

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Efecto de los Ácidos Húmicos Sobre la Toxicidad de Insectos para el Control de  
*Sitophilus zeamais*

Por:

**EVER ANTONIO MORALES ALVAREZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Efecto de los Ácidos Húmicos Sobre la Toxicidad de Insectos para el Control de  
*Sitophilus zeamais*

Por:

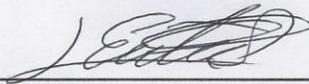
**EVER ANTONIO MORALES ALVAREZ**

TESIS

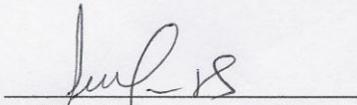
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

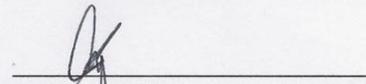
Aprobada



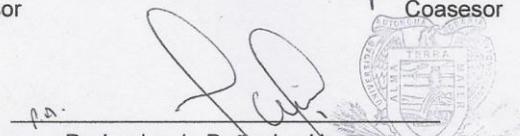
Dr. Ernesto Cerna Chávez  
Asesor Principal



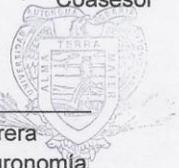
Dr. Jerónimo Landeros Flores  
Coasesor



Dra. Yisa María Ochoa Fuentes  
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera  
Coordinador de la División de Agronomía  
Coahuila de Coahuila, México



Diciembre 2014

## AGRADECIMIENTOS

### *A MI ALMA TERRA MATER UAAAN*

*Con mucho orgullo a mi "ALMA MATER" por brindarme sabiduría, conocimientos, amistades y muchas cosas interesantes que viví, pero más por darme la oportunidad de formarme como profesionalista.*

*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 M. Ochoa Fuentes por contribuir en la revisión final de este trabajo.*

*Dr. JERÓNIMO LANDEROS FLORES al igual por contribuir en la revisión final de este trabajo.*

*AL DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA que mediante su personal y cuerpo académico he adaptado las bases y conocimientos necesarios que me servirán para toda la vida para entender y enfrentar el complejo mundo de la agronomía.*

*A Rubí Soledad Ramírez Hernández por el gran apoyo en el proyecto.*

## DEDICATORIAS

**A mí PADRE LEOPOLDO MORALES LÓPEZ:**

*Por darme la vida, por ser padre, madre y amigo para mí; por darme ánimos para salir adelante, por aconsejarme y ayudarme a levantarme cada vez que he tropezado, me has enseñado como luchar para lograr hacer de mí lo que soy hoy, porque me forjaste tus valores, por todo tu apoyo moral y económico para poder terminar mi carrera profesional y es la mejor herencia que tengo, porque siempre creíste en mí y hoy es realidad lo que hace años soñamos y por el cual luchamos, este logro va dedicado para tí.*

**A Mi Hermana**

*Liliana del Carmen Morales López gracias por estar siempre a mi lado y también a Dios por darnos la oportunidad de seguir adelante, y todo tu apoyo incondicionalmente, durante la carrera profesional y en todo momento. Por los momentos de risas, tristezas, enojos y demás etc. Gracias por todo te quiero.*

**A MIS ABUELOS**

*Ciro Morales, Carmelina López*

*Por su apoyo y sus consejos que me brindaron en mi infancia.*

### ***A MIS PRIMOS(AS)***

*Jaque, Araceli, Aníbal, Samuel, Rolfi, Alexander, Gaby, Eberto, Loly, Medel, Elsi, y Dairy.*

*Gracias por todos los momentos que me he divertido con ustedes.*

### ***A TODOS MIS PADRINOS***

*Gracias por todos los consejos que siempre me han dado desde mi niñez y hasta hoy en día ya que me ha servido para mi persona.*

### ***A MIS AMIGOS***

*Rusver, Dulce, Anita, Lucerito, Víctor, Sergio, Rudy, Samuel (Burro), Leonel, Eliver, Brenda, Francisca, Don Alfonzo, Yesica, Beto y Joel*

*Quienes han estado conmigo compartiendo grandes momentos, por su confianza, cariño, comprensión y por todas aquellas desveladas que pasamos juntos.*

*A la comunidad de Acaxnabaj por el apoyo brindado durante mi servicio de I. C.*

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>I</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>II</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO.....</b>	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS.....</b>	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>IX</b>
Justificación.....	2
Objetivo.....	2
Hipótesis.....	2
<b>REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
Almacenamiento.....	3
Los Insectos.....	5
Clasificación Taxonómica.....	6
Tipos de Daños.....	9
Daños Directos.....	9
Daños Indirectos.....	10
Métodos de Control.....	11
Control Físico.....	11
Control Biológico.....	12
Control Integrado.....	14
Control Químico.....	14
Calidad de Semillas.....	17
Calidad Genética.....	19

Calidad Física.....	19
Calidad Fisiológica.....	19
Germinación.....	20
El vigor.....	22
Mezcla de Insecticidas.....	23
Compatibilidad Física.....	23
Compatibilidad Química.....	24
Compatibilidad Biológica.....	24
Mezclas de Tanque.....	25
Mezcla de Fábrica.....	26
Mezcla Insecticida-Insecticida.....	27
Mezcla Insecticida-Sinergista.....	28
Ventajas del uso de Sinergistas.....	29
Modo de acción de los Sinergistas.....	30
Mezcla insecticida-no Sinergista (ácido fulvico).....	30
Propiedades.....	31
<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>32</b>
Localización del área Experimental.....	32
Colonia Madre.....	33
Plaguicidas Evaluados.....	33
Método de Bioensayo.....	33
Análisis Estadístico.....	36
<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>	<b>37</b>
Porcentaje de Mortalidades de <i>Sitophilus zeamais</i> .....	37
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>42</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>43</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO 1.</b> Cuadro 2. $CL_{50}$ , $CL_{90}$ y Parámetros de confianza a las 24 horas para <i>Sitophilus zeemais</i> .....	<b>40</b>
<b>CUADRO 2.</b> Mezcla de diferentes insecticidas con ácido húmico como Potencializador.....	<b>41</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b> Almacenamiento.....	4
<b>FIGURA 2.</b> <i>Sitophilus zeamais</i> .....	7
<b>FIGURA 3.</b> Granos.....	8
<b>FIGURA 4.</b> Daños Indirectos de <i>Sitophilus zeamais</i> .....	10
<b>FIGURA 5.</b> Control Físico de <i>Sitophilus zeamais</i> .....	11
<b>FIGURA 6.</b> Control Biológico de <i>Sitophilus zeamais</i> .....	12
<b>FIGURA 7.</b> Calidad Fisiológica.....	20
<b>FIGURA 8.</b> Mapa de la Localización del Sitio Experimental.....	32
<b>FIGURA 9.</b> Colonia de <i>Sitophilus zeamais</i> .....	21
<b>FIGURA 10.</b> Metodo de Bioensayo de la Pelicula Residual.....	36
<b>FIGURA 11.</b> Porcentaje de Mortalidad del Insecticida Cipermetrina Sobre <i>Sitophilus zeamais</i> .....	37
<b>FIGURA 12.</b> Porcentaje de Mortalidad del Insecticida Permetrina Sobre <i>Sitophilus zeamais</i> .....	38
<b>FIGURA 13.</b> Porcentaje de Mortalidad del Insecticida Diazinon Sobre <i>Sitophilus zeamais</i> .....	39

## RESUMEN

El mayor problema del almacenaje de granos es pérdida producida por roedores, insectos, hongos y bacterias, que deterioran y destruyen los alimentos. Este problema es importante para los agricultores de subsistencia, ya que el maíz almacenado es parte de los alimentos básicos consumidos durante el año. Por ello, el objetivo de este trabajo es: Determinar la efectividad biológica de tres insecticidas de diferentes grupos toxicológicos para el control del gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais*.

Primero se estableció la colonia de *sitophilus zeamais*, en el laboratorio de toxicología de esta universidad, se colocó maíz en frascos de vidrio, se introdujo al refrigerador por 72 horas, al término de este tiempo se dejó a temperatura ambiente para quitar el frío y luego se introdujeron 200 adultos para que ovipositen y se retiraron a las 24 horas, dejando solo los huevecillos y se le dio seguimiento hasta que emergieran los adultos.

