se emplean diferentes métodos de control; sin embargo.

El control químico es el más utilizado: los tratamientos con insecticidas, son de carácter preventivo y pueden aplicarse tanto a los materiales almacenados como a las instalaciones que los contienen. Sin embargo en fechas recientes se ha observado fallas en este tipo de control.

## **Objetivo**

Determinar la efectividad biológica de tres insecticidas de diferentes grupos toxicológicos para el control del gorgojo dentado de los granos *Oryzaephilus surinamensis*.

## **Justificación**

Los insectos que atacan, dañan los granos y sus productos durante el almacenamiento, comenzaron a ser importantes después que el hombre aprendió que podía guardar sus cosechas para utilizarlas posteriormente como alimento o semilla. Se sabe que el Gorgojo dentado de los granos *Oryzaephilus surinamensis*, es una plaga de suma importancia, que afecta a los granos almacenados.

## **Hipótesis**

Se espera que al menos uno de los insecticidas evaluados presente una  $CL_{50}$ , baja en el control de *Oryzaephilus surinamensis*.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### **Importancia de las plagas de granos y productos almacenados**

Durante el almacenamiento los porcentajes de pérdidas son muy altos y varían dependiendo de la zona; en zonas frías el efecto de los insectos es menor que en las zonas templadas.

Existen numerosos insectos asociados a los granos almacenados que están adaptados a las condiciones secas de estos productos y que son capaces de vivir y reproducirse en alimentos que están desprovistos de agua (García, 2009).

Nájera (1991) menciona que los insectos que infestan los productos almacenados se encuentran agrupados en 227 especies, 66 de las cuales se han registrado su presencia en México, causando pérdidas entre el 15 y 25% dependiendo de la región.

Las pérdidas de granos almacenados es el principal problema que se enfrenta el agricultor después de la cosecha. La situación es importante en el país en desarrollo, entre los productores a pequeñas escalas, quienes ven disminuidas sus cosechas a causa de la destrucción de granos almacenados, por roedores, insectos, hongos y bacterias (White, 1995).

Los principales insectos que atacan a los granos almacenados son 11 los que causan pérdidas considerables principalmente en zonas rurales, con agricultura tradicional, ya que no se utilizan métodos de control adecuado debido a la carencia de recursos económicos; dichas especies son: gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais*, gorgojo de los graneros *Sitophilus granarius*, barrenador menor de los granos *Rhyzopertha dominica*, barrenador mayor de los granos *Prostephanus truncatus*, palomilla dorada *Sitotroga cerealella*, gorgojo castaño de la harina *Tribolium castaneum*, gorgojo confuso de la harina *Tribolium confusum*, gorgojo aserrado *Oryzaephilus surinamensis*, gorgojo plano de los granos *Cryptolestes pusillus*, palomilla bandeada *Plodia interpunctella* y palomilla del mediterráneo *Anagasta kuehniella* (DEGESCH, 2012).

Uno de las plagas importantes de la harina almacenado que presenta mayor amenaza a nivel mundial es el gorgojo dentado de los granos *Oryzaephilus surinamensis*.

## **Origen y evolución de los insectos de almacén**

Se cree que los insectos de almacén hacen su aparición en la era neolítica, cuando el hombre comienza a criar animales domésticos, cultivar plantas y a almacenar regularmente cereales. Originario de América del Sur. Se asume que las especies conocidas hoy como plagas de almacén fueron desarrolladas a los lugares de almacenaje, ya que estos les proporcionaban condiciones adecuadas para su desarrollo (Salomón, 1965).

Algunas especies de insectos actualmente asociados con los productos almacenados han sido encontrados en tumbas del antiguo Egipto; insectos como *Tribolium* spp. Y *Sitophilus granarius* alrededor del 2300 a 2500 a.C. respectivamente (Chaddick y Leek, 1972).



## Origen de las infestaciones de grano

Los insectos tienen diferentes formas de desplazarse y hay especies que tienen una gran capacidad de vuelo, otras la hacen caminando y, por último, hay algunas que son más sedentarias. La mayoría de las veces la infestación ocurre en el campo, al ser atacado el grano antes de la cosecha. En otras ocasiones los insectos son capaces de volar ciertas distancias desde el campo hasta el almacén de grano y viceversa (Williams y Floyd, 1970).

La infestación en el campo de mayor importancia se da cuando el grano alcanza su madurez fisiológica, donde los huevecillos depositados por las hembras sobre el grano, tiene la capacidad de sobrevivir a las operaciones de recolección, desgrane y al acondicionamiento del mismo hasta que es depositado en el almacén. En el transporte los insectos se alojan en las hendiduras o en lugares donde se encuentren granos viejos, de tal modo que al colocar el grano limpio emigran hacia él. Y en el almacén, la infestación se facilita al dejar los granos dañados, que quedan de uno a uno para otro en la bodega y que al almacenar la nueva cosecha de granos fácilmente sean invadidos. La presencia en el campo de las plagas de postcosecha es baja en la fase de cosecha inicial con solo 0.76% de campos infestados con *P. truncatus*, *S. zeamais* y *O. surinamensis*, después de varios meses de secado en el almacén se infesta en grano con 54.4% para *P. truncatus*, 63.6% para *S. zeamais* y 55.5% *O. surinamensis*, entre otros con un aumento correspondiente en la proporción de la infestación dentro de los campos individuales (Gonzales, 2004).

Gutiérrez (1992), menciona que algunas especies son capaces de sobrevivir por largos periodos de tiempo cuando no dispone de suficiente alimento o las condiciones del medio no son desfavorables.

El origen de las infecciones de *Oryzaephilus surinamensis* en los almacenes, se inicia en el campo antes de la cosecha, y está relacionada con

factos climáticos, de los cuales el más importante es la humedad del medio. Gonzales y Sánchez (1986) determinaron que cuando la precipitación disminuye, la infestación por *Oryzaephilus surinamensis* aumenta en condiciones de campo.

Otra causa de infección por los insectos es cuando permanecen en el almacén remanentes de semillas o harinas de temperaturas pasadas, por lo que la presencia de infestaciones se da fácilmente (Pérez, 1988).

### **Clasificación y distribución de las plagas**

Los insectos que se alimentan de granos por lo general son clasificados en tres categorías (Ramírez, 1990) que son:

**Plagas primarias**, son insectos que tienen la capacidad de romper la cubierta externa de los granos y penetrarlos o también pueden ovipositar sobre el grano y al emerger la larva ésta perfora y se alimenta de la semilla como son: *Sitophilus granarius*, *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus granarius*, *Sitophilus zeamais*, *Rhyzopertha dominica*, *Acanthoscelides obtectus* (Gutierrez, 1990).

**Plagas secundarias**, son insectos que se desarrollan después de existir el daño en el grano por plagas primarias, normalmente se alimentan de harina y granos rotos y perforados por plagas primarias, estos son algunas plagas secundarias: *Tribolium confusum*, *Tribolium castaneum*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Cryptolestes ferrugineus* (Gutierrez, 1992).

**Plagas terciarias**, se desarrollan después de que los insectos primarios y secundarios han efectuado su daño, se alimentan de impurezas, granos quebrados, residuos dejados por los otros insectos y algunos se alimentan de los hongos desarrollados en el grano que se ha deteriorado (Ramírez, 1990).

Por lo tanto se considera a *Oryzaephilus surinamensis* como una plaga secundario para granos de cereales enteros y sanos, aunque pueden ser una plaga primaria para los productos de la molienda como la harina (FAO, 2011).

Estas especies es de distribución cosmopolita, es decir se encuentra en todo el mundo; en México se encuentra distribuido en las regiones tropicales y subtropicales, (FOA/RLAC, 1985).

### **Descripción general del gorgojo de la harina *Oryzaephilus surinamensis***

El cuerpo de los insectos se dividen en tres partes: cabeza, tórax y abdomen, que están unidas entre sí (FAO, 2011).

Los ojos, antenas y aparato bucal se encuentran localizados en la cabeza. Las alas y patas están en el tórax. El abdomen es segmentado, generalmente sin apéndice.

El esqueleto de los insectos es externo y consiste en una piel gruesa o caparazón. Que envuelve totalmente al insecto. El exoesqueleto presentan algunas ventajas: protección a algunos daños externos físicos y químicos; mejor conservación del agua del cuerpo, por reducción de la evaporación; y ventajas mecánicas para la inserción de los músculos, lo que le da una agilidad y fuerza fuera de proporción con el porte de su cuerpo (FAO, 2011).

La desventaja consiste en la rigidez que le impide aumentar de tamaño. Cuando crecen deben mudar de piel siendo un momento bastante vulnerable para la vida del insecto. La gran mayoría de las especies que atacan granos y productos almacenados tienen metamorfosis completa: Huevo, Larva, Pupa y Adulto (FAO, 2011).

## **Descripción de la especie del género *Oryzaephilus surinamensis***

El gorgojo de la harina *Oryzaephilus surinamensis* conocido desde tiempos antiguos, es un gorgojo pequeño que mide 2,5-3,5 mm de longitud y tiene un cuerpo aplanado, varía de color marrón rojizo a casi negro. Antenas de 11 artejos terminadas en masa. Una característica determinante es que presenta los bordes del tórax aserrado, con seis dientes a cada lado.

La hembra deposita los huevos de forma aislada o en pequeños grupos de hasta 5 individuos. A continuación emergen las larvas, las cuales en el caso de darse en cereales se alimentan de granos partidos, uniendo los restos de grano y transformándose en adulto en su interior, los cuales pueden sobrevivir unos 6-10 meses. Se desarrolla de forma óptima a 30-35 °C y pueden afectar a granos con bajo contenido de humedad. Son capaces de alimentarse de una gran variedad de granos y productos, entre los cuales se incluye trigo, maíz, sorgo, cebada, harina, fruta seca, etc. Se encuentra distribuido en todo el mundo (Bermejo, 2011).

La desventaja consiste en la rigidez que le impide aumentar de tamaño. Cuando crecen deben mudar de piel siendo un momento bastante vulnerable para la vida del insecto. La gran mayoría de las especies que atacan granos y productos almacenados tienen metamorfosis completa: Huevo, Larva, Pupa y Adulto (Dell'Orto, 1985).

