

**EXTRACTOS DE HOJAS DE LILA (*Melia azedarach* L.) PARA  
CONTROL DE *Sitophilus zeamais* Motschulsky Y SU EFECTO  
EN LA CALIDAD DE SEMILLA DE MAIZ ALMACENADA**

**DANIELA MARTÍNEZ CAÑAVERAL**

**TESIS**

**Presentada Como Requisito Parcial Para  
Obtener el Grado de:**

**MAESTRO EN TECNOLOGÍA  
DE GRANOS Y SEMILLAS**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**“ANTONIO NARRO”**



**PROGRAMA DE GRADUADOS**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México  
Marzo de 2010**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIRECCIÓN DE POSTGRADO**

**EXTRACTOS DE HOJAS DE LILA (*Melia azedarach* L.) PARA CONTROL DE  
*Sitophilus zeamais* Motschulsky Y SU EFECTO EN LA CALIDAD DE  
SEMILLA DE MAIZ ALMACENADA**

**TESIS**

**POR:**

**DANIELA MARTÍNEZ CAÑAVERAL**

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada  
como requisito parcial, para obtener el grado de:

**MAESTRO EN TECNOLOGÍA  
DE GRANOS Y SEMILLAS**

COMITÉ PARTICULAR:

Asesor principal: \_\_\_\_\_  
M.C. Federico Facio Parra

Asesor: \_\_\_\_\_  
M.C. Antonio Valdéz Oyervides

Asesor: \_\_\_\_\_  
M.P. Ma. Alejandra Torres Tapia

Asesor: \_\_\_\_\_  
M.C. Rebeca González Villegas

\_\_\_\_\_  
Dr. Jerónimo Landeros Flores  
Director de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Marzo de 2010.

## AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y al Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas**, que con su firme soporte académico de excelencia, me brindado la oportunidad de adquirir conocimientos para culminar una etapa más en mi vida profesional.

Mis más sinceros y respetuosos agradecimientos al **M.C. Federico Facio Parra**, por sus enseñanzas, consejos, por su aliento para mi superación y por lo más importante que es la amistad y la confianza que depositó en mí al darme la oportunidad de realizar este trabajo, además de brindarme su apoyo incondicional.

Al **M.C. Rebeca González Villegas**, por su gran apoyo para la culminación de este trabajo, ya que contribuyó incansablemente para poder realizarlo.

Al **M.P. María Alejandra Torres Tapia**, por su asesoría y el apoyo incondicional que aportó para poder realizar todo el trabajo.

Al **M.C. Antonio Valdéz Oyervides**, por su ayuda y asesoría incondicional durante la realización de esta investigación.

A la **L.C.Q. Sandra García Valdéz**, por su amistad y apoyo en la realización de este trabajo de investigación.

A la **Lic. Sandra Roxana López Betancourt**, por su amistad y apoyo que me brindo en la maestría.

A la **Ing. Lucelia Mora Ojendiz**, por su amistad, consejos y apoyo que me brindo durante toda la maestría y en este trabajo de investigación.

A la **T.A. L.C.Q. Magdalena Olvera Esquivel**, por su amistad durante la maestría y apoyo.

A mis compañeros y amigos de la Maestría de Tecnología de Semillas, especialmente a Leonardo, Santos, Víctor y Santiago.

## DEDICATORIA

A Dios por darme salud, vida y por guiarme por el buen camino; la dicha de vivir esta vida tan maravillosa a lado de mis seres queridos.

**A mis Padres:** Sr. Joel Martínez López y Sra. Rosario Elena Cañaverl Hernández, por luchar incansablemente porque nada me haga falta, a pesar del tiempo y la distancia siempre han estado ahí cuando más los he necesitado. Me han dado las herramientas necesarias para triunfar en la vida, además que han hecho de mí una profesionista, educándome siempre con el poder del ejemplo. Por eso y muchas cosas más, les agradezco sincera y profundamente con todo mi amor, respeto y cariño sus infinitas bondades, que me han regalado.

**A mis Hermanos:** Manuel de Jesús y Joel por ser los mejores hermanos del mundo, por su cariño, palabras de aliento, confianza, comprensión y apoyo incondicional que me han brindado, por la unidad que hay entre nosotros y por los consejos que me han dado. A Carlitos y Claudia aunque no están a mi lado, siempre los tengo en mi corazón y mente.

**A mi Cuñada:** Fabiola por su apoyo y amistad que siempre me ha brindado y por haberme dado las sobrinas más lindas: Rosario A. y Daniela.

**A mi Tía:** Ana que es como mi segunda mamá, le doy las gracias por todo el amor y cariño que me ha brindado en todo momento.

A **Luis Valente Gómez Cepeda**, por su apoyo incondicional, amor y comprensión que me ha brindado.

## COMPENDIO

EXTRACTOS DE HOJAS DE LILA (*Melia azedarach* L.) PARA CONTROL DE *Sitophilus zeamais* Motschulsky Y SU EFECTO EN LA CALIDAD DE SEMILLA DE MAIZ ALMACENADA

POR:

DANIELA MARTÍNEZ CAÑAVERAL

MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA  
DE GRANOS Y SEMILLAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO. MARZO 2010.

M.C. FEDERICO FACIO PARRA. - ASESOR-

Palabras claves: *Zea mays* L., *Sitophilus zeamais* M., *Melia Azedarach* L.

Se evaluaron extractos a base de las hojas de *Melia azedarach* L. con tres estados de madurez utilizando solventes etanol al 70 %, 96 % y metanol al 99.80 %, para controlar el *Sitophilus zeamais* en semilla de maíz AN-447 almacenada durante un período de 60 días. En la primera etapa del trabajo de investigación se realizó el bioensayo, para obtener las mejores concentraciones de los extractos. En la segunda etapa se evaluaron las mejores concentraciones obtenidas de los extractos (100, 75, 50 y 25 %), utilizando dos testigos, para determinar su efectividad sobre el *Sitophilus zeamais*, donde se

evaluó la mortalidad de los insectos a las 24 h y 7 días después de la infestación inicial. Los extractos de hojas de *M. azedarach* evaluados para controlar el *S. zeamais* a las 24 h después de la infestación presentaron resultados muy bajos con el 15.83 % de mortandad con el extracto de hoja tierna al 99.80 % metanol (HT99.80M). Sin embargo a los 7 días, los extractos de hojas de *M. azedarach* evaluados mediante laboratorios fueron eficaces, y alcanzaron mortalidades de *Sitophilus zeamais* de hasta 90 %, en el extracto de hoja tierna al 99.80 % metanol (HT99.80M) con el 100 % de concentración del extracto. En la tercera etapa se evaluó el efecto de los extractos sobre la calidad fisiológica de la semilla de maíz AN-447 almacenada durante 80 días y realizando muestreos cada 40 días, en los cuales se hicieron pruebas de capacidad de germinación y vigor (longitud media de plúmula y radícula). Los extractos evaluados no ocasionaron daño a la calidad fisiológica de la semilla durante los 80 días de almacenamiento, ya que se mostraron porcentajes superiores del 90 % de plántulas normales (germinación), lo mismo para vigor con valores de hasta 13 cm de longitud para plúmula y radícula. Presentado buenos resultados tanto para mortalidad como para calidad fisiológica, esto nos indica que los extractos no afectan a la semilla a pesar del tiempo de almacenamiento.

## ABSTRACT

LILAC LEAF'S EXTRACT EFFECT ON STORAGE CORN SEED QUALITY  
AND *Sitophilus zeamais* Motschulsky'S CONTROL

BY:

DANIELA MARTÍNEZ CAÑAVERAL

MAESTRÍA EN  
TECNOLOGÍA DE GRANOS Y SEMILLAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO. MARCH 2010.

M. C. FEDERICO FACIO PARRA. - ADVISOR-

Key words: *Zea mays* L., *Sitophilus zeamais* M., *Melia Azedarach* L.

Three extracts of *Melia azedarach* L. with different maturity were made using ethanol at 70 % and 96 % and methanol at 99.80 %. The extracts were tested against *Sitophilus zeamais* M in storage corn seed AN-447 in a period of 60 days. To obtain the best extracts a Bio-essay was done in the first part of the experiment. In the second stage of the experiment, were evaluated the extracts at a dosage of 100, 75, 50 and 25 % using two testers, to determine the effect

on *Sitophilus zeamais* M. mortality at 24 h and 7 days after the first infestation. Very low mortality (15,83 %) on *Sitophilus zeamais* M was found after 24 h using new leaf of *Melia azedarach* L 's extract from methanol at 99.8 %.

However after 7 days, the same treatment using a 100 % concentration reached 90 % mortality of *Sitophilus zeamais* M. on lab analysis. A third evaluation was made on stored corn seed AN-447 on physiological quality. The seeds were stored during a period of 80 days and taking samples every 40 days. Germination and vigor (root and stem length) were the two parameters checked at this point. No significant changes were found on the stored seed, getting 90% germination and were found values as 13 cm in the radix and the stem.

The results tells us that the extracts do not affect the stored seed quality and do affect the mortality of *Sitophilus zeamais* M.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>OBJETIVO GENERAL</b> .....	2
<b>OBJETIVO ESPECIFICO</b> .....	2
<b>HIPÓTESIS</b> .....	3
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	4
Maíz ( <i>Zea mays</i> L.).....	4
Insectos.....	7
Métodos de control.....	12
Uso de plantas con efectos insecticidas.....	17
Lila ( <i>Melia azedarach</i> L.).....	19
Calidad de semillas.....	24
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	29
Localización del área experimental.....	29
Materiales.....	29
Metodología.....	32
1. Elaboración del bioensayo.....	32
Mortalidad de insectos.....	33
Calidad fisiológica.....	33
2. Evaluación de la mortalidad del <i>S. zeamais</i> .....	34
Mortalidad del <i>S. zeamais</i> .....	35
3. Evaluación de la calidad fisiológica de la semilla de maíz tratada con extractos.....	36
Capacidad de germinación.....	36
Vigor (longitud media de plúmula y radícula).....	36
Modelo estadístico.....	38
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	39
Mortalidad del <i>Sitophilus zeamais</i> .....	39
Calidad de la semilla de maíz.....	49
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	69
<b>RESUMEN</b> .....	71
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	73

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Descripción	Página
3.1	Concentración de los extractos con diferentes solventes.....	31
3.2	Identificación de extractos.....	32
3.3	Concentración de los extractos.....	35
4.1	Análisis de varianza de las variables evaluadas sobre la mortalidad de <i>Sitophilus zeamais</i> por efectos de extractos de <i>Melia azedarach</i> con sus concentraciones en los tres muestreos.....	40
4.2	Comparación de medias del porcentaje de mortalidad de adultos <i>Sitophilus zeamais</i> con la aplicación de seis extractos en tres muestreos con dos evaluaciones 24 h y 7 días.....	43
4.3	Comparación de medias de mortalidad de adultos <i>Sitophilus zeamais</i> con la aplicación de seis concentraciones en tres muestreos con dos evaluaciones 24 h y 7 días.....	47
4.4	Análisis de varianza de las variables de capacidad de germinación en la aplicación de extractos de <i>Melia azedarach</i> con sus concentraciones en los tres muestreos.....	52
4.5	Comparación de medias de los seis extractos para cada una de las variables de capacidad de germinación en los tres muestreos evaluados.....	55
4.6	Comparación de medias de las seis concentraciones para cada una de las variables de capacidad de germinación en los tres muestreos evaluados.....	58
4.7	Análisis de varianza de las variables de vigor en la aplicación de extractos de <i>Melia azedarach</i> con sus concentraciones en los tres muestreos.....	61
4.8	Comparación de medias de los seis extractos para cada una de las variables de vigor en los tres muestreos evaluados.....	63
4.9	Comparación de medias de las seis concentraciones para cada una de las variables de vigor en los tres muestreos evaluados.....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Descripción	Página
4.1	Porcentaje de mortalidad del <i>Sitophilus zeamais</i> con seis extractos en maíz almacenado con tres muestreos y evaluación de 24 h.....	44
4.2	Porcentaje de mortalidad del <i>Sitophilus zeamais</i> con seis extractos en maíz almacenado con tres muestreos y evaluación de 7 días.....	45
4.3	Porcentaje de mortalidad del <i>Sitophilus zeamais</i> con seis concentraciones en maíz almacenado con tres muestreos y evaluación de 24 h.....	48
4.4	Porcentaje de mortalidad del <i>Sitophilus zeamais</i> con seis concentraciones en maíz almacenado con tres muestreos y evaluación de 7 días.....	49
4.5	Capacidad de germinación de la semilla de maíz tratada con seis extractos en los tres muestreos evaluados.....	56
4.6	Capacidad de germinación de semilla de maíz tratada con seis concentraciones en los tres muestreos.....	60
4.7	Longitud media de plúmula y longitud media de radícula de semilla de maíz tratada con seis extractos en los tres muestreos.....	65
4.8	Longitud media de plúmula y longitud media de radícula de semilla de maíz tratada con seis concentraciones en los tres muestreos.....	68

## I. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea Mays L.*) es el cereal más cultivado en el mundo y uno de los alimentos básicos más importantes para gran parte de la humanidad, ocupa el primer lugar de los granos en México, seguido por el frijol.

En el año 2007, se tuvo una producción mundial de 791.49 millones de toneladas de maíz y nuestro país aporta 23.51 millones de toneladas por año (Financiera rural, 2009); estos volúmenes se ven afectados por un factor importante como es la conservación dado principalmente en el almacén reflejando o traducido en pérdidas tanto en granos como en semillas.

Uno de los principales culpables de estas grandes pérdidas en el almacén, es sin duda el ataque de insectos como el gorgojo de maíz (*Sitophilus zeamais* Motschulsky), considerado en México la plaga más importante, que se presenta durante el almacenamiento de semillas (Salas, 1984).

Se tiene principal preocupación en las personas dedicadas a la conservación de granos y semillas, ya que se tienen pérdidas hasta de 30 y 40 % de la producción, durante el almacenamiento (Lagunés, 1994).

Una de las soluciones es la aplicación normalmente de productos químicos (clorados y fosforados), teniendo una desventaja muy importante en la actualidad causan daños al medio ambiente, al ser humano y a los animales por lo que está siendo otro problema más en la conservación.

Una alternativa apropiada para estos problemas es el utilizar productos de origen vegetal (extractos vegetales), como tratamientos que generalmente son biodegradables y no produzcan un desequilibrio en el ecosistema (Iannacone y Lamas, 2003). Por ello se implemento el presente trabajo de investigación, para a portar mayor información en el aspecto uso de extractos naturales como tratamiento en semillas teniendo los siguientes objetivos:

### **OBJETIVO GENERAL**

Determinar el efecto bioinsecticida de los extractos de hojas de lila sobre el *Sitophilus zeamais* en semillas de maíz almacenada y su respuesta en la calidad fisiológica a través del tiempo.

### **OBJETIVO ESPECÍFICO**

Definir la mejor concentración de los extractos para el control del *Sitophilus zeamais*.

Evaluar el efecto del extracto sobre la calidad fisiológica de la semilla de maíz almacenada.

### **HIPÓTESIS**

Al menos una concentración del extracto de hojas de lila (*Melia azedarach*) tendrá un efecto positivo como bioinsecticida sobre el gorgojo de maíz (*Sitophilus zeamais*).

No existen efectos negativos en la calidad fisiológica de la semilla tratada, con al menos, uno de los extractos de hojas de lila.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### **Maíz (*Zea mays* L.)**

El maíz (*Zea mays* L.) es aprovechado principalmente como alimento para el hombre en casi todo el mundo, ya que es rico en carbohidratos y proteínas; es uno de los principales cereales de mayor importancia en el país, tanto por el área de explotación que ocupa como por su consumo.

El maíz se ha convertido en un cultivo de alto valor estratégico debido a su importancia en la dieta humana y al número de personas que lo explotan en la Geografía Nacional, además es uno de los pocos cultivos en donde se produce semilla certificada en México, lo que permite que el país disponga de las semillas que se requieren para satisfacer las necesidades de siembra nacionales (Méndez *et al.*, 2007).

Sin embargo, se estima que el 5 % de todos los granos cosechados se pierden antes de su consumo. Estas pérdidas varían en cada país y cada año. En México, se pierde hasta un 25 % de la producción total de maíz, trigo y frijol, especialmente en áreas bajas, cálidas y húmedas del país por ser condiciones

ecológicas adecuadas para la infestación por plagas y patógenos (Valdes *et al.*, 2000).

Debido a esos problemas se ha llevado la necesidad de la aparición de nuevas técnicas para aumentar la producción de alimentos, así como también minimizar las pérdidas existentes, sin perjudicar la calidad de los mismos (Clavijo y Pérez, 2000; Tavares, 2002).

Othon (1996), ha determinado que con un eficiente y adecuado control de las pérdidas de granos y semillas almacenadas se podría solucionar el problema de escasez mundial de alimentos, desafortunadamente estas pérdidas son mayores en países en vías de desarrollo, donde los escasos recursos económicos se traducen en deficientes prácticas de almacenamiento y distribución.