Con respecto a este experimento se demostró que la mezcla con ácidos húmicos, el Diazinon presentó la mayor potenciación al bajar su  $CL_{50}$  7.03 veces, mientras que la Permetrina 1.24 y Cipermetrina 2.24 veces respectivamente. La mezcla de Diazinon y ácidos húmicos es una buena alternativa para el control para adultos de *sitophilus zeamais*, ya que para este caso se mostró un buen efecto de mortalidad a las 24 horas.

**Palabras claves:** *Sitophilus zeamais*, Mortalidad, Permetrina, Gorgojo del Maíz, Insecticidas, ácido húmico.

# INTRODUCCIÓN

El *Zea mays* (maíz) es uno de los cultivos básicos más importantes, ya que constituye la base de la alimentación para gran parte de la humanidad. Sin embargo este cultivo se ve afectado tanto en condiciones de campo como en el almacenamiento de los granos; Por lo que, el ataque de insectos trae como consecuencia la pérdida de rendimiento y afecta la calidad del grano tanto para consumo humano como para semilla; Entre las plagas más importantes se encuentra la especie *Sitophilus zeamais*, que es una especie que genera pérdidas económicas por arriba del 15 al 20 por ciento, afectando a los granos del maíz tanto en campo como en bodegas donde se almacena el grano para consumo humano o animal (D` Antonio 1997).

El combate de esta especie se basa principalmente en el uso de productos químicos, es una práctica común en casi todas las zonas productoras de granos y semillas en México. Sin embargo, el uso de estos productos químicos conduce a problemas de resistencia en los insectos, contaminación del medio ambiente, presencia de residuos en los alimentos, generan efectos negativos en los seres humanos por su alta capacidad de bioacumulación y su poder residual prolongado.

Es por ello que se debe de eficientar el uso de estos productos de síntesis química para evitar problemas como los antes mencionados, una alternativa es el uso de potencializadores que no sean insecticidas, tal es el caso de algunos ácidos cáusticos que se mezclan con los insecticidas y que la función de estos, es eliminar la capa cerosa de los insectos y que el insecticida pueda penetrar más fácilmente y por ende utilizar una menor concentración. Por otro lado tenemos productos acarreadores que sirven en facilitar la entrada de los plaguicidas a través de la cutícula de los insectos como es el caso de los ácidos húmicos.

## Justificación

En México esta plaga representa uno de los problemas más serios durante el almacenamiento, con pérdidas por arriba del 20% del total de productos almacenados; así mismo, se tienen datos que la presencia de esta especie en bodegas alrededor del país supera 80%, con una incidencia de alrededor de 42% (Tigar *et al.*, 1994).

## Objetivo

Evaluar el efecto potencializador de la mezcla de ácidos húmicos con insecticidas piretroides sobre el gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais*.

## Hipótesis

Se espera que al menos una mezcla presente una alta mortalidad sobre adultos de *Sitophilus Zeamais*.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Almacenamiento

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).

Siendo el alimento un factor limitante para la nutrición de todos los seres vivientes y la lucha constante para obtenerlo, es una característica biológica de estos organismos; de ahí que la conservación de semillas y granos alimenticios han sido, es, y será, motivo de preocupación del hombre por su significado en la dieta humana y por la necesidad de resguardar contra el peligro que significa su aprovechamiento por sus demás competidores.

D` Antonio (1997) menciona que la conservación y protección de los granos almacenados constituye una necesidad alimenticia, social y económica. Ya que la conservación de los granos se ve amenazada por los insectos que atacan en almacén.

Han surgido muchos problemas en el almacenamiento de granos y semillas debido a muchos factores entre ellos la presencia de insectos.

La presencia de plagas constituye un problema en granos almacenados y trae como consecuencia la pérdida de la calidad del grano tanto para consumo humano; así como para semilla. En el control de estos, han sido necesario utilizarse en forma intensiva, haciendo uso de plaguicidas lo cual ha derivado inevitablemente en el surgimiento de resistencia, acumulación en el ambiente e intoxicaciones (Silva *et al.*, 2002).

Larraín (1994) dice que el mayor problema de almacenaje de granos es la pérdida producida por roedores, hongos, bacterias e insectos, que deterioran y destruyen los alimentos. Este problema es importante para los agricultores de subsistencia, ya que el maíz no tiene las condiciones apropiadas de almacenamiento, siendo esto parte de los alimentos básicos consumidos durante el año.

Para elevar el nivel de producción depende del nivel de perfeccionamiento y calidad de los insumos, siendo las semillas el más importante. Por lo que el almacenamiento adecuado de este insumo es de suma importancia (Kelly, 1982).



**Figura. 1** Almacenamiento

## Los insectos

Según Appert (1993), los insectos son pequeños animales 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 responsable de pérdidas considerables. La clase insecta se divide en diversas órdenes; pero sólo dos de ellas comprenden especies que atacan a los productos almacenados y son: Coleópteros y lepidópteros.

Comentan que los insectos que se alimentan de granos por lo general son clasificados entre categorías, que son:

Plagas primarias: 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, está perforando el grano y se alimenta de él.

Plagas secundarias: son insectos que se desarrollan después de existir el daño en el grano por plagas primarias, normalmente se alimentan de harinas, granos rotos y granos perforados.

Plagas terciarias: se desarrollan después de que los insectos primarios y secundarios han efectuado su daño, se alimentan de impurezas, granos quebrados y residuos dejados por los otros. Por lo anterior se considera a *S. zeamias* como una plaga primaria (Ramírez, 1990).

## Clasificación Taxonómica del *S. zeamais*

El gorgojo de los cereales está citado según Borrór *et al.* (1981), en la siguiente:

Reino: Animal

Phylum: Artropoda

Clase: Insecta

Subclase: Pterygota

Orden: Coleóptero

Suborden: Pollyphaga

Súper familia: Curculionoidea

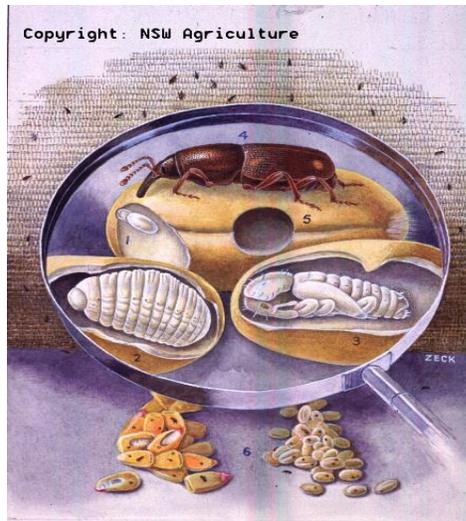
Familia: Curculionidae

Subfamilia: Rhincophorinae

Género: *Sitophilus*

Especie: *zeamais*

El picudo del maíz o gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* es de metamorfosis completa, el huevecillo es de forma de pera u ovoide de un color blanco, ensanchando de la parte media hacia abajo y con fondo redondeado, mide aproximadamente 0.7 mm de largo y 0.3 mm de ancho. La larva es blanca aperlada de cuerpo grueso, con cabeza pequeña café claro, no presenta patas (Pérez, 1988; García, 1992).



**Figura. 2** *Sitophilus zeamais*.

El gorgojo, pasa por cuatro estadios, en el huevo rara vez se observa ya que se desarrolla en el interior del grano infestado donde se alimenta, pasa a fase de pupa; la cual es de color blanco pálido al inicio y se torna después a café claro, mide de 2.75 a 3 mm, el adulto mide de 2.5 a 4.5 mm de longitud, es de color café oscuro, cuerpo cilíndrico y alargado, cabeza prolongada en un pico o proboscis curva y delgada, antenas acodadas y de 8 segmentos, alas funcionales, el protórax densamente marcado con punturas redondas estas parecen estar uniformemente distribuidas, las punturas del pronoto son más de 20 a lo largo de la línea media de cuello al escutelum (Boudreaux, 1969).

La hembra perfora el grano con su aparato bucal y oviposita individualmente los huevecillos dentro del grano y posteriormente lo cubre con una sustancia gelatinosa, una hembra oviposita de 210 a 530 huevecillos durante todo su período de vida, dependiendo de la temperatura los huevecillos eclosionan entre los 3 y 7 días, emergen y completan su desarrollo, la larva utiliza mezcla de desechos y secreciones para construir la celda pupal, donde se tarda de 3 a 6 días dependiendo del medio ambiente, al emerger el adulto permanece dentro del grano varios días antes de dejarlo (Pérez, 1988; García, 1992).