Se considera como plaga secundaria para granos de cereales enteros y sanos, aunque pueden ser una plaga primaria para los productos de la molienda como la harina (Bermejo, 2011).

## **Gorgojo de la harina *Oryzaephilus surinamensis***

- **Descripción del insecto**

*Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae) es uno de los insectos más comunes en granos y productos almacenados. Está presente en regiones tropicales y subtropicales; tolerando bajas temperaturas en los climas templados. El adulto presenta cuerpo alargado, plano, de color castaño oscuro, midiendo 2,5 a 3,5 mm de longitud. En el tórax presenta seis dientes claramente visibles en los bordes laterales y tres protuberancias longitudinales en forma de lomo en la parte central (Saini y Rodríguez, 2000). Esta especie de insecto se considera como uno de las más destructiva y común de todas las especies que atacan los granos almacenados. Tanto las larvas como los adultos son capaces de dañar productos almacenados con muy bajo contenido de humedad, pudiendo alimentarse de granos de cereales como trigo, maíz, arroz, cebada, sorgo y sus derivados, frutas secas, higos, uvas, cacao, nueces, alimentos para ganado (Mowery *et al.*, 2002). Es un insecto muy pequeño que ha aumentado su resistencia a los insecticidas, y tiene la habilidad de ocultarse en diversos lugares en las instalaciones de almacenaje, haciendo difícil la entrada de los fitoterápicos (Wallbank y Collins, 2003).

- **Origen y distribución**

Es originario de América del Sur, lugar del cual fue distribuido en todo el mundo convirtiéndose en insecto cosmopolita. Se ha registrado su presencia en Asia Oriental, Península Arábiga, en las zonas productoras de grano de África, Argentina, en los estados del sur de Estados Unidos, entre otros.

Distribución en México. Se reporta la presencia de *Oryzaephilus surinamensis* en los Estados de Campeche, Colima, Durango, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Distrito Federal, Coahuila, Edo de México, Guerrero, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz, Yucatán, por que reviste de gran importancia, debido a que se encuentra distribuido en los estados de mayor producción de granos almacenados (Gutiérrez, 1999).

- **Clasificación taxonómica**

Borror *et al.* (1981) ubica a *Oryzaephilus surinamensis* como a continuación se describe:

Reino	Animal
Phylum	Arthropoda
Clase	Insecta
Orden	Coleóptera
Familia	Cucujidae
Género	<i>Oryzaephilus</i>
Especie	<i>surinamensis</i>

- **Descripción morfológica**

El Gorgojo dentado de los granos *Oryzaephilus surinamensis* es de metamorfosis completa, comprende cuatro etapas de desarrollo que van desde huevecillo, larva, pupa a adulto.

- **Ciclo de vida**

El ciclo de vida del *Oryzaephilus surinamensis* se desarrolló en clima cálido y templado. El ciclo de vida se completa de 25 a 30 días dependiendo del ambiente. La hembra ovoposita 200 a 300 huevecillos en grupos de 4 a 5 en un período de diez semanas, las larvas emergen de los 4 a 6 días de la ovoposición con tres pares de patas, de color cremoso. El adulto vive de 3 a 6 semanas, aunque puede llegar a vivir hasta los 3 años, no vuela. Se alimenta de sorgo, maíz y otros cereales. Tanto la larva como el adulto son capaces de dañar productos almacenados con bajo contenido de humedad y con mucho tiempo de almacenamiento (Arias y Dell'Orto, 1985).

### **Huevo**

El huevecillo rara vez se observa ya que se desarrolla en el interior del grano infestado donde se alimenta, el huevecillo es de forma de pera u ovoide de un color blando opaco, ensanchado de la parte media hacia abajo y con todo redondeado, mide aproximadamente 0.7 mm de largo y 0.3 mm de ancho (Ripa, 2010).

### **Larva**

La larva es un gusano pequeño de 2.5 a 2.75 mm de largo, es blanca recién eclosionada y va adquiriendo un color amarillento y sus bandas dorsales se van oscureciendo con el desarrollo. La capsula cefálica es café amarillento pálido; es activa y se mueve de un lugar a otro. Aparentemente, es incapaz de alimentarse de grano entero, a menos que el grano sea blando (Ripa, 2010).

## **Pupa**

La pupa se encuentra envuelta en una celda pupal dentro del grano, es de color blanco pálido al principio, posteriormente se torna de color café claro al final, mide de 2.75 mm a 3 mm, presenta proboscis largas dirigida hacia la parte anterior y las patas dobladas hacia la parte anterior y las patas dobladas hacia el cuerpo (García, 2009).

## **Adulto**

El adulto mide 2.5 mm a 4.5 mm de longitud, es de color café oscuro, cuerpo cilíndrica y alargado. Antenas de 11 artejos terminadas en la maza. Una característica determinante es que presenta los bordes del tórax aserrado, con seis dientes a cada lado (Ripa, 2010).

### **▪ Biología y hábitos**

Es cosmopolita, y es una plaga importante en almacén. Es de cuerpo achatado, marrón oscuro y con seis proyecciones a cada lado del tórax a modo de dientes. Ovipositan de 200 a 300 huevos por hembra y son ampliamente diseminados entre los granos. Las larvas son móviles y son ampliamente diseminados en condiciones de alta temperatura (más de 14 °C). Los adultos que pueden vivir hasta tres años, se alimentan de granos partidos y pueden ingresar a alimentos empacados; no pueden volar pero son muy móviles. Este insecto vive por los menos 25 días, bajo óptimas condiciones (temperatura de 30 a 35 °C y humedad de 70 a 90 %). El adulto mide aproximadamente 3.5 mm (SENASA, 2000).



Matamoros *et al.* (2006). El hábito del escarabajo (carcoma) dentado de los granos. Se considera plaga secundaria para granos de cereales enteros y sanos, aunque puede ser una plaga primaria para los productos de la molienda y oleaginosas de endospermo más blando. *O. surinamensis* ataca una gran variedad de productos, llega a alcanzar elevadas poblaciones en trigo almacenado con elevado porcentaje de impurezas, especialmente en los graneros.

## **Métodos de control**

Atraves del tiempo, el hombre ha aprendido a establecer una lucha competitiva con los insectos por la defensa del alimento de manera que ha desarrollado diferentes métodos de control que incluye medidas físicas, químicas y biológicas (Gutiérrez y Güemes, 1991).

Existen varios métodos para combatir las plagas de almacén entre ellos se pueden mencionar los siguientes.

- **Control cultural**

En este método se hace varios usos de métodos tradicionales como a continuación se mencionan.

- Evitar daños en el campo por gusanos y pájaros, ya que retarda la entrada del picudo.
- Asoleo periódico del grano, humo y mezcla del grano con materiales como ceniza, arena y aceites.

- Limpiar los lugares de almacenamiento, los que deben estar libres de gorgojos y derrame de granos antes de almacenar el producto.
- Las cosechas tempranas disminuyen el tiempo de ataque del gorgojo.
- Evite almacenar en sacos viejos y rotos.
- Evite colocar los sacos con grano directamente en el piso; use tarimas.
- En el caso de arroz, almacénelo sin apilar (Matute y Trabanino 1999).

- **Control biológico**

Brower (1996) menciona una amplia gama de depredadores que atacan a las plagas de granos almacenados. Las familias más importantes son coleópteros depredadores: Carabidae, Staphylinidae e Histeridae pero los depredadores más comunes encontrados son las chinches de la familia Anthocoridae y específicamente *Xylocoris flaviceps*.

Ramírez *et al.* (1993) ha reportado que en México existe tres depredadores de plagas de granos almacenados que son: *Cephalonomia torsalis*, *Teretriosoma nigrescens* y *Xylocoris flavipes*.

García *et al.* (2009). Menciona que los agentes de control biológico de plagas de grano almacenados, la cual se puede tomar como referencia para investigaciones regionales o locales de México. Se reportan 23 agentes de cuales 17 son parasitoides, 3 depredadores y 3 parásitos. Los parasitoides encontrados fueron *Anisopteromalus calandrae* Howard, *Apanteles taragamae* Viereck, *Bassus asper* Chou y Sharkey, *Bracon hebetor* Say, *Cephalonomia waterstoni* Gahan, *Choetospila elegans* Westwood, *Dolichogenidea sp.* Ashmead, *Habrobracon hebetor* Say, *Plectochorus sp.* Kusigemati, *Theocolax elegans* Westwood, *Trichogramma embryophagum* Hartig, *Trichogramma cacoeciae* Marchal, *Trichogramma deion* Pinto y Oatman, *Trichogramma evanescens* Westwood, *Trichogramma pretiosum* Riley, *Trichogramma sp.* Uchida y *Triclistus sp.*

Holmgren pertenecientes a las familias Bethyridae, Braconidae, Ichneuminidae, Pteromalidae y Trichogrammatidae. Dos especies de chinches piratas *Lyctocoris campestris* y *Xylocoris flavipes*, de la familia Anthocoridae y una especie de acaro *Acarophenax lacunatus* de la familia Acarophenacidae, fueron los depredadores. Además se encontraron tres especies de parásitos protozoarios del grupo Coccidia.

- **Control físico – mecánico**

Almacenar en recipientes cerrados como barriles o silos metálicos evite la entrada de adultos y en ocasiones muere por falta de aire dentro del recipiente (Matute y Trabanino 1999).

Moreno (1996) menciona que la mayoría de los insectos que destruyen los granos almacenados no pueden desarrollarse en productos agrícolas cuyos contenidos de humedad estén en equilibrio con humedades relativas inferiores a 40 por ciento. Matute y Trabanino (1999) señalan que antes de almacenar el grano, se debe secar a menos del 12 por ciento de humedad, ya que ésta reduce la tasa de ovoposición y el desarrollo posterior del insecto.

