

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Evaluación del Ácido Fúlvico como Potencializador de Tres Insecticidas  
para el Control de *Tribolium confusum* (duVal) (Coleoptera: Tenebrionidae)

Por:

**ERNESTO GERÓNIMO URBINA**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Evaluación del Ácido Fúlvico como Potencializador de Tres Insecticidas  
para el Control de *Tribolium confusum* (duVal) (Coleoptera: Tenebrionidae)

Por:


**ERNESTO GERÓNIMO URBINA**


TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

Aprobada por el Comité de Asesoría

  
Dr. Ernesto Cerna Chávez  
Asesor Principal

  
Dra. Yisa María Ochoa Fuentes  
Coasesor

  
Dr. Fulgencio Martín Tucuch Cauich  
Coasesor

  
Dr. Gabriel Gallegos Morales  
Coordinador de la División de Agronomía

  
Coordinación  
División de Agronomía  
Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2015

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Dios**

Por enseñarme día a día que con humildad, paciencia y sabiduría todo es posible, gracias por tantas bendiciones que has puesto en mi camino a lo largo de mi vida. Te pido que siempre bendigas mis pasos y sigas iluminándome para así seguir cumpliendo con los proyectos de mi vida y que me cuides en la trayectoria de mi vida.

### **A Mi Alma Terra Mater**

Por abrirme las puertas, por cobijarme, haberme facilitado un lugar donde vivir y por haberme formado como un Profesionista.

### **A MIS ASESORES.**

**Al Dr. Ernesto Cerna Chávez** por su amistad, por su gran apoyo en asesorarme para la realización de este trabajo, su paciencia y dedicación y más que nada por haberme cedido la oportunidad de llevar a cabo este proyecto, gracias Dr. por confiar en mí, es una persona muy magnífica dentro y fuera del salón de clases y capaz para hacer las cosas por eso a usted lo admiro y lo respeto.

**Dra. Yisa María Ochoa Fuentes** por ser mi tutora, mi coasesora y mi amiga, gracias por apoyarme en todo es una maravillosa persona que siempre me motivo a seguir adelante sin dejarme vencer, la admiro y la respeto dentro y fuera del salón de clases.

**Al Dr. Martín Fulgencio Tucuch Cauich** por ser mi coasesor y por brindarme su amistad, gracias Dr. por confiar en mí, es una persona muy magnífica dentro y fuera del salón de clases y capaz para hacer las cosas por eso a usted lo admiro y lo respeto.

**Al M.C. José Bernardo Hernández Palomo** por ser mi amigo, siempre me llevo por el buen camino con su sabiduría, gracias por apoyarme en la revisión del trabajo.

### **A todos mis Maestros del Departamento de Parasitología**

Por haberme transmitido su sabiduría y porque fueron parte importante de mi formación como profesionista.

## **DEDICATORIAS**

### **A mi padre Daniel Gerónimo Barreto**

Gracias a ti existo, por cuidarme de pequeño y darme un hogar, un pan en la boca, proporcionarme un techo donde vivir, siempre motivándome a seguir adelante y nunca abandonar mis sueños, te admiro y te respeto.

### **A mi madre adorada María de los Ángeles Urbina Rubio**

A ti te debo la vida, por ser una persona súper maravillosa, con tu sabiduría, cariño nunca me faltó siempre me llevaste por el buen camino, me distes fuerzas para seguir adelante y nunca dejarme vencer te agradezco con todo mi admiración y espero tenerte por mucho tiempo.

### **A mis hermanos**

José Daniel y Juan Carlos por ser mis hermanos de sangre, siempre convivimos, vivimos grandes aventuras y le agradezco a Dios por permitirme que sean mis hermanos porque siempre me llevaron por el buen camino con sus ejemplos y con sus enseñanzas, los quiero mucho.

### **A mis abuelos**

**María Rubio Ledezma (+)**

**Baltazar Urbina Cruz**

**Hilaria Barreto Cruz (+)**

**Cosme Gerónimo Urbina (+)**

Por ser unas personas maravillosas y conformar parte de mi vida, les agradezco por llevarme por el buen camino con su sabiduría, con sus enseñanzas, y con sus regaños para ser una persona de bien y un futuro profesionalista se los agradezco mucho por todo su apoyo siempre los llevaré en mi corazón.

### **A mi cuñada**

Alejandra Hernández Pedraza por darme consejos y siempre apoyarme en todo.

### **A mis sobrinos**

Fátima y Daniel Alexander Gerónimo Hernández por ser la alegría de la casa y por hacerme feliz con sus travesuras.

### **A mis amigos**

Lorenzo, Gustavo, Jesús Efraín, Eduardo, Uriel, Raúl, Miguel Ángel, Abraham e Irving por darme su amistad y ser como mis hermanos durante mis estancia en la universidad, por vivir grandes aventuras y por a verme apoyado en las buenas y en las malas.

## INDICE DE CONTENIDO

	<b>Pagina</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS.....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>ix</b>
<b>CAPITULO I</b>	
<b>RESUMEN.....</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>4</b>
Justificación.....	<b>5</b>
Objetivo general.....	<b>5</b>
Hipótesis.....	<b>5</b>
<b>CAPITULO II</b>	
<b>REVISIÓN DE LITERARURA.....</b>	<b>6</b>
Importancia de los Insectos de los Granos Almacenados.....	<b>6</b>
Principales Insectos que Afectan a los Granos Almacenados.....	<b>7</b>
Descripción de la Familia Tenebrionidae.....	<b>9</b>
Descripción de <i>Tribolium confusum</i> .....	<b>10</b>
Clasificación taxonómica.....	<b>10</b>
Origen.....	<b>10</b>
Distribución en México.....	<b>10</b>
Importancia económica.....	<b>11</b>
Descripción.....	<b>11</b>
Ciclo biológico.....	<b>12</b>
Hábitos.....	<b>13</b>
Daños.....	<b>14</b>

Control de los Insectos que Atacan a los Granos Almacenado.....	14
Alternativas de Control.....	15
Control Biológico.....	15
Parasitoides y depredadores de plagas.....	16
Familias de parasitoides que atacan a las plagas de granos almacenados.....	17
Braconidae.....	17
Ichneumonidae.....	18
Pteromalidae.....	19
Trichogrammatidae.....	19
Bethylidae.....	20
Familias de depredadores que atacan a las plagas de granos almacenados.....	21
Anthocoridae.....	21
Acarophenacidae.....	22
Control Físico.....	23
Temperaturas bajas.....	23
Humedad.....	23
Radiación.....	24
Silo hermético.....	25
Control Químico.....	25
Atmosferas controladas con CO <sub>2</sub> .....	26
Control por insecticidas.....	26
Organoclorados.....	27
Organo fosforados.....	29

Piretroides.....	30
Mecanismos de resistencia a insecticidas.....	31
Resistencia.....	31
Tipos de resistencia.....	33
Resistencia por comportamiento.....	33
Resistencia morfológica.....	33
Resistencia fisiológica o bioquímica.....	34
Bioensayos.....	34
Técnicas de aplicación tópica.....	35
Métodos de película residual para venenos de contacto.....	36
Venenos estomacales usados como residuo en hojas o follaje para insectos masticadores.....	36
Mezcla Insecticida – Sinergista.....	36
Modo de Acción de los Sinergistas.....	37
Insecticidas Utilizados.....	38
Cipermetrina.....	38
Deltametrina.....	38
Permetrina.....	38
Ácido fúlvico.....	39
Propiedades.....	39
<b>CAPITULO III</b>	
<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>41</b>
Ubicación del experimento.....	41
Material biológico.....	41
Método de bioensayo.....	42



Tratamientos.....	42
Diseño experimental.....	43
Análisis Probit.....	43
<b>CAPITULO IV</b>	
<b>RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>44</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>51</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA CITADA.....</b>	<b>52</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1	Principales insectos que afectan a los granos almacenados.....	9
2	Enemigos naturales y plagas hospederas de granos almacenados.....	17
3	Mecanismos de resistencia a insecticidas.....	31
4	Dosis utilizadas en los diferentes ingredientes activos para evaluar la mortalidad en <i>Tribolium confusum</i> .....	43
5	Porcentaje de mortalidad de la mezcla de Cipermetrina y Ácido fúlvico para el control de <i>Tribolium confusum</i> .....	44
6	Porcentaje de mortalidad de la mezcla de Deltametrina y Ácido fúlvico para el control de <i>Tribolium confusum</i> .....	46
7	Porcentaje de mortalidad de la mezcla de Permetrina y Ácido fúlvico para el control de <i>Tribolium confusum</i> .....	47
8	CL <sub>50</sub> y CL <sub>90</sub> a las 24 horas de exposición para adultos de <i>Tribolium confusum</i> .....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS		PÁGINA
1	Características de los tres segmentos antenales en adultos del escarabajo rojo de las harinas, <i>Tribolium confusum</i> .....	11
2	Adulto de <i>Tribolium confusum</i> afectando harina de maíz.....	12
3	Ciclo biológico de <i>Tribolium confusum</i> : a) huevo, b) larva, c) pupa y d) adulto.....	13
4	Daños causados en maíz por <i>Tribolium confusum</i> .....	14
5	Adulto de Braconidae.....	18
6	Adulto de Ichneumonidae.....	18
7	Adulto de Pteromalidae.....	19
8	Adulto de Trichogrammatidae.....	20
9	Adulto de Bethylidae.....	21
10	Adulto de Anthocoridae.....	21
11	Adulto de Acarophenacidae.....	22
12	Mapa de localización del Sitio Experimental.....	41
13	Separación del grano y del material biológico utilizado en el bioensayo.....	42
14	Porcentaje de mortalidad del insecticida Cipermetrina + Ácido fúlvico sobre adultos de <i>Tribolium confusum</i> .....	45
15	Porcentaje de mortalidad del insecticida Deltametrina + Ácido fúlvico sobre adultos de <i>Tribolium confusum</i> .....	46
16	Porcentaje de mortalidad del insecticida Permetrina + Ácido fúlvico sobre adultos de <i>Tribolium confusum</i> .....	47
17	Línea de respuesta dosis-mortalidad de la Cipermetrina + Ácido fúlvico sobre la población de <i>Tribolium confusum</i> .....	49
18	Línea de respuesta dosis-mortalidad de Deltametrina + Ácido fúlvico sobre la población de <i>Tribolium confusum</i> .....	50
19	Línea de respuesta dosis-mortalidad de la Permetrina + Ácido fúlvico sobre la población de <i>Tribolium confusum</i> .....	50

## CAPITULO I

### RESUMEN

El hombre desde hace mucho tiempo se ve en la necesidad de almacenar todos los granos vegetales que produce y que posteriormente utiliza como alimento. Y una de las preocupaciones que se ha tenido desde entonces es que existen diversos factores que deterioran y destruyen los alimentos que con tanto celo el hombre almacena.

Los principales agentes responsables del deterioro en los alimentos almacenados son hongos, roedores, aves y artrópodos. Entre estos factores que se mencionan encontramos a los insectos que son los principales responsables del deterioro de los granos almacenados. Por ello, el objetivo de este trabajo es: determinar la efectividad biológica de tres insecticidas utilizando el ácido fúlvico para hacer una mezcla que potencialice y se obtenga una mayor mortalidad en el gorgojo *Tribolium confusum*.

Para esto, primero se estableció la colonia de *T. confusum*, en el laboratorio de Toxicología de esta Universidad, posteriormente se puso harina de maíz en frascos de vidrio, a continuación se metió al refrigerador por 72 horas, al término de este tiempo se dejó a temperatura ambiente para quitar el frío, luego se introdujeron 200 adultos para que ovipositen en la harina de maíz y se retiraron a las 24 horas, dejando solo los huevecillos, se le dio seguimiento hasta que emergieran los adultos.

Con este experimento se demostró que la Permetrina con el ácido fúlvico es la mejor mezcla, obtuvo resultados con mortalidades de (63.3-93.3 %). Siendo los mejores tratamientos 2000, 4000, 6000 y 8000 ppm. La Deltametrina y Cipermetrina se demostró que tiene niveles bajos de mortalidad en el experimento.

La Permetrina tiene la mejor mortalidad, por lo tanto es una buena alternativa para el control de insectos como el *T. confusum*, ya que para este caso se mostraron buenos efectos de mortalidad a las 24 horas.

Ernesto Gerónimo Urbina [e.gurbina91@gmail.com](mailto:e.gurbina91@gmail.com)

**Palabras clave:** Gorgojo confuso, *Tribolium confusum*, Mortalidad, Efectividad biológica, ppm, Insecticidas, Control de insectos, Granos almacenados.

## INTRODUCCION

Los granos y semillas debido a su valor económico, alimenticio, agrícola e industrial, demandan cuidados especiales en el almacén para garantizar la conservación de su calidad necesaria para su consumo; ésta debe mantenerse durante todo el tiempo necesario que permanecerán en condiciones de almacenamiento hasta el momento en que serán utilizados para la alimentación (Gutiérrez, 1992).

Los cereales son considerados mundialmente como las especies vegetales de mayor importancia para la alimentación de seres humanos y animales domésticos. Por ello, su almacenamiento y conservación por largos periodos de tiempo es esencial para disponer del alimento en forma constante (Gutiérrez, 1992).

El almacenamiento se refiere a concentrar la producción en lugares estratégicamente seleccionados; en tanto que la conservación implica proporcionar a los productos almacenados las condiciones necesarias para que no sufran daños por la acción de plagas, enfermedades o del medio ambiente, evitando así mermas en su peso, reducciones en su calidad o en casos extremos la pérdida total (Silva *et al.*, 2002).