Sedlacek *et al.* (1991) reportaron bajo condiciones de laboratorio que la temperatura es uno de los factores que más afecta a este insecto, mencionando también que el rango de temperatura que el rango de temperatura para el desarrollo de este insecto es entre 15 y 30 °C.

Este insecto se alimenta de diferentes cereales, arroz, trigo, sorgo y maíz principalmente, granos que ataca tanto en campo como en almacén, el daño es causado tanto por la larva como por el adulto y en maíz se reduce a polvo.



**Figura. 3** Granos

Appert (1993) menciona que las larvas que viven en el interior de la semilla, producen daños invisibles. Son los orificios de salida del adulto, agujeros irregulares de un milímetro y medio de diámetro, que van al exterior de la semilla con sus perforaciones lo que causa realmente el daño. El gorgojo del maíz representa un destructor de primera línea para los cereales almacenados, sobre los que provoca pérdidas ponderales, deterioro de la calidad y permite la instalación de infecciones criptogamitas.

Pérez (1998) señaló que con un promedio de dos insectos por grano se ocasiona un 18.3 por ciento de pérdida en 48 días. Al respecto Coombs (1972) menciona que el número de picudos que se puede desarrollar dentro dependerá del tamaño del grano, normalmente en trigo sólo emerge un adulto por grano y en maíz pueden emerger más.

En nuestro país García (1992) reporto la presencia de *S. zeamais* en los estados de Aguascalientes, Campeche, Coahuila, Edo. de México, Guerrero, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz, Yucatán, por lo que reviste de gran importancia, debido a que se encuentra diseminado en los estados de mayor participación a la producción de maíz.

A diferencia de Ramírez (1990) que clasifico a los insectos por su forma de alimentación Ramayo (1983), clasifican a los insectos como directos o indirectos, por el grado de daño que estos ocasionan a los granos y semillas, siendo estos en:

## **Tipos de Daños**

### **Daños Directos:**

- Contaminan a los granos con sus secreciones, excrementos y con fragmentos de insectos muertos. Los hacen aparecer polvosos, sucios e inaceptables como alimento humano.
- Se alimentan del mismo grano.
- Bajan el porcentaje de germinación (Wright, 1989; Grenier *et al.*, 1994).

### **Daños Indirectos:**

- Elevan la temperatura de los granos a consecuencia de su metabolismo, lo cual origina un mal olor debido al desarrollo de los microorganismos.
- Transfieren y diseminan las esporas de los hongos en secreciones y tarso.



**Figura. 4** Daños Indirectos de *Sitophilus zeamais*.

## Métodos de Control

Existen diferentes tipos de métodos para controlar este problema los cuales son mencionados por los siguientes autores; entre ellos están el control físico, cultural, biológico, genético, integrado y químico.

### Control Físico

García (1992) menciona métodos de control físicos tradicionales como asoleo periódico del grano, humo y mezcla del grano con diversos materiales como ceniza, arena, tierra de diatomea y aceites.



**Figura. 5** Control físico de *Sitophilus zeamais*.

Sin embargo algunas formas de control cultural se dan cuando se:

- Almacena los granos lejos de las áreas húmedas.
- Mantiene el grano almacenado o los envases que lo contengan alejados de los rayos del sol para que el grano se mantenga fresco.
- Asegurar que el área de almacenamiento éste libre de granos viejos y polvo.
- Reparar grietas en pisos, paredes y techos que sirvan de escondite a los insectos.
- Tapan los orificios que existan en el almacén Druben (1986).

### Control Biológico

Algunas formas de control biológico se pueden dar; dentro los parasitoides que atacan el género *Sitophilus* se encuentran algunas especies pertenecientes a la familia Pteromalidae (Orden Himenóptera) como son: *Anisopteromalus calandrea* Howard, *Chaetospila elegans* Westwood y *Lariphagus distinguendus* Foerster. Desafortunadamente no son agentes de control efectivo ya que su ciclo de vida es más corto que el de sus hospedantes, anudado a esto tienen baja capacidad reproductiva (Pérez, 1988).



**Figura. 6** Control biológico de *Sitophilus zeamais*.

Brower (1996) menciona que una amplia variedad de depredadores atacan a plagas de los granos, semillas y productos almacenados en general. Las familias más importantes de coleópteros depredadores son Carabidae, Staphylinidae e Histeridae pero los depredadores más comúnmente encontrados en productos almacenados son las chinches de la familia Anthocoridae y específicamente *Xylocoris flavipes*. En trabajos realizados se encontró que este depredador Después de 16 semanas fue capaz de disminuir en un 97 a 97%, la población de *Oryzaephilus surinamensis*, en un 97.6 % la de *Tribolium casteanum* y en un 78.8 % la de *Plodia interpunctella*.

Según Brower *et al.* (1996), los parasitoides en este contexto se pueden dividir en aquellos que parasitan a plagas que se alimentan del interior del grano y aquellas que atacan a las que se alimentan de la parte externa. De las primeras se destacan *pteromalidos* como *Ainisopteromalus calandre* (Howard), *Lariophagus distinguendus*, *Pteromalus cerealellae* y *Theocolax elegans*. Menciona a *Trichogramma pretiosum* y *Trichogramma evanescens* quienes atacan a los diferentes estados inmaduros de estas plagas pero especialmente huevecillos.

Con el uso de materiales genéticamente modificados en nuestro país, se busca que los maíces sean resistentes para que se disminuya el ataque de plagas. Se descubrió tres nuevos tipos de maíces resistentes al gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais*, donde ha encontrado que el ácido fenolito endurece las capas externas del núcleo, haciendo menos apetecible para el gorgojo del maíz ya que estas sustancias atan a los carbohidratos de la membrana celular unos con otros, consolidando el tejido fino y proporcionando así una primera capa de defensa (CIMMYT, 1998).

## **Control Integrado**

El control integrado contempla principalmente las condiciones de almacenamiento de las semillas, las que presentan una gran importancia desde el punto de vista económico, almacenando las semillas en condiciones adecuadas se evita la deterioración temprana y se mantiene la calidad durante más tiempo. Es un hecho comprobado que el manejo y el almacenamiento de los granos sin emplear procedimientos adecuados, conducen a pérdidas causadas por agentes como la humedad excesiva, temperatura, las impurezas, la temperatura y las plagas (Bur, 1991).

Para un buen manejo de estos puntos se deben conocer las facilidades mecánicas para la limpieza, el transporte y el almacenamiento del grano, para que su secado sea eficiente, además de cuidar la limpieza de los sacos, costales o envases utilizados para el almacenamiento y un mejor manejo de las pilas de grano. Esto implica que los productores deben estar preparados con instalaciones y equipos adecuados para la cosecha y manejo del grano (Bur 1991).

## **Control Químico**

La práctica más común de control de insectos es por medios químicos donde se ha usado diferentes sustancias que de una manera u otra protegen al grano contra estas plagas (Kadoum y Lahue, 1974; Losoya *et al.*, 1986).

El uso de productos químicos está limitado al uso posterior del grano, debido a esto las prácticas más comunes han sido el empleo de insecticidas, principalmente organofosforados y a últimas fechas la utilización de los reguladores de crecimiento. El combate contra los insectos, en un sentido más amplio, incluye cualquier aspecto que hace su vida difícil en el grano, manteniendo situaciones que impidan que cause daños importantes o bien, destruyéndolos o evitando su crecimiento (Kadoum y Lahue, 1974; Losoya *et al.*, 1986).

Entre los insecticidas, la fosfamina está catalogada como uno de los más efectivos contra insectos que infestan productos almacenados. Para fumigar semillas, la dosis normalmente indicada es de 2,5 a 3 gramos de fosfamina por metro cúbico. El tiempo de exposición depende de la temperatura a la que se realice la fumigación. No obstante es necesario evaluar dosis y tiempo de exposición, ya que las diferentes especies de insectos y en cada especie los distintos estados de desarrollo presentan variada sensibilidad a la acción del fumigante (Reynold *et al.*, 1967).

La utilización de control químico presenta desventajas ya que la gran mayoría de los agricultores dedicados a estos cultivos, no utilizan los productos químicos, ya sea por falta de recursos económicos o por los bajos rendimientos que obtienen. Debido a esto, se torna obligada la búsqueda de métodos de control de plagas acorde con la realidad del país (Lagunes 1994).