Larraín (1994), dice que el mayor problema de almacenaje de granos es la 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 no tiene las condiciones apropiadas de almacenamiento, siendo este parte de los alimentos básicos consumidos durante el año.

D. Antonio (1997), comenta 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 amenazado 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 poca importancia que se le ha dado al área de almacenamiento y conservación dentro de los programas de producción de semillas en muchos países del mundo y en especial el nuestro, siempre ha creado la necesidad de recurrir al uso de instalaciones que no fueron construidas para almacenar semillas, las cuales muchas de ellas no tienen los requisitos mínimos para ser consideradas adecuadas para esta actividad, pues la función principal de un almacén (bodega o troje) de cualquier tipo o capacidad es la de proteger a las semillas de los factores adversos del medio ambiente para garantizar su conservación adecuada a corto o largo plazo. Es de saberse, y por eso la importancia de este aspecto, que parte del éxito en la conservación de las semillas es debido al tipo de construcción, funcionamiento y localización, obviamente sin dejar de tomar en cuenta las condiciones climáticas del área donde se establecerá el almacenamiento (Moreno *et al.*, 1995).

Las pérdidas por ataques de insectos en granos almacenados son cuantiosas a nivel mundial, calculándose 18 %, esto se agrava en países tropicales como el nuestro, en donde la temperatura favorece el desarrollo de los insectos (González, A. 2004).

Vázquez (2001), menciona que la mayoría de los insectos que sobreviven en el ecosistema de los granos almacenados provienen de otros ecosistemas, presentando así una estrecha relación planta-insecto, teniendo estos una gran capacidad de adaptación para alimentarse, protegerse y reproducirse. Durante el almacenamiento de los granos cosechados, se ha visto que intervienen dos factores muy importantes humedad y temperatura para crear un ambiente óptimo siendo así el grano más susceptible al ataque de las plagas de postcosecha. Por otra parte interviene características físicas, químicas y bioquímicas del grano de maíz como son: dureza, tamaño, humedad, contenido de proteínas, azúcares, grasas, amilosa, triptófano y lisina, que varían en los diferentes tipos de maíz, provocando alteración en el comportamiento de los insectos que son considerados plagas de postcosecha.

Los efectos principales del ataque de los insectos en granos almacenados son: pérdida de peso (encubierta a veces por los cambios del contenido de humedad), disminución del poder germinativo (por el daño al embrión) y los cambios resultantes de un calentamiento espontáneo debido a la actividad de los insectos, esto trae también como consecuencia la aparición de hongos, además de producirse pérdidas en valor nutritivo, sabor y olor.

## **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 responsables de pérdidas considerables.

Ramírez *et al.*, (1980), comenta que aproximadamente unas 100 especies de insectos en el mundo son las responsables de daños a alimentos almacenados, existiendo en México algo más de 25 especies pertenecientes a los Ordenes Coleoptera y Lepidoptera; de éstas, alrededor de 15 son las de mayor importancia.

García *et al.*, (2007), menciona las plagas más importantes como son: el grupo de las palomillas (gusano elotero, cogollero, barrenadores y palomillas de almacén) y los escarabajos (gusano de raíz y de alambre, gallina ciega, gorgojos y barrenadores del grano) son algunos de los insectos más importantes y que más daños causan al maíz. Estas plagas atacan los cultivos durante el desarrollo de la planta o durante el almacenamiento.

Las plagas de insectos varían de acuerdo con la región, la estación del año y el sistema y el periodo del almacenamiento, por ejemplo se consideran:

Plagas primarias: aquellos insectos que atacan el grano integro, sin daño previo, son las más importantes durante el almacenamiento; sus fuentes de alimento son limitadas y mueren cuando éstas se agotan o cuando las poblaciones alcanzan altos niveles. Los insectos de esta clase pueden sobrevivir en los residuos de grano dentro de la estructura de almacenamiento.

En muchos casos los daños que provocan comienzan en el campo, antes del almacenamiento. Dentro del grupo de plagas primarias se encuentran el gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais*), el barrenador grande del grano (*Prostephanus truncatus*) y la palomilla de los granos (*Sitotroga cerealella*).

Plagas secundarias: por el contrario, no atacan los granos íntegros, sino que se alimentan de aquellos que ya han sido dañados por plagas primarias o dañados mecánicamente. Las plagas secundarias tienen una variedad de alimentos más amplia y es posible que hagan su aparición en estadios muy tempranos de almacenamiento. Sin embargo, los daños no se consideran de importancia hasta que son causados por plagas primarias. Entre las plagas secundarias se encuentran la polilla bandeada (*Plodia interpunctella*), el escarabajo castaño (*Tribolium castaneum*) y el barrenillo de los granos (*Rhyzopertha dominica*).

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 (Appert, 1993).

*S. zeamais* es una especie cosmopolita, capaz de dañar el grano sano, pudiendo incluso comenzar su actividad antes de que el grano sea cosechado, razón por la cual se considera como plaga primaria (González, 1989).

Dell' Orto y Arias, (1985) describe los estadios por los que pasa el *S. zeamais* el huevecillo es de forma de pera u ovoide de un color blanco opaco, 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 y pasa por cuatro estadios larvarios, esta se desarrolla en el interior del grano infestado donde se alimenta y 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, presenta proboscis larga dirigida hacia la parte anterior y las patas dobladas hacia el cuerpo.

Según García *et al.*, (2007), el gorgojo adulto mide entre 3.3 y 5 mm de largo; es de color pardo negruzco o rojizo; su cabeza se proyecta en forma de pico y su tórax es alargado y cónico, con manchas ovales en el dorso.

Danho (2002), observó que la cantidad del grano disponible para el insecto tiene una relación directamente proporcional con la oviposición y distribución de huevecillos así como con la emergencia de adultos, peso y sexo de *S. zeamais*.

Su distribución es mundial, aunque afecta mayormente a las zonas tropicales y subtropicales húmedas, y también se le encuentra en zonas templadas. En el Estado de México se localiza en las zonas sur y noroeste.

Estos insectos infestan las mazorcas en el campo durante el secado del grano y antes de la cosecha, o cuando el grano es almacenado; los mayores daños al grano los ocasionan las larvas y los adultos; los adultos perforan el grano para ovipositar, mientras que las larvas forman surcos en el endospermo al alimentarse; la presencia del gorgojo favorece el ataque de otros insectos; cuando hay mucha humedad y los insectos atacan el grano, se crea un foco de infección que ocasiona calentamiento en el maíz y, en consecuencia, fuertes infestaciones.

Las hembras depositan sus huevecillos en perforaciones que hacen en el grano y luego los cubren con un mucílago transparente. Una hembra produce hasta 250 huevecillos en su vida reproductiva. Las larvas se alimentan del endospermo del grano, hasta que se transforman en pupa. Cuando se convierten en adultos, perforan el grano y salen al medio ambiente. Su ciclo de vida depende de la temperatura, pero varía entre 30 y 113 días. En zonas templadas hay de 2 a 3 generaciones por año (García *et al.*, 2007).

El efecto de temperatura y humedad relativa en el desarrollo y la producción de *Sitophilus zeamais* fue determinado en estudios de laboratorio en Taiwán. Los parámetros medidos fueron el tiempo de emergencia del 50 % de la población adulta, la mortalidad de los adultos y fecundidad (el número de adultos de la F1 emergidos). Los resultados mostraron que las temperaturas máximas y mínimas para el desarrollo eran 35 y 16 °C respectivamente y la humedad relativa mínima para el desarrollo fue aproximadamente 45 %. Las

condiciones óptimas para la reproducción y el crecimiento de la población del gorgojo fueron de 28 °C y 85 HR (González, A. 2004).

### **Métodos de control**

Existen varios métodos para controlar las pérdidas de maíz a causa de (*Sitophilus zeamais*), aunque algunos no han sido muy eficientes.

Control biológico: consiste en atacar a las plagas mediante la acción de parásitos, depredadores y patógenos. Entre los patógenos se pueden encontrar algunos hongos, bacterias y virus, que ocasionan la muerte de los insectos.

La mayoría de los parasitoides que atacan plagas de los granos almacenados son del orden Hymenoptera. 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 *Anisopteromalus calandrae* (Howard), *Lariophagus distinguendus*, *Pteromalus cerealellae* y *Theocolax elegans*. *Anisopteromalus calandrae* y *Theocolax elegans* reducen la población de *Sitophilus zeamais* Motshulsky en un 25 a 50 % en maíz almacenado. En el caso de aquellos que parasitan plagas externas al grano, el mismo menciona a *Trichogramma pretiosum* y *Trichogramma evanescens* quienes atacan a los diferentes estados inmaduros de estas plagas pero especialmente huevecillos. A su vez también se destaca el

braconido *Bracon bebetor* Say que parasita larvas de varias polillas como por ejemplo *Plodia interpunctella* en la que reduce la emergencia en un 74 % y en un 97 % a *Ephestia cautella*.

El enemigo natural del gorgojo es una avispa (*Anisopteromalus calandrae*) perteneciente a la familia Pteromalidae, que comúnmente se encuentra en el maíz almacenado, junto con la plaga. Se le identifica fácilmente porque es pequeña y tiene una tonalidad verde metálico, estas avispas no deben eliminarse. La avispa actúa de la siguiente manera: primero localiza la galería que formó la larva del gorgojo; después, introduce su ovipositor en el pericarpio y coloca un huevecillo muy cerca de la larva del gorgojo; eclosiona y se ancla a su hospedante. La larva de la avispa se desarrolla a expensas de su hospedero, la avispa emerge después de 14 días y la larva del gorgojo muere.

Una amplia variedad de predadores atacan a plagas de los granos, semillas y productos almacenados en general (Brower *et al.*, 1996). Sin lugar a dudas los dos órdenes más importantes son Coleóptera y Hemíptera. Las familias más importantes de coleópteros depredadores son Carabidae, Staphylinidae e Histeridae pero los predadores más comúnmente encontrados en productos almacenados son los chinches de la familia Anthocoridae y específicamente *Xylocoris flavipes*. Antecedentes reportados por el mismo, indican que este depredador después de 16 semanas fue capaz de disminuir en un 97 a 99 % la población de *Oryzaephilus surinamensis*, en un 97.6 % la de *Tribolium casteanum* y en un 78.8 % la de *Plodia interpunctella*.

Prácticas tradicionales o control cultural: consiste en utilizar las prácticas agronómicas para reducir la abundancia de plagas, para el gorgojo del maíz se recomienda aplicar mezclas de agentes protectores (cal, tierra diatomea o tizate) entre capa y capa de grano, o vaciar los agentes y mezclarlos con el grano. En pruebas de laboratorio y campo se ha demostrado que evitan el libre movimiento de los insectos, ya que las sustancias se adhieren a su cutícula, causándoles serios daños y en algunos casos la muerte.

Variedades resistentes: existen variedades nativas y criollos con resistencia al gorgojo, entre los cuales se cuentan accesiones de Sinaloa y Yucatán, y de regiones del Caribe. En el Estado de México se pueden conseguir variedades comerciales con niveles de tolerancia aceptables (García *et al.*, 2007).

Arnason *et al.*, (1994), evaluaron una gran cantidad de germoplasma de maíz del CIMMYT y encontraron un número elevado de materiales resistentes a la infestación de *S. zeamais*, incluso en maíces de alta calidad proteínica.

Li Ruming (2000), evaluó 61 diferentes cruzas de maíz, indicando que existe una considerable variabilidad genética de la resistencia al gorgojo del maíz, lo cual es útil para el desarrollo de híbridos o variedades de maíz resistentes al gorgojo.

Control químico: en casos de infestaciones importantes, se recomienda fumigar con agentes como fosforo de aluminio (fosfina), (García *et al.*, 2007).

Brechelt (2004), comenta sobre la utilización de plaguicidas de origen químico de manera excesiva y sin previa asistencia técnica, en vez de resolver el problema, ha producido fuertes daños a la productividad de la agricultura, al ser humano y a la naturaleza.

El impacto sobre el medio ambiente depende del tipo de fertilizante y pesticida. Los daños más comunes son los siguientes:

- Contaminación del aire (organofosforados).
- Contaminación del suelo (organoclorados).
- Contaminación del agua (organoclorados y organofosforados).
- Formación de resistencias contra los pesticidas.
- Eliminación de enemigos naturales (productos no selectivos).
- Reducción de la población de las abejas.
- Envenenamiento de aves y peces.
- Reducción de la biodiversidad entre otros.

Valdes *et al.*, (2000), menciona un factor limitante de importancia para el uso de insecticidas en el combate de las plagas que atacan a los granos almacenados es el empleo o destino final que se dará al grano. El tratamiento

de los granos almacenados con sustancias químicas tiene dos puntos de gran importancia que deben analizarse con cuidado:

1. Granos que serán empleados como semilla y en cuyo caso los insecticidas utilizados no deben dañar el poder germinativo del mismo, o en caso de daño, éste debe ser mínimo y nunca superior de un 5 %.

2. Granos que serán utilizados en la elaboración de productos destinados al consumo humano y de animales domésticos y en cuyo caso los compuestos químicos utilizados no deben ser tóxicos a los animales de sangre caliente.

El tratamiento de semillas con protectores químicos es el medio más eficaz para lograr una protección contra organismos patógenos, insectos y roedores, que son los que ocasionan problemas de germinación y vigor de semillas.

El uso irracional de plaguicidas sintéticos para el control de este problema se ha tornado ecológicamente inaceptable, debido a que producen efectos adversos sobre organismos benéficos y el desarrollo de resistencia por parte de insectos, hongos, bacterias y malezas. Esto ha llevado a aplicar dosis cada vez más altas, causando un mayor riesgo de intoxicación humana y un aumento en la contaminación ambiental (Larraín, 1994).

Es por este motivo que se busca nuevos métodos de control que permitan disminuir la densidad poblacional de la plaga a niveles no perjudiciales en la

etapa más susceptible del cultivo. La opción para evitar este problema, sería el utilizar plantas con actividad insecticida "plaguicidas botánicos" o "fitoquímicos" que poseen componentes con potencial para prevenir daños de insectos en cultivos y productos almacenados (Rodríguez y Lagunés, 1992) y (Talukder y Howse, 1995).

### **Uso de plantas con efectos insecticidas**

El uso de plantas con efecto insecticidas data de la época del Imperio Romano, sin embargo, sólo a partir de los años 30 del siglo recién pasado se produjeron los avances más importantes en el uso de los insecticidas como: rotenona y piretrinas (Villalobos, 1996; Rodríguez *et al.*, 2003).

Las plantas producen sustancias aleloquímicas o metabolitos secundarios tales como terpenos, alcaloides, rotenonas, flavonoides y otros, algunos de los cuales poseen actividad tóxica contra insectos, interfieren en el desarrollo o en el comportamiento de los mismos, y pueden contribuir así a la regulación de sus poblaciones (Schoonhoven *et al.*, 1998). Los plaguicidas botánicos tendrían menor probabilidad de generar especies resistentes que los sintéticos, ya que ejercerían presiones selectivas múltiples sobre los insectos, al estar constituidos por una combinación de compuestos actuando simultáneamente (Saxena, 1986).

Además, existen compuestos orgánicos elaborados de extractos de plantas que ayudan a controlar insectos plaga. Estos compuestos actúan ya sea porque inhiben el crecimiento (afectan el proceso de síntesis de quitina y la larva no puede elaborar la cutícula para pasar a su estado adulto), son abrasivos y causan lesiones en la cutícula, o porque son deshidratantes y afectan la viabilidad de los huevecillos (Tamez, 2001).

Para la extracción de los metabolitos secundarios en la planta se hizo uso de diferentes solventes. Los solventes orgánicos comprenden el conjunto de compuestos orgánicos líquidos que tienen la capacidad de disolver, suspender o extraer otra sustancia, sin reaccionar químicamente con la misma, manteniéndose inertes. Constituyen un amplio grupo de sustancias de diversa polaridad, permitiendo la disolución de sustancias orgánicas con polaridades similares (Quiminet, 2008; IDRC, 2009).

Aunque han existido fracasos más frecuentes en el uso de plantas con propiedades insecticidas en forma de extractos se deben a que los principios insecticidas tienen una determinada polaridad. Es decir, de acuerdo al tipo de solvente utilizado en el extracto, se obtendrá variación en la actividad biológica. Además, los principios activos de estas plantas por lo general no se encuentran necesariamente en un órgano o tejido vegetal determinado, mostrando una variación en su concentración a través de su ciclo de vida y órgano del cual se trate (Rodríguez, 1999).

Se ha estudiado diversas familias vegetales con propiedades insecticidas. Entre ellas destacan Meliaceae, Asteraceae, Fabaceae, Lamiaceae, Lauraceae, Apiaceae, Brassicaceae, Euphorbiaceae, entre otras, de las que se han aislado algunos compuestos activos (Villalobos, 1996).

### **Lila (*Melia azedarach* L.)**

Entre los compuestos fitoquímicos con acción plaguicida, se encuentran aquellos aislados a partir de especies de la familia Meliaceae (Schmutterer, 1995), cuya actividad es atribuida fundamentalmente a la presencia de limonoides (Isman *et al.*, 1997; Céspedes *et al.*, 2000).