Los principales factores que determinan y acentúan las pérdidas de granos y semillas en el almacén, son: Altos contenidos de humedad del producto almacenado, elevada temperatura y/o humedad en el ambiente, elevado porcentaje de impurezas mezcladas en granos y semillas como por ejemplo; granos o semillas quebradas, restos de plantas, insectos muertos y tierra, carencia de almacenes adecuados, presencia de organismos perjudiciales como hongos, bacterias, roedores y principalmente la presencia de insectos (Gutiérrez, 1992).

En México no existen cifras precisas que indiquen el volumen de pérdida de granos y semillas; sin embargo, se estima que anualmente se pierde entre el 5% y el 25% de la producción total de maíz, trigo y frijol, principales granos básicos del país. A causa de problemas relacionados con las plagas insectiles de estos granos almacenados. Destacando la especie del gorgojo de las harinas *Tribolium confusum*, ya que causa pérdidas entre un 5 % al 10 % de la producción de alimentos almacenados (Silva *et al.*, 2002).

Su control se basa en la aplicación de productos de síntesis química; Sin embargo recientemente se han reportados casos donde el control no ha sido del todo satisfactorio. Por lo que se busca alternativas como las mezclas, donde se utiliza el insecticida en

combinación con otro producto de naturaleza no insecticida como es el caso del ácido fúlvico que funcionara como un potencializador. Donde varios autores han reportado controles por arriba del 80% (Silva *et al.*, 2002).

### **Justificación**

El propósito de este trabajo es generar una alternativa para obtener una mayor conservación de alimentos sin que sean afectados por plagas de granos almacenados, en este caso que nos ayuden a disminuir la incidencia de la plaga *T. confusum* el cual es uno de los principales insectos plaga para los granos almacenados; Por lo anterior, se evaluaron tres insecticidas del mismo grupo toxicológico agregando el ácido fúlvico que nos permita generar una mayor mortalidad de *T. confusum*.

### **Objetivo**

Evaluar el efecto potencializador del ácido fúlvico en una mezcla con insecticidas del mismo grupo toxicológico para obtener un mejor control para el gorgojo de las harinas *Tribolium confusum*.

### **Hipótesis**

Se espera que al menos una mezcla de ácido fúlvico e insecticida incremente la mortalidad en *Tribolium confusum*.

## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### **Importancia de los Insectos de los Granos Almacenados**

El hombre necesita almacenar muchos de los productos vegetales que consume en la vida diaria, tales es el caso de los granos que utiliza como alimento, porque en la mayoría de los casos su producción es estacional y para ello necesita almacenarlos utilizando los diferentes medios y tecnologías que se tiene en el alcance, algunas de ellas son muy simples y otras más sofisticadas (Gutiérrez, 1992).

La importancia que tiene el almacenamiento y conservación de los granos y semillas, como un medio para que se llegue a utilizar estos con la efectividad y uso apropiado, tanto en su calidad nutricional como en lo fisiológico, nos preocupa de manera relevante en nuestro quehacer diario. Sin embargo la intromisión de los insectos en este trayecto, como un factor biológico de su desarrollo, requiere poner atención de sobre manera, lo cual impide que se cumpla los objetivos programados (Silva *et al.*, 2002).

Una de las principales preocupaciones que se tiene durante el almacenamiento, es que los diversos factores deterioren y destruyan los alimentos que se guardan con tanto esfuerzo que cuesta obtenerlos. De los factores que ocasionan el deterioro de los alimentos, los insectos ocupan un lugar muy importante en el daño que ocasionan a los granos almacenados: su tamaño, capacidad de reproducción y su gran facilidad de adaptación a los diferentes medios, determinan que los métodos de control rara vez tengan un éxito deseado (Gutiérrez, 1992).

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).

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 (DEGESCH, 2012).

Las bodegas y lugares de almacenamiento son lugares propicios para que los insectos se multipliquen rápidamente. Si la humedad y temperatura le son favorables, tienen a su disposición una gran cantidad de alimento que asegura su multiplicación y sobrevivencia para las próximas generaciones. Su actividad metabólica incrementa la humedad y temperatura del medio en que se desarrollan dichos insectos, creando las condiciones perfectas para la violenta proliferación de los hongos que elevan aún más la temperatura, haciéndola intolerable para los insectos que se encuentran en dicho lugar, ocasionando que emigren hacia otras fuentes de alimento (Gutiérrez, 1992).

El grano es destruido en su totalidad, ocasionando graves pérdidas y disminuyendo su disponibilidad como alimento. Algunas especies de insectos son capaces de sobrevivir por largos períodos de tiempo en estado de reposo, cuando no disponen de suficiente alimento o las condiciones del medio le son desfavorables; cuando las condiciones mejoran o con el advenimiento de las nuevas cosechas, dejan su estado de reposo para multiplicarse activamente (Gutiérrez, 1992).

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* (DEGESCH, 2012).

### **Principales Insectos que Afectan a los Granos Almacenados**

Aproximadamente 250 especies de insectos atacan los granos y sus productos durante su almacenamiento, de las cuales un alrededor de 11 son de mayor importancia. Con base en el daño que ocasionan estos insectos se han agrupado en especies 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* (Appert, 1993).

Appert (1993) mencionó que los insectos son pequeños organismos, entre los que encontramos algunos llamados “dañinos”, que le disputan al hombre los productos de la tierra, ya sea antes o después de la cosecha, y son responsables de pérdidas



considerables. La clase insecta se divide en diversas órdenes; pero sólo dos son de importancia económica, atacan a los productos almacenados los comprenden las ordenes Coleóptera y Lepidóptera.

Gallo *et al.*, (2002) comento que los insectos que se alimentan de los granos por lo general son clasificados en dos categorías:

### **Plagas primarias:**

Gallo *et al.*, (2002) reportaron que las 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: *S. granarius*, *S. oryzae*, *S. granarius*, *S. zeamais*, *R. dominica*, *A. obtectus*.

Existen dos subgrupos:

a) Plagas primarias internas: que incluyen a los insectos dotados de mandíbulas desarrolladas, con las cuales rompen las películas protectoras y penetran en los granos alimentándose solo del contenido interno. Son plagas que completan su ciclo evolutivo en el interior del grano, siendo el más perjudicial, el gorgojo del maíz *S. zeamais*, gorgojo del frijol *Z. subfasciatus*, y la palomilla de los cereales *S. cerealella* (Gallo *et al.*, 2002).

b) Plagas primarias externas: Este grupo incluye insectos que se alimentan de la parte externa de los granos, aunque pueden después de la destrucción, atacar la parte interna. Además de sus daños, favorecen el ataque de otras plagas que son incapaces de romper la película protectora de los granos (Gallo *et al.*, 2002).

### **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: *T. confusum*, *T. castaneum*, *O. surinamensis*, *C. ferrugineus* (Gutiérrez, 1992).

### **Plagas asociadas:**

Son aquellas que no atacan a los granos; sin embargo, se alimentan de los desechos y hongos. Como ejemplo se tiene al escarabajo *Tenebrio molitor* L., e insectos del orden

Psocóptera que se encuentran en la masa almacenada. Estos insectos si bien no causan daño directo a los granos, contribuyen por perjudicar su aspecto y calidad de los mismos (Gallo *et al.*, 2002).

**Cuadro 1.-** Principales insectos que afectan a los granos almacenados.

Nombre Científico	Nombre Común
1. <i>Sitophilus zeamais</i> (Motsch)	Picudo del maíz
2. <i>Sitophilus oryzae</i> (L.)	Picudo del arroz
3. <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn)	Barrenador grande de los granos
4. <i>Rhyzopertha dominica</i> (Fabricius)	Barrenador pequeño de los granos
5. <i>Oryzaephilus surinamensis</i> (L.)	Gorgojo de tórax aserrado
6. <i>Tribolium castaneum</i> (Hbst.)	Gorgojo castaño de la harina
7. <i>Tribolium confusum</i> (Duval)	Gorgojo confuso de la harina
8. <i>Sitotroga cerealella</i> (Oliver)	Palomilla dorada del maíz
9. <i>Acanthoscelides obtectus</i> (Say)	Gorgojo del frijol
10. <i>Zabrotes subfasciatus</i> (Boheman)	Gorgojo pinto del frijol
11. <i>Cryptolestes pusillus</i> (Schon.)	Gorgojo plano de los granos
12. <i>Cryptolestes ferrugineus</i> (Steph.)	Gorgojo rojizo de los granos

### **Descripción de la Familia Tenebrionidae**

Los adultos tenebriónidos varían desde menos de 2 mm a alrededor de 50 mm de longitud. La forma del cuerpo va desde alargada y delgada hasta convexa y muy robusta o extremadamente aplanada. La mayoría de las especies son de color café oscuro o negras, pero muchas están marcadas llamativamente con rojizo o amarillento y otras son de color azul metálico verde o rojo. Pueden ser lisos o rugosos y pueden estar cubiertos de pelos o carecer de ellos. Las mejores características para su reconocimiento son la combinación de su fórmula tarsal 5-5-4 y las antenas filiformes, serriformes o agrandadas gradualmente e insertadas bajo bordes laterales con forma de repisa en la cabeza (Borror, 1976).

## Descripción de *Tribolium confusum*

### Clasificación taxonómica

Fue clasificado y descrito por Jacqueline Duval en 1868 citado por Cotton, (1979).

Reino: Animal

Phylum: Arthropoda

Subphylum: Mandibulada

Clase: Insecta

Subclase: Pterygota

Orden: Coleóptera

Suborden: Polyphaga

Superfamilia: Tenebrionioidea

Familia: Tenebrionidae

Género: *Tribolium*

Especie: *confusum*

### Origen

El gorgojo confuso de la harina *T. confusum* recibió su nombre debido a la confusión sobre su identidad, ya que es muy similar al escarabajo rojo de la harina (Baldwin *et al.*, 2003).

El gorgojo confuso de la harina se observó por primera vez en la India en 1893, actualmente esta especie se encuentra distribuida en todo el mundo, pero domina más en la parte norte de los Estados Unidos por ser la región que produce cereales a nivel mundial. Se encuentra en las zonas templadas, pero sobrevive el invierno en lugares protegidos, sobre todo cuando hay calor central (Alanko *et al.*, 2001).

### Distribución en México

Es una plaga cosmopolita, en México se le puede localizar en los estados de Guerrero, Michoacán, Chiapas, Guanajuato y Morelos (Gutiérrez y Pérez 1993).

### **Importancia económica**

Los daños causado *por T. confusum* se caracterizan principalmente por alterar la calidad del producto debido a la disminución del valor nutricional de los granos, disminuyendo el grado de higiene del producto por la presencia de otros insectos, excrementos, huevecillos, etc., y pérdida de calidad de panificación de las harinas (Arthur, 1996).

### **Descripción**

Aunque los pequeños escarabajos son de aproximadamente 1/8 de pulgada de largo, los adultos son de larga vida y pueden vivir por más de tres años. El escarabajo rojo de la harina es de color marrón rojizo y su extremo de antenas está agrupado en tres segmentos (Bousquet, 1990).



**Figura 1.-** Características de los tres segmentos antenales en adultos del escarabajo rojo de las harinas, *Tribolium confusum*

La cabeza del escarabajo rojo de la harina es visible desde arriba, no tiene pico y el tórax es curvado ligeramente a sus lados. El escarabajo de la harina confusa es similar, pero los lados del tórax son más paralelos.

La cabeza del escarabajo rojo de la harina es visible desde arriba. El escarabajo de la harina confusa es similar, pero los lados del tórax son más paralelos (Bousquet 1990).

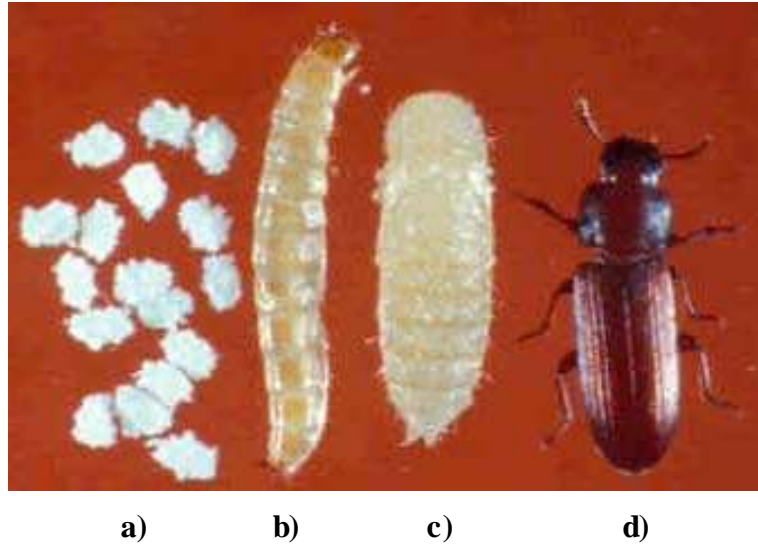


**Figura 2.-** Adulto de *Tribolium confusum* afectando harina de maíz.

Estos escarabajos pueden reproducirse durante todo el año en zonas cálidas y templadas. El ciclo de vida es aproximadamente de 40 a 90 días, y el adulto puede vivir durante tres años. Todos los estadios del ciclo de vida se pueden encontrar en los productos de granos infestados al mismo tiempo (Ryan *et al.*, 1970).