Los insecticidas organosintéticos ha ocasionado grandes problemas como la inducción de resistencia en los insectos, alteración del equilibrio dinámico de los ecosistemas terrestres y acuáticos, acumulación de residuos tóxicos a lo largo de

las cadenas tróficas, eliminación de enemigos naturales, la muerte de humanos y animales domésticos por intoxicación, causada por la exposición directa a los

Tóxicos, diversas afecciones humanas como cánceres, esterilidad, daños al sistema nervioso y en general, también producen un deterioro de la salud de quienes consumen alimentos con residuos de ellos (Hernández *et al.*, 2000).

Soto *et al.* (2000) menciona que es cada día más evidente, el uso indiscriminado de este producto, ya que algunos son carcinogénicos, teratogénicos, producen esterilidad, dañan el sistema nervioso y afectan la salud de quienes los aplican y consumen alimentos con sus residuos químicos; por lo que no se piensa en la sustentabilidad.

Para la protección de granos del ataque de insectos por muchos años se ha dependido de tratamientos químicos para erradicar o repeler las plagas. En la actualidad el uso de productos químicos para controlar plagas de granos almacenados ha progresado desde el uso de productos inorgánicos de principio de siglo a la aparición y uso de un gran número de compuestos orgánicos altamente efectivos (Bond, 1973).

Así después de la segunda guerra mundial se utilizó el DDT limitadamente para combatir plagas de almacén, después el lindano sustituyó al DDT pues poseía muchas de las características deseadas en esa época (Champ y Dyte, 1976).

En 1958 en los E.U.A. por primera vez es utilizado el malation para controlar plagas de productos almacenados iniciándose así una era de combate

efectivo contra estas plagas y aún en nuestros días el malationes uno de los productos más utilizados (Dyte y Blackman, 1972; Haliscak y Beeman, 1983).

En el mundo.- VanderMersch reporto en 1985 los siguientes productos autorizados para utilizarse en la protección de granos y productos almacenados en México y otros países.

Insecticidas Organofosforados A nivel mundial el malation es el producto más utilizado para proteger los granos almacenados, otro producto de este grupo es el pirimifos metílico más persistente que el malation y tóxico para especies resistentes a este insecticida. Dentro de este mismo grupo se encuentra el diclorvos (DDVP) utilizado para controlar plagas de granos (Hernández et al., 2000).

Piretroides Sintéticos, Permetrina y deltametrina controlan una amplia gama de insectos incluyendo especies resistentes a insecticidas organofosforados, son de empleo comercial limitado.

### **Calidad de Semillas**

Una semilla desde el punto de vista botánico es un óvulo maduro contenido dentro del ovario maduro o fruto; está compuesta por tres partes básicas que son: el embrión, los tejidos de reserva y la testa o cubierta de la semilla.

El embrión se desarrolla del huevo fertilizado, el cual, es formado por la unión del huevo del saco embrionario con el esperma del tubo polínico. La planta rudimentaria o embrión difiere grandemente en apariencia en diferentes semillas;

dichas diferencias son en cuanto a forma y desarrollo de sus partes, sin embargo, con pocas excepciones los embriones están compuestos de los mismos órganos,

Los cuales, en la mayoría de la semilla son: plúmula o brote rudimentario, cotiledones que puede haber uno o dos, el hipocotilo, que es la parte que está entre los cotiledones y la terminación superior de la yema o brote rudimentario, y la radícula o raíz rudimentaria. La plúmula, el hipocotilo y la radícula forman el eje del embrión (Moreno, 1984).

Las cubiertas de la semilla se desarrollan del integumento o integumentos del óvulo. En gramíneas, la cubierta externa del grano se desarrolla del ovario y las membranas internas son en realidad las cubiertas de la semilla. Moreno (1984) menciona como semilla a toda clase de grano, fruto y estructura más compleja que se emplee en las siembras agrícolas.

Los principales parámetros que determinan la calidad de la semilla son la pureza física, la calidad genética, el poder germinativo y vigor, la latencia, la homogeneidad del lote, el estado fitosanitario y el contenido de humedad (Thomson, 1979).

El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, 1991) define la calidad de las semillas es el conjunto de cualidades genéticas, fisiológicas, sanitarias y físicas, que dan su capacidad para dar origen a plantas productivas.

- **Calidad Genética**

Las cualidades genéticas representan el primer componente de calidad de la semilla; determinan en gran medida su capacidad para producir plantas con las mismas bondades genéticas a través del tiempo.

- **Calidad Física**

La pureza física nos indica el grado de contaminación que hay en un lote de semilla. El peso de la semilla es también un indicador de calidad, así como el tamaño.

- **Calidad Fisiológica**

El resultado tangible de la calidad fisiológica está en la calidad de la semilla para germinar, emerger y dar origen a plantas uniformes y vigorosas. El CIAT (1991) confirma que una buena calidad fisiológica implica integridad de estructuras y procesos fisiológicos que le permiten a la semilla mantenerse no solo viva, sino con alto índice de vitalidad. Mencionando que los principales parámetros para medir la calidad fisiológica lo constituyen las pruebas de germinación y vigor de las semillas.



**Figura. 7** Calidad fisiológica

### **Germinación**

La Asociación Internacional de Analistas de Semillas (ISTA, por sus siglas en inglés) (1996), define a la germinación de la semilla en una prueba de laboratorio, es la emergencia y desarrollo de la plántula hasta un estado donde el aspecto de sus estructuras esenciales indica si es capaz o no de desarrollar una planta normal bajo condiciones favorables en el suelo.

Moreno (1996) define a la germinación como la emergencia y desarrollo de aquellas estructuras esenciales que provienen del embrión, y que manifiestan la capacidad de la semilla para producir una planta normal bajo condiciones favorables.

La germinación de las semillas se mide en porcentaje y se refiere a la proporción de semillas puras que germinan, en un lapso de tiempo determinado bajo condiciones estándar de laboratorio. Se continúa señalando que desde punto de vista de calidad de la semilla, ésta se define por la proporción de semillas en una muestra, capaces de germinar y formar nuevas plantas y por la proporción de semillas de otras especies, material muerto, semillas rotas, tierra, piedras, insectos y residuos vegetales incluidos como impurezas (Humphreys, 1980).

Hartman y Dale (1982) mencionaron tres estadios en el proceso de germinación que son:

1. La semilla seca absorbe agua con lo que el contenido de humedad aumenta y se estabiliza.

Se continúa mencionando que los componentes del sistema se activan para sintetizar proteínas de las células con la imbibición, permitiendo la continuación de esta actividad; las enzimas producidas controlan las actividades metabólicas de la célula.

2. Implica digestión y traslocación; por la síntesis aparecen enzimas que empiezan a digerir materiales de reserva para transformarlos en compuestos más sencillos.

Estos compuestos son traslocados a los puntos de crecimiento del eje embrionario para usarse en el crecimiento y formación de nuevas partes de la planta.

3. Existe la división celular en los puntos de crecimiento separados del eje embrionario, seguida de la expansión de las estructuras de la plántula.

Germinación estándar. Este parámetro se lleva a cabo mediante el método de papel como sustrato, (ISTA, 2004). Se basa en que la semilla con alto vigor tolere los tratamientos con altas temperaturas y humedad relativa para producir plántulas normales que se considera que reúne las características tanto fisiológicas como morfológicas para desarrollar una planta normal.

### **El Vigor**

Moreno (1996) menciona que esta propiedad es la suma total de aquellas propiedades que determinan el nivel de actividad y comportamiento de la semilla o lote de semillas durante su germinación y emergencia de la plántula. Las que se comportan bien se llaman semillas de alto vigor y las que se comportan pobremente son denominadas semillas de bajo vigor.”

Las pruebas de germinación se hacen en condiciones óptimas para que ocurra la germinación. Estas condiciones ideales no siempre se dan en el campo de siembra, sino que por el contrario, la semilla encuentra en la cama de siembra condiciones desfavorables para la germinación y emergencia. De ahí que sea necesario medir la capacidad de la semilla de germinar bajo condiciones poco favorables, la respuesta a las pruebas de vigor está determinado por el complemento genético de la variedad, la madurez de la semilla, edad, presencia de patógenos, daño mecánico y otros (Faeth, 1978).

Peso seco. Es el peso que cualquier material adquiere después de haber pasado por un proceso de deshidratación por un tiempo determinado. Longitud media de plúmula y radícula. Estos son parámetros que se toman en cuenta para saber si una planta es normal o anormal es considerada normal cuando su plúmula y radícula alcanza una altura de dos centímetros.

Se considera anormal cuando no se cumple esto de los dos centímetros, y es un indicativo de calidad (Moreno, 1996).