Las meliáceas son una familia de plantas utilizadas desde hace siglos en la medicina natural, su representante más notable es la *Azadiracta indica* (*neem tree*), se han aislado compuestos insecticidas. El árbol del paraíso (*Melia azedarach* L.), oriundo de Asia, es una especie muy difundida en nuestro país por su valor forestal y ornamental; se han elaborado extractos de diferentes partes de la planta ya que poseen actividades benéficas (Coto y Torres, 1999).

Antecedentes Generales Sobre *Melia Azedarach*, se considera que en México, Centroamérica y las Antillas, fueron introducidas de la Península Ibérica poco después de la conquista y es originaria del sur y este de Asia (Heike, 2007).

Árbol caducifolio de unos 10-12 m de altura con porte en parasol, de tronco delgado, de corteza oscura y fisurada; copa densa; hojas alternas, compuestas de hasta 60 cm de longitud, con folíolos peciolados, ovales, ligeramente dentados, de color verde oscuro en el haz y más claros en el envés; flores en panículas axilares, colgantes, numerosas, fragantes, de color blanco y violeta, con los estambres reunidos en un tubo central; frutos drupáceos, globosos, de 1 cm de diámetro, de color amarillo-naranja al principio, dispuestos en racimos muy ornamentales que permanecen en el árbol todo el invierno y contiene 4-5 semillas (Daorden y Albarracín, 2005).

De su ecología se ha escrito poco, pero según descripciones generales de su hábitat es probable que *M. azedarach* requiera sol directo, pues no es tolerante a la sombra, y se adapta a una gama amplia de condiciones de humedad de suelo. Entre las características ambientales óptimas para su desarrollo, la altitud óptima estaría en torno a los 500 msnm, con temperatura media de 18 °C y precipitaciones que promedien anualmente los 500 mm. Esta especie es muy adaptable y puede soportar heladas y períodos de sequía. *Melia azedarach* se desarrolla en suelos preferentemente podzólicos, con profundidad en torno a 50 cm, de texturas arcillosas, ligeramente arenosas y francas o franco-arenosas, con buen drenaje, tanto en pH ácidos, alcalinos o neutros, con materia orgánica abundante (Lizana, 2005).

En el caso de *Melia azedarach* (Fam. Meliaceae), también llamada “Paraíso” crece abundantemente, sus frutos maduros y sus hojas amarillas son usados

como insecticida y antialimentario sobre diferentes tipos de plagas. El potente efecto insecticida del extracto de Paraíso podría ser equivalente al del extracto de Neem; estudios realizados a partir de distintas concentraciones de extracto de Paraíso demuestran que este inhibe la alimentación y afecta negativamente el desarrollo y supervivencia de distintas especies plaga de insectos que atacan diversos cultivos agronómicos.

La actividad insecticida de *Melia azedarach* está en hojas, tallos, frutos y semillas. De estas estructuras se han extraído, con acetona, agua, alcohol, cloroformo, diclorometano y éter de petróleo, los siguientes compuestos: paraisina, cumarinas, azederacol, meliacarpina, meliacarpinina, melianol, melianona, meliantriol, meliatina, meliatoxina, nimbolida, nimbolidina, nimbolinina, oquinolida, sendanina, tosendanina y vilasinina. Destacan principalmente meliartenin, limonoide (triterpeno), con cualidades antialimentarias.

La actividad insecticida de *M. azedarach* se debe a un grupo de triterpenoides biológicamente activos, que tienen efecto antialimentario; es decir, inhiben la alimentación de insectos fitófagos mordedores como coleópteros y larvas de lepidópteros.

Distintas concentraciones de extracto de paraíso (2, 5 y 10 %) provocan un efecto antialimentario en larvas de *Xanthogaleruca luteola* (Coleoptera) llamada también vaquita del Olmo, de casi un 87 % y en los adultos desde un 75 %

llegando a un 100 % de inhibición bajo la concentración más alta (Valladares *et al.*, 1997).

Según Rodríguez (2000), una de las plantas que tradicionalmente se ha utilizado en graneros rústicos para evitar el daño del grano por insectos es: paraíso o también conocida como lila (*Melia azedarach*). Sin lugar a dudas, la especie que ha presentado un mayor desarrollo en los últimos años ha sido el neem (*Azadaractina indica*; *Meliaceae*). También menciona que las semillas tienen compuestos que actúan contra más de 200 especies de los órdenes Coleoptera, Diptera, Homoptera, Hymenoptera y Lepidoptera, además de 3 especies de ácaros, 5 especies de nematodos y 1 especie de crustáceo.

Muñoz *et al.*, (1998) estudiaron los efectos de extractos de frutos de *M. azedarach*, *A. indica* y piretroides, sobre larvas de tercer estadio de la polilla del brote del pino, y encontraron que los extractos de frutos verdes de esta planta fueron más activos a la dosis de 0,0077 ppm, requiriendo menos producto para matar el 50 % de los insectos ( $DL_{50}$ ) en comparación con el piretroide cipermetrina que se utilizó 0,124 ppm, en extractos de frutos maduros de *M. azedarach* se utilizó 0,229 ppm y un preparado comercial de *A. indica* se requirió 0,29 ppm de Bionim.

Según indican Espinosa y Villaseñor (2002), quienes evaluaron extractos etanólicos de *M. azedarach* sobre el crustáceo *Artemia salina* (L.) y obtuvieron resultados favorables con concentraciones muy bajas, con niveles entre 1.000 a

3.000 ppm. Esto se explica por la estrecha relación entre el clima y la acumulación de compuestos insecticidas en esta especie y la sensibilidad del organismo animal objeto de estudio.

Rossetti *et al.*, (2008), evaluaron la actividad insecticida de extractos de fruto maduro y hojas senescentes de *Melia azedarach* L. al 2, 5 y 10 %, sobre larvas de *Spodoptera eridania* Cramer (Lepidoptera: Noctuidae) especie polífaga considerada plaga esporádica de importantes cultivos. Mediante pruebas de elección, se registró el consumo y se calculó un índice de inhibición alimentaria. En pruebas sin posibilidad de elección se estimó el consumo, la mortalidad, el peso de larvas y excretas, y se calcularon índices nutricionales. Cuando las larvas pudieron optar, se observó un fuerte efecto antialimentario de los extractos. En los ensayos de alimentación obligada, los extractos de fruto y hoja redujeron fuertemente el consumo y peso larval respecto al control, excepto la menor dosis de fruto (2 %). Ninguna oruga llegó a pupar al entregarle alimento rociado con extracto de hoja o con extracto de fruto en las dosis más altas (10 %).

Velázquez y Contreras (2005), estudiaron el efecto que sobre el barrenador menor de los granos *Rhyzopertha dominica* (F.), con polvo de la planta del paraíso *Melia azedarach* (L.), se evaluó el tiempo letal de los insectos y la mortalidad de los mismos, resultó que a partir del tratamiento de 40 % de concentración de polvo de *M. azedarach*, en arroz, se logró una mortalidad del 100 % de los insectos tratados, no hubo muertes en el testigo. El paraíso en

polvo vegetal causó la muerte al 100 % de los insectos de *R. dominica* en un tiempo inferior a las 72 h. El tiempo en que se produjo el mayor número de muertes de insectos fue a las 68 h.

Espinoza (2006), evaluó la actividad insecticida de *Melia azedarach* L., la cual contiene compuestos que actúan como repelente, insecticida e inhibidor de la alimentación y crecimiento. Evaluaron polvos y extractos de hojas, frutos y tallos leñosos de *M. azedarach* para determinar su actividad en laboratorio contra *S. zeamais*. En el bioensayo de contacto se evaluó mortalidad, obteniéndose como resultado que los polvos de hojas alcanzando hasta un 84 % de mortalidad con frutos y tallos. Para repelencia y efecto fumigante, las hojas nuevamente presentaron los mejores resultados. En los extractos de hojas, la mayor mortalidad de insectos se alcanzó con extractos acuosos, para frutos con extractos hexánicos y para tallos leñosos con extractos etanólicos, se logró con la solución fruto-hexano, una mortalidad del 70 %.

### **Calidad de semillas**

La calidad se consigue mediante los procedimientos de control de las semillas iniciados en las plantaciones (antes de la siembra, en las fases de crecimiento, maduración y recolecta), proseguidos del control en el laboratorio de las semillas cosechadas, condicionadas y en almacén.

La calidad de la semilla abarca la suma de todas las propiedades o características las cuales determinan el nivel potencial del comportamiento de las semillas o lotes de semillas y del establecimiento del cultivo. Los componentes de la calidad de la semilla incluyen los aspectos genéticos, físicos, fisiológicos y sanitarios (Méndez *et al.*, 2007).

Terenti (2000) menciona sobre los cuatro aspectos importantes en la calidad de las semillas: La genética lo cual permite asegurar la identidad y pureza evitando la degeneración o dilución del genotipo; La fisiológica que es la capacidad de la semilla para germinar, emerger y dar origen a plantas uniformes y vigorosas; la sanidad de la semilla interviene en los lotes de producción, en la rotación de cultivos, aislamiento, tratamiento de la semilla, acondicionamiento y almacenamiento. Las características físicas de una buena semilla son; el color, brillo, sin daños mecánicos, estos factores se ven afectados por plagas de almacén. Estos cuatro componentes pueden ser afectados adversamente durante la producción, procesamiento, almacenamiento y transporte de las semillas.

Según Craviotto *et al.*, (2006), la calidad de las semillas es definida como un conjunto de cualidades o atributos que pueden ser divididos en “componentes primarios” y “componentes secundarios”. Entre los primeros se encuentran la Viabilidad, la Germinación, el Vigor y la Sanidad. Los componentes secundarios son Pureza Varietal, Pureza Físico – Botánica, Peso, Densidad, Humedad, Tamaño, Integridad Física, Densidad y Forma. Los

componentes primarios son aquellos que definen el stand inicial de plántulas, mientras que los componentes secundarios de la calidad pueden condicionar la completa expresión de los primeros y por ende, interferir en el establecimiento del cultivo.

La capacidad germinativa y el vigor son los principales atributos involucrados dentro del componente de calidad fisiológica en semillas. El concepto de vigor en semillas es un tanto complejo, sin embargo, en forma muy general se podría decir que, es el potencial biológico de la semilla que favorece un establecimiento rápido y uniforme bajo condiciones incluso desfavorables de campo. En tanto que germinación, es el proceso fisiológico mediante el cual emergen y se desarrollan a partir del embrión aquellas estructuras esenciales, para la formación de una planta normal bajo condiciones favorables (Quirós, 2008).

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.

Germinación, su principal objetivo es determinar el máximo potencial de germinación de un lote de semillas. Esta prueba es el principal test aceptado internacionalmente para la determinación de la viabilidad de las semillas y, además se caracteriza por emplear una metodología estandarizada de alta

reproducibilidad, generando resultados que proveen información confiable sobre el potencial de germinación de un lote de semillas bajo condiciones óptimas de temperatura y humedad (Hampton y Tekrony, 1995).

Según ISTA (1995), el vigor se define como “la suma total de algunas propiedades de la semilla que determinan el nivel de actividad de la semilla o del lote durante la germinación o la emergencia de las plántulas”. Las pérdidas de vigor se relacionan con una reducción en la capacidad para llevar a cabo las funciones fisiológicas. Este proceso llamado envejecimiento fisiológico (o deterioro), empieza antes de la cosecha y continúa durante la cosecha, procesamiento y almacenamiento. Progresivamente reduce las capacidades debido por ejemplo, a cambios en la integridad de las membranas, actividad enzimática y síntesis de proteínas. Estos cambios bioquímicos pueden ocurrir muy rápidamente (pocos días) o lentamente (años), dependiendo de factores genéticos, de producción y ambientales. El punto final del deterioro es la muerte de la semilla (pérdida completa de la germinación). Así, las semillas pierden vigor antes de que pierdan la capacidad para germinar. Esto es porque lotes de semillas que tienen valores similares y altos de germinación pueden diferir en su edad fisiológica (grado de deterioro) y también diferir en el vigor y por lo tanto en la capacidad de desarrollarse.

La evaluación del vigor de las semillas, tiene que evolucionar a medida que las pruebas disponibles van siendo perfeccionadas, fortaleciendo con mayor precisión y reproducibilidad los resultados dentro y entre laboratorios; se ha

verificado la evolución en el uso de pruebas para evaluar el vigor de semillas en grandes cultivos como el maíz (Méndez *et al.*, 2007).

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).

### III. MATERIALES Y METODOS

#### Localización del Área Experimental

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de Acondicionamiento y Ensayos de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología en Semillas (CCDTS), de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo.

#### Materiales

Colecta del material vegetal utilizado fueron hojas de lila ó árbol del paraíso (*Melia azedarach* L.) en tres estados de madurez, se colectaron de árboles ubicados en la misma Universidad. Las hojas presentan características de diferentes etapas de madurez: la hoja tierna (marzo-abril) es diferente a las demás con una coloración verde limón y de tamaño más pequeño, además que presenta una textura más suave y con nervaduras poco marcadas; la hoja intermedia (junio-julio) presenta una característica de mayor coloración (verde oscuro) y de mayor tamaño presentando brillantes en el haz, con nervaduras de color blanco y de textura más sólida; la hoja madura (agosto) se identifica por

poseer una coloración verde turnándose a amarillo con bordes secas y dañadas, con nervaduras amarillentas. La colecta se realizó según el criterio de Vogel *et al.*, (1997), es decir al azar alrededor del árbol y en distintas posiciones dentro del mismo.

La elaboración de extractos se realizo en el laboratorio del Departamento de Parasitología Agrícola, se prepararon con las hojas trituradas en un licuadora de los tres estados de madurez, después se le agregaron los solventes (etanol al 70 %, 96 % y metanol al 99.80 %) se dejo reposar por tres días en un lugar fresco y obscuro para evitar la degradación de los metabolitos secundarios. Posteriormente se hizo el filtrado y se coloco en el rotavapor Buchii para hacer la separación del solvente – extracto a diferente temperatura dependiendo del solvente (metanol a 65 °C y etanol a 78 °C), ya obtenido el extracto se conservo a una temperatura de 6 °C.

Estimación de la concentración de los extractos, para ello se tomaron muestras de 1 gr de los extractos en papel aluminio, posteriormente se colocaron en una estufa de secado a una temperatura 30 °C, después se tomaron lecturas a las 12, 24, 36 y 48 h ó hasta obtener un peso constante.

**Cuadro 3.1.** Concentración de los extractos con diferentes solventes utilizados.

<b>Extractos</b>	<b>Concentración (%)</b>
Hoja tierna 70 % etanol.	16.28
Hoja tierna 96 % etanol.	8.45
Hoja tierna 99.80 % metanol.	17.44
Hoja intermedia 70 % etanol.	12.08
Hoja intermedia 96 % etanol.	10.50
Hoja madura 96 % etanol.	11.55

Se utilizó semilla de maíz del híbrido AN-447 producido en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro que tiene la característica de ser semiduro, recién cosechado, con un contenido de humedad de  $12 \pm 1$  % y libre de tratamiento.

Para la investigación se utilizó el insecto *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae), conocido comúnmente como gorgojo del maíz, el cual es considerado como plaga primaria en maíz, se obtuvieron de colonias existentes en el Laboratorio del Departamento de Parasitología Agrícola.

Reproducción de insectos, para el incremento de colonias de insectos, se colocaron en frascos de 4 L con maíz AN-447, con una humedad de  $13 \pm 1$  %, con temperatura de  $30 \pm 1$  °C esto es para su mejor reproducción.

## Metodología

El trabajo de investigación se dividió en tres etapas: 1) Elaboración del bioensayo; 2) Evaluación de la mortalidad del *S. zeamais*; y 3) Evaluación de la calidad fisiológica de la semilla de maíz tratada con extractos.

### 1. Elaboración del bioensayo

Para la identificación de los extractos se procedió a hacer uso de claves para facilitar la identificación de cada uno de los extractos en las graficas y cuadros, como se presenta en el cuadro 2.

**Cuadro 3.2.** Identificación de extractos.

<b>Extractos</b>	
HT70E	Hoja tierna 70 % etanol.
HT96E	Hoja tierna 96 % etanol.
HT99.80M	Hoja tierna 99.80 % metanol.
HI70E	Hoja intermedia 70 % etanol.
HI96E	Hoja intermedia 96 % etanol.
HM96E	Hoja madura 96 % etanol.

Las concentraciones usadas para estos extractos fueron 100, 75, 50, 25 % y dos testigos (agua y agua + tween 20), con el cual se realizo la ventana biológica.

Se trataron 50 gr de maíz AN-447 con cada concentración de los extractos y dos testigo (agua y agua + tween 20) aplicando 4 ml, posteriormente se realizaron con sus tres repeticiones, se infestaron con 10 insectos, se almacenaron los frasco en una cámara a  $30\pm 1$  °C.

### **Mortalidad de insectos**

La evaluación se llevo haciendo un conteo diario desde las 24 h hasta los 7 días; con ayuda de una criba, se separaron del maíz los insectos contando el número de insectos muertos y vivos de cada unidad experimental.