El control físico de gorgojos en los almacenes se ha intentado a través de altas y bajas temperaturas, de 26 a 50 °C y de 0 a -18 °C respectivamente. La mayor efectividad se encontró a 50 °C con una mortalidad del 100% (Dowdy, 1998; Fields y Korunic, 1999). El cambio de 35 a 50 °C permitió disminuir la tasa de fecundidad y el crecimiento poblacional. Este tratamiento surge como una alternativa segura al uso de fumigantes en los molinos de trigo (Sánchez, 2001).

Por otra parte, el adulto fue más sensible a las bajas temperaturas que las pupas del mismo insecto. Estas murieron a -18 °C (Sánchez, 2001).

También se ha estudiado el efecto de la temperatura combinado con la presencia de tierras diatomáceas, con la finalidad de incrementar la actividad del insecto y así causar daños físicos sobre el cuerpo del bicho con la diatomita. Esta práctica se ha evaluado en granos almacenados (Fields y korunic, 2000).

- **Control autocida**

Brown *et al.* (1972) realizaron estudios con radiación gamma sobre pupas de *S. zeamais* con una dosis de 5 a 10 krad, esterilizado completamente a los adultos que emergen de ellas.

- **Fumigantes**

Ramírez (1966), menciona que las principales ventajas de los fumigantes, es su penetración, ya que estos materiales se introducen en todas partes del espacio disponible que ejerce una acción toxica en forma de gas. Los fumigantes se almacenan en forma de liquida o sólida.

Dentro del grupo de los fumigantes más utilizados para el control de plagas de los granos almacenados son la fosfina y el bromuro de metilo, son los principales productos más usados en varios países (Standler *et al.*, 1990).

Los productos gaseosos (fumigantes) que se usan con más frecuencia son el bromuro de metilo y fostoxin, preferidos por su alta efectividad y poca residualidad en el control de plagas de granos almacenados y harinas, Sin embargo, el riesgo que implican hacia el medio ambiente y la dificultad para manejarlos, determina que se busquen alternativas seguras y ecológicas en el control de insectos (Sánchez, 2001).

- **Control químico**

Los insecticidas constituyen recursos de primera importancia contra las plagas, tanto porque sus efectos son más rápidos que cualquier otra forma de represión como por ser fácilmente manejables, considerando que su utilización, conjuntamente con las de otros pesticidas, ha jugado un rol importante en el

incremento de la productividad agrícola de las últimas décadas, sobre todo en los países más tecnificados (Klimmer, 1967).

Las primeras aplicaciones de insecticidas modernos fueron exitosas, que muchas esperanzas se citaron en la posibilidad de erradicar las principales plagas y desafortunadamente después de algo más de cuatro décadas de aquellos resultados extraordinarios se puede comprobar que los problemas de plaga no han desaparecidos y, por el contrario trajo consigo la aparición de nuevas plagas, contaminación del medio ambiente, destrucción de la fauna silvestre, destrucción de enemigos naturales, peligros de intoxicación, fenómenos comunes ligeros al uso de insecticidas y el desarrollo de la resistencia por parte de algunas especies (Beingolea, 1958).

El uso de insecticidas ha sido el método más generalizado para el combate de plagas de granos almacenados, empleándose comúnmente los organoclorados, organofosforado y piretroides (Mejía, 2003). El malatión que pertenece al grupo de los organofosforados ha sido el más utilizado para el control de granos en almacenes, pero se ha comprobado que los insectos han desarrollado resistencia (Georghiou y Lagunes, 1991).

En lugares donde se almacenan grandes volúmenes de granos, es muy difícil el tratamiento por aspersión, y más el espolvoreo con insecticidas. Bajo esta situación el uso de insecticidas se restringe a la realización de aspersiones sanitarias en los almacenes, para tratar el producto que se va almacenar se emplean principalmente los fumigantes como el fosforo de aluminio y el bromuro de metilo que son muchos más fáciles de aplicar (Mejía, 2003).

Ramírez y Moreno (1995), ha reportado que metil pirimifos es muy efectivo para proteger de *Dermestes maculatos* durante periodos largos, mientras que en *Tribolium spp.*, *Oryzaephilus surinamensis* actúa efectivamente, por otro lado *Sitophilus zeamais* se reporta como resistente a malatión.

## **Resistencia a insecticidas**

La resistencia es una disminución de la mortalidad observada en una población sometida a un tratamiento constante. En el caso particular de insecticidas se aplica a una población susceptible que después de haber sido controlado con un insecticida con dosis normales estas dejan de ser efectivas para su control, por lo que la resistencia es el desarrollo de un carácter, por la alta presión de selección de una población normalmente susceptible a un insecticida en particular. El desarrollo de la resistencia de alguna especie o dentro de ellas, puede ser rápida o lenta en ciertas circunstancias. Este desarrollo está directamente relacionado con la presión de selección aplicada a una población de una especie dada (García, 2009).

El desarrollo de resistencia a los insecticidas por parte de los insectos es el mayor obstáculo en el control de plagas, tanto agrícolas como domésticas o sanitarias (Georghiou, 1990). Como resultado de la aparición de resistencia se incrementa la dosis y frecuencia de aplicación de los insecticidas, produciendo una disminución en la eficacia de los mismos y consecuentemente, daños ambientales, aparición de enfermedades animales y humanas (Szczepanski, 1990). Por ello es primordial llegar a entender los mecanismos por los cuales los insectos adquieren dicha resistencia, y poder así diseñar nuevas estrategias que resulten seguras y efectivas, ayudando al mismo tiempo a frenar y evitar la aparición de dicho fenómeno.

La OMS (1957) definió la resistencia como «el desarrollo, en una población de insectos, de la habilidad de tolerar dosis de tóxicos que resultarían letales a la mayoría de los individuos de una población normal o sensible (S) de la misma especie». Según la FAO (1970) la resistencia «es una respuesta disminuida de la población de una especie de animales o plantas a un plaguicida o agente de control como resultado de su aplicación». En la actualidad, se define como «un cambio heredable en la sensibilidad de una población de una plaga que

se refleja en repetidos fallos de eficacia de un producto al ser usado de acuerdo con las recomendaciones de la etiqueta para esa plaga» (IRAC, 2007).

- **Mecanismos de resistencia**

La posibilidad de que los insectos de los granos almacenados metabolicen insecticidas orgánicos sintéticos, se debe a la presencia de un sistema bioquímico efectivo de defensas, que es causa de un proceso de inducción, donde la presencia de un líquido estimula la actividad de un sistema de desintoxicación (García, 2009).

- **Tipos de resistencia**

Según Silvia (2003), las vías por la que los insectos se hacen resistentes a los insecticidas se pueden dividir en tres niveles:

### **Resistencia por comportamiento**

Monge (1986), menciona que la resistencia por comportamiento se da cuando los insectos resistentes pueden detectar o reconocer el peligro y eludir el contacto con el insecticida, bien evitando comer, escapando del área donde se ha aplicado el insecticida. Este mecanismo se ha descrito en más de 30 especies de insectos para diferentes clases de insecticidas incluidos organoclorados, organofosforados, carbamatos y piretroides, de modo que es un mecanismo ampliamente generalizado, si bien ha sido poco estudiado por las dificultades que plantea su análisis en el laboratorio.

Como ejemplo de la acción repelente, tenemos a las moscas, después de un tiempo ya no se acerca a cebo con azúcar que contiene malatión; esta es un tipo de resistencia que depende del estímulo (Monge, 1986).

Carillo (1984), la define como la pérdida de susceptibilidad por cambio en el comportamiento del insecto frente a los repetitivos programas de control. No es un mecanismo tan importante, sin embargo contribuye en la disminución de la efectividad de la dosis letal del plaguicida. Esta habilidad puede producirse mediante un estímulo dependiente o independiente, el primero se evidencia cuando una plaga evita el contacto con la zona tratada con plaguicida (repelente) y el estímulo independiente ocurre cuando la plaga abandona la zona tratada con el plaguicida hacia un área sin residuos (irritancia).

### **Resistencia morfológica**

La resistencia morfológica o resistencia a la penetración es donde la composición del exoesqueleto llega a ser modificada inhibiendo la penetración del insecticida Miller (1988).

La velocidad de penetración depende de las características moleculares del insecticida y de las propiedades del tegumento del insecto, las cuales varían considerablemente entre los estadios de vida y de una especie a otra. Una penetración demorada provee un mayor tiempo para la detoxificación de una dosis tomada (Brattsten *et al.*, 1986).

Barbera (1976), menciona que una vez que el insecto entra en contacto con el insecticida, los individuos resistentes pueden absorber la toxina más despacio que los sensibles; esto ocurre debido a que su cutícula o el epitelio del tracto digestivo han desarrollado barreras contra los productos, lo cual les protege frente a un amplio espectro de insecticidas.



## **Resistencia cruzada**

En el desarrollo de resistencia ocurre con frecuencia el fenómeno de “resistencia cruzada”, es decir que la presión de selección de un insecticida incrementa también la resistencia de la población a otro producto que no fue usado en la selección. Generalmente hay cierto grado de resistencia cruzada entre productos de la misma clase (Herrera, 1963). Por ejemplo, el caso típico corresponde al DDT y los piretroides (debido al gene *kdr*) que a pesar de pertenecer a diferentes grupos químicos comparten el mismo modo de acción, pues ambos actúan sobre la velocidad de los carbamatos y los organofosforados por selección a la poca sensibilidad de la colinesterasa (Hamma, 1983).

Por otro lado, se consideraba que la tolerancia cruzada entre compuestos clorados era relativamente alta, en cambio entre clorados o fosforados es relativamente baja. En algunos compuestos se ha encontrado resistencia cruzada de carbamatos a clorados y a fosforados (Moorefield, 1959). Las poblaciones que exhiben resistencia contra diversos productos se denominan poli-resistentes.

## **Resistencia metabólica**

La vía metabólica del insecto llega a ser modificada detoxificándose el insecticida o negando el metabolismo del compuesto aplicado en su forma tóxica. La forma más importante de resistencia metabólica incluye la multifunción oxidasa, las glutatión transferasas y las esterasas (Miller, 1988).

