

**CONTROL DEL *Sitophilus zeamais* Motschulsky CON ACEITES
VEGETALES EN SEMILLA DE MAÍZ ALMACENADA**

JUANA MARTÍNEZ LÓPEZ

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

Noviembre de 2008



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

**CONTROL DEL *Sitophilus zeamais* Motschulsky CON ACEITES
VEGETALES EN SEMILLA DE MAÍZ ALMACENADA**

TESIS

POR:

JUANA MARTÍNEZ LÓPEZ

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: _____
Dr. Ismael Hernández Betancourt

Asesor: _____
M.T.G.S. Ma. Alejandra Torres Tapia

Asesor: _____
M.C. Antonio Valdéz Oyervides

Dr. Jerónimo Landeros Flores
Director de Postgrado

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México. Noviembre de 2008.

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por haberme brindado la oportunidad de adquirir conocimientos en su casa, ya que estos siempre me ayudaran a superarme y lograr todas mis metas.

A todos los maestros y laboratoristas del **Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas**, por brindarme sus conocimientos y su amistad.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** por el apoyo económico que me facilito durante mis estudios de la maestría.

Al **M. C. Federico Facio Parra**, por su apoyo, amistad y asesoría para este trabajo de investigación.

Al **Dr. Ismael Hernández Betancourt** por su colaboración, asesoría y amistad en este trabajo.

A la **M.T.G.S. Ma. Alejandra Torres Tapia** por su amistad, revisión y colaboración en esta investigación.

Al **M.C. Antonio Valdéz Oyervides** por la revisión y sugerencias a esta investigación.

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

A la **T. A. Martina de la Cruz Casillas** por su apoyo en la realización de este trabajo de investigación.

DEDICATORIA

A **Dios** por darme la vida en este mundo maravilloso y ayudarme siempre en mi camino, al lograr culminar una etapa más en mi vida.

A mis padres **Bonifacio Martínez Cortes y Angelina López García** quienes me dieron la vida, esto es para ustedes con todo el amor que exista, ya que me han brindado su amor, cariño, apoyo y ejemplos para luchar por mis sueños y lograr mis metas.

A mis hermanas **Ma. Guadalupe y Minerva**, a mi hermano **Gerardo** con mucho cariño y amor quienes me han apoyado y animado en todas las etapas de mi vida.

A **Victor Manuel** con amor, por su apoyo, amor y comprensión que siempre me brinda.

A mis amigos y compañeros que hemos compartido esta etapa de nuestras vidas, en especial a **Yeni, Elena, Victor Manuel, Edith, Zaira, Lupita y Eduardo**, gracias por su amistad.

COMPENDIO

CONTROL DEL *Sitophilus zeamais* Motschulsky CON ACEITES VEGETALES
EN SEMILLA DE MAÍZ ALMACENADA

POR:

JUANA MARTÍNEZ LÓPEZ

MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA
DE GRANOS Y SEMILLAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO. NOVIEMBRE 2008.

M.C. FEDERICO FACIO PARRA. - ASESOR-

Palabras claves: *Zea mays* L., *Sitophilus zeamais* M., Aceites vegetales.

Se evaluó el efecto insecticida y la efectividad a través del tiempo de diez aceites vegetales (ajonjolí, almendra, albahaca, cacahuete, canola, jojoba, laurel, lila, maíz y soya), para controlar el *Sitophilus zeamais* en semilla de maíz VAN-210 almacenada por 126 días. En la primera parte de este trabajo se evaluó el efecto de los aceites sobre el *Sitophilus zeamais*, a las 24 horas después de cada infestación y la mortandad acumulada, la cual consistió en