### **Mezcla de insecticidas**

El uso de mezclas de insecticidas representa un tema muy complejo debido a que se tienen que tomar en cuenta una serie de factores que influyen de manera importante en su efectividad biológica y de niveles de seguridad al ambiente y al ser humano. Siempre que se mezclen dos o más insecticidas, deben tomarse en cuenta la compatibilidad física, química y biológica de sus componentes (Bohmont 1990).

**Compatibilidad Física:** La mezcla de dos insecticidas debe producir un caldo de aplicación homogéneo, es decir que no debe separarse en sus fases. La separación de fases puede implicar la creación de grumos o la formación de bandas de diferente composición. De esta manera, se tendrán, en el tanque de aplicación, zonas de muy baja concentración de ingredientes activos y zonas donde esta concentración sea extremadamente alta. Los efectos se pueden notar por el taponamiento de boquillas o áreas de cultivo con bajo o nulo control de plagas cuando el caldo liberado proviene de áreas poco concentradas (Hernández *et al.*, 2000).

Las partes del cultivo que reciben elevadas dosis pueden manifestar efectos fitotóxicos severos; además de los problemas potenciales de residuos en la cosecha. El problema no termina ahí, pues los riesgos a la salud humana se elevan considerablemente al manejar concentraciones elevadas de insecticidas.

Antes de aplicar los insecticidas, generalmente es difícil darse cuenta que existe incompatibilidad física debido a que el caldo de aplicación es opaco y las paredes del tanque no permiten apreciar alguna anomalía (Bohmont, 1990).

**Compatibilidad Química:** En ocasiones los ingredientes activos y los diluyentes reaccionan de tal manera que se degradan entre ellos y/o bien forman nuevas sustancias con propiedades toxicológicas indeseables, por ejemplo las carcinogénicas. En las etiquetas de los plaguicidas, el fabricante añade un apartado sobre incompatibilidad, que por cierto, en la mayoría de los casos se trata de observaciones muy generales. Pero Existen tablas de compatibilidad de agroquímicos que indican la viabilidad de mezclar dos compuestos específicos. Sin embargo desafortunadamente estas tablas no son muy conocidas por los usuarios y generalmente no proporcionan información sobre la incompatibilidad de compuestos de reciente introducción al mercado (Bohmont 1990).

**Compatibilidad Biológica:** Existen tres grandes tipos de interacciones biológicas en los componentes de las mezclas: antagonismo, aditividad y potenciación (Lagunas, 1980).

El antagonismo se presenta cuando la efectividad de la mezcla es inferior a la suma de la efectividad de todos los componentes considerados por separado con lleva a que el productor realice otra aplicación, con efectos económicos importantes y sobretodo deja de manifiesto la irresponsabilidad de verter al ambiente un agroquímico que contamina (Lagunas, 1980).

La toxicidad de la mezcla es estadísticamente similar a la suma de la efectividad de los insecticidas aplicados por separado; es decir, que desde el punto de vista de efectividad biológica da lo mismo aplicar los productos en forma separada o en mezcla; muchas de las mezclas que actualmente se utilizan son de este tipo (Gallegos, 1982).

La potenciación se presenta cuando la mezcla es mucho más efectiva que la suma de la efectividad de los componentes usados por separado. Este fenómeno permite bajar la dosis de uno o de los dos componentes sin demérito del nivel de control esperado (Gallegos, 1982).

Gallegos (1982) menciona que existen dos clasificaciones importantes de las mezclas: por su origen y por su riesgo de desarrollo de resistencia. En relación a su origen, se tienen las mezclas de tanque y las mezclas de fábrica.

**Mezclas de Tanque:** Se trata de las mezclas que el productor prepara directamente en el campo para usarse inmediatamente. Este tipo de mezclas conllevan a una serie de problemas graves en lo que se refiere a la efectividad biológica y a la seguridad tanto del ambiente como de la salud humana (Lagunez, 1980). Cuando se mezclan varios tipos de formulaciones, uno se pregunta: importa el orden en que se mezclen. Por supuesto que importa, de ser este el caso deben seguirse las siguientes indicaciones (Bohmont 1990).

1. Se debe preparar una premezcla de cada producto. Es decir, se disuelve el producto a aplicar en una cantidad pequeña de agua, antes de verterla al recipiente que contiene todo el caldo de aplicación.
2. Primero debe agregar los coadyuvantes
3. En segundo lugar agregar las formulaciones sólidas (cuide que los gránulos dispersables en agua y los floables secos vayan después de los polvos mojables)
4. Al último agregar las formulaciones líquidas (los concentrados emulsionables siempre deben ir al último)

Normalmente no se le pone atención al orden correcto en que se deben mezclar los productos, debido principalmente a que se desconoce la manera de hacerlo. Ante esta situación, se sugiere al productor recurrir a las mezclas ya preparadas de fábrica (Bohmont, 1990).

### **Mezcla de Fábrica**

Se trata de mezclas que se preparan para combatir la misma especie y estado biológico de la plaga de objeto de control. Como cualquier mezcla, es importante que sea, física, química y biológicamente compatible (Lagunas, 1980).

## Mezcla Insecticida-Insecticida

El uso de mezclas asume que cada producto usado (insecticida) presenta mecanismos de acción distintos, por lo que si uno de los insectos sobrevive a un insecticida de la mezcla es muerto por la acción del otro, por lo que para que el manejo sea adecuado se requiere estudios para determinar si los insecticidas no son afectados por el mismo mecanismo de acción (Georghiou, 1987).

Barbera (1989) menciona que el hecho de que la asociación de dos o más insecticidas conduce a una toxicidad más elevada de lo que podía esperarse de sus toxicidades individuales, este fenómeno se conoce como “potenciación”. También casos de “antagonismos” o sea cuando la toxicidad de la asociación es inferior a la que resulta de la simple adición de toxicidades individuales.

Las mezclas de insecticidas deben de hacerse cuando los componentes reúnan los siguientes requisitos:

- Diferentes modos de acción. Cuando dos insecticidas tienen el mismo modo de acción y se usan en mezclas, la resistencia se crea más fácilmente por insensibilidad en el sitio de acción.
- Diferentes rutas metabólicas, es decir que tengan diferentes mecanismos metabólicos de resistencia.
- Igual porción de intemperización. Deben tener la misma proporción de degradación en el medio ambiente.

- Que no exista antagonismo en los componentes, o sea que las enzimas que activen un componente no degraden al otro.
- Que exista seguridad de efectos interactivos entre los componentes de la mezcla, uno de ellos aumentando la toxicidad del otro.
- Nunca deben emplearse las mezclas de insecticidas contra una sola especie de insecto o acaro.
- Que no existe incompatibilidad entre las formulaciones de insecticidas, de manera que al mezclarse en un tanque, no se nulifiquen el uno al otro, se debe consultar la tabla de compatibilidad de productos agroquímicos.
- En el caso que se justifique el uso de mezclas, es preferible hacerlas a nivel de campo, ya que al comprarlas formuladas, se está colaborando para que aunmente la anarquía del uso de insecticidas.

### **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 toxico del componente insecticida (Barbera 1976).

De acuerdo a Davidson, *et al.*, (1979) 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 toxico superior a la suma de los efectos toxicos de cada uno cuando se aplica por separado.

## 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 degradan a los insecticidas logrando utilizar menos dosis para matar altos niveles de insectos (Wikinson, 1968).

Los productos mencionados en el párrafo anterior son inertes, carecen de actividad biológica al igual que en los estudios con colorantes como la citan Ahmed *et al.*, (1985), los que estudiaron el efecto de ciertos colorantes combinados con insecticidas piretroides en *Spodopteralittoralisy* encontraron fuerte sinergismo con la mezcla de deltametrina+ fusina, deltametrina + azul de metileno, flucitrinate + xantina y fulcitrinate + eosine.

Para determinar las causas fisiológicas de resistencia. El uso de sinergistas pudiera ayudar a determinar la causa de resistencia cuando son debidas a la acción de algunos sistemas enzimáticos por ejemplo, se debe que el butoxido de piperenoli inhibe oxidasas (Lagunas y Villanueva, 1994), el DEF inhibe esterases (Matsumara, 1985), y la DDTasa (DDT dehidroclorinasa), inhibe enzimas que degradan exclusivamente al DDT (Cremlyn, 1982).