### **Ciclo biológico**

- a) **Huevo:** Las hembras adultas ponen de 400-500 huevos aproximadamente, son de color blanco claro, son pegajosos que se adhieren entre las partículas del alimento, en las grietas o a través de las mallas de los sacos que contienen los alimentos, tales como cereales (figura 3) . Los huevos eclosionan en 5 si tiene el medio ambiente optimo pero puede llegar a 12 días si el medio ambiente no le es favorecido para eclosionar. (Russell 2012).
- b) **Larva:** Las larvas son pequeñas, con una coloración blanco-marrón, pasan por 5 y 12 estadios, alcanzan la madurez en 30 días aproximadamente si las condiciones son óptimas, pero puede requerir hasta 4 meses (figura 3). En almacenes, silos y fábricas, con un clima cálido puede originar 4 o 5 generaciones al año (Russell 2012).



**Figura 3.-** Ciclo biológico de *Tribolium confusum*: a) huevo, b) larva, c) pupa y d) adulto.

- c) **Pupa:** Esta es la etapa más fácil de tratar. Las pupas son de color amarillo, las pupas son aproximadamente 5 mm de largo, permaneciendo en este estadio por una o dos semanas aproximadamente, una generación completa tarda de tres a cuatro meses (figura 3) , cuando el medio ambiente es favorecido para su desarrollo (Metcalf y Flint, 1979).
- d) **Adulto:** Pasan por dos fases, inmediatamente después de salir de la fase de pupa, los adultos no tienen la capacidad de reproducirse y son de un color amarillo pálido. Después de unos días, los adultos se oscurecen en color a un color marrón rojizo oscuro y son capaces de reproducirse. Mide 3-4 mm de largo. La antena de *T. confusum* se agranda gradualmente hacia la punta, que termina en una forma de club de 4 segmentos. Los lados del tórax son casi recto (figura 3). Las hembras adultas son de larga vida, y pueden sobrevivir hasta por 2 años, son muy activos moviéndose con rapidez cuando son perturbados (Russell IPM, 2012).

### Hábitos

Esta especie se alimentan de cereales quebrados o que han sido dañados por otros insectos, productos de la molienda de los cereales como harina, semillas de oleaginosas y sus productos, nueces, almendras partidas, maní, alimentos suaves o molidos como galletas, cacao, concentrados alimenticios para animales, frutas secas y otros productos, Los adultos son atraídos por la luz, por lo general, estos escarabajos se pueden

encontrar no sólo en el interior de los productos de granos infestados, también se les puede encontrar en las grietas y hendiduras donde el grano se haya derramado. Ellos se sienten atraídos a los granos con alto contenido de humedad y pueden causar un tinte gris en el grano que están infestando. Los escarabajos emiten un olor desagradable, y su presencia estimula el crecimiento de moho en el grano (Alanko *et al.*, 2000).

### **Daños**

Estos escarabajos pueden alimentarse y sobrevivir incluso en los trozos más pequeños de grano, por lo que la limpieza es una parte crucial del control de estas plagas para evitar su propagación y nos ocasione daños más fuertes. Los pequeños trozos de grano de un paquete es una señal de que una plaga está presente (Arbogast *et al.*, 2000).

Estos gorgojos no son capaces de alimentarse de granos enteros o sin daños; como se clasifican como plaga secundaria. Las plagas secundarias aprovechan los daños causados por las plagas primarias, o en granos dañados mecánicamente, a menudo causa daños en molinos, la harina infestada tiene un olor fuerte y se torna de color marrón y esto ocasiona una disminución en la capacidad de horneado (Arbogast *et al.*, 2000).



**Figura 4.-** Daños causados en maíz por *Tribolium confusum*

### **Control de los Insectos que Atacan a los Granos Almacenados**

La situación se ve reflejada de que las plagas que atacan a los granos almacenados, ocasionan altas pérdidas en los almacenes, ocasionado por el ataque de plagas insectiles en las regiones de un país en donde aún se cultivan cultivos básicos para el autoconsumo de las personas (Arbogast *et al.*, 2000).

Uno de los principales problemas a nivel mundial, en cuanto al almacenamiento de granos, es que los medios disponibles son simples depósitos que no impiden el ataque de las plagas, ni crea un medio inconveniente para éstas plagas. En la mayoría de los casos, el uso de insecticidas es el único método de control que sea utilizado actualmente. Los efectos principales del ataque de los insectos en los granos almacenados son: pérdida de peso, disminución del poder germinativo y los cambios resultantes de un calentamiento espontáneo debido a la actividad de los insectos, puede ocasionar un ataque por hongos. La humedad es un factor muy importante que favorece a los insectos de granos almacenados un óptimo crecimiento este rango es de 12 a 18 por ciento. En muchos casos, las infestaciones por insectos amplifican los problemas con mohos (Arbogast *et al.*, 2000).

### **Alternativas de Control**

En la actualidad, el hombre en conjunto con los avances tecnológicos ha desarrollado una variada gama de técnicas de control de las plagas que atacan a los granos almacenados, basados en el conocimiento preciso de la biología y comportamiento de las especies consideradas como plagas (Lagunes y Rodríguez, 1989).

Estas técnicas permiten abordar el problema desde distintas perspectivas, ya que las medidas y acciones de control son la pieza clave de cualquier programa de control, y deben observarse escrupulosamente para garantizar una adecuada conservación haciendo uso de varios métodos como los que a continuación se mencionan: Hay cinco enfoques del control de plagas de uso común: 1) control biológico; 2) control mecánico y físico; 3) control cultural; 4) control químico, y 5) uso de variedades resistentes (Lagunes y Rodríguez, 1989).

### **Control Biológico**

Lagunes y Rodríguez (1989) citaron que el control biológico es el manejo de plagas de insectos de una manera natural a través de una dinámica poblacional, creando o manteniendo una situación que permita evitar que los insectos causen problemas importantes; a continuación se mencionan los siguientes:

1. Impedir la instalación y diseminación de plagas de insectos nocivos.
2. Mantener la infestación a un nivel tal que no provoque daño o que éste sea de un grado mínimo



3. El control debe ser ajustado a un costo mínimo y no debe repercutir en ningún riesgo para el hombre o la integridad del medio ambiente.

Es importante tener en cuenta que toda plaga tiene enemigos naturales, sólo se puede reducir la población de insectos plagas, puesto que el nivel de la población de parásitos y depredadores acompaña al de las plagas (Lagunes y Rodríguez, 1989).

### **Parasitoides y depredadores de plagas**

Ciertos parasitoides y depredadores de plagas de granos almacenados son notables por su potencial como agentes de control biológico en los Estados Unidos. Entre estos están las hembras de *Bracon hebetor* buscan y pican el estado larval de palomillas piralidas, tales como la palomilla India de la harina y la palomilla mediterránea de la harina. Las avispas ovipositan un grupo de huevos sobre el cuerpo de la larva paralizada, y la larva de las avispas se desarrolla fuera y se alimentan en forma gregaria del huésped. Esta especie es considerado como un excelente candidato para el control biológico puesto que sus poblaciones se incrementan rápidamente y alcanzan al huésped (Brower y Press, 1990).

Otras avispas importantes que se alimentan internamente de escarabajos de granos son los pteromalidos *Anisopteromalus calandrae* y *Choetospila elegans*. Una hembra de estas especies selecciona un grano que contenga una larva o pupa de un escarabajo de los granos (tales como el picudo del arroz o barrenador lesser de los granos), inserta su ovipositor a través del grano y pica internamente la larva. Cuando estas ovipositan un huevo del huésped, eventualmente se desarrolla internamente una avispa adulta (Flinn y Hagstrum 2001).

Considerando que la harina de chicharro es rica en proteína, es toxica y repelente a las tres mayores plagas de granos almacenados: *S. oryzae* (L.), *T. castaneum* (Herbst) y *C. ferrugineus* (Stephens) (Hou *et al.*, 2004).

**Cuadro 2.-** Enemigos naturales y plagas hospederas de granos almacenados.

<b>Enemigo natural</b>	<b>Familia del Enemigo Natural</b>	<b>Plagas que ataca</b>
<i>Acarophenax lacunatus</i>	Prostigmata : Acarophenacidae	<i>Rhyzopertha dominica</i>
<i>Adelina castana</i>	Protozoa: Apicomplexa: Coccidia	<i>Tribolium castaneum</i> <i>Alphitobius piceus</i> <i>Palorus ratzeburgii</i>
<i>Adelina palori</i>	Protozoa: Apicomplexa: Coccidia	<i>Tribolium castaneum</i> <i>Alphitobius piceus</i> <i>Palorus ratzeburgii</i>
<i>Adelina picei</i>	Protozoa: Apicomplexa: Coccidia	<i>Tribolium castaneum</i> <i>Alphitobius piceus</i> <i>Palorus ratzeburgii</i>
<i>Anisopteromalus calandrae</i>	Pteromalidae	<i>Rhyzopertha dominica</i>
<i>Habrobracon hebetor</i>	Braconidae	<i>Plodia interpunctella</i> larvas
<i>Trichogramma embryophagum</i>	Trichogrammatidae	<i>Ephestia kuehniella</i> <i>E. elutella</i>

### **Familias de parasitoides que atacan a las plagas de granos almacenados**

#### **Braconidae**

Los miembros de la familia Braconidae se presentan en todo el mundo y en todas las diversas áreas, sin preferir regiones tropicales, templadas o hábitat húmedos o secos. Sus hospederos incluyen larvas de coleópteros, lepidópteros, moscas y moscas sierra; la mayoría de las larvas son parasitoides internos, pero pueden emerger para pupar fuera de sus huéspedes muertos (Flint y Dreistadt., 1989)

Los adultos usualmente miden menos de 13 mm, abdomen delgado más largo que la cabeza y tórax juntos. Es la segunda familia más grande de Himenóptera, con 29 subfamilias y al menos 40,000 especies (Flint y Dreistadt., 1989; Goulet y Huber., 1993).



**Figura 5.-** Adulto de *Braconidae*.

### **Ichneumonidae**

La familia Ichneumonidae se encuentra en todo el mundo, con más especie en climas frescos y húmedos que en climas cálidos y secos. Son parasitoides externos o internos de larvas o pupas de muchos insectos, como coleópteros, lepidópteros y avispas; abdomen delgado más largo que la cabeza y tórax juntos, con ovipositor largo y antenas con 16 o más segmentos. Ichneumonidae es la más grande familia de Himenóptera (y una de la más grande de la clase Insecta) con 35 subfamilias y al menos 60000 especies, 3,100 en Norte América (Flint y Dreistadt., 1989; Goulet y Huber., 1993).



**Figura.- 6** Adulto de *Ichneumonidae*.

### **Pteromalidae**

Son mayormente parasitoides de coleópteros, moscas y otras avispas, muchos son parasitoides secundarios. Los huéspedes de Spalanginae, son todos los Dípteros, incluyen las familias Muscidae, Calliphoridae, Sarcophagidae, Drosophilidae, y Chloropidae. Spalangia es el género más importante ya que parasitan moscas asociadas a animales domésticos. Pteromalidae es una de las familias más grandes de Chalcidoidea con cerca de 3,000 especies descritas en 552 géneros por todo el mundo (Flint y Dreistadt, 1989; Gibson *et al.*, 1997).



**Figura 7.-** Adulto de *Pteromalidae*.

### **Trichogrammatidae**

Son endoparásitos primarios solitarios de huevos de insectos de 0.2 a 1.5 mm. Son de cuerpo compacto raramente alargado, sin constricción se distingue entre el mesosoma y metasoma. La mayoría de las especies son cosmopolitas. Se conocen cerca de 650 especies agrupadas en 80 géneros, 30 de los cuales son monotípicos, 25 tienen 5 o menos especies y solo 14 tienen más de 10 especies. Trichogramma parasita huevos de varios ordenes entre ellos Coleóptera, Hemíptera y Lepidóptera en tanto que *Hydrophylitay prestwichia* parasitan huevos de insectos acuáticos (Flint y Dreistadt., 1989; Gibson *et al.*1997).



**Figura 8.-** Adulto de *Trichogrammatidae*.

### **Bethylidae**

Dentro del orden Himenóptera, los betílidos están ubicados en la súper familia Bethyloidea (*Chrysidioidea*). Hasta la fecha se han descrito aproximadamente 2 000 especies pertenecientes a 40 géneros, pero se estima que existe otra cantidad igual de especies no descritas (Gibson *et al.*, 1997).

Son avispas de color oscuro, relativamente pequeñas, de cuerpo alargado y aplanado dorso-ventralmente, cuya longitud varía de 1 a 10 mm; cabeza prognata comúnmente alargada y con ojos bien desarrollados (aunque alguna especie no tiene ojos); antenas con 12 o 13 segmentos; patas relativamente cortas y sin espinas; alas con venación reducida y abdomen con 7 u 8 segmentos visibles. Todas las especies son ectoparsitoides primarios de larvas y pupas de Coleóptera y Lepidóptera que se encuentran en situaciones ocultas. Dos especies de betílidos han sido traídas a México desde África para el control biológico de la broca del café, *H. hampei*. De ellas, *C. stephanoderises* la que ha dado mejores resultados en términos de establecimiento en los lugares donde ha sido liberada, aunque el grado de control se considera aún insuficiente para reducir los daños de la plaga por debajo del umbral económico (Borrór, 1976).



**Figura 9.-** Adulto de *Bethylinidae*.

### **Familias de depredadores que atacan a las plagas de granos almacenados**

#### **Anthocoridae**

Latín (1999) citó que son pequeños entre 1.4 - 4.5 milímetros y comúnmente tienen una amplia variedad de hábitats. El polimorfismo alar es común en esta familia, asociada a menudo al hábito secreto. La mayoría de las especies conocidas son depredadores, aunque algunas se alimentan de plantas. Algunos se han introducido deliberadamente como agentes biológicos del control (*Anthocoris spp.*, *Montandoniola moraguesi*, *O. insidiosus*, *O. tricolor*, y *Tetraphleps spp.*).