### **Calidad fisiológica**

La calidad fisiológica se evaluó a los 31 días de almacenada, realizando pruebas de capacidad de germinación (plántulas normales, plántulas anormales y semillas sin germinar) y vigor (longitud de plúmula y longitud de radícula).

Capacidad de germinación, se realizaron 3 repeticiones de 25 semillas en toallas de papel de germinación húmedo. Se hizo el tradicional taco y se dejo por 7 días en una cámara germinadora a una temperatura de 25 °C. Con la regla de la ISTA (2004). Se evaluó a los 7 días la germinación y vigor (longitud de plúmula y radícula).

Vigor (longitud media de plúmula y radícula), primeramente se rayo el papel de germinación como nos indica las reglas de la Seed Testing Asociación ISTA (2004) para esta prueba. Se realizaron 3 repeticiones de 25 semillas, estas se colocaron en la línea intermedia de la hoja de papel con ayuda de cinta de doble pegamento esto para evitar movimiento, después se colocaran en una cámara germinadora a una temperatura de  $25 \pm 2$  ° C con 16 h luz y 8 h de oscuridad, a los siete días se evaluó el tamaño de las plántulas y radículas sin contabilizar las anormales. Para reportar los resultados se utilizó la fórmula descrita por la ISTA (2004) para esta prueba.

## **2. Evaluación de la mortalidad del *S. zeamais***

Los extractos y las concentraciones utilizadas en el bioensayo, no presentaron mortalidades por arriba del 1 %, debió a que a los extractos les falto que se evaporaran por más tiempo para obtener concentraciones altas, referente a los datos obtenidos se realizo la evaporación de los extractos hasta obtener una concentración más viscosa.

**Cuadro 3.3.** Concentración de los extractos

<b>Extractos</b>	<b>Concentración (%)</b>
Hoja tierna 70 % etanol.	16.53
Hoja tierna 96 % etanol.	11.99
Hoja tierna 99.80 % metanol.	65.22
Hoja intermedia 70 % etanol.	12.66
Hoja intermedia 96 % etanol.	12.01
Hoja madura 96 % etanol.	19.85

Con los extractos y concentraciones antes mencionados se trato la semilla al inicio de la investigación tomando en cuenta que se realizaran muestreos cada 30 días hasta completar un total de tres considerando el inicial, para probar su residualidad en un trabajo de investigación de dos meses (1, 30 y 60 días).

En la que se refiere a mortalidad de insectos cada 30 días, se colocaron 20 insectos a cada frasco de 250 ml con 50 g de semilla tratada y se les proporcionó temperatura de  $30 \pm 1$  ° C para almacenarlas.

### **Mortalidad del *S. zeamais***

La evaluación se realizo a las 24 h y 7 días, con la ayuda de una criba se cernió, el maíz y se contabilizó el número de insectos muertos y vivos de la unidad experimental.

### **3. Evaluación de la calidad fisiológica de la semilla de maíz tratada con extractos.**

En la calidad fisiológica de la semilla tratada de maíz se realizaron muestreos cada 40 días hasta completar un total de tres considerando el inicial, en los cuales se evaluaron los parámetros siguientes:

#### **Capacidad de germinación**

Se realizaron 3 repeticiones de 25 semillas en toallas de papel de germinación húmedo. Se hizo el enrollamiento para hacer el tradicional taco y se dejó por 7 días en una cámara germinadora a una temperatura de 25 °C, después de este tiempo se contabilizó el número de plántulas normales, anormales y semillas sin germinar.

#### **Vigor (longitud media de plúmula y radícula)**

Primeramente se rayó el papel de germinación como nos indica las reglas de la Seed Testing Asociación ISTA (2004) para esta prueba. Se realizaron 3 repeticiones de 25 semillas, estas se colocaron en la línea intermedia de la hoja de papel con ayuda de cinta de doble pegamento esto para evitar movimiento, después se colocaron en una cámara germinadora a una temperatura de  $25 \pm 2$  °C con 16 horas luz y 8 horas de oscuridad, a los siete días se evaluó el

tamaño de las plántulas y radículas sin contabilizar las anormales. Para reportar los resultados se utilizó la fórmula descrita por la ISTA (2004) para esta prueba.

## Modelo estadístico

Los resultados de mortandad fueron transformados por medio de la fórmula de Bartlett (1947)  $y = \text{arc sen} \frac{\sqrt{x}}{100}$ , posteriormente se analizaron mediante un diseño de parcela divididas con el paquete estadístico SAS (2007) y en cuanto a la comparación de medias se usó la prueba LSD ( $\alpha \leq 0.05$ ) y los datos obtenidos en la evaluación de la calidad de la semilla, también fueron analizados con el mismo diseño, cuyo modelo lineal es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + P_i + \alpha_{ij} + E_k + C_l + EC_{kl} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

$Y_{ijkl}$  = Valor observado.

$\mu$  = Efecto de la media.

$P_i$  = Efecto del i-ésimo periodo de almacenamiento.

$\alpha_{ij}$  = Error de la parcela grande.

$E_k$  = Efecto del k-ésimo extracto.

$C_l$  = Efecto de la l-ésima concentraciones.

$EC_{kl}$  = Efecto de la interacción i-ésimo extracto por l-ésima concentraciones.

$\varepsilon_{ijkl}$  = Efecto del error experimental.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### **Mortalidad del *Sitophilus zeamais***

En el Cuadro 4.1 se presentan los resultados del análisis de varianza para la mortalidad de insectos en los tres muestreos para extractos, concentraciones y la interacción de extractos por concentraciones realizados en el presente trabajo de investigación.

En el primer muestreo se puede observar que en los extractos en las evaluaciones a las 24 h y 7 días si hubo diferencias altamente significativas, referente a concentraciones a las 24 h hubo diferencias significativas pero en la evaluación a los 7 días presentó diferencias altamente significativas; en lo que respecta a la interacción extractos por concentraciones en las dos evaluaciones mostro diferencias altamente significativas.

En el segundo muestreo realizado a las 24 h para extractos no hubo diferencia significativa, donde si se encontró fue en el día 7 con diferencias altamente significativas; para concentraciones en las dos variables presentó diferencias altamente significativas; en la interacción extractos por concentraciones en la evaluación a las 24 h no hubo diferencias significativas,

todo lo contrario para el día 7 con diferencias altamente significativas.

En el tercer muestreo presenta para extractos, concentraciones y la interacción extractos por concentraciones en las dos evaluaciones realizadas mostraron diferencias altamente significativas.

**Cuadro 4.1.** Análisis de varianza de las variables evaluadas sobre la mortalidad de *Sitophilus zeamais* por efectos de extractos de *Melia azedarach* con sus concentraciones en los tres muestreos.

FV	GL	Muestreo 1		Muestreo 2		Muestreo 3	
		24 h	7 días	24 h	7 días	24 h	7 días
E	5	51.38 **	10849.51 **	7.22 NS	13714.72 **	449.16 **	12287.84 **
C	5	22.59 *	12806.34 **	14.25 **	20345.92 **	123.88 **	18039.67 **
E*C	25	16.14 **	1350.89 **	3.70 NS	1451.25 **	73.33 **	1212.67 **
Modelo	35	19.65 **	3827.69 **	5.37 NS	5249.33 **	112.85 **	4613.56 **
Error	72	6.94	199.76	3.70	296.75	25.92	240.74
CV		23.52	31.46	17.82	29.83	34.24	28.50

\*\* = Significativo ( $P \leq 0.01$ ); \* = Significativo ( $P \leq 0.05$ ); NS = No significativo; E= Extractos; C= Concentraciones. LSD=0.05

En el Cuadro 4.2 se muestra, la comparación de medias para los seis extractos con sus dos evaluaciones 24 h y 7 días por muestreo, que se utilizaron en el trabajo de investigación, en el que se observó cual de los extractos fue el que registro mayor índice de mortalidad de insectos.

En el muestreo uno con evaluación de 24 h nos indica que los extractos que obtuvieron mayor resultados estadísticamente fue el de hoja madura 96 % etanol (HM96E) con 4.5 % de mortalidad y el de hoja tierna 96 % etanol (HT96E) con 3.7 %, los que presentaron valores numéricamente más bajos fue el de hoja intermedia 70 % etanol (HI70E)) y hoja tierna 70 % etanol (HT70E)

con cero porcentaje de mortalidad, esto nos indica que los extractos a las 24 h no tienen efecto alguno contra los insectos ya que no se encontró mortalidades significativas. En la evaluación 7 días los extractos de hoja tierna 70 % etanol (HT70E) y hoja madura 96 % etanol (HM96E) son los que mostraron estadísticamente los resultados más altos con un 83.7 y 77.9 %, en cuanto a los extractos que obtuvieron menor porcentaje estadísticamente fueron los de hoja tierna 99.80 % metanol (HT99.80M), hoja intermedia 70 % etanol (HI70E) con 17.5 % y hoja intermedia 96 % etanol con 27.0 % de mortandad.

En el muestreo dos con la evaluación a las 24 h que se llevo a cabo a los 30 días se puede observar cual de los extractos presento el mayor porcentaje de mortalidad numéricamente el de hoja tierna 96 % etanol (HT96E), hoja intermedia 70 % etanol (HI70E) y hoja intermedia 96 % etanol (HI96E) son iguales con 1.6 %. En la evaluación a los 7 días ya fue incrementando el índice de mortalidad, con los extractos de hoja tierna 99.80 % metanol (HT99.80M) con 87.5 % y hoja intermedia 96 % etanol (HI96E) con 95.8 % siendo estadísticamente iguales y el que presento el más bajo valor estadísticamente fue el de hoja tierna 70 % etanol (HT70E) con el mínimo porcentaje del 1.6 %.

Para el muestreo tres realizado a los 60 días, el extracto que mejor resultados obtuvo a las 24 h estadística y numérica fue el de hoja tierna 99.80 % metanol (HT99.80M) con 15.8 % de mortalidad y el de menor fue el de hoja tierna 70 % etanol (HT70E) con cero porcentaje de mortalidad. En cambio a los 7 días ya se obtuvieron resultados del 98.7 % de mortandad, con el extracto de

hoja tierna 99.80 % metanol (HT99.80M), el extracto hoja tierna 70 % etanol (HT70E) sigue siendo el más bajo con 6.6 % estadísticamente.

Los tres muestreos presentaron los mismos comportamientos en mortalidad, debido a que los extractos de *Melia azederach* inhibe la alimentación del *Sitophilus zeamais*, por esto requiere de más tiempo para actuar, a eso se debe a que en las evaluaciones del día 7 fueron donde se encontró mayor índice de mortalidad (Espinoza, 2006).

Según Rodríguez (1998), los insecticidas naturales actúan de manera gradual por lo general, ninguna de las especies vegetales insecticidas tiene la acción fulminante de los insecticidas sintéticos. La población de insectos no disminuye rápidamente con el uso de insecticidas botánicos. Entre los efectos de los insecticidas naturales en las plagas se encuentran la suspensión de la alimentación. La mayoría de los efectos de los insecticidas naturales son fisiológicos por lo que el insecto tiene que ingerirlos.

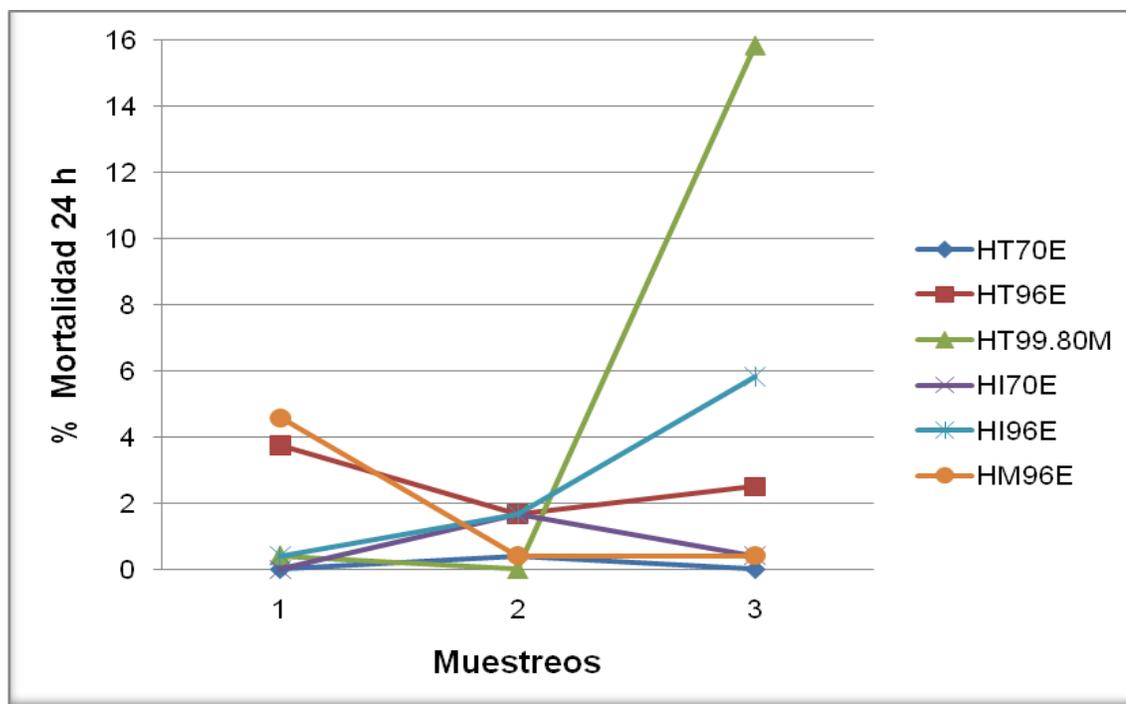
Pero también Rodríguez (1999), comenta que el uso de plantas con propiedades insecticidas en forma de extractos se deben a que los principios insecticidas tienen una determinada polaridad. Es decir de acuerdo al tipo de solvente utilizado en el extracto, se obtendrá variación en la actividad biológica.

**Cuadro 4.2.** Comparación de medias del porcentaje de mortalidad de adultos *Sitophilus zeamais* con la aplicación de seis extractos en tres muestreos con dos evaluaciones 24 h y 7 días.

Extractos	Muestreo 1		Muestreo 2		Muestreo 3	
	24 h	7 días	24 h	7 días	24 h	7 días
HT70E	0.0 b	83.7 a	0.4 a	1.6 d	0.0 c	6.6 d
HT96E	3.7 a	58.8 b	1.6 a	64.1 bc	2.5 bc	74.1 b
HT99.80M	0.4 b	17.5 c	0.0 a	87.5 a	15.8 a	98.7 a
HI70E	0.0 b	17.5 c	1.6 a	62.0 c	0.4 c	43.7 c
HI96E	0.4 b	27.0 c	1.6 a	95.8 a	5.8 b	75.0 b
HM96E	4.5 a	77.9 a	0.4 a	80.4 ab	0.4 c	49.5 c

HT70E= Hoja tierna 70 % etanol; HT96E= Hoja tierna 96 % etanol; HT99.80M= Hoja tierna 99.80 % metanol; HI70E= Hoja intermedia 70 % etanol; HI96E= Hoja intermedia 96 % etanol; HM96E= Hoja madura 96 % etanol. LSD= 0.05

En la Figura 4.1 se muestra gráficamente las medias de la mortalidad del *S. zeamais* por extractos en los tres muestreos con evaluaciones a 24 h cada una, en donde se muestra que el mejor extracto en el primer muestreo fue el de hoja madura 96 % etanol (HM96E) seguida el de hoja tierna 96 % etanol (HT96E) con el 3 % de mortalidad. En el segundo muestreo todos los extractos presentaron porcentajes abajo del 4 %; con respecto al tercer muestreo los extractos mostraron resultados abajo del 16 % de mortalidad.