## **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.

## **Mezcla Insecticida-no Sinergista (ácido fúlvico)**

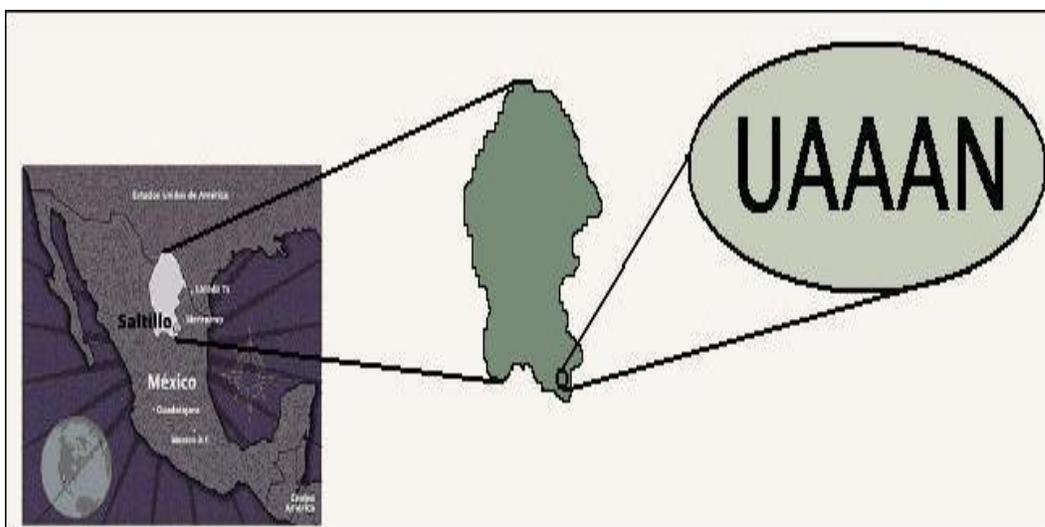
El ácido fúlvico es un producto que estimula el crecimiento de las plantas, aumentando su vigor, estimula la absorción y promueve la penetración y transporte activo de los nutrientes a nivel membrana fundamental de células foliares y radicales, que actúa como promotor de crecimiento vegetal y agente 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).

**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 (Hartman y Dale 1982).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización del área Experimental

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila.



**Figura 8.** Mapa de Localización del Sitio Experimental.

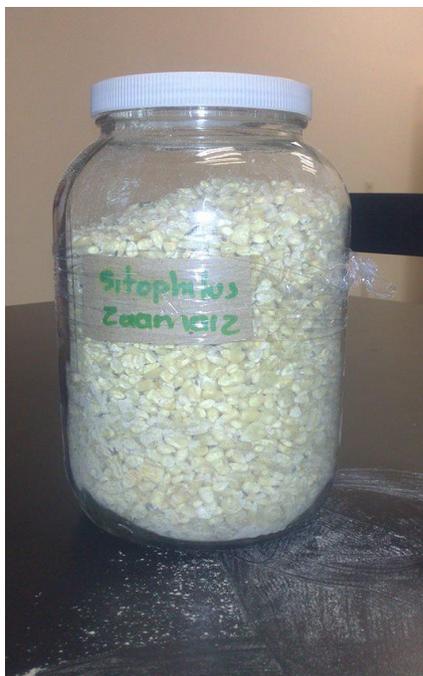
## Colonia Madre

La cría del insecto gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* se inició a partir de individuos de una colonia depositados en frascos de vidrio mantenidas en el laboratorio de toxicología, en el departamento de parasitología, con fines de enseñanza e investigación. Estos insectos se multiplicaron colocándose en frascos de vidrio de 3713 ml de capacidad, utilizando maíz blanco como sustrato en una cámara bioclimática LAB-LINE a una temperatura controlada de 30 °C y fotoperiodo de 12:12 horas luz oscuridad.

Para este trabajo se utilizó insectos de la misma edad para esto, se utilizó maíz blanco depositado en frasco de vidrio puesto en refrigeración a una temperatura de -20 °C durante tres días esto con la finalidad de eliminar organismos indeseables que pudiera contener el producto y pudieran ocasionar alguna interferencia con la cría. Después de las 72 horas se pasó en la cámara bioclimática durante 24 horas con el propósito de proporcionar condiciones óptimas para su desarrollo de esta especie.

Ya obtenido el maíz con las condiciones óptimas se procedió a tamizar los insectos de la colonia madre dentro de los frascos a los cuales se les colocó una tapa perforada así como una malla y un papel filtro para evitar el movimiento de organismos de adentro hacia afuera o viceversa, luego fueron colocados en la cámara bioclimática en un lapso de tiempo de 24 a 48 horas.

Cuando la colonia se estableció, el sustrato fue tamizado con el objetivo de eliminar insectos emergidos e impurezas y dejar el sustrato solo con huevecillos de estos, volviéndolos a poner en la cámara bioclimática y así obtener ejemplares de individuos recién emergidos y de edad uniforme para las pruebas.



**Figura. 9** Colonia de *Sitophilus zeamais*.

### **Plaguicidas Evaluados**

Los plaguicidas evaluados para el gorgojo del maíz, *Sitophilus zeamais*, fueron seleccionados de acuerdo a las recomendaciones técnicas más utilizadas en el saneamiento de almacenes, los cuales fueron Diazinon, Permetrina y Cypermetrina.

### **Método del Bioensayo**

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

## Técnica de película residual

Para la obtención de las soluciones a diferentes concentraciones se partió de una solución de 10,000 ppm, que fue diluida en acetona para obtener las concentraciones deseadas. Dichas soluciones se realizaron justo en el momento de realizar el bioensayo.

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

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

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

Se tomaron los valores de  $CL_{50}$  de un estudio previo, donde la solución más alta fue la  $CL_{50}$  y de ahí se realizaron diluciones. Mezclando con ácidos húmicos al .3%.



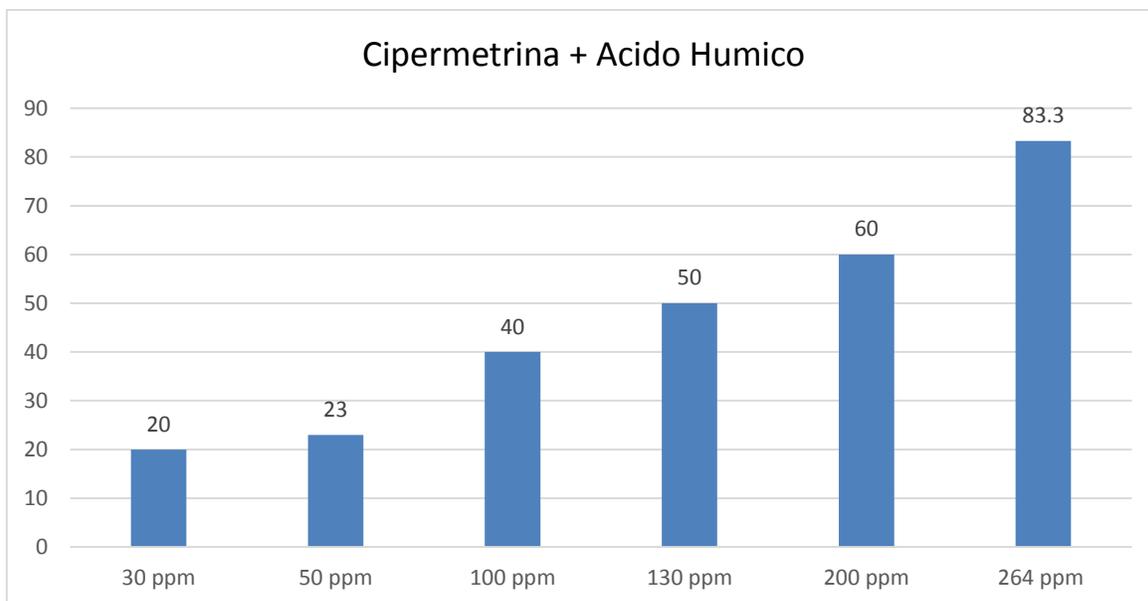
**Figura 10.** Método de bioensayo de película residual.

### **Análisis Estadístico**

Con los resultados de los bioensayos se realizaron los análisis probit, donde se obtuvo la  $CL_{50}$  ,  $CL_{90}$  y límites fiduciales.