**Figura 10.-** Adulto de *Anthocoridae*.

### **Acarophenacidae (Pyemotidae)**

Krants (1970) mencionó que los miembros de la súper familia Tarsonemoidea presentan cuerpo duro o esclerotizado, frecuentemente presentan signos de segmentación; estilete quelicerado insertado en una inconspicua gnatosoma; palpos simples y pequeños. Abertura estigmal absentes en machos, con abertura posterolateral del gnatosoma en hembras.

Órganos pseudo estigmáticos presentes o ausentes; tarsos usualmente con uñas; número de patas variable de 1 a 4 pares. Pyemotidae es una de las familias más grande de Tarsonemoidea, incluye cerca de 100 especies las cuales varias son de importancia agrícola para el control de los insectos de granos almacenados y se utiliza también para fines médicos (Krants, 1970).

*Pyemotes ventricosus* (Newp) comúnmente parasitas larvas y pupas de Lepidóptera, frecuentemente es una parte de la fauna de artrópodos de granos almacenados y además puede atacar a personas que manejan granos causando dermatitis, la cual puede ser severa. Ciertos miembros del género *Acarophenax* pueden ser benéficos ya que parasitan escarabajos graminívoros del genero *Triboliumy cryptolestes* (Krants., 1970).



**Figura 11.-** Adulto de *Acarophenacidae*.

## **Control Físico**

El Control Físico consiste en la utilización de algún agente físico como la temperatura, humedad, insolación, fotoperiodismo y radiaciones electromagnéticas, en intensidades que resulten letales para los insectos (Marsans y Guillermo, 1987).

La infestación inicial de plagas y hongos ocurre en campo durante el período de secado del grano, previo y posterior a la cosecha y tiene una duración de uno a cinco meses. El alto contenido de humedad en el grano durante el almacenamiento, favorece el desarrollo de insectos, ácaros, hongos y microorganismos, los cuales al alimentarse disminuyen la cantidad y calidad alimenticia y comercial de grano. La proliferación de hongos en granos almacenados, afecta el aspecto y la calidad del grano, y en el caso de semilla, el poder de germinación. En ocasiones, las sustancias producidas por el metabolismo de los patógenos, resultan tóxicas para el humano y los animales que lo consumen (Ramírez *et al.*, 1993).

### **Temperaturas bajas**

Las temperaturas bajas no son tan efectivas como las temperaturas elevadas para matar insectos, pero el almacenamiento de productos alimenticios o ropa a temperaturas bajo o cerca de congelación, evitara todo el daño por insectos (Fields y Muir, 1996).

El calentamiento o enfriamiento artificial de los productos almacenados, o de los molinos o fábricas donde dichos productos son procesados, es un método común para evitar el daño de insectos. Casi todos los insectos se vuelven inactivos a temperaturas entre 15 y 4.4°C. Unos cuantos insectos mueren a estas temperaturas, a menos que estén expuestos a ellas por un tiempo considerable. Los insectos en hibernación, frecuentemente resisten temperaturas de 28.8 a 0 °C. No es seguro que la exposición a dichas temperaturas maten los huevecillos de especies tales como los gorgojos de los granos (Metcalf y Flint, 1979).

### **Humedad**

Tanto la humedad del grano como la del aire afectan el desarrollo de microorganismos, insectos y ácaros, influyen en el ritmo respiratorio de los granos y en los cambios físicos y químicos que se quieren evitar (Metcalf y Flint, 1979).

El agua puede encontrarse en el grano como:



- Humedad superficial: es la ubicada en el pericarpio.
- Humedad capilar: se encuentra en los pequeños capilares del interior del grano.
- Humedad interna: es la que rodea partículas constitutivas del grano.
- Humedad de constitución: se encuentra vinculada químicamente con los materiales del grano.

De estas cuatro formas, en el grano son importantes las que interactúan con la humedad relativa del medio (humedad capilar y superficial).

### **Radiación**

El uso de la energía radial para combatir insectos, ha sido una materia favorable para la experimentación. La luz se ha utilizado para atraer a muchas especies fuertemente fototrópicas hacia el interior de las trampas de las cuales no pueden escapar o donde son ahogados o envenenados (Metcalf y Flint, 1979).

Se han utilizado radiaciones de varios tipos con la finalidad de evitar o reducir las infestaciones de insectos plaga de los granos almacenados. En Reino Unido se sentaron las bases de un método de lucha contra los insectos del grano almacenado utilizando pequeñas dosis de radiaciones gamma (Mitchell, 1992).

Las radiaciones utilizadas no deben dañar la calidad del producto (apariencia, sabor, color, valor nutritivo, etc.). Las dosis efectivas están entre 45 y 60 kilorads (el rad es una unidad de la dosis de irradiación) y pueden ser toleradas fácilmente por la fruta seca y las nueces (Lindsey *et al.*, 1989).

Se comprobó que dosis de sólo 16000 rads bastaban para matar o esterilizar a la mayoría de los insectos que atacan al grano almacenado. Irradiando una gran variedad de insectos los investigadores comprobaron que: 1) es posible matar insectos adultos; 2) es posible esterilizar insectos adultos; 3) se puede impedir que se desarrollen los huevecillos de los insectos; 4) las larvas de los insectos no continúan su ciclo de desarrollo, y 5) las pupas no se transforman en insectos adultos, a menos que la metamorfosis esté sucediendo en el momento de la irradiación, en cuyo caso dan lugar a animales estériles (Mitchell, 1992).

## **Silo hermético**

El silo hermético controlar las plagas de granos almacenados. A nivel nacional se estiman pérdidas del 22 % en peso de los granos almacenados, y pérdidas de calidad del 50 al 100 %. Las principales plagas que atacan el grano en almacén son el picudo del maíz *Mostch*, el barrenador de los granos (Horn), la palomilla de los granos, y los roedores (Ramírez *et al.*, 1993).

El alto contenido de humedad en el grano durante el almacenamiento, favorece el desarrollo de insectos, ácaros, hongos y microorganismos, los cuales al alimentarse disminuyen la cantidad y calidad alimenticia y comercial de grano (Ramírez *et al.*, 1993).

Ante esta situación se han desarrollado métodos de bajo costo para el almacenamiento de granos y semillas que han permitido el manejo efectivo de plagas, disminuido el riesgo a la salud para quienes consumen el grano, de bajo costo para su uso por los productores, y amigables con el ambiente (Aguirre *et al.*, 2000).

Uno de ellos, es el recipiente hermético, en donde la composición del aire en el interior del recipiente está dada por la fisiología del grano. La respiración modifica las concentraciones de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> que resultan desfavorables para el desarrollo de los insectos, sin afectar la viabilidad y germinación de semilla. Los silos herméticos facilitan además, el control de las condiciones de humedad y temperatura en el interior (Aguirre *et al.*, 2000).

Los silos herméticos han sido probados bajo diversas condiciones de producción y clima. En 1999 el Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) evaluó el silo hermético para control de plagas de granos almacenados en ocho comunidades de los Valles Centrales de Oaxaca. Los resultados fueron satisfactorios y constituyeron la base para difundir esta tecnología al resto del estado (Aguirre *et al.*, 2000).

## **Control Químico**

El control químico se refiere al uso de insecticidas comerciales en la forma de pulverizaciones, polvos, granulados, cebos, fumigantes, y tratamientos de semillas. Mientras algunos de estos insecticidas como la rotenona y la piretrina son de derivación natural, la mayoría son compuestos sintéticos que han sido desarrollados por las investigaciones (Aguilera, 1988)

Aguilera (1988) estimó que el 70% de los productores a pequeña escala hace uso de insecticidas para el control de plagas de almacén; sin embargo, la mayoría no los aplica

en forma adecuada, lo que pone en riesgo la salud de los consumidores y favorece en los insectos el desarrollo de resistencia a los productos utilizados.

### **Atmosferas controladas con CO<sub>2</sub>**

El uso de atmósferas modificadas ricas en CO<sub>2</sub> es un sistema que consiste en sustituir la atmósfera que envuelve el producto por otra con una alta concentración de CO<sub>2</sub> (Corinth *et al.*, 1990).

El CO<sub>2</sub> afecta a varias características fisiológicas, metabólicas, biológicas y de comportamiento de los insectos. Una de las causas principales de la toxicidad de CO<sub>2</sub> en los insectos es el efecto que tiene sobre el estímulo de obertura de los espiráculos que regulan la respiración. Este hecho induce de forma indirecta a la pérdida de agua y posterior desecación. También produce acidificación en los fluidos internos lo que provoca modificaciones en muchas vías metabólicas afectando al crecimiento, al desarrollo y a la reproducción. Se ha utilizado para insectos en granos y otros productos almacenados (*Lasioderma serricorne*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Tribolium castaneum*, *Sitophilus granarius*, *Cryptolestes ferrugineus*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Sitophilus granarius*, *S. oryzae* y *Rhizopertha dominica*) (Corinth *et al.*, 1990).

### **Control por insecticidas**

Los insecticidas son agentes de origen químico o biológico que controlan insectos. El control puede resultar de matar el insecto o de alguna manera impedir que tenga un comportamiento considerado como destructivo. Los insecticidas pueden ser naturales o hechos por humanos y son aplicados a las especies objetivos en multitud de formulaciones y sistemas de aplicación (aspersiones, cebos, difusión de liberación lenta, etc.) (Klimmer, 1967).

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 la 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).

El uso de insecticidas ha sido el método más generalizado para el combate de plagas de granos almacenados, empleándose comúnmente los organoclorados, organofosforados y piretroides (Mejía, 2003).

### **Organoclorados**

Los plaguicidas químicos modernos, que incluyen más de tres generaciones, marcaron un hito en la lucha contra los insectos de los alimentos. El primer insecticida fue el para-diclorodifeniltricloroetano, conocido como DDT, el cual se puso a prueba durante la Segunda Guerra Mundial con la finalidad de controlar el tifus y la malaria. Luego de este conflicto bélico el DDT se convirtió en el primer insecticida empleado para uso agrícola. Este grupo se caracteriza por presentar en su molécula átomos de carbono, hidrógeno, cloro y ocasionalmente oxígeno, así mismo contienen anillos cíclicos y heterocíclicos de carbono, son sustancias apolares y lipofílicos que conllevan poca reactividad química (Forgash, 1984).

Los compuestos organoclorados son altamente estables, característica que los hace valioso por su acción residual contra insectos y a la vez peligrosos debido a su prolongado almacenamiento en la grasa de mamíferos. Dentro de este grupo de insecticidas se encuentran compuestos tan importantes como el DDT, BHC, Clordano y Dieldrín (Forgash, 1984).

Estos compuestos provocaron una revolución en el combate de los insectos, por su amplio intervalo o espectro de acción y su bajo costo; se han manejado de manera intensiva para controlar plagas agrícolas y de importancia médica. Poseen baja toxicidad para mamíferos y otras especies de sangre caliente, sin embargo, sus residuos son de gran persistencia en el ambiente; además debido a su alto grado de lipofilicidad, se acumulan en los tejidos grasos de muchos organismos (Forgash, 1984).

Los organoclorados se dividen en tres grupos desde el punto de vista de mecanismos de resistencia:

- a) DDT y sus derivados
- b) Grupo del benceno
- c) Grupo de ciclodienos

### **a) DDT y sus derivados**

A pesar de que el DDT se ha empleado desde La segunda guerra mundial, no se conocía con precisión su modo de acción. Este afecta los axones de las neuronas impidiendo la transmisión normal del impulso nervioso, tanto en insectos como en mamíferos. Eventualmente las neuronas inician impulsos espontáneos, causando que los músculos se contraigan seguido después de convulsiones y por último la muerte (Forgash, 1984).

### **b) Grupo del Benceno**

El benceno se aisló por primera vez en 1825 por Michael Faraday por condensación de una mezcla aceitosa obtenida del gas del alumbrado. La fórmula empírica del nuevo compuesto era CH. La síntesis de este compuesto se consiguió en 1834 por Eilhard Mitscherlich al calentar ácido benzoico, aislado de la goma de benjuí, en presencia de cal se emplea como insecticida, el BHC desprende un aroma desagradable y persistente como a moho. El lindano, al igual que el DDT, penetra rápidamente la cutícula de los insectos y tiene una presión de vapor apreciablemente mayor, por lo que puede volatilizarse sin sufrir cambios; es más soluble al agua que el DDT; cuando se usa en el recubrimiento de semillas, es efectivo contra el ataque de insectos del suelo, el lindano es útil contra plagas chupadoras y masticadoras; cuando se aplica en forma de humo, es eficaz para el combate de las plagas de granos almacenados (Lagunes y Rodríguez.,1989).

En México, el uso del BHC está restringido para uso exclusivo de las dependencias del poder ejecutivo Federal, en campañas sanitarias, debido a su alto riesgo para la salud humana, su elevada persistencia y característica bioacumulación. Así mismo, el lindano sólo puede utilizarse bajo la supervisión de personal autorizado y capacitado (Lagunes y Rodríguez., 1989).

### **c) Grupo del Ciclodienos**

Lagunes *et al.* (1994) mencionan que este grupo se encuentran los insecticidas que se distinguen por presentar una estructura química formada por dos anillos y por poseer uno o dos puentes de metano, uno localizado en el anillo clorinado u otro en el anillo no clorinado. A diferencia del DDT y piretroides, los ciclodienos presentan correlación

positiva de temperatura, su toxicidad aumenta conforme al aumenta de la temperatura. Es recientemente conocido que este grupo de químicos actúa en la inhibición de mecanismos que son naturalmente activos en el sistema nervioso de los insectos. Los insecticidas más comunes dentro del grupo de los ciclodienos son el heptacloro, que por epoxidación produce el heptacloro epóxido, el aldrín que al epoxidarse produce el dieldrín; el endosulfán (Thiodán), mirex, clordano y clordecono (Kepone).