Este tipo de resistencia se refiere a que los productos insecticidas pueden ser metabolizados y transformados en productos menos tóxicos. Como una consecuencia de la acción de resistencia enzimáticos presentes en los insectos. Los principales sistemas enzimáticos responsables del metabolismo de

los insecticidas son: las oxidasas microsómicas (Wilkinson, 1983). Esterasas y Carboxiesterasas (Yasutomi, 1983) y Glutathion s-transferasas (Dauterman, 1983).

### **Oxidasas de función múltiples (MFO)**

Las diferentes reacciones que afectan el metabolismo primario de los insecticidas y otros compuestos extraños son producidas por oxidaciones, las cuales juegan un papel muy importante en la actividad biológica o toxicidad que tiene un material. Muchos insecticidas piretroides y organofosforados son metabolizados por MFO; en organofosforados los resultados son complejos y difíciles de predecir debido a que la reacción puede aumentar o disminuir la toxicidad dependiendo del insecticida en cuestión (López, 2008).

### **Esterasas**

El principal mecanismo de resistencia de los organofosforados consiste en la desintoxicación por las enzimas que hidrolizan al insecticida, estas enzimas pueden ser hidrolizadas, fosforotriesterasas que pueden romper la cadena Ester difosfato, y que dando como resultados la formación de fosfuros, que contienen metabolitos, que se ionizan a un pH neutro y pierden la habilidad de inhibir a la acetilcolinesterasa. En el caso particular de resistencia al malation, ésta se caracteriza por tener un incremento en el nivel de carboxiesterasas, las cuales atacan el grupo carboxietil de este insecticida, con lo cual disminuye su actividad toxica (López, 2008).

- **Factores que afectan el desarrollo de resistencia**

La rapidez en el desarrollo de la resistencia de los insectos a uno o varios insecticidas depende de muchos factores. Parquin (1965) menciona dos factores principales, la naturaleza de la especie y las técnicas utilizadas para el control químico. Con respecto a la naturaleza de la especie se puede citar: el potencial genético de la población de insectos, el tiempo que tarda el ciclo de vida, ya que los insectos de ciclos cortos son los que presentan un desarrollo de resistencia más rápido, otro aspecto importante son los estados de desarrollo a los que se dirige el tratamiento, debido a que es más acelerado cuando más de un estadio es sujeto a presión de selección y cuando no existe inmigración de individuos susceptibles.

Messuti (2012), menciona que la resistencia se desarrolla rápidamente en algunas especies de insectos y lentamente en otra. Además, dentro de una misma especie algunas poblaciones de insectos han desarrollado rápidamente resistencia, mientras que otras la han desarrollado en escasa o nula cantidad. Por esta razón para tratar de encontrar estrategias que retrasen o eviten el desarrollo de resistencia a los insecticidas, se deben conocer los factores que afectan la evolución de este fenómeno, los cuales pueden ser genéticos, biológicos y operacionales.

Los factores genéticos: son la frecuencia inicial de genes de resistencia en una población de insectos. El número de genes involucrada, ha menor número de genes proporcionen la resistencia, esta se desarrollara más rápido; cuando es proporcionada por varios genes, su desarrollo es más lento, pero será más difícil controlarla, porque los niveles que alcanza son muy altos. La dominancia de los genes de resistencia, dependiendo del gen que domine, será la característica de la población. Si el gen es completamente dominante en la población original, la descendencia de esta presentara características que tenderán a la resistencia, en cambio, si el gen es completamente recesivo, la descendencia de la población tendera a la susceptibilidad a los insecticidas.

Factores biológicos son de dos tipos: de potencial biológico y de comportamiento. El potencial biológico: es por la fertilidad y fecundidad, si se presenta mayor progenie por generación, aumenta la probabilidad de desarrollo de individuos resistentes. Partenogénesis es a partir de un hembra partenogenética sobreviviente se pueden seleccionar nuevas poblaciones para resistencia a casi todos los insecticidas. Numero de generación por año si una población de insectos que tiene varias generaciones por año, adquiere más rápidamente resistencia que una población que solo tiene una generación por años, cuando están expuestas a la misma presión de selección. El comportamiento: aislamiento, movilidad y migración. Si una población no migra, adquiere más rápidamente resistencia, mientras que una población migra la adquiere lentamente, debido a que no está expuesta continuamente al insecticida.

Factores operacionales: respecto al toxico aplicado y al tipo de aplicación. Toxico aplicado: la naturaleza química del insecticida, un insecticida sistémico selecciona más rápido a resistencia que no de contacto. Relación con insecticidas usados anteriormente para conocer si son del mismo grupo toxicológico, ya que afecta los mismos mecanismos de resistencia.

En el caso de granos almacenados existen varios factores, que probablemente contribuyen al retraso en la aparición de resistencia entre las poblaciones de campo e insectos de granos almacenados. En primer lugar la mayoría de estos insectos tienen pocas generaciones al año, a diferencia, por ejemplo, de los mosquitos; las aplicaciones de insecticidas de contacto son superiores y con frecuencia incompletas, por lo que no hay una alta presión de selección. Los tratamientos rara vez cubren todas las bodegas en una localidad por lo que hay una dilución de la población que desarrolla resistencia, con las poblaciones susceptibles cercanas, además existe un gran movimiento dentro y fuera de las bodegas, por lo que grandes volúmenes de producto tratado, junto con su fauna, son más frecuentemente remplazados con nuevos insectos susceptibles.

- **Métodos de detección de desarrollo de la resistencia**

La detección de la resistencia a insecticidas se logra mediante prueba de susceptibilidad a insectos también llamados bioensayos. Los bioensayos se basan en pruebas de dosis o concentración-mortalidad, lo que usualmente se realizan en laboratorios. Sin embargo, estos tienen serias limitaciones, ya que requiere un gran número de insectos, de muestran a procesar y los resultados se pueden obtener mucho tiempo después (Bacopulos, 2003).

### **Métodos directos**

Hay gran variedad de tipos dependiendo del insecto, insecticida a evaluar y el objetivo del mismo; consiste en la aplicación de una dosis única a un animal o en el incremento del estímulo en un periodo de tiempo, generalmente buscando una respuesta fisiológica. Nos permite detectar el nivel de la resistencia y de la homogeneidad genética de la población en su respuesta al toxico, lo cual se observa en los valores de la posición de la línea y de la pendiente de la recta de regresión, obtenida mediante el procedimiento Probit; así a mayor pendiente mayor homogeneidad de la población, es decir, que poseen los mismos genes de resistencias y en la misma proporción entre individuos (Bacopulos, 2003).

### **Métodos indirectos**

Principalmente bioquímicos. Estos métodos consisten en la aplicación de una dosis a una muestra representativa, de manera que los resultados se atribuyen al total de la población; correlacionan un alto nivel de una enzima a una relación enzimática específica, la resistencia comprobada en cierta colonia de insectos pueden ser cualitativos o cuantitativos, generalistas o específicos, según la metodología utilizada (Lagunas y Villanueva, 1995).

## Bioensayo

De acuerdo con Lagunés y Villanueva (1995), el bioensayo se emplea para determinar la toxicidad de las sustancias químicas con supuestas propiedades tóxicas. Sus principales objetivos son: determinar la eficiencia de varios tóxicos contra una población de insectos; la susceptibilidad de diferentes razas o especies de artrópodos a un tóxico y la determinación de la cantidad de un tóxico en un sustrato (Baudo, 1987).

El bioensayo tiene dos componentes; el estímulo y la respuesta. El estímulo, es el agente que produce una respuesta (Químico, físico o eléctrico) y la respuesta es el efecto o manifestación que produce la aplicación del estímulo (La muerte, un nivel enzimático, la temperatura, etc.). En el caso particular del estudio toxicológico de insecticidas, el estímulo es el insecticida aplicado y la respuesta es la muerte del insecto (INOCAR, 2010).

En los bioensayos, la cantidad del tóxico que se aplica no siempre es la misma que la que llega al sitio de acción, en este caso tienen que ver los factores que se mencionan a continuación:

- Hay descomposición por intemperización.
- Parte del insecticida aplicado no entra en contacto con el insecto, debido a que se volatiliza.
- Almacenamiento de tejidos inerte, generalmente tejido graso.
- Mayor excreción del organismo.
- Tasa de degradación
- Insecticida en el sitio de acción (Bacopulos, 2003).

## ▪ Evaluación del tóxico

La toxicidad de los insecticidas a un organismo se expresa usualmente en términos de  $CL_{50}$  (dosis letal cincuenta); ésta representa la cantidad de toxico por unidad de peso que mata el cincuenta por ciento de los animales empleados en la prueba, en los casos en los que solo se sabe cuál es la cantidad de insecticidas que rodea al organismo, y no la cantidad de insectos se usa el término  $CL_{50}$  (concentración letal cincuenta), ésta determina la concentración del compuesto que mata el 50 por ciento de los animales expuestos en un periodo específico, generalmente de 24 horas.

El método empleado para insectos de granos almacenados es el de la exposición residual aplicada al recipiente que contenga a los insectos o al grano del que se alimenta el organismo en prueba. Para expresar la susceptibilidad de cualquier población de insectos a venenos, se graficaron en hojas de logaritmos de Probit (Bacopulos, 2003).

## ▪ Ley de Weber y Fechner

La magnitud de la respuesta biológica es proporcional no al cambio aritmético en el estímulo, sino a su logaritmo, esto se logra al transformar la respuesta de porcentajes de mortalidad a unidades Probit.

La posición de la línea o pendiente está en proporción a la mortalidad con respecto al incremento de las dosis. El significado de la posición y pendiente de la línea es:

- A mayor pendiente con el mismo incremento de dosis habrá mayor efecto.
- La posición de la línea indica que tan rápido llega el insecticida al sitio de acción.

Los límites de confianza, también denominados límites fiduciales, son los límites de significancia de la línea de respuesta a ambos lados de cada dosis o concentraciones. Estos se estrechan a un nivel de  $DL_{50}$  o  $CL_{50}$ , y se ensanchan hacia valores mayores o menores de mortalidad. Si los límites de confianza de dos líneas se traslapan, quiere decir que estas, no son significativamente diferente (Lagunes y Villanueva, 1995).