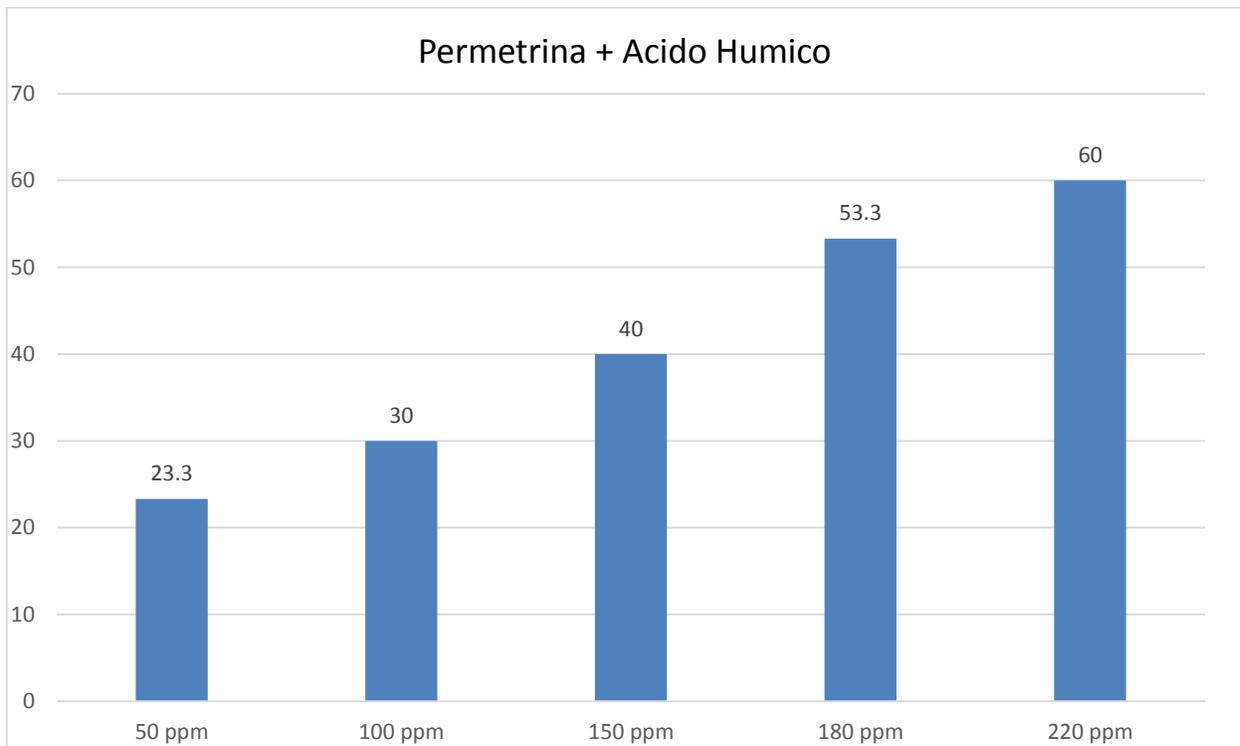
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Porcentaje de Mortalidad de *Sitophilus zeamais*



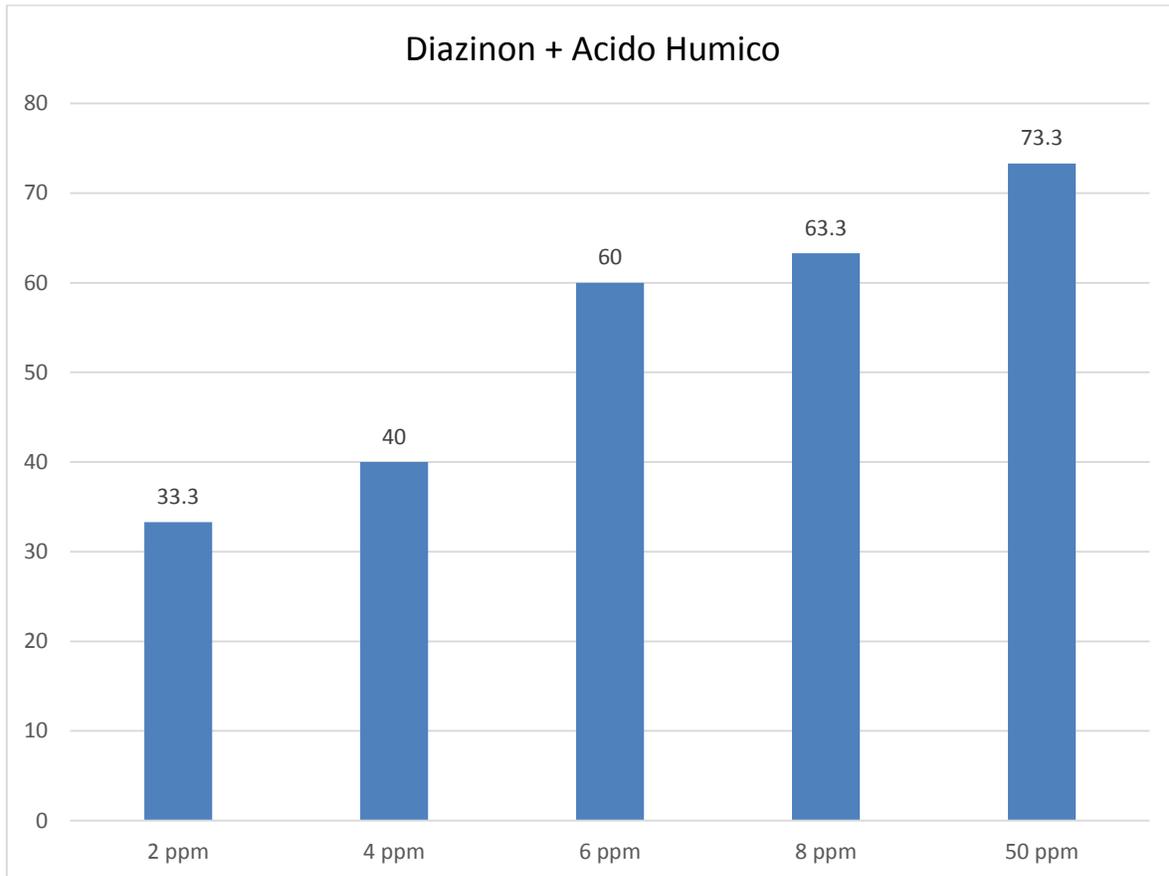
**Figura 11.** Porcentaje de Mortalidad del Insecticida Cipermetrina sobre *Sitophilus zeamais*.

En relación al producto Cipermetrina, podemos observar (Figura 11) que las dosis de 200 y 264 ppm fue donde se presentaron las mortalidades más altas (60 – 83.3), mientras que la dosis de 130 ppm alcanzó una mortalidad del 50% y las dosis restantes 30, 50 y 100 ppm fueron mortalidades por debajo del 50%. Con lo anterior podemos mencionar que la mezcla de cipermetrina más ácido húmico presentó una potenciación ya que el valor de  $CL_{50}$  de la cipermetrina solo fue de 264 ppm y al mezclarse esta dosis alcanzó un 83.3% de Mortalidad.



**Figura 12.** Porcentaje de Mortalidad del Insecticida Permetrina sobre *Sitophilus zeamais*.

En relación al producto Permetrina, podemos observar (Figura 12) que las dosis de 180 ppm presento una mortalidad del 53.3% y la dosis 220 ppm alcanzo una mortalidad del 60% estas dosis fueron de las más altas superando el 50 % de Mortalidad, mientras que las dosis de 50, 100 y 150 ppm presentaron las mortalidades más bajas por debajo del 50%. Observándose una ligera potenciación con la mezcla.



**Figura 13.** Porcentaje de Mortalidad del Insecticida Diazinon sobre *Sitophilus zeamais*.

Como podemos observar (Figura 13), para el producto Diazinon, la mayoría de los tratamientos presentaron mortalidades altas (60 – 73.3%). Siendo los tratamientos de 6, 8 y 50 ppm quienes muestran estos resultados. Por otro lado podemos mencionar que los tratamientos que mostraron las mortalidades más bajas fueron los de 2 y 4 ppm con una mortalidad entre 33.3 y 40% respectivamente.

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

**CUADRO 1.** CL<sub>50</sub>, CL<sub>95</sub> y Parámetros de confianza a los 24 horas para adultos de *Sitophilus zeamais*.