Los ciclodienos son neurotóxicos, afecta el funcionamiento del sistema nervioso con cierta similitud al DDT y BHC. En estados avanzados de intoxicación, el insecto responde a los estímulos externos con temblores violentos. Se ha comprobado que bloquea la transmisión del impulso nervioso a nivel neuromuscular. El toxafeno, es una mezcla de por lo menos 177 terpenos policlorados y es un insecticida producido en México con buenas perspectivas de utilización si es empleado de manera adecuada, ya que en general se tiene establecido que no era resistencia cruzada con carbamatos y organofosforados. Tiene la particularidad de ser poco tóxico si se usa solo (Lagunes *et al.*, 1994).

### **Organofosforados**

Los organofosforados son sustancias orgánicas de síntesis, conformadas por un átomo de fósforo unido a 4 átomos de oxígeno o en algunas sustancias a 3 de oxígeno y uno de azufre. Sus características principales son su alta toxicidad, su baja estabilidad química y su nula acumulación en los tejidos, característica ésta que lo posiciona en ventaja con respecto a los organoclorados de baja degradabilidad y gran bioacumulación (ETO, 1974).

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 a las plantas son absorbidos por hojas, tallos, corteza y raíces, circulan en la savia haciéndola tóxica para los insectos que se alimentan la succionarla. Los organofosforados y carbamatos presentan su acción toxica bloqueando importantes enzimas del sistema nervioso (Lagunes y Rodríguez, 1989).

Las vías de entrada son:

- Vía aérea: la más frecuente, inicio rápido de síntomas. Agricultores, fumigadores...

- Vía digestiva: en las intoxicaciones accidentales y en los intentos autolíticos.  
Clínica más grave pero de inicio más lento
- Vía cutánea: relacionado con exposiciones laborales o uso indebido como pediculicida. Inicio de síntomas más lento y de menor gravedad.
- Vía parenteral: excepcional

Al grupo de organofosforados pertenecen entre otros: Malatión, Paratión, Metilparatión, Diazinón, Fentión, Clorpirifón y Diclofenotio.

### **Piretroides**

Los piretroides son un grupo de pesticidas artificiales desarrollados para controlar preponderantemente las poblaciones de insectos plaga. Este grupo surgió como un intento por parte del hombre de emular los efectos insecticidas de las piretrinas naturales obtenidas del crisantemo, que se venían usando desde 1850 (Hayes ,1975).

Las piretrinas y piretroides aumentan su actividad insecticida a bajas temperaturas, esto significa que presentan un coeficiente negativo de temperatura, junto al DDT. Estos afectan tanto el sistema nervioso central como el periférico de los insectos. 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. 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 repetitivas descargas nerviosas, provocando parálisis y la muerte (Lagunes y Rodríguez ,1989).

Es usado para combatir plagas en alimentos almacenados, contra insectos caseros y de cultivos industriales, dirigido a larvas y adultos de lepidópteros y de otros insectos fitófagos de vida libre, siempre y cuando parte de su ciclo biológico pueda estar expuesta a la acción de contacto del tóxico. La actividad insecticida de los piretroides, al igual que los insecticidas del grupo DDT, muestra un coeficiente de temperatura, a diferencia de los organofosforados y ciclodienos. Esto se debe a la similitud en el modo de acción, ya que la perseverancia que a menor temperatura, las moléculas se hacen más firmes, lo cual permite un mejor impedimento de los poros de las membranas neuronales (Lagunes y Rodríguez ,1989).

### Mecanismos de Resistencia a Insecticidas

El conocimiento de cómo actúa un insecticida es útil para comprender mecanismos de resistencia, aunque estos no siempre son relacionados. Los insecticidas pueden ser clasificados en varios grupos de acuerdo a su modo de acción y este puede ser relacionado a mecanismos de resistencia (Miller, 1988).

**Cuadro 3.** Mecanismos de resistencia a insecticidas.

Insecticidas	Modo de acción	Mecanismo de resistencia
Organofosforados Carbonatos	Inhibición directa del neurotransmisor, acetilcolinesterasa	Aumentada detoxificación y/o acetilcolinesterasa insensible
Ciclodienos, ... $\gamma$ -HCH	Excesiva liberación de acetilcolinesterasa	Insensitivo GABA receptor de proteína
Piretroides, DDT y analogos	Interrupción de la transmisión axonal por acción del canal de sodio	Insensitivo canal de sodio y/o aumentada detoxificación
Fosfine, cianide, rotenones	Inhibición de respiración por acción en componentes mitocondriales de la cadena respiratoria	Cambios proteina (S) respiratorias, detoxificación metabólica, reducida (fosfina)
Bacilos thuringiensis (BT) $\gamma$ -endotoxina	Alteación del flujo iónico en las células epiteliales	Receptores alterados y/o disminución en número de receptores

La resistencia puede en muchos casos, ser atribuida a un simple gen/proteína, pero hay ejemplos donde dos o más mecanismos de resistencia operan simultáneamente (Miller, 1988).

#### Resistencia

Crow (1960) mencionó que es el cambio genético en respuesta a la selección por los plaguicidas, la OMS define como el desarrollo de la habilidad en una raza de insectos para tolerar dosis de tóxicos que han probado ser letales a la mayoría de los individuos en una población normal de la misma especie.



En la actualidad la resistencia a insecticidas es un problema asumido y se han desarrollado una serie de estrategias que tienen por objetivo el mantener la expresión de este fenómeno en niveles lo más bajo posibles (Lagunes y Villanueva.,1994).

El fenómeno de resistencia de las plagas a los plaguicidas ha sido observado donde quiera que se utilicen estos productos en forma rutinaria, y en la actualidad los especialistas lo aceptan como una consecuencia natural del proceso evolutivo. Plagas que inicialmente fueron susceptibles a dosis bajas de un producto, después de un tiempo de sucesivas aplicaciones, requieren dosis mayores y eventualmente, terminan por no ser afectadas (Brown, 1959).

Vargas (1996), señala que todas las estrategias de control de plagas utilizadas por el hombre, tales como el control químico a través de clorados, fosforados, piretroides, carbamatos y acilureas, e incluso el control cultural mediante variedades y rotaciones, han originado resistencia.

Georghiou (1991) reporta cifras mayores de especies de artrópodos resistentes a uno más plaguicidas, cuya relación ha cambiado sustancialmente en comparación con años anteriores. Ahora hay un total de 504 especies, de las cuales 481 son dañinas (283 son de interés agrícola, 198 de importancia médico veterinaria) y 23 son especies benéficas.

La mayoría de las especies resistentes 17 son dípteros, seguido de lepidópteros, coleópteros, ácaros, homópteros y heterópteros. En principio, el desarrollo de resistencia en una población de insectos se basa en la variabilidad natural que presentan los individuos de esa población a los efectos de un producto. Normalmente unos pocos individuos son capaces de tolerar las dosis que producen la muerte de la gran mayoría de la población. Si se ejerce una presión de selección por medio de sucesivas aplicaciones los individuos susceptibles son eliminados y la población se torna resistente (Bielza.,1995).

Si el DDT no mata moscas ni cucarachas en la actualidad se debe a dos fenómenos diferentes: Las moscas han adquirido resistencia en tanto que las cucarachas presentan tolerancia, pues nunca fueron susceptibles al producto (Georghiou y Taylor, 1986).

## **Tipos de resistencia**

Georghiou (1965) clasificó la resistencia en tres tipos: por comportamiento; morfológica y fisiológica

### **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 o escapando del área donde se ha aplicado el insecticida.

Se refiere a los patrones de comportamiento que contribuyen a la resistencia, estos pueden ser hábitos tales como la preferencia a descansar en áreas no tratadas con insecticidas en lugar de áreas tratadas, o bien la detección del insecticida y la tendencia a evitarlo antes de ponerse en contacto con él (Carrillo, 1984).

La interrupción de la exposición al insecticida, se puede deber a una acción irritante o bien a una acción repelente. La acción irritante que produce un insecticida en algunos miembros de la población, ocasiona que éstos no sean controlados por el agroquímico. Por tanto, cuando dichos individuos se vuelven mayoría en la población, se dice que es resistente, cuando en realidad dichos individuos son más susceptibles que los normales, ya que si son expuestos forzosamente al tóxico, su DL50 será menor que la de los individuos normales. Como ejemplo de la acción repelente, tenemos a las moscas después de un tiempo, ya no se acercan a cebos con azúcar que contienen malatión; ésta es un tipo de resistencia que depende del estímulo (Lagunes, 1991).

### **Resistencia morfológica**

Debido a las características morfológicas de los insectos, éstos no son afectados por los insecticidas principalmente por impermeabilidad en la cutícula (Monge., 1986).

Donde la composición del exoesqueleto llega a ser modificada inhibiendo la penetración del insecticida. También se le conoce como mecanismo físico y contempla muchos casos de penetración reducida que causan resistencia en los insectos (Sawicki y Farnham, 1968).

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.

Los aumentos en las excreciones del insecticida también pueden reducir el efecto tóxico, un número de insectos dañinos a la agricultura es capaz de alimentarse de comidas tóxicas, naturales o tratadas, debido al aumento de los movimientos intestinales (Sawicki y Farnham, 1968).

### **Resistencia fisiológica o bioquímica**

Es el tipo de resistencia más importante; los insectos adquieren resistencia de dos formas. Por adición de un mecanismo de protección. Por insensibilidad en el sitio de acción. La más frecuente que puede ser debido a mecanismos de protección tales mayor almacenamiento en tejidos inertes. También se pueden presentar alteraciones en el sitio de acción (Brattsten *et al.*, 1986).

Con fines de manejo, los tipos de resistencia se agrupan en mecanismos de resistencia metabólicos y no metabólicos. Son mecanismos metabólicos cuando involucran cambios enzimáticos, y no metabólicos cuando se refiere a cambios en sensibilidad del sitio activo, en la tasa de penetración, almacenamiento o excreción, así como en el comportamiento o la forma de los insectos (Sawicki y Farnham 1968).

### **Bioensayos**

Banki (1978) señala al bioensayo como el procedimiento experimental en el que se pretende determinar la efectividad biológica de un plaguicida y en las que se determinan dosis- mortalidad. Estos ensayos consisten en exponer los grupos de organismos a determinadas concentraciones del tóxico por un tiempo determinado. Los organismos deben estar en buenas condiciones de salud, previamente aclimatados a las condiciones del ensayo, y se mantienen en condiciones ambientales constantes. (Baudo., 1987)

Los efectos tóxicos que se pueden evaluar pueden ser: mortalidad, inmovilidad, inhibición del crecimiento de la población, alteración del comportamiento, etc. Se determinan distintas variables como la concentración letal 50 (CL<sub>50</sub>), que es la concentración letal para el 50 % de los individuos expuestos (Buikema *et al* 1982).

#### 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.

En las técnicas de los bioensayos las mortalidades se determinan en uno o varios individuos que fueron sometidos al insecticida después de un determinado periodo de exposición. Los bioensayos más utilizados para este propósito son:

#### **Técnicas de aplicación tópica**

Consisten en la aplicación de un determinado volumen de la sustancia que contiene el tóxico, vía dorsal del insecto, entre el 2° y 3° segmento torácicos, como métodos comúnmente usados para obtener la DL50 y la DL 90, con más exactitud que otros métodos (Hosking y Gordon, 1956).

### **Métodos de película residual para venenos de contacto**

a) Papel filtro se impregna un volumen y concentración de una determinada concentración de ingrediente activo.- con discos de papel son introducidos internamente en frascos de plástico o vidrio en los cuales son expuestos los insectos de prueba, para que al posarse en las paredes se pongan en contacto con el plaguicida, este método ha sido adaptado por la OMS (Busvine, 1971).

b) Usando vidrio como superficie para la película residual.- el insecticida se disuelve en un disolvente volátil, se aplica un volumen determinado a la superficie interna del frasco y se deja que el solvente se volatilice para luego introducir los insectos y determinar la mortalidad a diferentes intervalos de tiempo (Busvine, 1971).

### **Venenos estomacales usados como residuo en hojas o follaje para insectos masticadores**

Busvine (1971) describe el método, el cual está basado en el uso de hojas tratadas con el insecticida, por diferencia de pesos de las hojas tratadas antes o después de la aplicación del insecticida, considerando también la parte del tejido ingerida por el insecto es como se determina la dosis real que originan los niveles de mortalidad que se checan. El tratamiento de las hojas puede hacerse por aspersión, inmersión o espolvoreo.

### **Mezcla Insecticida-Sinergista**

En la mezcla de insecticida-sinergismo el sinergismo extiende la probabilidad de efectos interactivos entre los componentes de la mezcla, uno de ellos aumentando la toxicidad del otro, esto es conocido como sinergismo y se da cuando alguno de los componentes de la mezcla no tenga acción tóxica del componente insecticida (Barbera 1976).

Los sinergistas o activadores son los términos empleados en la industria de los plaguicidas y referente a la acción conjunta de dos sustancias que dan por resultado un efecto tóxico superior a la suma de los efectos tóxicos de cada uno cuando se aplica por separado (Barbera., 1976).

## Ventajas del uso de Sinergistas

- Uso de menor cantidad de insecticida
- Control de razas resistentes a insecticidas
- Para determinar causas fisiológicas de resistencia

Uso de menor cantidad de insecticida: existe un grupo de compuestos conocidos como sinergistas, entre ellos el butoxido de piperonilo, el DEF (tributilfosforotioato), y el DMC (1,1 - di - fenil, etano- 1- 01) los cuales combinados con algunos insecticidas aumentan la toxicidad de estos. Dichos sinergistas actúan al bloquear la acción de la enzima que degrada a los insecticidas logrando utilizar menos dosis para matar altos niveles de insectos (Wikinson., 1983).