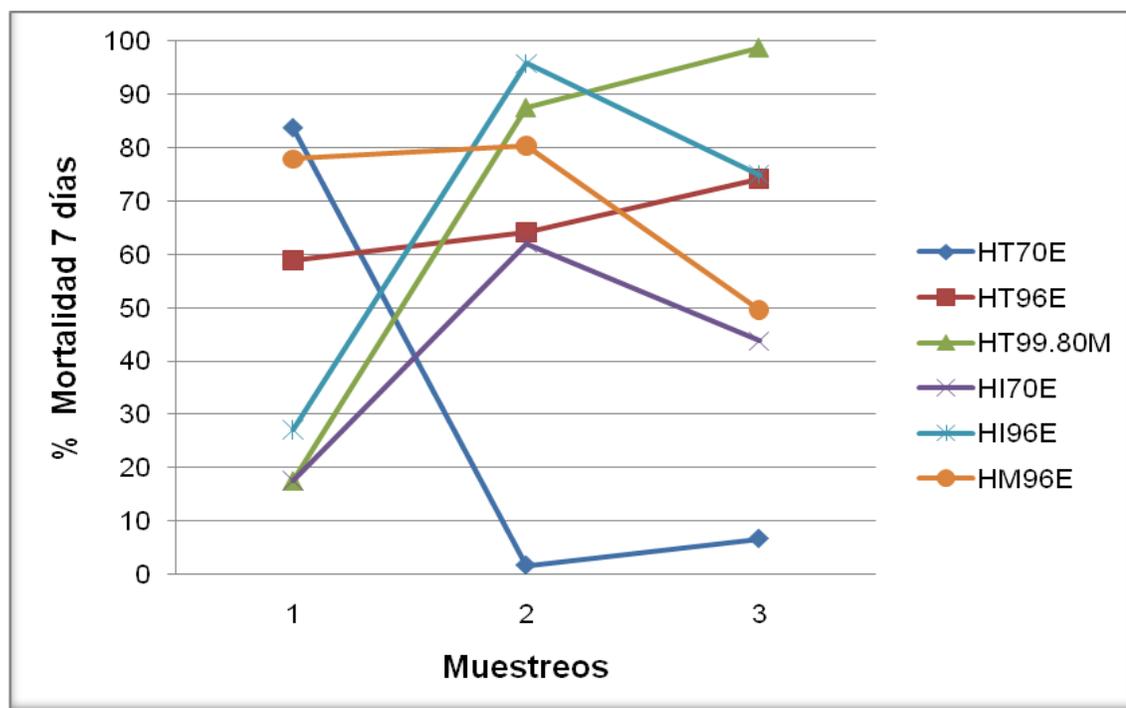


HT70E= Hoja tierna 70 % etanol; HT96E= Hoja tierna 96 % etanol; HT99.80M= Hoja tierna 99.80 % metanol; HI70E= Hoja intermedia 70 % etanol; HI96E= Hoja intermedia 96 % etanol; HM96E= Hoja madura 96 % etanol.

**Figura 4.1.** Porcentaje de mortalidad del *Sitophilus zeamais* con seis extractos en maíz almacenado con tres muestreos y evaluación de 24 h.

En la Figura 4.2 se presenta la mortalidad de *S. zeamais* a los 7 días y la efectividad de los extractos en los tres muestreos evaluados. En el primer muestreo el extracto de hoja tierna 70 % etanol (HT70E) presento resultados arriba del 80 % de mortalidad y el de hoja madura 96 % etanol (HM96E) superior al 70 %. Con respecto al segundo muestreo los extractos de hoja tierna 96 % etanol (HT96E), hoja tierna 99.80 % metanol (HT99.80M), hoja intermedia 70 % etanol (HI70E), hoja intermedia 96 % etanol (HI96E) y hoja madura 96 % etanol (HM96E) presentaron resultados por arriba del 60 % de mortalidad, obteniendo el menor promedio el de hoja tierna 70 % etanol (HT70E). En el tercer muestreo el extracto que presento mayor control en esta

plaga fue la hoja tierna 99.80 % metanol (HT99.80M) con un porcentaje arriba del 90 %.



HT70E= Hoja tierna 70 % etanol; HT96E= Hoja tierna 96 % etanol; HT99.80M= Hoja tierna 99.80 % metanol; HI70E= Hoja intermedia 70 % etanol; HI96E= Hoja intermedia 96 % etanol; HM96E= Hoja madura 96 % etanol.

**Figura 4.2.** Porcentaje de mortalidad del *Sitophilus zeamais* con seis extractos en maíz almacenado con tres muestreos y evaluación de 7 días.

En el Cuadro 4.3 se muestran los resultados de la comparación de medias para las seis concentraciones utilizadas en las evaluaciones 24 h - 7 días en los tres muestreos realizados en el presente trabajo donde se observa que en el muestreo uno que se realizó a las 24 h la mejor concentración estadísticamente es 100 % con 2.7 %, los que obtuvieron resultados inferiores son T<sub>1</sub> (Agua) y T<sub>2</sub> (Agua + Tween 20) con cero porcentaje de mortalidad. Con respecto a la evaluación de los 7 días ya fue incrementado el índice de mortalidad en la

concentración 100 % con 65.8 % estadísticamente siendo el mejor y la de menor respuesta son las que se encuentran libres de tratamiento T<sub>1</sub> (Agua) y T<sub>2</sub> (Agua + Tween 20) con porcentajes de cero.

Para el muestreo dos realizado a los 30 días que se evaluó a las 24 h se observo que el 100 % de la concentración presento resultado estadísticamente siendo el más alto con 2.2 % al de menor respuesta numéricamente fueron las concentraciones 25 %, T<sub>1</sub> (Agua) y T<sub>2</sub> (Agua + Tween 20) con cero porcentaje, esto indica que no presento efecto alguno sobre los insectos. Todo lo contrario para la evaluación día 7, donde se observa que la concentración más alta estadísticamente fue 75 % con 73.0 % de mortalidad y la que indico bajos valores es la T<sub>1</sub> (Agua) siendo el testigo y T<sub>2</sub> (Agua + Tween 20) estadísticamente iguales.

En el tercer muestreo que se realizó a los 60 días con evaluación de 24 h indica la concentración con mejor resultado estadística y numérica fue 25 % con 6.6 % de mortalidad y el de menor porcentajes es la T<sub>1</sub> (Agua) y T<sub>2</sub> (Agua + Tween 20). En la evaluación que se realizo a los 7 días nos indico que las concentraciones más altas fueron 100 % y 75 % con 72.5 % y 71.3 % estadísticamente iguales y la concentración que no presento respuesta alguna fue la T<sub>1</sub> (Agua) y T<sub>2</sub> (Agua + Tween 20) con 1.6 % estadísticamente y numéricamente iguales.

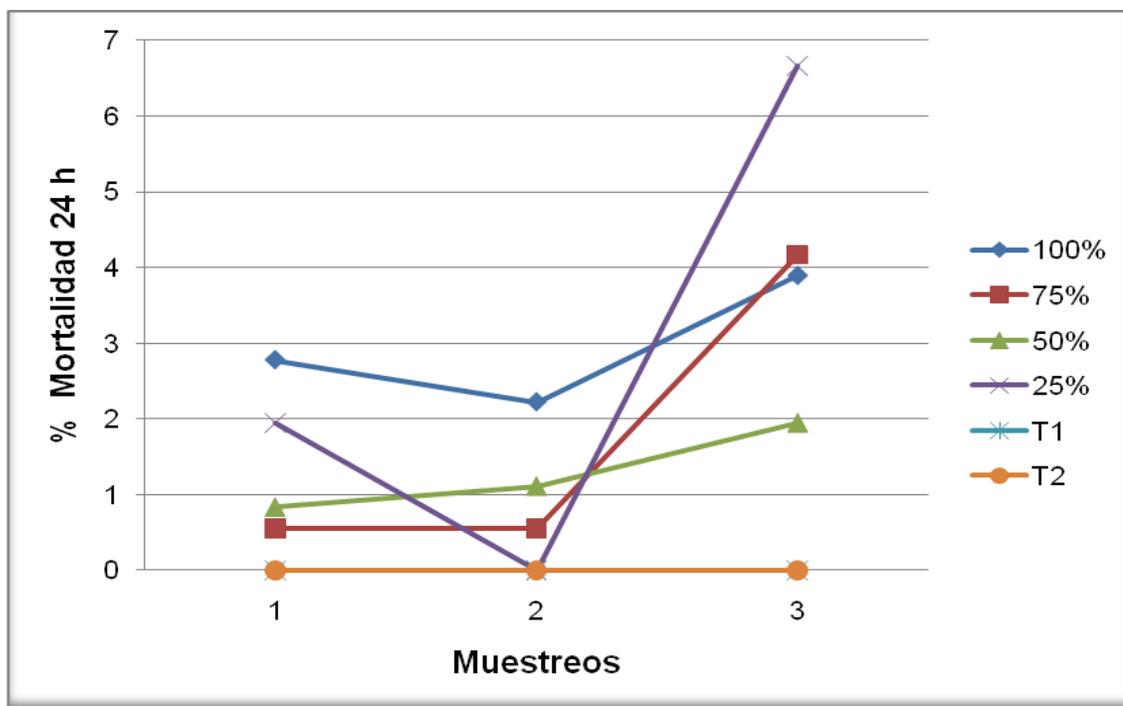
Los tres muestreos se comportaron de la misma forma, mayor porcentaje de mortalidad se obtuvo con la concentración más alta 100 % del extracto, logrando un 70 % de individuos muertos, valor que difirió estadísticamente con la mayoría de las concentraciones, lo que lleva a pensar que a mayores concentraciones se alcanzaría una mayor mortalidad.

**Cuadro 4.3.** Comparación de medias de mortalidad de adultos *Sitophilus zeamais* con la aplicación de seis concentraciones en tres muestreos con dos evaluaciones 24 h y 7 días.

%	Muestreo 1		Muestreo 2		Muestreo 3	
	24 h	7 días	24 h	7 días	24 h	7 días
100	2.7 a	65.8 a	2.2 a	65.0 ab	3.8 ab	72.5 a
75	0.5 bc	50.5 b	0.5 b	73.0 a	4.1 ab	71.3 a
50	0.8 bc	36.9 c	1.1 ab	65.0 ab	1.9 bc	43.0 b
25	1.9 ab	33.0 c	0.0 b	58.0 b	6.6 a	45.0 b
T <sub>1</sub>	0.0 c	0.0 d	0.0 b	0.0 c	0.0 c	1.6 c
T <sub>2</sub>	0.0 c	0.0 d	0.0 b	1.6 c	0.0 c	1.6 c

T<sub>1</sub>= Agua; T<sub>2</sub>= Agua + Tween 20 LSD= 0.05

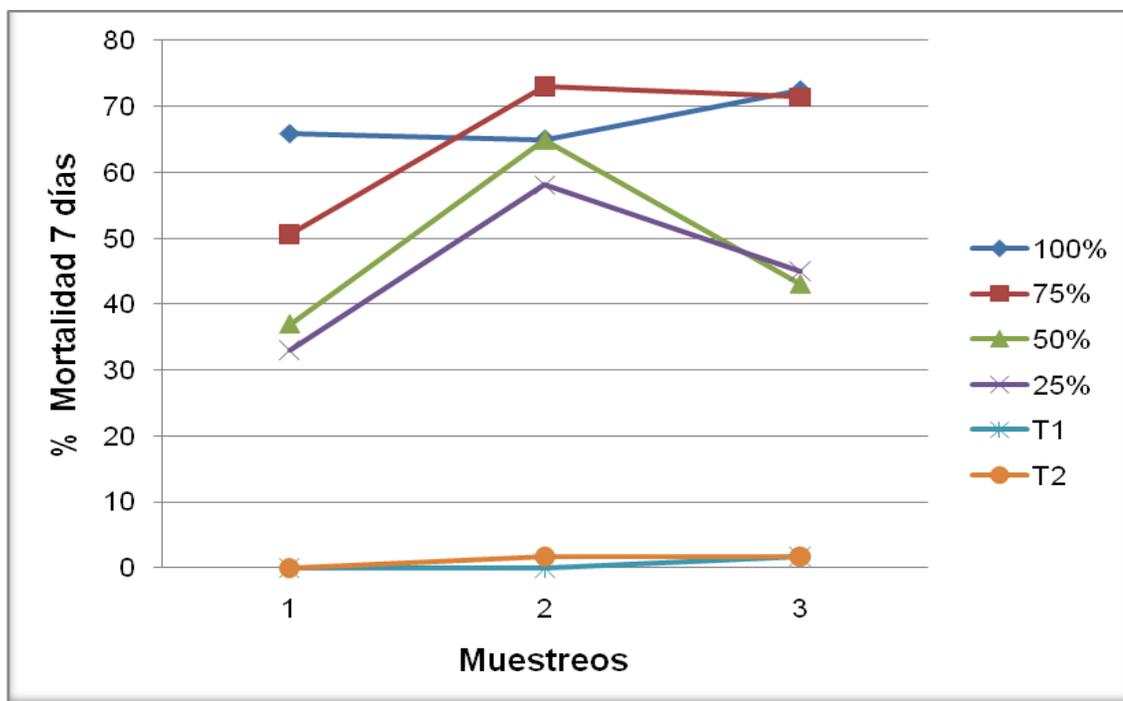
En la Figura 4.3 se presentan gráficamente los resultados de mortalidad del *S. zeamais* por concentraciones de los extractos utilizados en los tres muestreos. En el muestreo uno realizado a las 24 h la mejor concentración fue al 100 % seguida por 25 %. En el muestreo dos realizado a los 30 días evaluado a las 24 h, la concentración que presentó porcentaje arriba del 3 % fue al 100 % de la concentración y los testigos fueron los que no presentaron resultado alguno. En el tercer muestreo la concentración que indicó mejor respuesta fue 25 %, seguida de la 100 % y 75 %, los testigos se comportaron de la misma manera que los muestreos anteriores.



T<sub>1</sub>= Agua y T<sub>2</sub>= Agua+ Tween 20.

**Figura 4.3.** Porcentaje de mortalidad del *Sitophilus zeamais* con seis concentraciones en maíz almacenado con tres muestreos y evaluación de 24 h.

En la Figura 4.4 se indica gráficamente los resultados obtenidos de las concentraciones de los seis extractos aplicados en maíz en los tres muestreos que se evaluarán a los 7 días cada uno. El primer muestreo presenta la concentración más alta con mejores resultados obtenidos arriba del 60 % de mortalidad es al 100 %. En el segundo muestreo la concentración que mostró los más altos resultados de mortalidad fue al 75 % con 70 % seguido de la 100 % y 50 % con 65 %. Con respecto al tercer muestreo el 100 % y 75 % de la concentración presentaron porcentajes superiores del 70 % de mortalidad del *Sitophilus zeamais*. Correspondiente a los testigos son los que mostraron los porcentajes más bajos en los tres muestreos.



T<sub>1</sub>= Agua y T<sub>2</sub>= Agua+ Tween 20.

**Figura 4.4.** Porcentaje de mortalidad del *Sitophilus zeamais* con seis concentraciones en maíz almacenado con tres muestreos y evaluación de 7 días.

### Calidad de la semilla de maíz

En el Cuadro 4.4 se presentan los resultados del análisis de varianza para todas las variables evaluadas de capacidad de germinación en los tres muestreos con los extractos, concentraciones y la interacción extractos por concentraciones.

En el muestreo uno indica como actuaron los extractos en las variables de plántulas normales y semillas sin germinar donde muestran que no hubo diferencias significativas, pero para plántulas anormales si presento diferencias

significativas. En cuanto a las concentraciones en las variables plántulas normales y anormales no hubo diferencias significativas, en semillas sin germinar si hubo diferencias significativas. En la interacción extractos por concentraciones no hubo diferencias significativas para ninguna de las variables.

Para el muestreo dos en los extractos no hubo diferencias significativas en las variables evaluadas, en las concentraciones en la variable de plántulas normales si presento diferencias altamente significativas, para plántulas anormales indico diferencias significativas, en lo que respecta a semillas sin germinar no hubo diferencia significativa y para la interacción extractos por concentraciones en el segundo muestreo en donde se enseña que para la variable plántulas normales si hubo diferencias significativas, todo lo contrario para las variables plántulas anormales y semillas sin germinar no presentaron diferencias significativas.

En cuanto al muestreo tres para las variables plántulas normales y anormales si hubo diferencias altamente significativas en los extractos y no hubo significancia en semillas sin germinar. Para concentraciones en plántulas normales presento diferencias altamente significativas, en lo que respecta a plántulas anormales y semillas sin germinar no hubo significancia, correspondientes a la interacción extractos por concentraciones para este tercer muestreo en el que se puede observar que no existen diferencias significativas

para las variables plántulas normales y plántulas anormales, con referente a la variable semillas sin germinar si existió diferencias significativas.

**Cuadro 4.4.** Análisis de varianza de las variables de capacidad de germinación en la aplicación de extractos de *Melia azedarach* con sus concentraciones en los tres muestreos.

FV	GL	Muestreo 1			Muestreo 2			Muestreo 3		
		PN	PA	SSG	PN	PA	SSG	PN	PA	SSG
E	5	8.88 NS	10.31 *	2.13 NS	14.72 NS	5.60NS	3.11 NS	46.37 **	21.57 **	6.19 NS
C	5	14.57 NS	4.62 NS	7.11 *	36.77 **	8.08 *	15.91 NS	37.12 **	12.32 *	10.81 *
E*C	25	4.90 NS	2.56 NS	2.20 NS	17.49 *	3.39NS	8.30 NS	11.09 NS	6.49 NS	6.05 *
Modelo	35	6.85 NS	3.96 NS	2.89 NS	19.85 **	4.38 *	8.64 NS	19.85 **	9.48 **	6.75 **
Error	72	7.70	4.00	2.81	9.33	2.51	7.40	7.40	4.44	3.40
CV		2.81	225.00	251.66	3.13	204.04	163.29	2.78	203.28	160.77

\*\* = Significativo ( $P \leq 0.01$ ); \* = Significativo ( $P \leq 0.05$ ); NS = No significativo; PN = Plántulas normales; PA = Plántulas anormales; SSG = Semillas sin germinar; E= Extractos; C= Concentraciones. LSD=0.05

En el Cuadro 4.5 se muestran los resultados de la comparación de medias realizado de los tres muestreos evaluados con sus variables de capacidad de germinación para el primer muestreo que se hizo un día después de haberse tratado la semilla.