Productos	# Ind.	CL <sub>50</sub>	LFI - LFS	CL <sub>95</sub>	Ecuación de predicción
Cipermetrina	210	117.73	84.05-174.05	1006	Y= -3.65+1.7656 (X)
Permetrina	210	176.75	148.43-227.73	2044	Y= -3.47+1.5473 (X)
Diazinon	210	7.11	4.99-9.96	843.26	Y= -0.67+0.7932 (X)

Con respecto a los valores de la concentración letal media (CL<sub>50</sub>), podemos observar (Cuadro 1) que el producto con una mayor CL<sub>50</sub>, fue la Permetrina, seguido de la Cipermetrina y finalmente el Diazinon, con valores de 176.75, 117.73 y 7.11 ppm respectivamente. Por lo anterior podemos mencionar que el Diazinon es el producto con una mayor eficiencia. En relación a la CL<sub>95</sub> el comportamiento fue similar. Con respecto al producto Permetrina, García (1992) reportan valores de CL<sub>50</sub>, que oscilan entre 110 y 390 ppm, lo cual estos valores que reporta gracia se encuentra en el rango obtenido en esta investigación.

Mientras que para el producto Malation, un organofosforado al igual que Diazinon. Arenas y Sánchez (1988) reportan una CL<sub>50</sub>, de 134.1 ppm, estos resultados son mayores a los reportados en esta investigación ya que se obtuvo una dosis muy baja con el valor de 7.11 ppm. Finalmente para la Cipermetrina estos mismos autores reportan una CL<sub>50</sub> de 240 ppm, al igual este resultado es mayor a lo que se encontró en este trabajo.

Por lo anterior podemos mencionar que el producto Diazinon sigue siendo una buena alternativa de control de esta especie con una dosis muy baja. Con respecto a la mezcla con ácidos húmicos, se puede observar que, el Diazinon presentó la mayor potenciación al bajar su  $CL_{50}$  a 7.03 veces, mientras que la Permetrina fue 1.24 veces y Cipermetrina 2.24 veces respectivamente.

**CUADRO 2.** Mezcla de diferentes insecticidas con ácido húmico como potencializador.

<b>Producto</b>	<b><math>CL_{50}</math> Solo</b>	<b><math>CL_{50}</math> Mezcla</b>	<b><math>CL_{50}</math> Solo/<math>CL_{50}</math> Mezcla</b>
<b>Cipermetrina</b>	<b>264 ppm</b>	<b>117.73 ppm</b>	<b>2.24</b>
<b>Permetrina</b>	<b>220 ppm</b>	<b>176.75 ppm</b>	<b>1.24</b>
<b>Diazinon</b>	<b>50 ppm</b>	<b>7.11 ppm</b>	<b>7.03</b>

## CONCLUSIONES

De acuerdo de los resultados obtenidos podemos concluir:

El Diazinon del grupo toxicológico de los organosfosforados, mezclando con ácido húmico mostro una  $CL_{50}$  de 7.11 ppm, seguido por Cipermetrina (Piretroide) con una  $CL_{50}$  de 117.73 ppm y por último la Permetrina (Piretroide) con  $CL_{50}$  de 176.75 ppm.

El control de *Sitophilus zeamais* el efecto fue rápido llegando a alcanzar el 73.3 % de mortalidad a los 24 hrs con insecticida Diazinon con la dosis más alta de 50 ppm.

El Diazinon y al mezclarlo con el ácido húmico de acuerdo a la mortalidad presento la mayor potenciación al bajar su  $CL_{50}$  7.03 veces, dándonos una buena alternativa para el control de adultos de *Sitophilus zeamais* ya que para este caso mostraron buen efecto de mortalidad a las 24 horas.

## LITERATURA CITADA

- Alvarado, M.G. 1982. Plagas en los granos almacenados y su control en México. En: López, V.M. Memorias del curso de actualización sobre tecnología de Semillas. UAAAN-AMSAC. Saltillo, Coahuila. P. 69-67
- Appert, J. 1993. El almacenamiento de granos y semillas alimenticios. Edición. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. Pp. 11-97.
- Baur F. J. 1991. Ecology and management of food-industry pests. Edited by J. Richard Gerham. F.D.A. technical bulletin 4. Association of official analytical chemists. Virginia. Pp.427- 440
- Badii, H., M. Flores. E., A. 2000. Fundamentos y perspectiva del Control Biológico. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Bergvinson (1998) en colaboración con el CIMMYT y Canadian Research Centres.
- Boudreaux, H. B. 1969. The identity of *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 62 (1): 169-172.
- Casadio A.A y Zerba E. N. 1996. Desarrollo poblacional de (Herbst), en diferentes dietas y su influencia sobre la toxicidad y resistencia a malation. Artículo científico de Bol. San. Veg., plagas. 22: 511-520.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1991. Elementos esenciales para el éxito de un programa de semillas. Guia de Estudio para ser usada como Complemento de la Unidad Audiotutorial sobre el mismo Tema. Cali, Colombia. 7- 9.

- D'Antonio, L. 1997. Principales plagas de granos almacenados. In: Congreso Brasileiro de energía agrícola. 26 p
- Faeth, 1978. Analisis de calidad. Seminario Internacional sobre Tecnologia de Semillas para Centro América, Panamá y el Caribe. P183.
- FAO. 2003. Consulta de bases de datos de producción mundial y comercio internacional de Maíz.
- García, R. I. 1992. Susceptibilidad de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera:Curculionidae) a insecticidas de diferentes grupos toxicológicos de tres áreas de Veracruz. Tesis de licenciatura. Inst. de Ciencias y Cultura. División de Ciencias Biológicas. Saltillo, Coahuila. 54 p.
- Hernández, et al. 2000. Actividad de *Chrysactinia mexicana* Gray y *Tagetes Lucida* Cav. Sobre *Sitophilus zeamais*. Memorias del VI Simposio Nacional Sobre sustancias Vegetales y Minerales en el Combate de plagas. Acapulco, Guerrero, Mexico.
- International Seed Testing Association (ISTA). 1996. Internacional rules of seed Testing. Seed Science and Technology. 24 Suplument. 335p.
- Lindblad, C y Druben, L. 1986. Almacenamiento del grano. Manejo. Secado. Silos. Control de insectos y roedores. Editorial Concepto S.A. México. D.F. P.p 153-161.
- Lagunés, A. 1991. Notas del curso de toxicología y manejo de insecticidas. Centro de entomología y acarología. Colegio de postgrados. Montecillos Chapingo, Mex. Pp. 195
- Lagunés, A. Y J. A. Villanueva, 1995. Toxicología y manejo de insecticidas. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Chapingo, México D.F
- Lagunes, T. A., R. Domínguez & J.C. Rodríguez. 1985. Plagas del Maíz en la Mesa Central de México. Colegio de Postgraduados. Universidad Autónoma Chapingo. Documento de Trabajo. Montecillo. Texcoco. México. 100 pp.

- Larraín, P. Manejo integrado de plagas en granos almacenados. Investigación y Progreso Agropecuario, v.81, p.10-16, 1994.
- Moreno, M. E. 1984. Analisis físico y biológico de semillas agrícolas. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autonoma de Mexico. P383.
- Pérez, M. J. 1998. Susceptibilidad a plaguicidas en poblaciones del picudo del maíz *Sitophilus zeamais Motschulsky* ( Coleoptera: Curculionidae) de varias localidades de Mexico. Tesis de Maestria. Colegio de Posgraduados. Chapingo, Mexico. 142pp.
- Ramírez, M. M. 1990. Biología y hábitos de insectos de granos almacenados. Curso sobre insectos de granos y semillas de almacén. Aguascalientes, Ags. México. 1- 51.
- Silva, G.; Lagunes, A.; Rodríguez, J. C.; Rodríguez, D. 2002. Insecticidas vegetales; una vieja-nueva alternativa en el control de plagas. Revista Manejo Integrado de Plagas (CATIE).
- Soto R. N.; Juárez, B.I.F.; Pineda, y J. Evaluación insecticida de *Pathenium incanum* y de zinnia spp en *Sitophilus zeamais*. In: C. Rodriguez H Memorias del VI Simposio Nacional sobre sustancias vegetales y minerales en el combate de plagas. Consejo Mexicano de agroinsumos biorracionales. Acapulco, Guerrero, Mexico. 2000, p. 89 – 93.
- Tigar, B. J.; Key, G. E.; Flores–S, M. E. and Vazquez–A, M. 1994a. Field and post–maturation infestation of maize by stored product pest in Mexico. J. Stored Prod. Res. 30:1–8.
- Thomson, J. R. 1979. Introduccion a la tecnología de semillas. Editorial Acribia. Zaragoza, España. P. 30.