▪ **Criterios para un buen Bioensayo**

- Que la dosis sea precisa (cantidad aplicada).
- Seguridad en la determinación de la respuesta (vivos o muertos)
- Que el medio donde se realiza el bioensayo tenga condiciones estables durante el desarrollo del estudio.
- Que el método permita diferenciar al cambiar la dosis.
- Que el método sea reproducible.
- Uso de la fórmula de Abbott (1925) para corregir la mortalidad natural en caso de muerte en el testigo.

$$MC = [(X - Y)/(100 - Y)](100)$$

Dónde: MC = Mortalidad corregida (%)

X = Mortalidad en el tratamiento (%)

Y = Mortalidad en el testigo (%)

En general cuando se obtiene más del 15% de mortalidad en el testigo, los resultados deben desecharse o repetirse.



## Grupos químicos de insecticidas

- **Insecticidas organofosforados**

La intoxicación con pesticidas organofosforados es un problema de salud pública principalmente en países en vías de desarrollo. Varios estudios atribuyen cerca de 200, 000-300, 000 muertes por año por envenenamiento con estos agentes. Los envenenamientos accidentales son los menos comunes, siendo la ingestión intencional la principal causa. La fatalidad se calcula cerca de 15-30% de los casos. Los insecticidas organofosforados son comunes, algunos incluyen Diazinon, Malation, Paration, Dimetoato, Fention, Propoxur y Diclofenotion. Se utiliza en la agricultura, horticultura y en uso doméstico, presentándose esta intoxicación en fumigadores, cosechadores, ingestión de alimentos contaminados e ingestión intencional. Las vías de intoxicación incluyen la vía oral, inhalación o absorción cutánea. El diagnóstico temprano y el tratamiento adecuado, a menudo salvan la vida del paciente, aunque el cuadro puede ser tan severo que requiera manejo en la unidad de cuidados intensivos (Cabrera y Varela, 2009).

Las reacciones del alcohol con el ácido fosfórico se estudiaron por primera vez por Lassaingne en 1820, hasta este año se remonta la química orgánica del fósforo. El desarrollo de esta clase de insecticidas fue realizado en Alemania por el investigador Shrader, quien produjo los gases nerviosos altamente activos como el tabun y el sarín.

Dentro de este grupo está el Diazinon, malathion, el pírifos metílico, diclorvos (DDVP) este último es para control de plagas de granos, A este mismo grupo pertenece el fenitrothion utilizado para tratamiento de estructuras y pisos. (Cremllyn, 1995).

Los primeros insecticidas fosfóricos pertenecían a ésteres sencillos del ácido fosfórico, por ejemplo el TEPP, HETP a los que se añadió posteriormente el parathion (Barbera, 1976).

La mayoría de los organofosforados, actúan como insecticidas de contacto, fumigantes y de acción estomacal, pero también se encuentran materiales sistémicos, que cuando se aplican al suelo y las plantas son absorbidos por hojas, tallos, corteza y raíces, circulan en la savia haciéndola tóxica para los insectos que se alimentan al succionarla (Ponce, 2006).

### **Modo de acción**

Los compuestos insecticidas organofosforados inhiben aparentemente la acción de varias enzimas; pero la actividad más importante in vivo es contra la enzima acetilcolinesterasa. 2,13-15 Esta enzima verifica la hidrólisis de la acetilcolina que se genera en las uniones nerviosas, hasta colina- en la ausencia de acetilcolinesterasa efectiva la acetilcolina liberada se acumula e impide la transmisión continua de impulsos nerviosos a través del espacio sináptico en las uniones nerviosas. Esto ocasiona la pérdida de coordinación muscular, convulsiones y finalmente la muerte (Cremllyn, 1995).

Los agentes organofosforados actúan al inhibir la acción de la acetilcolinesterasa sobre la sinapsis hística (muscarínicas y nicotínicas), por depósito de un grupo fosforil en el centro de actividad de la enzima. Esta inhibición favorece la acumulación excesiva de ACh y por ende, la sobreestimulación de los receptores colinérgico. En la sinapsis colinérgicas, la acetilcolinesterasa fijada a la membrana postsináptica actúa como un interruptor que regula la transmisión colinérgica. Los agentes organofosforados inhiben las enzimas esterases, principalmente la Acetilcolinesterasa de las sinapsis y membrana de los glóbulos rojos y la Butirilcolinesterasa plasmática. La inhibición de la butirilcolinesterasa no parece provocar manifestaciones clínicas, sin embargo

la inhibición. Síntomas y signos incluyen salivación excesiva y lacrimación, fasciculaciones y debilidad muscular, miosis, así como un olor característico atribuido a los solventes hidrocarburos del pesticida. El paciente puede presentar frecuentemente, depresión del estado de la conciencia e incluso convulsiones, al igual que mareos y confusión (Cabrera y Varela, 2009).

### **Diazinon**

Es un insecticida cuyo ingrediente activo diazinon pertenece al grupo químico de los Organofosfatos. Es un insecticida de gran poder de penetración, con acción de contacto, ingestión e inhalación; controla un amplio espectro de insectos chupadores y masticadores en una amplia gama de cultivos. Se debe evitar su inhalación, ingestión, contacto con la piel, proyecciones a los ojos y la contaminación de los alimentos. Durante la manipulación del concentrado líquido usar delantal impermeable, protector facial, guantes impermeables y botas de goma. Durante la aplicación usar como protección traje impermeable de PVC máscara con filtro, antiparras, guantes impermeables y botas de goma. No aplicar con viento y no trabajar en la neblina del líquido asperjado. No comer, beber o fumar durante el uso del producto. Después de la aplicación lavar con abundante agua fría y jabón, las partes del cuerpo que puedan haber entrado en contacto con el producto (ANASAC CHILE S.A, 2013).

#### **▪ Insecticida piretroides**

Los piretroides son insecticidas de contacto y se obtienen a partir de las cabezas florales de *Crysantenum cinerariaefolium*. Los ingredientes activamente más altas se producen en las variedades que crecen en los altiplanos de Kenia (Cremllyn, 1995).

Los piretroides son insecticidas de origen natural obtenidos de la flor del crisantemo y han sido utilizados por el hombre desde muchos años. Son bastante inestables a la exposición a la luz y al calor, lo cual les resta utilidad para su aplicación en la agricultura. Son poco solubles en agua y se hidrolizan rápidamente por los álcalis. Los piretroides son insecticidas sintéticos, con una estructura química similar a la de las piretrinas, modificada para mejorar la estabilidad en el ambiente. Se disuelven mejor en el agua y al igual que las piretrinas, son hidrolizados por los álcalis (Lam, 2000).

Típicamente los insecticidas piretroides son ésteres del ácido crisantémico que tienen un alto grado de lipofilia (solubilidad en grasas).

Los investigadores Staudinger y Rusicka en 1924, fueron los que aclararon la constitución de los piretroides. Las piretrinas I y II, cinerinas I y II y la jasmolina II fueron descubiertas por estos autores. A partir de estos principios condujeron al estudio para desarrollar piretrinas sintéticas que junto con las naturales constituyen los piretroides (Barbera, 1976).

### **Modo de acción**

Las piretrinas y piretroides aumentan su actividad insecticida a bajas temperaturas, esto significa que presentan un coeficiente negativo de temperatura, estos afectan tanto al sistema nervioso central como al periférico de los insectos. Los piretroides estimulan inicialmente las células nerviosas produciendo repetidas descargas y eventualmente casos de parálisis. Estos efectos son causados por acción en los canales de sodio, a través de los poros por donde se permite la entrada a los axones para causar la excitación. Estos efectos son producidos en el cordón nervioso de los insectos, los cuales presentan ganglios y sinapsis. El efecto de los piretroides es más pronunciado que el del DDT. El sitio exacto de acción de los piretroides en la sinapsis no es conocido, pero es probable que la acción toxica de los piretroides es bloquear el axón nervioso. En esencia, los

piretroides son moduladores en los canales de sodio. Esto es, el veneno interfiere en los canales de sodio del sistema nervioso central y periférico, provocando repetidas descargas nerviosas, provocando parálisis y la muerte (Ponce, 2006).

### **Permetrina**

Es un plaguicida sintético de amplio espectro perteneciente al grupo químico de los piretroides, cuyo mecanismo de acción es la neurotoxicidad. La permetrina es un piretroide de tercera generación.

Se usa principalmente para matar insectos, arañas y orugas, como también para repeler una amplia gama de insectos. Produce reacciones de hipersensibilidad en mamíferos, incluyendo a los seres humanos (RAP-AL, 2013).

### **Cipermetrina**

Producto perteneciente al grupo de los piretroides, con denominación química: 3 fenoxifenilmetil-1-2, 2-dicloroetenil-2, 2-dimetilciclopropanocarboxilato. Insecticidas de acción de contacto e ingestión. La DL50 oral aguda par ratas varia de 430 a 400 mg/kg lo cual es ligeramente toxico, correspondiente a la categoría III. (Sittig 1990; CICOPLAFEST, 1994).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del experimento

El presente trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Toxicología de Insecticidas del Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

### Obtención del material biológico

Para el establecimiento de la colonia de *Oryzaephilus surinamensis*, se colocaron dos kilogramos de harina de trigo en el refrigerador por un periodo de 24 hrs, esto con el objetivo que murieran algunas de las especies de insectos que la harina pudiera tener. Una vez pasado este periodo la harina se colocó en frascos de vidrio con capacidad de 1kg. Posteriormente de la colonia madre se extrajeron adultos de *O. surinamensis* y se depositaron en los frascos por periodo de 48 hrs para su ovoposición, pasado este periodo, se cribó la harina para retirar a los

adultos y dejar solo los huevecillos; y así tener una población de condiciones homogéneas. Durante el desarrollo de los huevecillos, los frascos se rotaban cada 48 hrs para que la harina no se pegara, esto se realizó hasta que los huevecillos llegaron a la etapa adulta. La colonia se desarrolló en una cámara de cría LAB-LINE a una temperatura de  $30 \pm 2$  °C y a un fotoperiodo de 12:12. Horas luz oscuridad.