### **Modo de Acción de los Sinergistas**

Lagunas y Villa nueva (1994) mencionaron que los sinergistas se dividen en dos tipos, aunque actúan en ambos casos de la misma manera

1. Con la estructura similar a los tóxicos, pero sin serlo, compiten por los sitios de desintoxicación en el organismo.

Los inhibidores de enzima oxidativa (FOM) en el organismo son preferidos por estas oxidasas, dejando libre a los insecticidas para que actúen, disminuyendo así la concentración de oxidasas activas contra los insecticidas.

Este tipo de sinergistas no pueden ser aplicados en el campo porque son fácilmente descompuestos por la luz solar.

2. Con estructura diferente a los tóxicos, la que a su vez se inhiben alguna enzima dejando actuar libremente a los tóxicos para que produzcan los efectos deseados en los insectos plaga.

## **Insecticidas utilizados**

### **Cipermetrina**

Cipermetrina es un insecticida perteneciente a la familia de los Piretroides, con acción sobre el sistema nervioso del insecto, siendo un producto efectivo para el control de plagas insectiles como lepidópteros, coleópteros y trips. Afecta el sistema nervioso central mediante la inhibición de la enzima Acetilcolinesterasa, produciendo la acumulación de Acetilcolina, dando como resultado una sobre estimulación de los músculos seguido de la muerte del insecto (FAO, 2012).

Tipo toxicológico: III (Producto Poco Peligroso)

Persistencia: Ligeramente persistente (1 a 4 semanas)

### **Deltametrina**

La deltametrina es un piretroide sintético cuya actividad insecticida es muy superior a la de las piretrinas naturales, no sistémico, que actúa a dosis muy bajas por contacto e ingestión, es poco residual y tiene cierta actividad repelente. Resulta especialmente activo frente a larvas de Lepidópteros, ejerce un buen control frente a Homópteros y Coleópteros. Afecta el sistema nervioso central mediante la inhibición de la enzima Acetilcolinesterasa, produciendo la acumulación de Acetilcolina, dando como resultado una sobre estimulación de los músculos seguido de la muerte del insecto (FAO, 2012).

Tipo toxicológico: III (Producto Poco Peligroso)

Persistencia: Ligeramente persistente (2 semanas).

### **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. Afecta el sistema nervioso central mediante la inhibición de la enzima Acetilcolinesterasa, produciendo la acumulación de Acetilcolina, dando como resultado una sobre estimulación de los músculos seguido de la muerte del insecto. 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 (FAO, 2012).

Tipo toxicológico: III (Producto Poco Peligroso).

Persistencia: Ligeramente persistente (4 semanas)

### **Ácido fúlvico**

El ácido fúlvico es un producto que estimula el crecimiento de las plantas, aumentando su vigor, estimula la absorción y promueve la penetración y transporte activo de los nutrientes a nivel membrana fundamental de células foliares y radicales, que actúa como promotor de crecimiento vegetal y agente quelatante. Se aplica solo o combinado con los fertilizantes, herbicidas, fungicidas e insecticidas incrementando sustancialmente su efectividad, contiene principalmente ácidos fúlvicos que son la parte más activa del humus, por ser solubles en todos los medios de pH (Ácido, neutro y alcalino) que garantiza mayor efectividad. Los ácidos fúlvicos químicamente están constituidos principalmente por polisacáridos, compuestos fenólicos y aminoácidos (Thomson, 1979).

El ácido fúlvico es la parte más activa del humus, es soluble en medio ácido, neutro y alcalino, a diferencia del ácido húmico que no es soluble en pH ácido. Esto ocasiona, por ejemplo, que el calcio se precipite en presencia de ácido húmico, mientras que se mantiene en solución en presencia de ácido fúlvico (AGRO., 2000)

### **Propiedades**

Están considerados ser la parte más activa del humus por realizar el intercambio catiónico formado de proteínas y grupos activos (carboxilos, hidroxilos, metoxilos). Tienen una gran capacidad de intercambio catiónico CICT 200 a 500 Meg/100 g. Constituyendo así, junto con la arcilla la parte fundamental del complejo absorbente regulador de la nutrición de la planta. Contribuye asimismo a la conversión de formas no asimilables de minerales, en formas solubles, además de tener una acción de liberación de CO<sub>2</sub> (gas carbónico) que contribuye a la solubilización de los elementos



minerales del suelo, lo que permite a través de la solución de éste, ponerlos a la disposición de las plantas. Posee además la cualidad de considerarse un mejorador de suelo, ya que, físicamente favorece a la estructura, contribuyendo como factor de agregación en la disposición de las partículas elementales, para formar partículas de mayor tamaño y obtener las ventajas de un mayor flujo de agua y de aire en las raíces (Thomson.,1979).

## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### Ubicación del experimento

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el periodo primavera – verano empezando el 20 de enero del 2014 bajo condiciones de Laboratorio, ubicado en el Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila.



**Figura 12.-** Mapa de localización del Sitio Experimental.

#### Material biológico

El trabajo se desarrolló con una colonia de *Tribolium confusum*, proveniente del laboratorio de Toxicología del Departamento de Parasitología en el mes de marzo. En frascos de vidrio con capacidad de tres litros se colocó harina de maíz nueva hasta la mitad del frasco, se metió al refrigerador por 72 horas a una temperatura (-20 °C) esto con la finalidad de matar cualquier otro tipo de insecto de granos almacenados que pudiera traer la harina y que nos pueda contaminar la colonia más adelante. Posteriormente se sacó del refrigerador los frascos con harina y se dejó a temperatura ambiente, posteriormente se introdujeron 200 adultos en los frascos con harina de maíz

para que ovopositaran, a las 24 horas se retiraron los adultos de los frascos, dejando solo los huevecillos del *Tribolium confusum*. Se le dio seguimiento hasta que emergieron los adultos. La selección de estos insectos para la investigación se realizó con cribas separando de esta manera el grano y los insectos en el Laboratorio de Toxicología.



**Figura 13.-** Separación del grano y del material biológico utilizado en el bioensayo.

### **Método de bioensayo**

Se utilizó el método de película residual para venenos de contacto.

### **Tratamientos**

Los tratamientos consistieron en 3 productos (Cuadro 1) y se realizaron siete concentraciones, con tres repeticiones, más un testigo sin aplicación y la mezcla de tres gramos de ácido fúlvico como potencializador al realizar cada solución madre de 10,000 ppm. De cada concentración se tomó 1 ml y se distribuyó uniformemente en toda la superficie de la caja Petri, se vació el sobrante y se secó cada caja con papel secante (estraza), posteriormente se introducen diez insectos de prueba y finalmente se realizaron las lecturas a las 24 horas para evaluar la mortalidad en cada concentración.

**Cuadro 4.-** Dosis utilizadas en los diferentes ingredientes activos para evaluar la mortalidad en *Tribolium confusum*

<b>Productos</b>	<b>Dosis (ppm)</b>						
<b>Cipermetrina</b>	800	600	100	50	10	5	1
<b>Deltametrina</b>	8000	6000	4000	2000	1000	500	100
<b>Permetrina</b>	8000	6000	4000	2000	1000	500	100
<b>Ácido Fúlvico</b>	3 gr en la solución madre						

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 llamada plancha eléctrica en donde se colocaban los insectos y al sentir la temperatura se movían de lugar.

#### **Diseño experimental**

Con los datos obtenidos se determinó los porcentajes de mortalidad de cada concentración, para posteriormente determinar los valores de  $CL_{50}$  y  $CL_{95}$ , mediante el análisis Probit.

#### **Análisis estadístico**

Se usó el análisis Probit utilizando el software SAS (SAS Institute, 2002), para estimar  $CL_{50}$ ,  $CL_{90}$ , la línea de respuesta Dosis-Mortalidad y la ecuación de predicción.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Porcentaje de mortalidad de *Tribolium confusum*

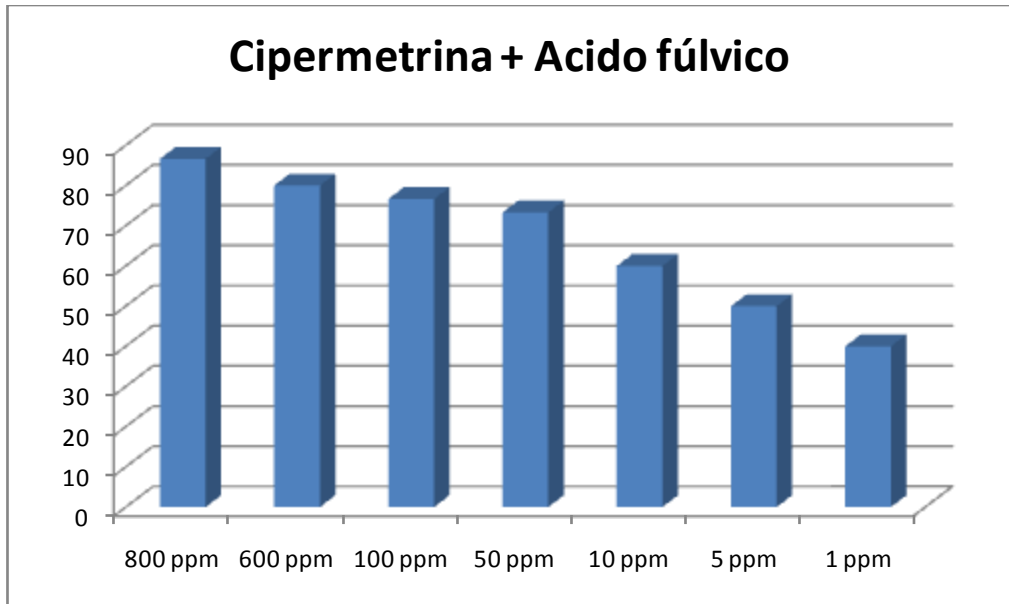
##### Cipermetrina

Como podemos observar (Cuadro 5 y Figura 14 ), para el producto Cipermetrina, la mayoría de los tratamientos presentaron mortalidades relativamente altas.

Siendo el tratamiento de 800 ppm el que mejor resultado con un 86.66% de mortalidad. Por otro lado podemos mencionar que los tratamientos que mostraron las mortalidades más bajas fueron el de 5 y 1 ppm con una mortalidad de 50 y 40% respectivamente.

**Cuadro 5.-** Porcentaje de mortalidad de la mezcla de Cipermetrina y Ácido fúlvico para el control de *Tribolium confusum*.

Tratamiento	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	Total	% de mortalidad
800 ppm	8	9	9	26	86.66
600 ppm	8	8	8	24	80
100 ppm	8	8	7	23	76.66
50 ppm	7	8	7	22	73.33
10 ppm	6	7	5	18	60
5 ppm	4	6	5	15	50
1 ppm	4	3	5	12	40



**Figura 14.-** Porcentaje de mortalidad del insecticida Cipermetrina + Ácido fúlvico sobre adultos de *Tribolium confusum*.

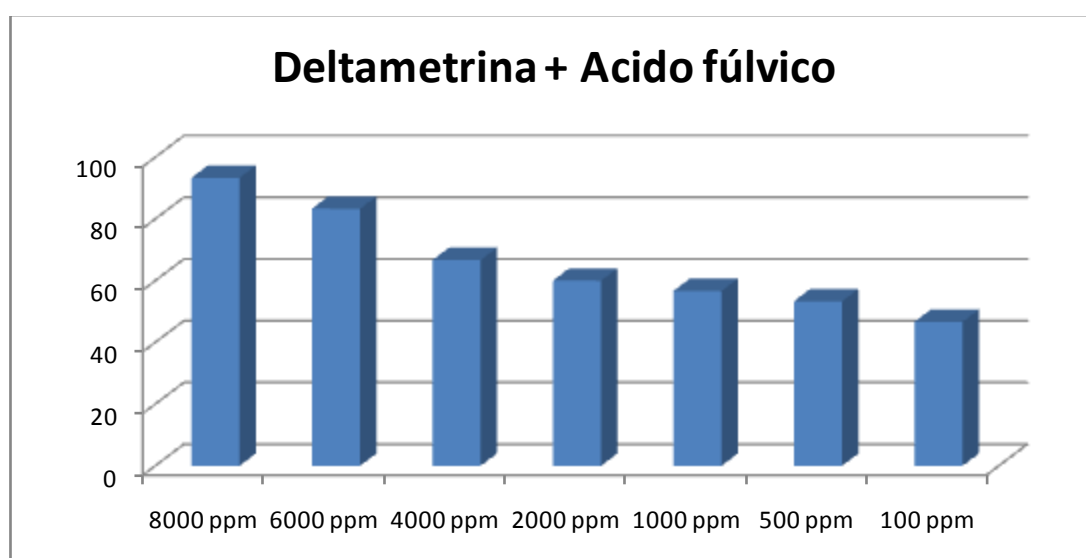
### **Deltametrina**

En relación al producto Deltametrina, podemos observar (Cuadro 6 y Figura 15), que la mayoría de los tratamientos presentan mortalidades altas (53.33 - 93.33%). Siendo los tratamientos 8000, 6000, 4000, 2000, 1000 y 500 ppm quienes muestran los mejores resultados.

También podemos observar que el tratamiento 100 ppm muestra una mortalidad de 46.66% respectivamente.

**Cuadro 6.-** Porcentaje de mortalidad de la mezcla de Deltametrina y Ácido fúlvico para el control de *Tribolium confusum*.