La comparación de medias nos permite observar que para la variable plántulas normales en este primer muestreo nos reporta que todos los extractos fueron estadísticamente iguales, con resultados arriba del 90 % de germinación, eso significa que los extractos no afectan la calidad de la semilla de maíz. En lo que se refiere a plántulas anormales el extracto que presentó estadísticamente el mayor valor de estas fue el de hoja tierna 70 % etanol (HT70E) con 2.2 % y los más bajos estadísticamente iguales son los de hoja tierna 96 % etanol (HT96E), hoja tierna 99.80 % metanol (HT99.80M), hoja intermedia 96 % etanol (HI96E) y hoja madura 96 % etanol (HM96E). Para la variable semillas sin germinar se obtuvieron resultados estadísticamente iguales para todos los extractos y el de hoja intermedia 96 % de etanol (HI96E) fue el que presento el más alto valor numéricamente el 1 %.

Para las variables evaluadas del segundo muestreo que se realizó a los 40 días después de haber tratado la semilla de maíz. La comparación de media nos puede mostrar claramente que el extracto que obtuvo mayor plántulas normales estadísticamente fue el de hoja madura 96 % etanol (HM96E) con 98.66 % y el extracto que presento bajo resultado fue el de hoja tierna 96 % etanol (HT96E) con 96.4 % todos los extractos mostraron buenos resultados,

esto indica que no dañan el porcentaje de germinación. El extracto que obtuvo mayor plántulas anormales estadísticamente fue el de hoja tierna 96 % etanol (HT96E) con 1.7 % y los que obtuvieron menor porcentaje fueron los de hoja tierna 70 % etanol (HT70E) con 0.4 %, hoja intermedia 70 % etanol (HI70E) con 0.4 % y hoja madura 96 % etanol (HM96E) con 0.2 %. En semillas sin germinar todos los extractos presentaron resultados estadísticamente iguales, pero numéricamente el de hoja intermedia 96 % etanol (HI96E) obtuvo 2.2 %.

La comparación de medias en lo que se refiere a los extractos de las variables evaluadas en el tercer muestreo que se realizó a los 80 días después de que se trató la semilla. En la variable plántulas normales, registró diferencias estadísticas entre extractos, siendo hoja intermedia 70 % etanol (HI70E) y hoja madura 96 % etanol (HM96E) los mejores extractos con 99.3 % y 98.8 %, los cuales fueron superiores numéricamente, el que mostró menor resultado fue el de hoja intermedia 96 % etanol (HI96E) con 95.1 %. En lo que corresponde a plántulas anormales, se encontró diferencias estadísticas y numéricas entre extractos, los mejores fueron los de hoja tierna 70 % etanol (HT70E) y hoja intermedia 70 % etanol (HI70E) con debajo 0.2 %, respectivamente y el extracto que registro el porcentaje mayor fue el de hoja intermedia 96 % etanol (HI96E) con 2.8 %. En las semillas sin germinar, se encontró diferencias estadísticas y numéricas entre los extractos, el resultado menor se presentó en el hoja intermedia 70 % etanol (HI70E) y hoja madura 96 % etanol (HM96E) con 0.6 % y 0.4 % respectivamente el porcentaje alto estadísticamente se presentó en el extracto hoja intermedia 96 % etanol (HI96E) con 2.0 %.

**Cuadro 4.5.** Comparación de medias de los seis extractos para cada una de las variables de capacidad de germinación en los tres muestreos evaluados.

Extractos	Muestreo 1			Muestreo 2			Muestre 3		
	PN	PA	SSG	PN	PA	SSG	PN	PA	SSG
HT70E	97.5 a	2.2 a	0.2 a	98.0 ab	0.4 b	1.5 a	98.4 ab	0.2 c	1.3 ab
HT96E	99.1 a	0.4 b	0.4 a	96.4 b	1.7 a	1.7 a	98.4 ab	0.6 bc	0.8 ab
HT99.80M	99.3 a	0.2 b	0.4 a	97.1 ab	0.8 ab	2.0 a	96.6 bc	1.7 ab	1.5 ab
HI70E	97.7 a	1.3 ab	0.8 a	98.2 ab	0.4 b	1.3 a	99.3 a	0.0 c	0.6 b
HI96E	98.4 a	0.4 b	1.1 a	96.6 ab	0.8 ab	2.2 a	95.1 c	2.8 a	2.0 a
HM96E	98.4 a	0.6 b	0.8 a	98.6 a	0.2 b	1.1 a	98.8 a	0.6 bc	0.4 b

HT70E= Hoja tierna 70 % etanol; HT96E= Hoja tierna 96 % etanol; HT99.80M= Hoja tierna 99.80 % metanol; HI70E= Hoja intermedia 70 % etanol; HI96E= Hoja intermedia 96 % etanol; HM96E= Hoja madura 96 % etanol; PN = Plántulas normales; PA = Plántulas anormales; SSG = Semillas sin germinar. LSD=0.05

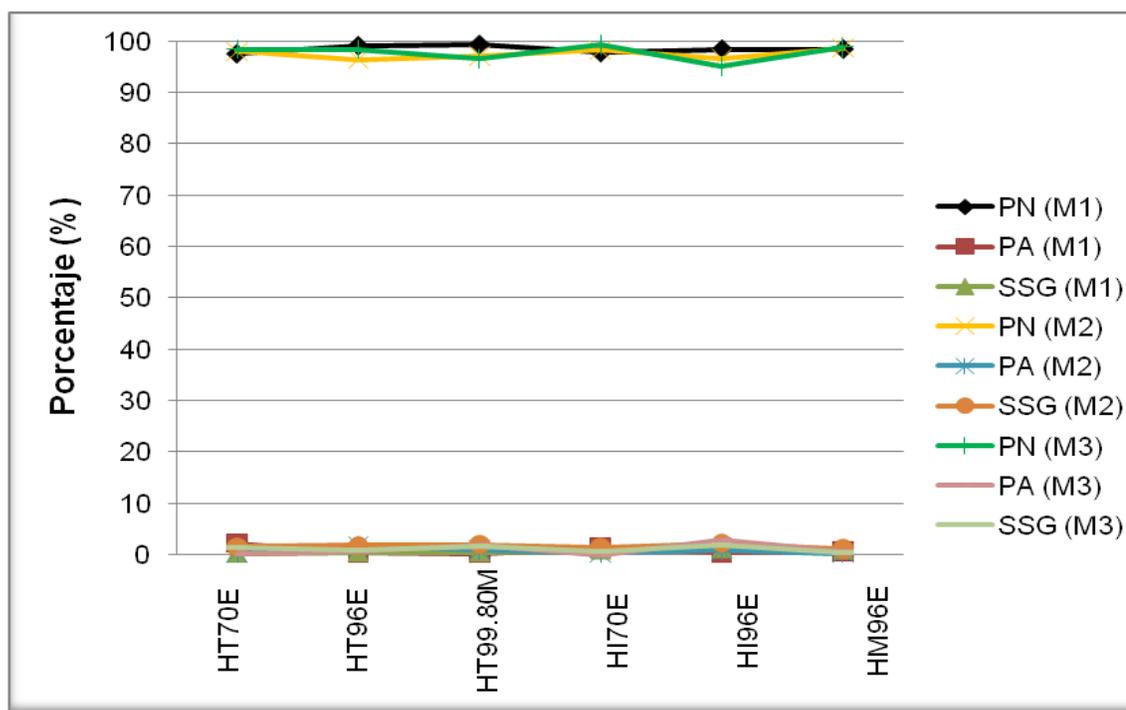
En la Figura 4.5 se observan los porcentajes de capacidad de germinación (plántulas normales, plántulas anormales y semillas sin germinar) para los seis extractos en los tres muestreos evaluados.

En el primer muestreo todos los extractos obtuvieron buenos resultados en plántulas normales con arriba del 90 %. Eso significa que ningún extracto dañó la calidad fisiológica de la semilla de maíz.

Para el segundo muestreo se puede observar que todos los extractos se comportaron igual que en el primer muestreo, obteniendo muy buenos resultados en plántulas normales arriba del 90 % cada uno de los extractos, con lo que respecta a plántulas anormales y semillas sin germinar mostraron porcentajes bajos, debido al alto porcentaje de germinación.

En el tercer muestreo indica que la variable de plántulas normales presento valores arriba del 90 %, para plántulas anormales y semillas sin germinar los

datos estuvieron menor del 1 %. Donde se demuestra que los extractos no afectan la calidad de la semilla. Espinoza (2006), trabajando con polvos de hojas de *M. azedarach*, encontró en todas sus concentraciones un efecto positivo en la germinación, superiores al 87 %, lo cual permite inferir que estos polvos no afectaron el normal desarrollo de las semillas de trigo.



HT70E= Hoja tierna 70 % etanol; HT96E= Hoja tierna 96 % etanol; HT99.80M= Hoja tierna 99.80 % metanol; HI70E= Hoja intermedia 70 % etanol; HI96E= Hoja intermedia 96 % etanol; HM96E= Hoja madura 96 % etanol; PN = Plántulas normales; PA = Plántulas anormales; SSG = Semillas sin germinar.

**Figura 4.5.** Capacidad de germinación de la semilla de maíz tratada con seis extractos en los tres muestreos evaluados.

En el Cuadro 4.6 muestran, los resultados obtenidos de la comparación de medias con respecto a las concentraciones para los tres muestreos con todas las variables de capacidad de germinación. El muestreo uno muestra el

resultado de la variable plántulas normales la mejor concentración numérica y estadística fue la de T<sub>1</sub> (Agua) que fue uno de los testigos obteniendo el 100 % y la más baja fue el 100 % y 75 % de concentración del extracto, que tuvieron menor porcentaje de germinación con un 97 %. En lo que respecta a plántulas anormales las concentraciones que obtuvieron estadísticamente porcentajes muy altos son 75 % y T<sub>2</sub> (Agua + Tween 20) con 1.3 % y la concentración que presenta el valor bajo estadísticamente es T<sub>1</sub> (Agua). En la variable semillas sin germinar al 100 % de la concentración presento el mayor porcentaje estadísticamente con 1.5 y las de menor resultado son T<sub>1</sub> (Agua) y T<sub>2</sub> (Agua + Tween 20).

La comparación de medias en lo que respecta a las seis concentraciones para cada variable evaluada en el segundo muestreo que se realizó a los 40 días después de que se trató la semilla. Para la variable plántulas normales en semillas de maíz tratada con las seis concentraciones con seis extractos, en donde se observa que en las concentraciones al 75 %, 50 %, 25 %, T<sub>1</sub> (Agua) y T<sub>2</sub> (Agua + Tween 20) mostraron estadísticamente los valores más altos, y la concentración que indico porcentajes bajos es al 100 % con 94.8%. Para la variable plántulas anormales se muestran los resultados estadísticamente de las concentraciones que presentaron los valores altos 100 % con 1.5 %, 25 % con 1.1 % y T<sub>2</sub> (Agua + Tween 20) con 1.3 % y el de menor respuesta es al 50 % con cero porcentaje. Con respecto a semillas sin germinar claramente se observa que al 75 %, 50 %, 25 %, T<sub>1</sub> (Agua) y T<sub>2</sub> (Agua + Tween 20) obtuvieron

mejores valores con porcentajes de bajo del 1.5 %, la concentración al 100 % fue la que presento los más altos resultados con 3.5 %.La comparación de medias referente a las seis concentraciones utilizadas para todas las variables evaluadas en el tercer muestreo. Todas las semillas de maíz tratadas con extractos provenientes de hojas de *M. azedarach* obtuvieron un porcentaje de plántulas normales superior al 90 %. Las semillas tratadas con extracto de hojas mostraron en promedio de plántulas anormales y semillas sin germinar inferior del 2 %.

**Cuadro 4.6.** Comparación de medias de las seis concentraciones para cada una de las variables de capacidad de germinación en los tres muestreos evaluados.

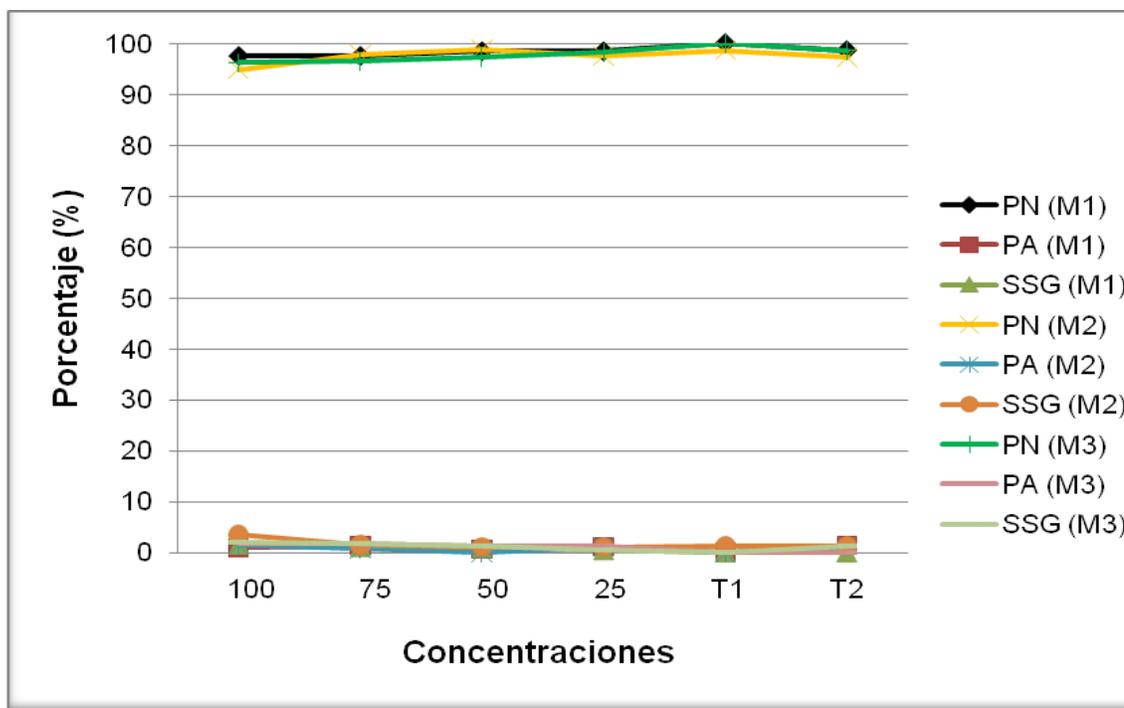
%	Muestreo 1			Muestreo 2			Muestre 3		
	PN	PA	SSG	PN	PA	SSG	PN	PA	SSG
100	97.5 b	0.8 ab	1.5 a	94.8 b	1.5 a	3.5 a	96.2 d	1.7 a	2.0 a
75	97.5 b	1.3 a	1.1 ab	97.7 a	0.6 ab	1.5 b	96.4 cd	1.7 a	1.7 a
50	98.4 ab	0.6 ab	0.8 ab	98.8 a	0.0 b	1.1 b	97.3 bcd	1.3 ab	1.3 ab
25	98.4 ab	1.1 ab	0.4 ab	97.5 a	1.1 a	1.1 b	98.2 abc	1.3 ab	0.4 bc
T <sub>1</sub>	100.0 a	0.0 b	0.0 b	98.6 a	0.0 b	1.3 b	100.0 a	0.0 b	0.0 c
T <sub>2</sub>	98.6 ab	1.3 a	0.0 b	97.3 a	1.3 a	1.3 b	98.6 ab	0.0 b	1.3 ab

T<sub>1</sub>= Agua; T<sub>2</sub>= Agua +Tween 20; PN = Plántulas normales; PA = Plántulas anormales; SSG = Semillas sin germinar. LSD=0.05

En la Figura 4.6 se muestran los resultados de las variables plántulas normales, plántulas anormales y semillas sin germinar en semilla de maíz tratada con seis concentraciones diferentes y seis diferentes extractos, en donde se observan los resultados de todas las concentraciones aplicadas, las cuales no afecto a plántulas normales del lote de semillas de maíz con arriba del 95 %, también estos efectos se mostraron en las plántulas anormales y semillas sin germinar las cuales estuvieron muy bajas.

Se observa gráficamente los resultados de capacidad de germinación de la semilla de maíz a 40 días después de que fue tratada con seis diferentes extractos, en donde se observa que en todas las concentraciones se obtuvieron valores arriba del 95 % de plántulas normales, esto representa que no daño su calidad fisiológica de la semilla de maíz durante el periodo de almacenamiento. Por lo consiguiente las variables plántulas anormales y semillas sin germinar presentaron porcentajes muy bajos.

Se demuestra gráficamente los porcentajes del tercer muestreo de capacidad germinación, al evaluar los extractos con sus concentraciones, los datos obtenidos muestran que se obtuvo plántulas normales máximo del 100 % con la T<sub>1</sub> (Agua), presentando diferencias estadísticas con el restante de las concentraciones. Todo lo contrario con plántulas anormales y semillas sin germinar con bajos porcentajes.