### **Plaguicidas evaluados**

Las plaguicidas evaluados para el gorgojo dentado de los granos *Oryzaephilus surinamensis*, fueron seleccionados de acuerdo a las recomendaciones técnicas más utilizadas en el saneamiento de almacenes, los cuales fueron Diazinon, Permetrina y Cypermetrina.

### **Método de bioensayo**

El método de bioensayo utilizado para la evaluación de los plaguicidas fue el de película residual (FAO, 1974), en el cual utilizaron diferentes concentraciones para dicho trabajo.

#### Técnicas de película residual

Para la obtención de las soluciones a diferentes concentraciones se partió de una solución de 10,000 ppm, que fue diluida en acetona para obtener las

concentraciones deseadas. Dichos solución se realizaron justo en el momento de realizar el bioensayo.

**CUADRO 1.** Concentraciones utilizadas para evaluar la mortalidad en *Oryzaephilus surinamensis*.

<b>Productos</b>	<b>Dosis (ppm)</b>					
Diazinon	50	100	300	500	1000	3000
Permetrina	10	50	100	500	1000	2000
Cypermotrina	10	50	100	500	1000	2000

Cada tratamiento conto con tres repeticiones y un testigo. El recipiente utilizado fue una caja petri, dando lugar a 21 unidades experimentales para cada insecticida a evaluar.

El bioensayo se realizó con insectos adultos de *Oryzaephilus surinamensis*, una vez teniendo las concentraciones preparadas se procedió la aplicación de 1 mL de la solución impregnando todo la caja petri., una vez que se logró la cobertura, se retiró el exceso de humedad de la solución, para posteriormente depositar los 10 insectos adultos de *Oryzaephilus surinamensis* en cada caja y sellar con cinta clenpac para evitar la salida de los insectos. El material tratado fue colocado en la cámara de incubación bajo condiciones controladas para evitar mortalidad por efecto de la temperatura y humedad relativa.

Las observaciones de mortalidad se realizaron a las 24 horas. Se consideró como individuo muerto aquel que no presentara movilidad alguna. Utilizando una fuente de calor en donde se colocaban los insectos y al sentir la temperatura se movían del lugar. Con los datos obtenidos se determinó los porcentajes de mortalidad de cada concentración, para posteriormente determinar los valores de  $CL_{50}$ , mediante el análisis probit.



## **Análisis estadístico**

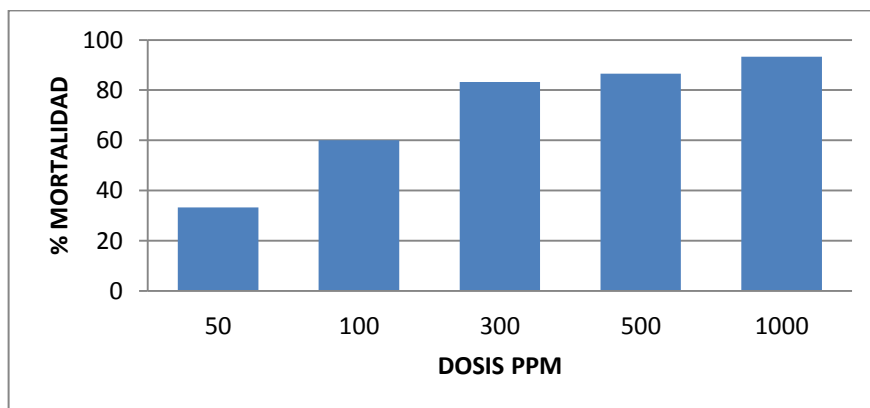
Con los resultados de los bioensayos se realizaron los análisis probit, donde se obtuvo, el porcentaje de mortalidad,  $CL_{50}$ ,  $CL_{95}$ , la línea de respuesta Dosis-Mortalidad y límites fiduciales que se graficó en papel logaritmo-probit.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Porcentaje de mortalidad de *Oryzaephilus surinamensis*

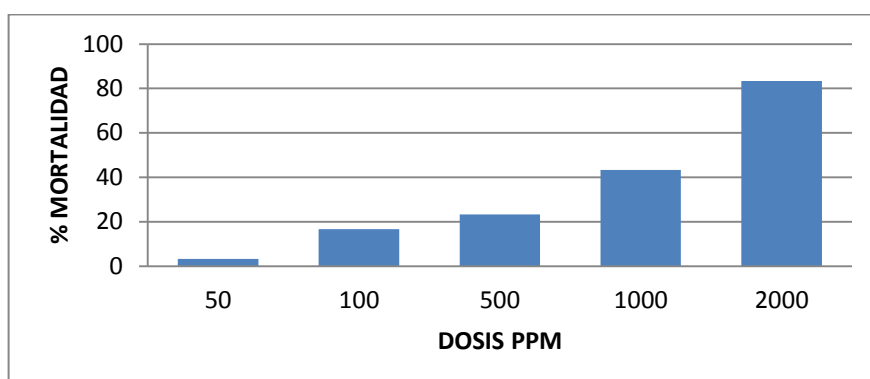
Como podemos observar (Figura 1), para el producto diazinon, la mayoría de los tratamientos presentaron mortalidades altas (82 – 90%). Siendo los tratamientos de 300, 500 y 1000 ppm quienes muestran estos resultados. Por otro lado podemos mencionar que los tratamientos que mostraron las mortalidades más bajas fueron los de 50 y 100 ppm con una mortalidad entre 35 y 60% respectivamente.

### DIAZINON



**FIGURA 1.** Porcentaje de mortalidad del insecticida Diazinon sobre adultos de *Oryzaephilus surinamensis*.

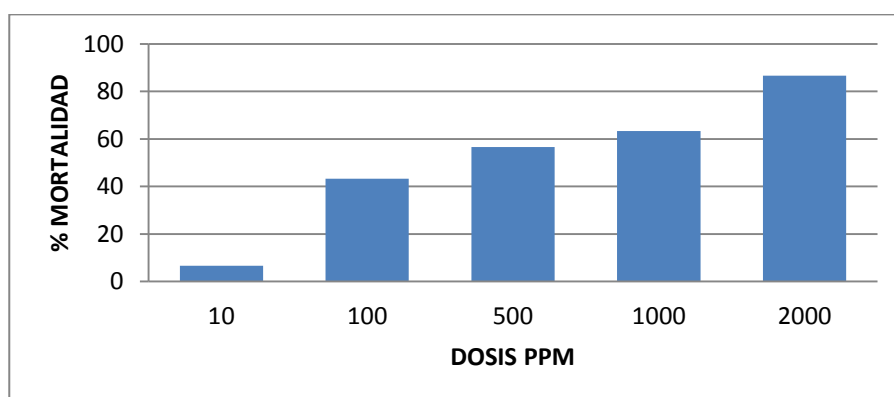
### PERMETRINA



**FIGURA 2.** Porcentaje de mortalidad del insecticida Permetrina sobre adultos de *Oryzaephilus surinamensis*.

En relación al producto permetrina, podemos observar (Figura 2) que solamente el tratamiento de 2000 ppm alcanzo una mortalidad del 82%, presentando los tratamientos restantes, mortalidades por debajo del 50%.

### CYPERMETRINA



**FIGURA 3.** Porcentaje de mortalidad del insecticida Cypermetrina sobre adultos de *Oryzaephilus surinamensis*.

Para el caso del insecticida cypermetrina podemos observar (Figura 3) que los tratamientos de 1000 y 2000 ppm fueron los que mostraron una mortalidad más elevada entre un 60 – 90% respectivamente. Por otro lado podemos mencionar que los tratamientos de 10 y 100 ppm, presentaron las mortalidades más bajas entre un 5 y 40% respectivamente.

## Determinación de la CL<sub>50</sub>, CL<sub>95</sub>

**CUADRO 2.** CL<sub>50</sub>, CL<sub>95</sub> y Parámetros de confianza a los 24 horas para *Oryzaephilus surinamensis*.

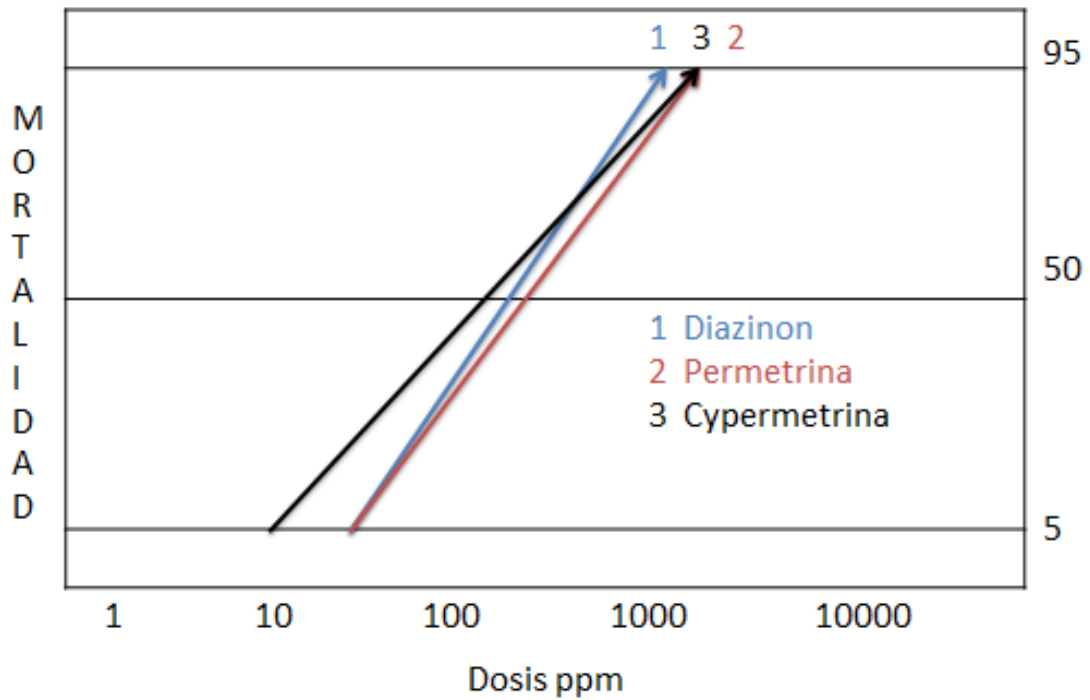
Productos	No de Ind	CL <sub>50</sub>	LFI - LFS	CL <sub>95</sub>	Ecuación de producción
Diazinon	210	80.9	60.9 - 101.2	591.5	Y= -2.83 + 1.48 (x)
Permetrina	210	881.2	266.0 - 52927	7071	Y= -2.31 + 0.96 (x)
Cypermotrina	210	257.0	81.3 - 675.1	5544	Y= -4.17 + 1.41 (x)

Con respecto a los valores de la concentración letal media (CL<sub>50</sub>), podemos observar (Cuadro 1) que el producto con una mayor CL<sub>50</sub>, fue la permetrina, seguido de la cypermotrina y finalmente el diazinon, con valores de 881.2, 257 y 80.9 ppm respectivamente. Por lo anterior podemos mencionar que el diazinon es el producto con una mayor eficiencia. En relación a la CL<sub>95</sub> el comportamiento fue similar. Con respecto al producto permetrina, García (1992) reportan valores de CL<sub>50</sub>, que oscilan entre 110 y 390 ppm, valores muy por debajo a los encontrados en esta investigación.