Tratamiento	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	Total	% de mortalidad
<b>8000 ppm</b>	8	10	10	28	93.33
<b>6000 ppm</b>	8	9	8	25	83.33
<b>4000 ppm</b>	8	6	6	20	66.66
<b>2000 ppm</b>	7	6	5	18	60
<b>1000 ppm</b>	5	6	6	17	56.66
<b>500 ppm</b>	5	5	6	16	53.33
<b>100 ppm</b>	4	5	5	14	46.66



**Figura 15.-** Porcentaje de mortalidad del insecticida Deltametrina + Ácido fúlvico sobre adultos de *Tribolium confusum*.

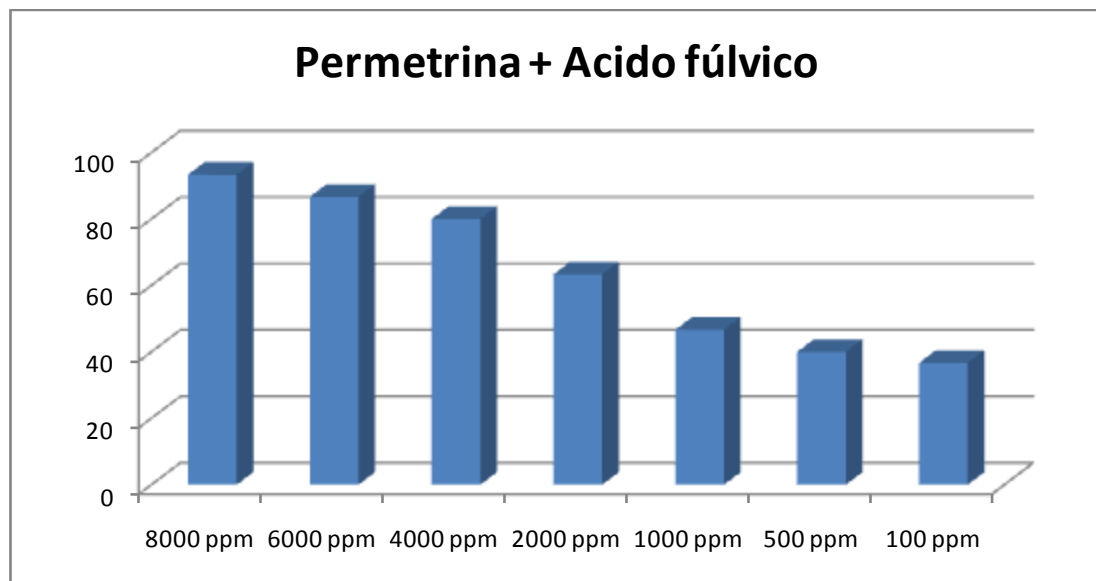
### Permetrina

Para el caso del insecticida Permetrina (Cuadro 7 y Figura 16), podemos observar que los tratamientos de 8000, 6000, 4000 y 2000 ppm presentan una mortalidad de 93.33, 86.66, 80 y 63.33 % respectivamente.

Sin embargo los tratamientos de 1000, 500 y 100 ppm quienes mostraron mortalidades más bajas al tener una mortalidad de 46.66, 40 y 36.66% de mortalidad.

**Cuadro 7.-** Porcentaje de mortalidad de la mezcla de Permetrina y Ácido fúlvico para el control de *Tribolium confusum*.

Tratamiento	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	Total	% de mortalidad
<b>8000 ppm</b>	10	9	9	28	93.33
<b>6000 ppm</b>	8	9	9	26	86.66
<b>4000 ppm</b>	9	8	7	24	80
<b>2000 ppm</b>	7	6	6	19	63.33
<b>1000 ppm</b>	5	5	4	14	46.66
<b>500 ppm</b>	4	5	3	12	40
<b>100 ppm</b>	3	5	3	11	36.66



**Figura 16.-** Porcentaje de mortalidad del insecticida Permetrina + Ácido fúlvico sobre adultos de *Tribolium confusum*.



### Determinación de la CL<sub>50</sub>, CL<sub>90</sub>

Con respecto a los valores de la concentración letal media (CL<sub>50</sub>), podemos Observar (Cuadro 8), que el producto con una mayor CL<sub>50</sub>, fue Permetrina, seguido de la Deltametrina y finalmente la Cipermetrina con valores de 557.581 , 293.739 y 3.36742 ppm respectivamente. Por lo anterior podemos mencionar que la Cipermetrina es el producto con una mayor eficiencia.

**Cuadro 8.-** CL<sub>50</sub> y CL<sub>90</sub> a las 24 horas de exposición para adultos de *Tribolium confusum*.

Productos	N° de ind.	CL <sub>50</sub>	LFI – LFS	CL <sub>90</sub>	Ecuación de predicción
<b>Cipermetrina</b>	210	3.36742	1.435 - 6.248	2499	Y= -0.2356+0.4471*log(x)
<b>Deltametrina</b>	210	293.739	17.4202 - 760.446	24139	Y=-1.5224+0.6141*log(x)
<b>Permetrina</b>	210	557.581	140.709 - 1169	13757	Y=-2.527+0.9205*log(x)

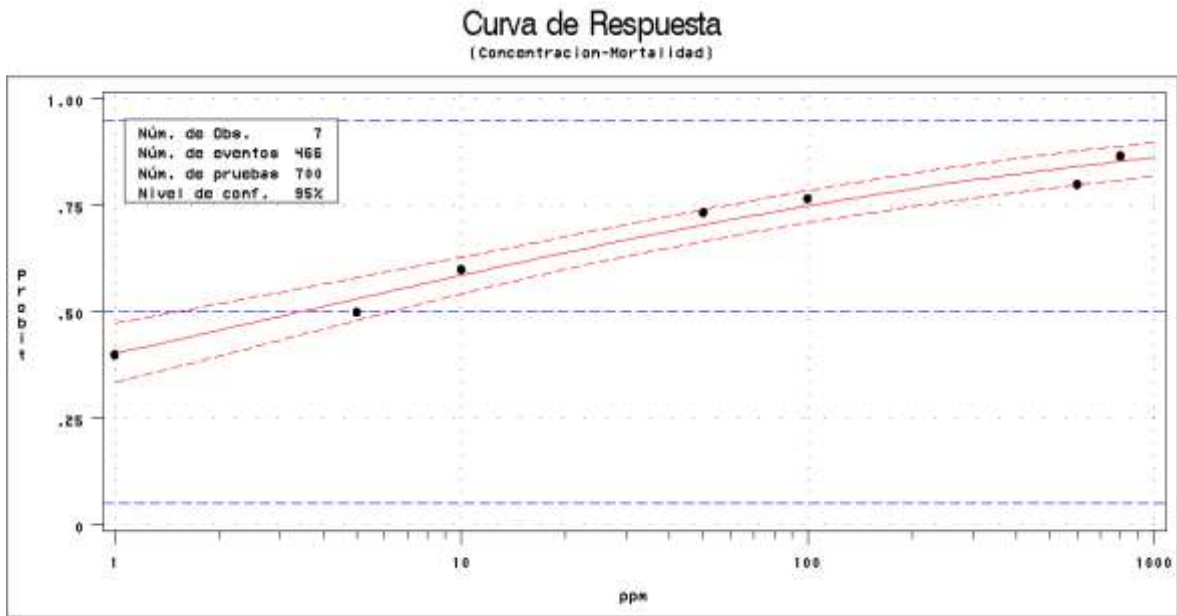
En relación a la CL<sub>90</sub> el comportamiento fue diferente ya que el producto con mayor CL<sub>90</sub>, fue la Deltametrina. Con respecto al producto Cipermetrina, García (2009) reportan valores de CL<sub>50</sub>, que oscilan entre 110.82 y 390.30 ppm, lo cual en el presente trabajo apreciamos que la dosis de Cipermetrina se encuentra por debajo al que hace referencia el autor.

García (1992) reportan en Deltametrina valores de CL 50, que oscilan entre 84.62 y 332.64 ppm, lo cual en el presente trabajo apreciamos que la dosis de deltametrina se encuentra en el rango aceptable al que hace referencia el autor.

Con respecto al producto Permetrina, García (1992) reportan valores de CL<sub>50</sub>, que oscilan entre 110 y 390 ppm, por lo que son resultados inferiores a los reportados en el presente trabajo.

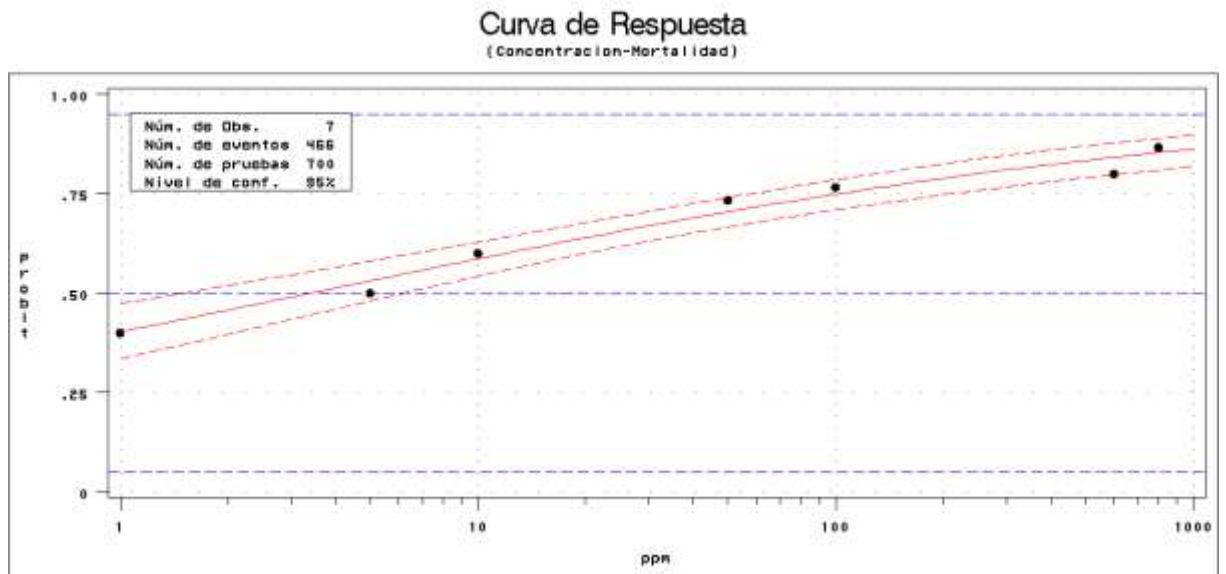
## Líneas de respuesta Dosis/Mortalidad.

Como se puede observar en la figura 17, se muestra la línea de respuesta dosis/mortalidad de la Cipermetrina, como podemos observar una línea heterogénea, es decir se encuentra horizontal con respecto a dosis.



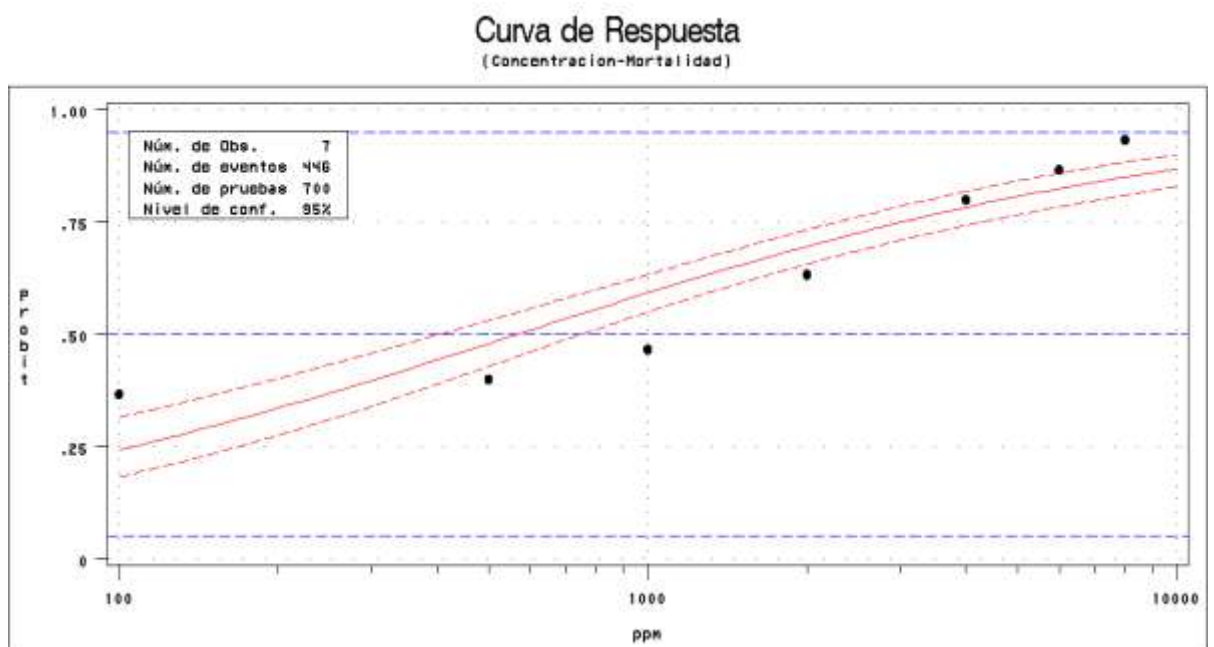
**Figura 17.-** Línea de respuesta dosis-mortalidad de la Cipermetrina sobre la población de *Tribolium confusum*.

Para el caso de la Deltametrina (figura 18), se muestra la línea de respuesta dosis/mortalidad, como podemos observar al igual que la cipermetrina se forma una línea heterogénea.