T<sub>1</sub>=Agua; T<sub>2</sub> = Agua+ Tween 20; PN = Plántulas normales; PA = Plántulas anormales; SSG = Semillas sin germinar.

**Figura 4.6.** Capacidad de germinación de semilla de maíz tratada con seis concentraciones en los tres muestreos.

En el Cuadro 4.7 muestran, los resultados del análisis de varianza de vigor en extractos, concentraciones y la interacción extractos por concentraciones, en los tres muestreos. En lo que corresponde al primer muestreo en la variable longitud media de plúmula, indica que hay diferencias altamente significativas, en cambio en longitud media de radícula si hubo diferencia significativa, en lo que respecta a extractos y concentraciones; en cuanto a la interacción extractos por concentraciones no hubo diferencia significativa.

En el segundo muestreo en longitud media de plúmula y radícula en los extractos no hubo diferencias significativas; en cuanto a las concentraciones si

hubo diferencias altamente significativas para las dos variables y en la interacción extractos por concentraciones en la variable longitud media de plúmula no hubo diferencia significativa, pero para radícula si hay diferencia significativa.

En el tercer muestreo en extractos y concentraciones con las dos variables se obtuvo diferencias altamente significativas y en la interacción extractos por concentraciones en la variable longitud media de plúmula no hay diferencia significativa, en donde si hubo diferencia altamente significativa fue en longitud media de radícula.

**Cuadro 4.7.** Análisis de varianza de las variables de vigor en la aplicación de extractos de *Melia azedarach* con sus concentraciones en los tres muestreos.

FV	GL	Muestreo 1		Muestreo 2		Muestreo 3	
		LMP	LMR	LMP	LMR	LMP	LMR
E	5	1.45 **	0.31 *	0.43 NS	0.33 NS	0.96 **	1.19 **
C	5	2.11 **	0.42 *	2.23 **	0.84 **	1.96 **	1.13 **
E*C	25	0.38 NS	0.15 NS	0.49 NS	0.35 *	0.43 NS	0.27 **
Modelo	35	0.78 *	0.21 *	0.73 *	0.42 **	0.72 **	0.53 **
Error	72	0.41	0.13	0.38	0.19	0.28	0.10
CV		5.53	2.85	5.15	3.47	4.54	2.52

\*\* = Significativo ( $P \leq 0.01$ ); \* = Significativo ( $P \leq 0.05$ ); NS = No significativo; LMP = Longitud media de plúmula; LMR = Longitud media de radícula; E= Extractos; C= Concentraciones. LSD= 0.05

En el Cuadro 4.8 se muestran los resultados de la comparación de medias de vigor con sus variables evaluadas en los tres muestreos. En lo que respecta primer muestreo se obtuvieron los resultados de longitud media de plúmula, siendo el extracto de hoja tierna 99.80 % metanol (HT99.80M) es el que presenta un mejor resultado estadístico con 12.0 cm y el extracto que presento

el valor más bajos es el de hoja madura 96 % etanol (HM96E) con 11.1 cm; lo cual significa que los extractos no dañaron el vigor de la semilla de maíz. En lo que se refiere a longitud media de radícula todos los extractos presentaron buenos resultados con arriba de 12 cm. Pero los de mayor resultados estadísticamente iguales son los extractos de hoja tierna 99.80 % metanol (HT99.80M) con 12.8 cm, hoja tierna 96 % etanol (HT96E) con 12.8 cm y el de hoja madura 96 % etanol (HM96E) con 12.7 cm.

El segundo muestreo para longitud media de plúmula nos muestra que el extracto que tiene mejor resultados numéricos y estadísticos fue el de hoja madura 96 % etanol (HM96E) con 12.2 cm y el menor fue el de hoja tierna 96 % etanol (HT96E) con 11.8 cm. En lo que se refiere a longitud media de radícula la respuesta estadísticamente mayor la obtuvo hoja madura 96 % etanol (HM96E) con 12.8 cm y el que reporto menor resultado es el extracto de hoja tierna 96 % de etanol (HT96E) con 12.4 cm. Esto indica que el tiempo que se mantuvo almacenado el maíz ya tratado no daño la fisiología de la semilla.

En lo que respecta al tercer muestreo para la variable longitud media de plúmula, se encontró diferencias estadísticas entre extractos, el valor más alto estuvo presente en el extracto de hoja intermedia 70 % etanol (HI70E) con 12.0 cm y presentando la menor longitud de los extractos fue 11.4 cm con el extracto de hoja intermedia 96 % etanol (HI96E). En lo que respecta a la longitud media de radícula, se presentó resultados estadísticamente iguales en los extractos de hoja intermedia 70 % etanol (HI70E) con 12.8 cm, el de hoja madura 96 %

etanol (HM96E) con 12.7 cm, hoja tierna 70 % etanol (HT70E) con 12.7 cm y el hoja tierna 96 % etanol (HT96E) con 12.7 cm; los mejores resultados los registran todos los extractos con arriba de 12 cm.

**Cuadro 4.8.** Comparación de media de los seis extractos para cada una de las variables de vigor en los tres muestreos evaluados.

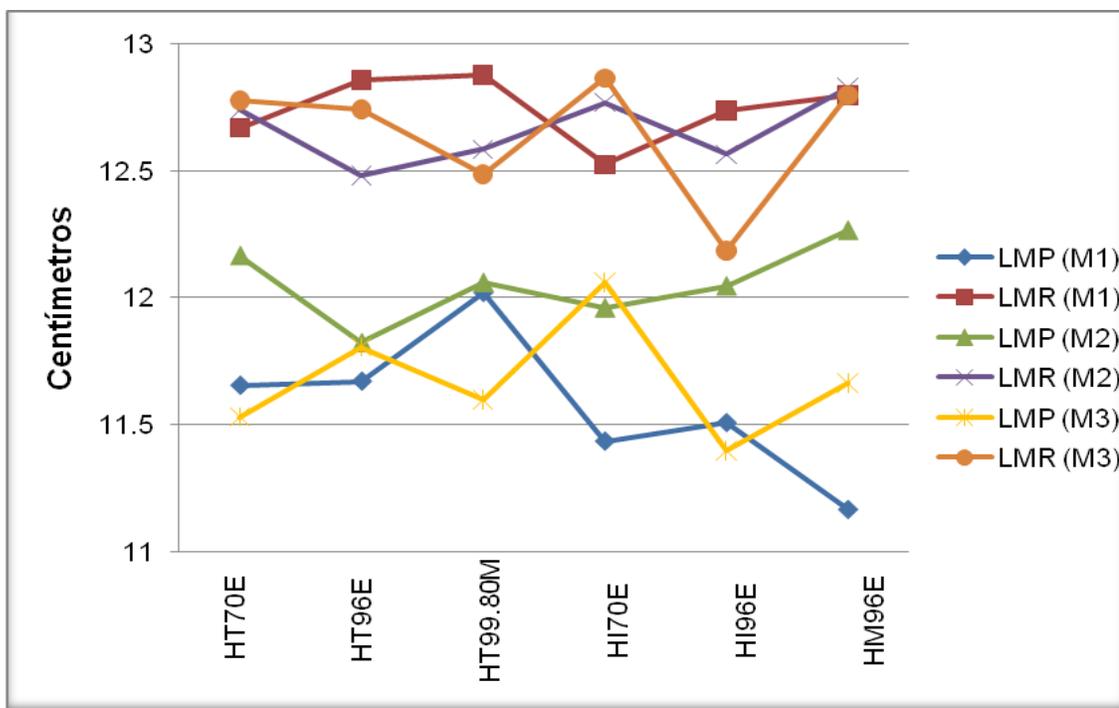
Extractos	Muestreo 1		Muestreo 2		Muestreo 3	
	LMP	LMR	LMP	LMR	LMP	LMR
HT70E	11.6 ab	12.6 ab	12.1 ab	12.7 ab	11.5 bc	12.7 a
HT96E	11.6 ab	12.8 a	11.8 b	12.4 b	11.8 ab	12.7 a
HT99.80M	12.0 a	12.8 a	12.0 ab	12.5 ab	11.6 bc	12.4 b
HI70E	11.4 bc	12.5 b	11.9 ab	12.7 ab	12.0 a	12.8 a
HI96E	11.5 bc	12.7 ab	12.0 ab	12.5 ab	11.4 c	12.1 c
HM96E	11.1 c	12.7 a	12.2 a	12.8 a	11.6 bc	12.7 a

HT70E= Hoja tierna 70 % etanol; HT96E= Hoja tierna 96 % etanol; HT99.80M= Hoja tierna 99.80 % metanol; HI70E= Hoja intermedia 70 % etanol; HI96E= Hoja intermedia 96 % etanol; HM96E= Hoja madura 96 % etanol; LMP = Longitud media de plúmula; LMR = Longitud media de radícula. LSD= 0.05

En la Figura 4.7 se muestran gráficamente los resultados de vigor con sus variables de longitud media de plúmula y longitud media de radícula para los seis extractos en los tres muestreos; en el muestreo uno el extracto de hoja tierna 99.80 % metanol (HT99.80M) es el que nos muestra los más altos resultados en las dos variables evaluadas, seguida de los cinco extractos ya que en ellos se obtuvo arriba de 11 cm de longitud media de plúmula y con respecto a longitud media de radícula todos los extractos mostraron arriba de 12 cm., esto nos indica que la semilla tratada con el extracto no afecta al vigor de la semilla de maíz.

En el segundo muestreo se presentan gráficamente los resultados obtenidos de longitud media de plúmula y radícula. La semilla ha conservado su vigor durante 40 días almacenada, en longitud media de plúmula los extractos de hoja tierna 70 % etanol (HT70E), hoja tierna 99.80 % metanol (HT99.80M), hoja intermedia 70 % etanol (HI70E), hoja intermedia 96 % etanol (HI96E) y hoja madura 96 % etanol (HM96E) mostraron mayores efectos numéricamente con 12 cm., y el que menor promedio obtuvo fue el hoja tierna 96 % etanol (HT96E) con 11 cm. Para la variable evaluada longitud media de radícula los extractos de hoja tierna 70 % etanol (HT70E), hoja tierna 96 % etanol (HT96E), hoja tierna 99.80 % metanol (HT99.80M), hoja intermedia 70 % etanol (HI70E), hoja intermedia 96 % etanol (HI96E) y hoja madura 96 % etanol (HM96E) tienen resultados arriba de 12 cm.

En el tercer muestreo se indica gráficamente el porcentaje de longitud media de plúmula donde presenta el extracto que obtuvo mayores resultados es el de hoja intermedia con 70 % etanol (HI70E) superior a los 12 cm. En lo que respecta a la variable de longitud media de radícula de la semilla de maíz tratada con seis extractos de *Melia azedarach*, alcanzaron resultados arriba de los 12 cm.



HT70E= Hoja tierna 70 % etanol; HT96E= Hoja tierna 96 % etanol; HT99.80M= Hoja tierna 99.80 % metanol; HI70E= Hoja intermedia 70 % etanol; HI96E= Hoja intermedia 96 % etanol; HM96E= Hoja madura 96 % etanol; LMP = Longitud media de plúmula; LMR = Longitud media de radícula.

**Figura 4.7.** Longitud media de plúmula y longitud media de radícula de semilla de maíz tratada con seis extractos en los tres muestreos.

En el Cuadro 4.9 se muestran, los resultados obtenidos de la comparación de media con respecto a las concentraciones con sus variables de vigor en los tres muestreos. En el primer muestreo se obtuvo para longitud media de plúmula todas las concentraciones se mantuvieron arriba de 11 cm numéricamente, pero estadísticamente la concentración que más alta fue es la  $T_1$  (Agua) con 11.9 cm y la de menor resultado es al 100 % con 11 cm. Para Longitud media de radícula la concentración que más alto resultado obtuvo estadísticamente es  $T_1$  (Agua) con 13 cm y seguida del resto de las

concentraciones con 12 cm, ya que todas las concentraciones presentaron buenos resultados numéricamente.

En el segundo muestreo se presentaron los valores para la variable de longitud media de plúmula con la concentración que mejor resultado presento estadística y numérica fue  $T_1$  (Agua) que es el testigo con 12.5 cm y al 100 % es la que mostro el valor más bajo con 11.4 cm. La variable longitud media de radícula es donde se puede apreciar que en todas las concentraciones se obtuvieron los valores altos arriba de 12 cm.

En el caso de longitud media de plúmula para el tercer muestreo, se observó que sólo la concentración de  $T_1$  (Agua) con 12.2 cm, presento diferencias estadísticas entre sí, las que a su vez exhibieron el mayor resultado, las cinco concentraciones restante se comportaron de la misma forma con 11 cm de longitud. Con respecto a longitud media de radícula el testigo fue el que obtuvo 13 cm de longitud, siendo este la mejor concentración, aunque las concentraciones 100 %, 75 %, 50 %, 25 %, y  $T_2$  (Agua + Tween 20) presentaron resultados entre 12 cm.

**Cuadro 4.9.** Comparación de medias de las seis concentraciones para cada una de las variables de vigor en los tres muestreos evaluados.

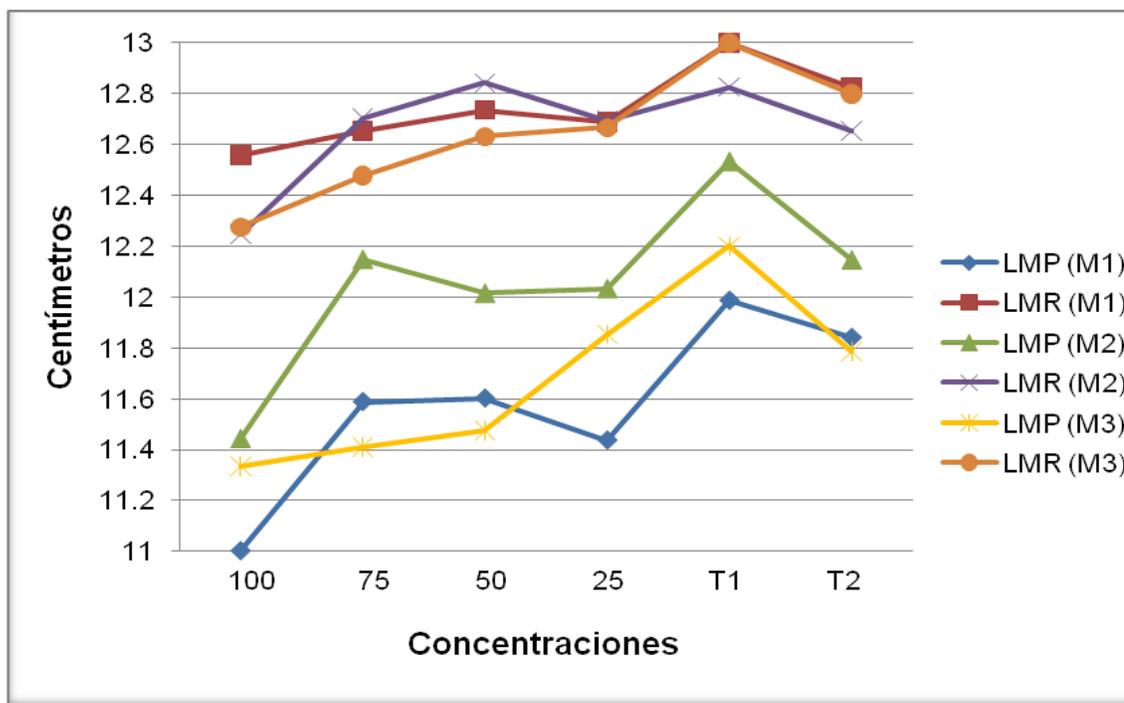
%	Muestreo 1		Muestreo 2		Muestreo 3	
	LMP	LMR	LMP	LMR	LMP	LMR
100	11.0 c	12.5 c	11.4 c	12.2 b	11.3 d	12.2 d
75	11.5 ab	12.6 bc	12.1 ab	12.7 a	11.4 d	12.4 cd
50	11.6 ab	12.7 bc	12.0 b	12.8 a	11.4 cd	12.6 bc
25	11.4 b	12.6 bc	12.0 b	12.6 a	11.8 ab	12.6 bc
T <sub>1</sub>	11.9 a	13.0 a	12.5 a	12.8 a	12.2 a	13.0 a
T <sub>2</sub>	11.8 ab	12.8 ab	12.1 ab	12.6 a	11.7 bc	12.8 ab

T<sub>1</sub>= Agua; T<sub>2</sub>= Agua +Tween 20; LMP = Longitud media de plúmula; LMR = Longitud media de radícula. LSD= 0.05

En la Figura 4.8 se muestran los resultados de vigor con las variables longitud media de plúmula y longitud media de radícula para los tres muestreos, en donde se observa que la concentración T<sub>1</sub> (Agua) es la que presenta mejores resultados para las dos variables evaluadas con 12 cm y la concentración que nos muestra el menor resultado fue el 100 % de concentración del extracto.

En el segundo muestreo señalan los valores de longitud media de plúmula y longitud media de radícula que se siguen comportando igual que el primer muestreo, en lo que se demuestra para las dos variables que todas las concentraciones presentaron arriba de 11 cm, esto indica que el vigor de la semilla esta en un rango aceptable.