Mientras que para el producto malation, un organofosforado al igual que diazinon. Arenas y Sánchez (1988) reportan una CL<sub>50</sub>, de 134.1 ppm, estos resultados son mayores a los reportados en esta investigación. Finalmente para la cypermotrina estos mismos autores reportan una CL<sub>50</sub>, de 240 ppm, resultado inferior a lo encontrado en este trabajo. Por lo anterior podemos mencionar que el producto diazinon sigue siendo una buena alternativa de control de esta especie.

## Líneas de respuesta Dosis/Mortalidad

En la figura 4 se muestra las líneas de respuesta dosis/mortalidad de diazinon, permetrina y cypermetrina, como podemos observar heterogéneas, es decir se encuentra horizontales con respecto a dosis.



**FIGURA 4.** Línea de respuesta dosis-mortalidad de tres insecticidas de diferentes grupos toxicológicos sobre poblaciones de *Oryzaephilus surinamensis*.

## CONCLUSIONES

De acuerdo de los resultados obtenidos podemos concluir:

El diazinon del grupo toxicológico de los organosfosforados a dosis de 80.9 ppm presenta una mortalidad del 50% de la población adulto de *Oryzaephilus surinamensis*, seguido por cypermetrina (Piretroide) con una dosis de 257 ppm y por último la permetrina (Piretroide) con dosis de 881.2 ppm.

El control de *Oryzaephilus surinamensis* el efecto fue rápido llegando a alcanzar el 93.3 % de mortalidad a los 24 hrs con insecticida diazinon con la dosis más alta de 1000 ppm. Aunque también para los otros dos insecticidas cypermetrina y permetrina se encuentran porcentajes de mortalidad por arriba del 80% para ambos casos.

El diazinon de acuerdo a la mortalidad presenta una buena alternativa para el control de *Oryzaephilus surinamensis* ya que para este caso mostraron buen efecto de mortalidad a las 24 horas.

## LITERATURA CITADA

- ANASAC CHILE S.A, 2013. Concentrado Emulsionable autorización del Servicio Agrícola y Ganader N° 1665, Camino el Noviciado Norte Lote 73-B, Lampa-CHILE.
- Arenas, L. C., Sanchez H. 1988.  $CL_{50}$ , de siete insecticidas de diferente grupo toxicológico aplicados a *Sitophilus zeamais*. Motschulsky (Coleoptera: curculionidae). XXIII Congreso Nacional de Entomología, Morelia, Michoacan.
- Arias Velásquez C. 1983. Distribución e importancia de los insectos que dañan granos y productos almacenados. Santiago-Chile.
- Arias Velásquez, C. J y dell'orto trivelli, H. 1985. Insectos que dañan granos y productos almacenados. Santiago, Chile. Pp 139.
- Bacopulos Mejia Elly. 2003. Tesis Maestría Control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky en almacén con aplicación de clorpirifos metil, deltametrina y su efecto en la calidad de semilla de maíz. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 121p.

- Barbera, C. 1996. Pesticidas agrícolas. Primera edición. España.
- Barbera, C. 1976. Pesticidas agrícolas. 3ª edición. Edit. Omega. Barcelona, España. Pp. 43-45.
- Bautista, M, N. 2006. Insectos plaga. Una guía ilustrada para su identificación. Colegio de postgraduados. Primera edición. Texcoco, México.
- Beingolea, G. O. 1958. Resistencia de los insectos a los insecticidas, con ejemplos en el Peru. Rev. Peruana de Entomol. Agric. 1 (1): 51-58.
- Bermejo J. 2011. Agrologica de un autodiagnóstico de plagas agrícolas. España <http://www.agrologica.es/informacion-plaga/carcoma-dentada-granos-oryzaephilus-surinamensis/>
- Borror, D. J., D. M. de Long., and Ch. A. Triplehorn. 1981. Introduction to the study of insect. 5ª. Ed. New York. 928 p.
- Brattsten, L.B, Holyoke C.V, Leeper J.R. Raffa K.F. 1986. Insecticide resistance: Challenge to pest management and basic research. Science 12:1255-60.
- Brower, J.; L. Smith. P. Vail. y P. Flinn. 1996. Biological Control In: Subramanyam. B y D. Hagstrum (Eds). Integrated Management of insects in stored products. Marcel Dekker, Inc, New York. USA p: 223-286.
- Cabrera Ortiz A. y Varela R. W. 2009. Intoxicación por Organofosforados (Revisión del Diagnóstico y Manejo). Revista Médica de Costa Rica y Centroamérica LXVI (588) 161-167.



- Carillo, R.H. 1984. Análisis de acción conjunta de insecticidas en larvas de gusano cogollero del maíz (J.E. Smith) (Lepidóptera: noctuidae) Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Entomología y Acarología. Colegio de Postgraduados. Chapingo México. P. 82.
- Chaddick, P. R. and F. leek. 1972. Further specimens of stored products insects found in ancient Egyptian tombs. J. Stored Prod Res. 8; 83-86. U.S.A.
- CICOPLAFEST. 1994. Catálogo Oficial de plaguicidas, comisión intersecretarial para el control del proceso y uso de plaguicidas, fertilizantes y sustancias toxicas. SARH. México, D.F. p257.
- Cremllyn, R. 1995. Plaguicidas modernos y su acción bioquímica. Editorial Limusa. México, DF. 335p.
- Dauterman, W. C. 1983. Role of hydrolases and glutathione s-transferases in insecticides resistance. In G. P. Georghious and T. Saito (eds.) Pest Resistance Pesticides. Plenum Press. New York. pp. 229-247.
- DEGESCH, 2012. Principales plagas de los granos almacenados. Chile Ltda. 28 p.
- Dell'Orto, T. H. 1985. Insectos que dañan granos productos almacenados. En: Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe Santiago – Chile.
- Dowdy, A.K. 1999. Mortality of red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) exposed to high temperature and diatomaceous earth combinations. Journal of stored products research. 35 (2): 175-182.
- FAO (1970). Pest resistance to pesticide in agriculture. Importance, recognition and countermeasures. Informe Reunión FAO, Roma.

- FAO. 1985. Prevención de pérdidas de alimentos poscosecha. Manual de Capacitación. Roma .Italia.250p.
- Fields, P. and Korunic, Z. 2000. The effect of grain moisture content and temperatura on the efficacy of diatomaceous earth from different geographical locations against stored product beteles. Jourtiial of stored products researtch. 36(1): 1-13.
- Garcia G. F. Ramirez M. D., Torres Z. R., Pinto V. M. y Ramirez A. S. 2009. Unidad Regional de zzonas Aridas. Bermejillo. Dgo. <http://www.chapingo.uruza.edu.mx/Vol8-Num1.pdf>.
- García P. D. E. 2009. Evaluación de insecticidas de cuatro grupos toxicológicos para el control de *Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY. Tesis de licenciatura. UAAAN. 19p.
- García Rodríguez. 1992. Tesis, Evaluación de insecticidas de cuatro grupos toxicológicos para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 3p.
- Grcia rodriguez Ixidia, 1992. Susceptibilidad de *Sitophilus zeamais* a insecticidas de diferente grupo toxicológico de tres áreas de Veracruz. UAAAN.
- Georghiou, G.P. (1990). Overview of insecticide resistance. En: Managing resistance to agrochemicals from fundamental research to practical strategies. M.B. Green, H.M., LeBaron y W.K. Moberg (eds.). American Chemical Society, Washington 421: 18-41.
- Georghiou, G. P. and Lagunes, V. 1991. The ocurrence of resistance to pesticides in athropodos, FAO. Roma. 317 p.

Goldberg, D.E. 1995. Emerging Problems in the Coastal Zone for the Twenty-first Century. *Mar.Pollut. Bull.* 31:152-158.

Gonzales A. Ma., 2004. ``Efectos Ambientales y Características del Grano de Maíz en la Reproducción y Sobrevivencia de *Sitophilus zeamais* y *Prostephanus truncatus*`` Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Metropolitana División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Unidad Iztapalapa.

Gutierrez, D. L. J y Güemes.1991. Manejo poscosecha de maíz en el Estado de Morelos.

Gutiérrez-Díaz, L. J. 1999. Insectos asociados a granos y productos almacenados. In: *Catálogo de insectos y ácaros plaga de los cultivos agrícolas de México.* Sociedad Mexicana de Entomología. Publicaciones Especiales Numero 1. México. Pp. 107-124.

Gutiérrez, D. L. J. 1992. Perdida por manejo en maíz durante la cosecha y su relación con la disposición de las plagas de poscosecha. Informe técnico, campo experimental, CIR. CENTRO, SARH-INIFAP. Pp. 13-17.

Hamma, H.1983. Resistance to insecticides due to reduced sensitive of acetylcholinesterase.pp 229-331. En *pest resistance to pesticides.* G.P. Georghiou y T. Saito, eds. New York Plenum.