**Figura 18.-** Línea de respuesta dosis-mortalidad de la Deltametrina sobre la población de *Tribolium confusum*.

Para la Permetrina (figura 19), se muestra la línea de respuesta dosis/mortalidad de la Permetrina, como podemos observar forma una línea heterogénea, es decir se encuentra horizontal con respecto a dosis.



**Figura 19.-** Línea de respuesta dosis-mortalidad de la Permetrina sobre la población de *Tribolium confusum*.

## CONCLUSIONES

En relación a las condiciones de la presente investigación podemos concluir que la potencialización con el ácido fúlvico mas tres piretroides fue muy marcada solo en el producto cipermetrina. Ya que al comparar nuestros resultados con otras investigaciones donde solo utilizaron los insecticidas sin mezcla solo en este producto se observó una diferencia muy marcada en relación a lo reportado por otros autores.

Al comparar los productos evaluados, la cipermetrina presento valores muy bajos de  $CL_{50}$ , por lo que podemos concluir que este producto se potencializa con el ácido fúlvico y es una buena alternativa para retardar la aparición de problemas de resistencia y la aplicación de dosis elevadas de productos en alimentos almacenados destinados al consumo humano.

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

- AGRO. 2000. Revista Industrial del Campo. Sección Agroindustria. Consultado El 03 De Octubre del 2012. [http:// www.2000agro.com.mx/agroindustria/acido-fulvico-masrecimiento-calidad-y-rendimiento/](http://www.2000agro.com.mx/agroindustria/acido-fulvico-masrecimiento-calidad-y-rendimiento/) Benedetti, A., Figliolia, A., Izza, C., Indiati, R., Canali, S. 1992. Fertilization with NPK and humate-NPK: plant yield and nutrient dynamics. *Suelo y Planta*. 2:203-214
- Aguilera, P. M. 1988a. Marco de referencia del sistema postcosecha del maíz en el estado de Guanajuato. In: Primera Reunión Científica, Forestal y Agropecuaria. Guanajuato. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), Centro de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria (CIFAP). Guanajuato, Guanajuato. p. 21 (Publicación Especial Núm. 17).
- Aguirre, A.; Aragón, F.; Bellon, R. M.; Berthaud, J. and Smale, M. 2000. CG Maíce Diversity Conservación: A Farmer - Scientist collaborative Approach. Phase II. First Technical Report. Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y Trigo (CYMMYT), IDRC. México D. F. 20 p.
- Arbogast RT, Kendra PE, Mankin RW, McGovern JE. 2000. Control plagas de insectos en las tiendas minoristas de captura y análisis espacial. *Journal of Economic Entomology* 93: 1531-1542.
- Arthur, F.H. 1996. Grain protection: Current Status and Prospects for the Future, *Journal of the Stored Products Research*, 32 (4): 293-302.
- Appert, J. 1993. El almacenamiento de granos y semillas alimenticios. Editorial Hemisferio sur. Primera edición. Buenos aires, argentina. Pp. 154
- Banki, L.1978. Bioassay of pesticides in the laboratory. *Research and Quality Control*. Academia Kiadó. Budapest, Hungary. P. 475.

- Baldwin, R., Fasulo, T. 2003. Confused Flour Beetle, *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Insecta: Coleoptera: Tenebrionidae) and Red Flour Beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst) (Insecta: Coleoptera: Tenebrionidae). University of Florida.
- Barbera, C. 1976. Pesticidas agrícolas. 3ª edición. Edit. Omega. Barcelona, España. Pp. 43-45.
- Baudo, R., 1987. *Ecotoxicological testing with Daphnia*, en Peters, R. H. Y R. De Bernardi (Eds.) *Daphnia*. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 45: 461 - 482. Beingolea, G. O.
1958. Resistencia de los insectos a los insecticidas, con ejemplos en el Perú. Rev. Peruana de Entomol. Agric. 1 (1): 51-58.
- Bielza, P. 1995. La Resistencia a insecticidas: de los mecanismos a las estrategias de manejo. Phytoma España. 173: 36-38.
- Biological control of *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) in Mexico, using the parasitoid *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Braconidae). Ph. D. Thesis. University of London. 173 pp <http://www.conabio.gob.mx/institucion/doctos/betilidos.html>) se cito el 3 de marzo del 2014.
- 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-H. and Press J-W. 1990. Interaction of *Bracon hebetor*(Hymenoptera: Braconidae) and *Trichogramma pretiosum*(Hymenoptera: Trichogrammatidae) in suppressing storedproduct moth populations in small in shell peanut storages. J. Economic Entomology. 83 (3): 1096-1101.
- Brown, A.W.A. 1959. Inheritance of insecticide resistance and tolerances. Symp. research progress on insect resistance. Misc. Publ. Entomol. Soc. Amer. Washington D.C. 20-26.

- Borror, J. D.; DeLong, M. D. and TRIPLEHORN, A. CH. An introduction to the study of insects. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1976. p.852.
- Bousquet Y. 1990. Escarabajos asociados con productos almacenados en Canadá. Gobierno canadiense Publishing Centre, Ottawa 189-192.
- Busvine, J.R. 1971. A Critical Review of the techniques for testing insecticides, C.A.B.pp. 126-128.
- Carrillo, R. H. 1984. Análisis De Acción Conjunta de Insecticidas en Larvas del Gusano Cogollero del Maíz (J.E: Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Entomología y Acarologia. Colegio de Postgraduados. Chapíngo, México, p. 82.
- Cotton, T.R. 1979. Silos y graneros: Plagas y desinsectación. Oikos-Taw. Edición Vilassar De Mar- Barcelona, España. 328p.
- Corinth, H.G., Rau, G. 1990. Protection of stored grain by means of carbondioxide. Anzeiger fuer Schaedlingskunde. 63(7): 121-123.
- Crow, J. F. 1960. Genetics of insecticide resistance: general considerations. Miscelaneous Publication of the Entomological Society of America 2. 69-74.
- Eto, M. 1974.- Organophosphorus pesticides: organic and biological chemistry. CRC Press, USA.
- FAO, 2012. Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas. Directrices sobre la Prevención y Manejo de la Resistencia a los Plaguicidas.
- Flinn, P. W. and Hagstrum D.W. 2001. Augmentative releases of parasitoid wasps in stored wheat reduces insect fragments in flour. Journal of Stored Products Research 37:179 - 186.

- Forgash, A.J. 1984. History, evolution and consequences of insecticide resistance. *Pestic. Biochem. Physiol.* 22:178-186
- Flint, W.P., Dungan, G.H. & Bigger, J.H. 1934. *Fighting the chinch bug on Illinois farms*. Ill. Agric. Exp. Sta. Cir. 419. 16 pp.
- Flint, M. L. and Dreistadt S. H. 1989. *Natural Enemies Handbook, The Illustrated guide to biological pest control*. Publication 3386 University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. 154 p.
- Gallo, D., O. Nakano, S.S. Neto, R.L.P. Carvalho, G.C. Baptista, E.B. Filho, J.R.P. Parra, R.A. Zucchi, L.C. Marchini J.R.S. López y C. Omoto. 2002. *Entomologia Agrícola*. Fundação de Estudios Agrarios Luiz de QueirozFEALQ. Piracicaba, Brasil. Pp 815- 912.
- García P. D. E. 2009. *Evaluación de insecticidas de cuatro grupos toxicológicos para el control de Sitophilus zeamais MOTSCHULSKY*. Tesis de licenciatura. UAAAN. 19p.
- Geoghiau, G.P. and Lagunes, V. 1991. *The occurrence of resistance to pesticides in athropodos*. FAO. Roma. 317p.
- Georghiou, G.P. and Taylor C.E. 1986. Factors influencing the evolution of resistance, pp. 157-169. *Pesticide resistance, strategies and tactics for management*. Nacional Research Council, Board of Agriculture. Eds. National Academic Press. Washintong D.C.
- Gibson, G.A.P., Huber, J.T. and Woolley, J.B. (Editors). 1997. *Annotated Keys to the Genera of Nearctic Chalcidoidea (Hymenoptera)* NRC Research Press. Ottawa, Ontario, Canada. 794 p.



- Goulet, H. and Huber J. T. 1993. Hymenoptera of the world: An identification guide to families. Publication 1894/E. Centre for Land and Biological Resources Research, Ottawa, Canada. p. 654.
- Gutiérrez, D. L. J. 1992. Perdida por el manejo en maíz durante la cosecha y su relación con la dispersión de las plagas de poscosecha, Informe técnico, campo experimental, CIR. CENTRO, SARH-INIFAP. Pp 13-17.
- Gutiérrez, D. L. J. Y Pérez M.J. 1993. Insectos de granos almacenados: Biología hábitos. Ed. Instituto Nacional de Investigación Forestales y Agropecuarias. Celaya, Guanajuato, Mexico. 324 p.
- Hayes, W.J. Jr. 1975 Toxicology of pesticides. The Williams and Wilkins Company, USA.
- Hosking, W.M. y H.T. Gordon. 1956. Arthropoda Resistance to Chemical. Ann. Rev. Ent. 1,89-122.
- Hou, X.; Fields, P.; Flinn, P.; Perez, J. and Baker, J.E. 2004. Control of stored-product beetles with combinations of protein-rich pea flour and parasitoids. Environmental Entomology. 33(3): 671-680.
- John Doyen Department of Entomology, University of California, Berkeley, CA 94720, USA <http://www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Texto7.html> citado el 3 de Marzo del 2014
- Klimmer, O.R. 1967. Plaguicidas, lexicología, sintomatología y terapia. Oikos-Taw S.A. Ediciones Barcelona, España. 162p.
- Krantz, G. W. 1970. A manual of acarology. O.S.U. Book Stores, Inc. Corvallis, Oregon. USA. 335 p.
- Koehler PG. (Abril de 2003). Despensa y almacenados Plagas Alimentación. SEDA . <http://edis.ifas.ufl.edu/in566> consultado el 3 de Marzo de 2014

- Lagunes, T. A. 1991. Notas del Curso de Toxicología y Manejo de Insecticidas (Documentos de Trabajo). Centro de Entomología y Acarología. Colegio de Postgraduados. Montecillo- Chapingo, Méx. p.195.
- Lagunes-Tejeda, A., and J. A. Villanueva-Jiménez. 1994. Toxicología y manejo de insecticidas. Colegio de Postgraduados. México. 264 pp.
- Lagunes, A., C. Rodríguez H. 1989. Búsqueda de tecnología apropiada para el combate de plagas del maíz almacenado en condiciones rústicas. CONACYT. Colegio de Postgraduados. México. 150 p.
- Lagunes, T. A. y J. C. Rodríguez M. 1989. Grupos toxicológicos de insecticidas y acaricidas. Los mecanismos de de resistencia como base para el manejo de insecticidas y acaricidas. 2ª ed. Centro de entomología y acarología. 30 aniversario Colegio de Postgraduados. Chapingo-Montecillo, México. 228 pp.
- Lattin, J.D. 1999. Bionomics of the Anthocoridae. Ann. Rev. Entomol. Vol. 44: 207-231.
- Lindsey, P. J., S. S. Briggs, a. a. Kader y K. Moulton. 1989. Methyl Bromide on dried fruits and nuts: Issues and alternatives. En chemical use in food processing and postharvest handling: Issues and alternatives. Agricultural Issues Center. University of California. Davis. Pp. 41-50.
- Marsans, Guillermo – Manejo y conservación de granos. Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina, 1987.
- Metcalf, C.L. y W. P. Flint. 1979. Insectos destructivos e insectos útiles sus costumbres y su control. Editorial Continental S.A. Cuarta edición. México, D.F.1208 p.
- Mejía. O.R. 2003. Estudio 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. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

- Miller T. A. 1988. Mechanisms of resistance to pyrethroid insecticides. *Parasitology Today*. 4:13-5.
- Monge, L. A. 1986. Manejo Racional de Insecticidas. Resistencia y rotación. Editorial tecnológica de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. p. 74.
- Ramírez M., M.; Zurbia-Flores, R. R. y Díaz A., L. 1993. Ecología del almacenamiento y el combate de insectos: Control físico y biológico en insectos de granos y semillas almacenados. *In: Insectos de granos almacenados: biología, daños, detección y combate. INIFAP-CIRCE-CEBAJ*. p. 110-146 (Libro Técnico Núm. 1).
- Reynolds, H.T. 1962. Standardized Laboratory Detection Methods for Resistance Detection in Agricultural Arthropods Pests. *Bull. Entomol. Soc. Amer.* 8:9-14.
- Ryan MF, Parque T, Mertz DB. 1970. Escarabajos de la harina: respuestas a los extractos de su cuenta pupas. *Ciencia* 170: 178-180.
- Savidan, A. and Bergvinson, D. J. 2000. Insects in stored maize. *In: EMBRAPA (ed.) XXI International Congress of Entomology. Iguassu Falls, Brazil.* p. 89.
- Sawicki R. M. Farnham A. W. 1968. Genetics of resistance to insecticides in the Ska strain of *Musca domestica*. Location and isolation of the factors of resistance to dieldrin. *Entomologica Experientia Applicata*. 11:133-42.
- Thomson, J. R. 1979. Introducción a la tecnología de semillas. Editorial Acribia. Zaragoza, España. P. 30.
- Vargas, R. 1996. Resistencia a pesticidas de plagas agrícolas. *Tierra Adentro* N°. 8. Mayo- Junio. Pp. 50-52.
- Willis ER, Roth LM. 1950. El atractivo de *Tribolium Castañeum* a la harina. *Journal of Economic Entomology* 43: 927.
- Wilkinson, C.F. 1983. Role of mixed-function oxidases in insecticide resistance. *En. Georghiou, G.P. and T. Saito (eds.). Pest Resistance to Pesticides. Plenum Press. New York.* pp. 175-205.