En tercer muestreo se muestra que el rango de la longitud media de plúmula es menor a la de radícula, como se puede señalar que la mayor concentración presente el valor más bajo para las dos variables.



T<sub>1</sub> = Agua; T<sub>2</sub> = Agua + Tween 20; LMP = Longitud media de plúmula; LMR = Longitud media de radícula.

**Figura 4.8.** Longitud media de plúmula y longitud media de radícula de semilla de maíz tratada con seis concentraciones en los tres muestreos.

## V. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos y en relación con el objetivo planteado, en el presente trabajo se puede concluir lo siguiente:

El mejor extracto de hojas de *M. azedarach* para controlar el *S. zeamais* a las 24 h después de la infestación es el extracto de hoja tierna 99.80 % metanol (HT99.80M) al 100 % de la concentración con 15.83 % de mortalidad. Sin embargo el resto de los extractos presentaron mortalidades inferiores al 6 %.

Se concluyo que los extractos de hojas de *Melia azedarach* L., se comportaron igual, ya que se obtuvieron porcentajes superiores al 70 % de mortalidad, dentro de la evaluación de los 7 días, ya que el insecto estaba más en contacto con el extracto durante más tiempo, debido a que la semilla estaba impregnada.

Sin embargo el extracto de hoja tierna 99.80 % metanol (HT99.80M) con el 100 % de concentración fue más eficaz y alcanzó mortalidades de *Sitophilus zeamais* de hasta 98.7 %.

En lo que respecta a la calidad fisiológica de la semilla de maíz, se obtuvieron resultados positivos ya que no afectaron el normal desarrollo de las semillas por ninguno de los extractos de hojas de *Melia azedarach* y concentraciones, ya que se mostraron porcentajes superiores del 90 % de plántulas normales (germinación), lo mismo para vigor con valores de hasta 13 cm de longitud para plúmula y radícula, evaluados durante los 80 días de almacenamiento.

## RESUMEN

El progreso de las poblaciones se ha vinculado al desarrollo de la Agricultura y en consecuencia la conservación y almacenamiento de semillas, ya que en el proceso de conservación de semillas de maíz se ha visto impactado por la presencia de plagas como los insectos (*Sitophilus zeamais*), que han generado grandes pérdidas en semillas almacenadas. Debido a esto se han buscado alternativas de control como es el uso de plantas con propiedades insecticidas entre las que se destaca *Melia azedarach* L., la cual contiene compuestos que actúan como insecticida e inhibidor de la alimentación y crecimiento. En este trabajo de investigación se evaluó el efecto de los extractos de hojas de *M. azedarach* con los solventes etanol al 70, 96 % y metanol al 99.80 % para controlar el *Sitophilus zeamais* en semilla de maíz AN-447 almacenada durante un período de 60 días. En la primera etapa del trabajo de investigación se realizó el bioensayo, para obtener las mejores concentraciones de los extractos. En la segunda etapa se evaluaron las mejores concentraciones obtenidas de los extractos (100, 75, 50 y 25 %), utilizando dos testigos (agua y agua + tween 20), para determinar su efectividad sobre el *S. zeamais*. Se evaluó mortalidad del *S. zeamais* a las 24 h y 7 días después de la infestación inicial. Obteniendo la mayor mortalidad de insectos con el extracto de hoja tierna 99.80% metanol (HT99.80M) al 100 % de

concentración del extracto. En la tercera etapa se evaluó el efecto de los extractos sobre la calidad fisiológica de la semilla de maíz AN-447 almacenada durante 80 días y realizando muestreos cada 40 días, en los cuales se realizaron pruebas de capacidad de germinación y vigor (longitud media de plúmula y radícula). Los extractos evaluados no ocasionaron daño a la calidad fisiológica de la semilla durante los 80 días de almacenamiento, ya que se mostraron porcentajes superiores del 90 % de plántulas normales (germinación), lo mismo para vigor con valores de hasta 13 cm de longitud para plúmula y radícula. Presentado buenos resultados tanto para mortalidad como para calidad fisiológica, esto nos indica que los extractos no afectan a la semilla a pesar del tiempo de almacenamiento.

## LITERATURA CITADA

- Appert, J. 1993. El almacenamiento de granos y semillas alimenticios. Edición. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. pp. 11-97.
- Arnason, J., Baum, B., Gale, J., Lambert, J., Bergvinson, D., Philogene, B., Serratos, A., Mihm, J y Jewell, D. 1994. Variation in resistance of Mexican landraces of maize to maize weevil in relation to taxonomic and biochemical parameters. *Euphytica* 74. pp. 227- 236.
- Bartlett, M. 1947. The use of transformations, biometrics. pp. 39 - 52.
- Brechelt, A. 2004. El Manejo Ecológico de Plagas y Enfermedades. Fundación Agricultura y Medio Ambiente (FAMA). República Dominicana. pp. 4-6.
- Brower, J., L. Smith., P. Vail., y P. Flinn. 1996. Biological Control In: Subramanyam, B y D. Hagstrum (Eds). *Integrated Management of insects in stored products*. Marcel Dekker, Inc. New York. USA. pp 223-286.
- Céspedes, C., S. Calderón, L. Lina y E. Arana. 2000. Growth inhibitory effects on fall armyworm *Spodoptera frugiperda* of some limonoids isolated from *Cedrela* spp. (Meliaceae). *J. Agric. Food Chem.* 48: 1903-1908.
- Coto, C. y Torres R. 1999. El paraíso (*Melia azedarach* L.): fuentes de productos bioactivos. *Rev. Dominguezia*. Vol. 15 - No. 1.
- Clavijo, S. y G. Pérez. 2000. El Maíz en Venezuela. Cap. 6. In *Protección y Sanidad Vegetal*. Sec 2. Insectos Plagas del Maíz. Ed. Fundación Polar. pp. 345-361.
- Craviotto, R., Salinas A., Arango P. y Gallo C. 2006. Diagnóstico por tetrazolio en semillas de soja verdes abolladas y arrugadas. III Congreso de Soja del MERCOSUR, Rosario, Argentina. pp. 146-149.
- Danho, M. 2002 .The impact of grain quantity on the biology of *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae): oviposition, distribution of eggs, adult emergence, body weight and sex ratio. *Journal of Stored Products Research* 38. pp. 259-266.

- D' Antonio, L. 1997. Principales plagas de granos almacenados. In. Congreso brasileiro de engenharia agrícola, 26., 1997, Campina Grande, Paraíba. Armazenamiento de granos e sementes nas propriedades rurais. Campina grande, 1997. pp. 189-291.
- Daorden, M. y Albarracín F. 2005. Las especies ornamentales de la EEA INTA San Pedro. 1ra Edición. Estación Experimental Agropecuaria San Pedro. 13 p.
- Dell' Orto, T. y V. Arias 1985. Insectos que dañan granos y productos almacenados. Serie: Tecnología Postcosecha. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. pp. 37 – 54.
- Espinoza, P. 2006. Evaluación de polvos y extractos de *Melia azedarach* L. (Meliaceae) para el control de *Sitophilus zeamais motschulsky* (Coleoptera: Curculionidae) en laboratorio. Universidad de Concepción Facultad de Agronomía. Chillán – Chile. pp. 1-18.
- Espinosa, F.; Villaseñor, J. 2002. Diferenciación química en poblaciones de especies arbóreas y su relación con el ataque de herbívoros y patógenos. Informe de avance. Instituto de Biología, UNAM. México. 4 p.
- Financiera Rural. 2009. Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica y Análisis Sectorial. Monografía del maíz grano. Documento en línea: <http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Ma%C3%ADz.pdf>. Fecha de consulta 15 de Agosto de 2009.
- García, L., Espinosa C. y Bergvinson D. 2007. Manual de plagas en granos almacenados y tecnologías alternas para su manejo y control. México, D.F.: CIMMYT.
- González, A. 2004. Efectos Ambientales y Características del Grano de Maíz en la Reproducción y Sobrevivencia de *Sitophilus zeamais* y *Prostephanus truncatus*. UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA. DIVISION DE CIENCIAS BIOLOGICAS Y DE LA SALUD. Unidad Iztapalapa. pp.1-27.
- González, R. 1989. Insectos y ácaros de importancia agrícola y cuarentenaria en Chile. Universidad de Chile/BASF. Santiago, Chile.
- Hampton, J.G. and Tekrony, D.M. 1995. Handbook of vigour test methods. International Seed Testing Association. Zürich, 117 p.
- Heike Vibrans (ed.), modificación: 31 de enero del 2007, Malezas de México. <[www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/meliaceae/meliaazedarach/fichas/ficha.htm#1](http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/meliaceae/meliaazedarach/fichas/ficha.htm#1). %20Nombres > [consulta: Agosto del 2009].

- Iannacone, J. y G. Lamas. 2003. Plantas biocidas usadas en el control de la polilla de la papa, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Rev. Per. Ent.* 43: 79-87.
- IDRC Canada (The international Development Research Center). Modificación: 12 de mayo del 2009. Environment and Natural Resource Management. Solventes de desecho. <[www.idrc.ca/uploads/user-S/11437600891gr-02\\_10-solventes\\_pag83-88.pdf](http://www.idrc.ca/uploads/user-S/11437600891gr-02_10-solventes_pag83-88.pdf)> [consulta: Septiembre 2009].
- Isman, M., J. Gunning and M. Spollen. 1997. Tropical timber species as sources of botanical insecticides. En: Hedin, P. A., Hollingworth, R. M., Masler, E. P., Miyamoto, J., Thompson, D. G. (eds.), *Phytochemicals for pest control*, ACS Symposium Series 658; American Chemical Society, Washington DC, pp. 27-37.
- ISTA 2004, International Rules for Seed Testing. Bassendorf, CH-Switzerland 7 p.
- ISTA. 1995. Traducción de un folleto preparado por el Comité de Tests de Vigor de ISTA. El vigor de semillas.
- Lagunés, T. 1994. Extractos, polvos vegetales y polvos minerales para el combate de plagas del maíz y del frijol en la agricultura de subsistencia. Memoria. Colegio de Postgraduados- USAID-CONACYT-BORUCONSA. Montecillo. Texcoco. México. 32 pp.
- Larraín, P. 1994. Manejo integrado de plagas en granos almacenados. IPA. La platina (81): 10-16.
- Lizana, R. 2005. Elaboración y evaluación de extractos del fruto de *Melia azedarach* L., como insecticida natural. Universidad de Chile. Facultad de ciencias forestales. Escuela de ciencias forestales. Departamento de silvicultura. Santiago – Chile. pp. 12-21.
- Li Ruming. 2000. Variabilidad genética de la resistencia al gorgojo del maíz en el germoplasma de maíz exótico x adaptado (*Zea mays* L.). International Plant Genetic Resources Institute.
- Moreno, M. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 113 – 237.
- Moreno, M., Torres, F. y Chong I. 1995. El sistema poscosecha de granos en el nivel rural: Problemática y propuestas. 316 p.
- Méndez N., Y. Marcano y J. Merazo. 2007. Uso del Agua Caliente para Evaluar la Calidad de Semillas de Maíz (*Zea mays* L.). Departamento de Agronomía. Escuela de Ingeniería Agronómica. Núcleo de Monagas.

Universidad de Oriente Avenida Universidad, *Campus* Los Guaritos, 6201, Maturín, estado Monagas, Venezuela. Revista Tecnológica ESPOL, Vol. 20, N. 1, 229-236, ISSN: 0257-1749.

- Muñoz, P.; Muñoz, M.; Schmeda, G.; Astudillo, L. 1998. Actividad de extractos de *Melia azedarach* L. sobre polilla del brote del pino, *Rhyacionia buoliana*, en dieta artificial. IV Simposio Internacional de Química de Productos Naturales y sus Aplicaciones, Instituto de Química de Recursos Naturales, Campus Lircay, Universidad de Talca. pp. 138-139.
- Othon S., S. 1996. Química, almacenamiento e industrialización de los cereales.
- Quiminet. Modificación: 2008. Tipos de solventes y sus aplicaciones. <[www.quiminet.com.mx/ar2/ar\\_T%258A%25C0Rm%25100%2504.htm](http://www.quiminet.com.mx/ar2/ar_T%258A%25C0Rm%25100%2504.htm)> [consulta: Septiembre 2009].
- Quirós O., y Carrillo A. Modificado: 2008. La importancia del insumo semilla de buena calidad. [www.docstoc.com](http://www.docstoc.com). [consulta: Septiembre 2009].
- Ramírez, M., Moreno M., Mac Gregor L. y Ramos E. 1980 Las investigaciones en la Universidad Nacional Autónoma de México sobre protección de productos almacenados. *Folia Entomol. Mex.* 45: 104.
- Rodríguez, C. y A. Lagunes. 1992. Plantas con propiedades insecticidas. *Revista Agroproductividad.* (1):17-25.
- Rodríguez, C.; Silva, G.; Djair, V. 2003. Bases para el manejo racional de insecticidas: Insecticidas de origen vegetal. Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción, y Fundación para la Innovación Agraria. pp. 89-111.
- Rodríguez, C. 1999. Recetas de nim *Azadirachta indica* (Meliaceae) contra plagas. In: Cesáreo Rodríguez Hernández (Ed). *Memorias del V Simposio Nacional sobre Sustancias Vegetales y Minerales en el Combate de Plagas*, Mayo 25-26, 1999, Aguascalientes. México.
- Rodríguez, H. 2000. Plantas contra plagas: Potencial práctico ajo, anona, nim, chile y Chile y tabaco. Texcoco, México: Red de Acción sobre plaguicidas y alternativas en México (RAPAM). 133 p.
- Rodríguez, H. 1998. Determinación de toxicidad y bioactividad de cuatro insecticidas orgánicos recomendados para el control de plagas en cultivos hortícolas. *Rev. Latinoamericana de Agricultura y Nutrición (RELAN)* 1(3): 32-41.
- Rossetti, M., Defagó M., Carpinella M., Palacios M. y Valladares G. 2008. Actividad biológica de extractos de *Melia azedarach* sobre larvas de

- Spodoptera eridania* (Lepidoptera: Noctuidae). Rev. Soc. Entomol. Argent. Vol.67, no.1-2, p.115-125. ISSN 0373-5680.
- Salas, J. 1984. Protección de la semilla de maíz (*Zea mays*) contra el ataque de *Sitophilus oryzae* a través del uso de aceites vegetales. *Agronomía Tropical* 35 (4-6): 13 – 18 Venezuela.
- Saxena, R. 1986. Antifeedants in Tropical Pest Management. *Insect Sci. Applic.* 8(4-6):731-736.
- Schoonhoven, L., T. Jermy and J. J. Van Loon. 1998. *Insect-Plant Biology from physiology to evolution*. Chapman & Hall, Londres.
- Schmutterer, H. 1995. *The Neem Tree Azadirachta indica A. Juss. And Other Meliaceous Plants: Sources of Unique Products for Integrated Pest Management, Medicine, Industry and Other Purposes*. VCH, Weinheim, Alemania.
- Tamez, G. 2001. Bioinsecticidas: su empleo, producción y comercialización en México. CIENCIA UANL / VOL. IV, No. 2.
- Talukder, F. and E. Howse. 1995. Evaluation of *Aphanamixis polystachya* as a source of repellents, antifeedants, toxicants and protectants in storage against *Tribolium castaneum* (Herbst). *J. Stored Prod. Res.* 31(1): 55-61.
- Tavares, M.A.G.C. 2002. Bioatividade da erva-de-santa-maria, *Chenopodium ambrosioides* L. (Chenopodiaceae), em relação a *Sitophilus zeamais* (Col.: Curculionidae). Tese (Mestrado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba. 59p.
- Terenti, O. (2000). *Calidad de semilla y como evaluarla*, INTA. San Luis, Argentina.
- Valladares, G.; Defagó, M.T.; Palacios, S.M. and Carpinella, M.C.1997. Laboratory evaluation of *Melia azedarach* (Meliaceae) extracts against the Elm Leaf Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *J. Econ. Entomol.* 1997, 90, 747-750.
- Valdes A., Mendoza E. M. y Nieto F. 2000. Control de *Prostephanus truncatus* (horn) en semilla de maíz almacenada. *Agronomía Mesoamericana* 11(1): 95-101.
- Vázquez, A. 2001. El ecosistema de granos almacenados. *Avance y Perspectiva*. Vol. 20.pp 407-413.

- Velázquez, E. y Contreras A. 2005. Efecto del paraíso (*Melia azedarach* (L.)) en polvo vegetal como insecticida sobre el gorgojo menor de los granos *Rhyzopertha dominica* (F.) en arroz. *Centro Agrícola*, año 32, no. 2. 85 p.
- Villalobos, P. 1996. Plaguicidas naturales de origen vegetal: Estado actual de la investigación. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Madrid. 35 p.
- Vogel, H., I. Razmilic y U. Doll. 1997. Contenido de aceite esencial y alcaloides en diferentes poblaciones de boldo (*Peumus boldus* Mol.). *Cien. Invest. Agrar.* 24(1):1-6.