Herrera, A. J. 1963. Resistencia de ciertas plagas del algodonoero a los insectidas orgánicos en el valle de cañete. *Rev. Peruana de Entomol. Agrie* 1 (1): 47-51.

- IRAC (2007b). Clasificación del modo de acción de insecticidas y acaricidas. Monografía.
- Iwate, H., S. Tanabe, N. Sakai. A. Nishimura, R. Tatsulswa. 1994. Geographical distribution of persistent organochlorines in air, water and sediments from Asia and Oceania, and their implications for global redistribution from lower latitudes. *Environmental pollution*. 85:15-33.
- Klimmer, O. R. 1967. Plaguicidas, lexicología, sintomatología y terapia. Oikos-Taw S. A. Ediciones Barcelona, España. 162p.
- Lagunes, A. y J.A. Villanueva. 1995. Toxicología y manejo de insecticidas. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Chapingo, México D.F.
- Llanes Mendoza O. y Gómez Hernández M. 2006. Intoxicación aguda masiva por endosulfan. Inusual emergencia médica: revista Cubana de medicina intensiva y emergencias.
- López. S. N. 2008. Evaluación de mecanismos de resistencia a insecticidas en *Frankliniella occidentalis* (Pergande): implicación de carboxilesterasas y acetilcolinesterasas. Universidad de Valencia. Facultat de Ciències Biològiques Departament de Biologia Funcional i Antropologia Física.
- Luisa Lam A. 2000. Insecticidas Organoclorados, Piretrinas y Piretroides. INCAP – ECO – UNED.
- Matamoros V. R y Rugama M. O. 2006. Trabajo de Diploma Calidad Fitosanitaria y presencia de Aflatoxinas en Granos de sorgo *Sorghum bicolor* (L.) Moench, en almacén y campo. Universidad nacional agraria facultad de agronomía departamento de protección agrícola y forestal. 8p.

- Matute. D y R. Trabanino. 1999. Manejo integrado de plagas invertebradas en Honduras. Sección 1. Reconocimiento y manejo de las principales Plagas. Zamorano academia press. Honduras.
- Mc. Gaughey, W. H. 1985. Evaluation of *Bacillus Thuringiensis* for controlling indian meal moths (Lepidoptera: Pyralidae) infam grain bins and elevator silos. *J. Econ. Entomol.* 78 (5):1089-1094.
- Mejía, O. R. 2003. Estudios de efectividad biológica de insecticidas en las siguientes plagas de granos almacenados: *Sitophilus granarius* (L), *Prostephanus truncatus* (Horn) y *Tribolium confusum* (Duval). Tesis de licenciatura, UAAAN. Saltillo, Coahuila. 68p.
- Messuti E. 2012. Origen y Desarrollo de la Resistencia a los Insecticidas. Estancia VH Cabaña Brahman en Beni – Bolivia.
- Miller, T.A. 1988. Mechanisms of resistance to pyrethroid insecticide. *Parasitology Today.* 4: 8-12.
- Monge, L.A. 1986. Manejo racional de insecticidas, resistencia y rotación. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. p.74.
- Moreno Martínez Ernesto. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Editorial, LITO RODA. Tercera edición. México, DF. 393p.
- Moorefield, H.H. 1959. Insect resistance to the carbamate insecticides. *Symp. Research Progresson Insect Resistance. Misc. Publ. Entomol. Soc.Amer. Washintong. D.C.* 141-152.

- Mowery, S. V.; Mullen, M. A.; Campbell, J. F.; Broce, A. B. 2002 Mechanisms underlying sawtoothed grain beetle (*Oryzaephilus surinamensis* [L.]) (Coleoptera: Silvanidae) infestation of consumer food packaging materials. *Journal of Economic Entomology* 95: 1333-1336.
- Muñoz, G. R. 1985. Insecticidas piretroides. Curso de orientación para el buen uso y manejo de plaguicidas. Asociación Mexicana de la industria de plaguicidas y fertilizantes A. C. 374 p.
- Nájera, R. M. 1991. Ecología y control del barrenador de los granos *Prostephanus truncatus* en el centro de Jalisco. INIFAP publicación especial No. 5 México.
- OMS (1957). World Health Organization expert committee on insecticides. Technical Report Series (7th Report). 125.
- Oppenoorth, F.J. (1985). Biochemistry and genetics of insecticide resistance. En: *Comprehensive insect physiology biochemistry and pharmacology*. G.A. Kerkut y L.I. Gilbert (eds.). Pergamon Press, Oxford 12: 731-773.
- Pérez, MJ. 1988. Susceptibilidad a insecticidas en poblaciones del picudo del maíz *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) de varias localidades de México. Tesis de Maestría. Chapingo, México, Colegio de Postgraduados. 142p.
- Plapp, F.W. y Hoyer, R.F. (1968). Insecticide resistance in house fly. Decreased rate of absorption as mechanism of action of a gene that acts as an intensifier of resistance. *J Econ Entomol* 61: 1298-1303.
- Ponce G. y Cantú P. 2006. Modo de acción de los insecticidas. *Revista salud pública y nutrición*. Octubre- Diciembre. Volumen 7. Número 4.

- Ramírez, G.M. 1966. Almacenamiento y conservación de granos y semillas. Ed. CECOSA, México. 300 p.
- Ramírez, M. M. 1990. Biología y Hábitos de insectos de granos almacenados Curso sobre insectos de granos y semillas de almacén. Aguascalientes, Ags. México. 1-51.
- Ramírez, M. M., J. A. Gonzales J.J. Olmos y J. M Márquez 1993. Entomofauna en los sistemas de almacenamiento de maíz y sorgo de San Juan de los Lagos, Jalisco.
- Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas de América Latina (RAP-AL) [www.rap-al.org](http://www.rap-al.org) / [info@rapal.cl](mailto:info@rapal.cl), 2013.
- Ripa R. S. 2010. Biología de tres coleópteros que atacan granos almacenados (Tenebrionidae, Cucujidae, Bostrichidae). Anales 1er. congreso latinoamericano de entomología Revi Per. Entom. Vol. 14, N° 2. <http://www.revperuentomol.com.pe/publicaciones/vol14/COLEOPTEROS-EN-GRANOS-AL-MACENADOS290.pdf>.
- Sanchez A. E. J., 2001; Selección y Caracterización de Cepas de *Bacillus thuringiensis* Tóxicas contra *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) (Herbst) y *Oryzaephilus surinamensis* (L). Tesis de doctorado; Universidad Autónoma de Nuevo León; San Nicolás de los Garza de Nuevo León; pg. 26, 107 cita online.
- Saini, E. D.; Rodríguez, S. M. 2000 Insectos perjudiciales a los productos almacenados. Publicación del Instituto de Microbiología y Zoología Agrícola INTA N° 7, 56 pp.

- Scott, J.G., Cochran, D.G. y Siegfried, B.D. (1990). Insecticide toxicity, synergism and resistance in the German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae). *J Econ Entomol* 83: 1698-1703.
- SENASA, 2000. Monitoreo preventivo del gorgojo Khapra (*Trogoderma granarium* Everts.). Ministerio de Agricultura Servicio Nacional de Sanidad Agraria. Lima. 9p.  
[http://www.senasa.gob.pe/RepositorioAPS/0/2/JER/VIGI\\_PLAGAS\\_TROGODERMA/Manual%20Trogoderma%203.pdf](http://www.senasa.gob.pe/RepositorioAPS/0/2/JER/VIGI_PLAGAS_TROGODERMA/Manual%20Trogoderma%203.pdf).
- Silva, G. 2003. Resistencia a los insecticidas En: Silva G y R Hepp. (Eds) Bases para el manejo racional de insecticidas. Universidad de Concepción, Fundación para la Innovación Agraria. Pp. 237.260.
- Sittig, M. (Ed) 1990. Pesticide manufacturing and toxic materials control Encyclopedia. Noyes Data Corp. U. S. A. 810p.
- Solomon, M. E. 1965. Archeological records of storage pests: *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) from an Egyptian pyramid tomb. *J. stored prod. Res* 1:105-107.
- Sparks, T.C., Lockwood, J.A., Byford, R.L., Graves, J.B. y Leonard, B.R. (1989). The role of behavior in insecticide resistance. *Pestic Sci* 26: 383-399.
- Stadler, T., M. I. Picollo, y E. N. Zerba. 1990 factores ecofisiológico relacionados con la susceptibilidad a insecticidas y la resistencia a malation en *Shitophilusoryzae* (L.) (Coleòptera:Curculionidae). *Boletín san. Veg. Plagas Argentina*. 16:743-754.



- Szczepanski, C. (1990). Today's research for tomorrows's markets or: how to hit a moving target. En: Recent Advances in the Chemistry of Insect Control II. L. Crombie (ed.). Royal Society of Chemistry, Cambridge: 1-16.
- Wallbank, B. E.; Collins, P. J. 2003 Recent changes in resistance to grain protectants in eastern Australia, pp. 66-70. In: E. J. Wright, M. C. Webb & E. Highley (eds.). Stored grain in Australia. Proceedings of the Australian Post harvest. Technical Conference, Canberra, 25-27.
- Wilkinson, C.F. 1983. Role of mixed-funtion oxidases in insecticide resistance. En: Georghiou, G.P. and T. Saito (eds.). Pest Resistance to Pesticides. Plenum Press. New York. pp. 175-205.
- Williams, R. N. and E. H. Floyd. 1970. Flight habits of the maize weevil. *Sitophilus zeamais*. J. Eccob. Entomol. 63(5): 1585-1588.
- Withe, D.G. 1995. Insects, mites, and insecticides in stored-grain Ecosystems. In: Jayas, d.s.; white, n,d;; muir, w. (Ed). Stored Grain-ecosystems. New York; M. dekker, 1995. P. 123-168.
- Yasutomi, K. Role of detoxication esterases in insecticide resistance. En. Plenum Press. New York. pp. 175-205.
- Zamora, C. G. 2003. Tesis Efecto de la residualidad de clorpirifos metil y deltametrina en la calidad de semillas de maíz almacenada y el control de *Prostephanus truncatus* Horn.