evaluar la mortandad de los insectos que quedaron vivos después de la evaluación de la mortandad a las 24 horas, los datos de mortandad fueron transformados con la fórmula $y = \text{arc sen} \sqrt{\frac{X}{100}}$. En los resultados del análisis de la mortandad de insectos a las 24 horas, en los diez aceites evaluados se encontraron los mejores resultados en las dosis altas, los mejores aceites en el control del *Sitophilus zeamais*, fueron almendras, jojoba y albahaca. El aceite que tuvo mayor efecto insecticida a través del tiempo fue soya con 63 días. En la mortandad acumulada se encontraron los mejores resultados en las dosis altas en todos los aceites, el mayor efecto insecticida a través del tiempo se presentó en los aceites de canola, jojoba y laurel. En la segunda parte de este trabajo se evaluó el efecto de los aceites sobre la calidad fisiológica de la semilla, realizando muestreos cada 30 días durante cuatro meses, a los cuales se les realizaron pruebas de germinación, tasa de crecimiento de plántula (peso seco), longitud media de plúmula y radícula. Los resultados de los análisis estadísticos mostraron que el aceite de canola obtuvo un 79.66 % de germinación y maíz un 78.88 %, siendo estos los que menor daño causaron a la calidad fisiológica de la semilla. A medida que se aumentaban las concentraciones de los aceites y transcurría el tiempo de almacenamiento la calidad fue disminuyendo. Al analizar de manera conjunta ambas partes de este trabajo, las dosis altas controlaron mejor el insecto, sin embargo afectaron de manera negativa la calidad fisiológica de la semilla, por lo tanto, no se encontró un aceite que controle el insecto sin que afecte la calidad fisiológica.

ABSTRACT

CONTROL OF THE *Sitophilus zeamais* Motschulsky WITH VEGETAL OILS IN
STORED MAIZE SEED

BY:

JUANA MARTÍNEZ LÓPEZ

MAESTRÍA EN
TECNOLOGÍA DE GRANOS Y SEMILLAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO. NOVEMBER 2008.

M. C. FEDERICO FACIO PARRA. - ADVISOR-

Key words: *Zea mays* L., *Sitophilus zeamais* M., Vegetal oils.

The insecticide effect and the effectiveness through time was evaluated of ten vegetal oils (sesame, almond, basil, peanut, canola, jojoba, laurel, lila, maize and soya), to control the *Sitophilus zeamais* in maize seed VAN-210 stored by 126 days. In the first part of this work the effect of oils was evaluated on the *Sitophilus zeamais*, to the 24 hours after each infestation and the accumulated mortality, which consisted of evaluating the mortality of the insects

that were alive after the evaluation of the mortality to the 24 hours, the mortality data were transformed formulates with $y = \text{arc sen} \sqrt{\frac{X}{100}}$. In the results of the analysis of the mortality of insects to the 24 hours, in ten evaluated oils were the best results in the high doses, the best oils in the control of the *Sitophilus zeamais*, were almonds, jojoba and basil. The oil that had major insecticide effect through time was soya with 63 days. In the accumulated mortality were the best results in the high doses in all the oils, the greater insecticide effect through time appeared in oils of canola, jojoba and laurel. In the second part of this work the effect of oils was evaluated on the physiological quality of the seed, realising samplings every 30 days during four months, to which realised to them germination tests, rate of growth of seedling (dry weight), average length of plumule and radicle. The results of the statistic analyses showed that the oil of canola obtained a 79.66 % of germination and maize a 78.88 %, being these that smaller damage they caused to the physiological quality of the seed. As it was increased the concentrations of oils and passed the time of storage the quality was falling. When analyzing of joint way both parts of this work, the high doses controlled better the insect, nevertheless affected of negative way the physiological quality of the seed, therefore was not an oil that the insect controls without it affects the physiological quality.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
I. INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO	3
HIPÓTESIS.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
Materiales	13
Metodología	14
1. Evaluación de la mortandad del <i>Sitophilus zeamais</i>	14
Bioensayos en la mortandad de <i>Sitophilus zeamais</i>	14
Mortandad.....	16
2. Evaluación de la calidad fisiologica de la semilla tratada con aceites...17	
Germinación	17
Longitud media de plúmula y radícula	18
Tasa de crecimiento de la plantula (Peso seco)	18
Análisis estadístico	19
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
Mortandad a las 24 horas	21

Mortandad Acumulada.....	27
Calidad fisiologica de la semilla	35
V. CONCLUSIONES.....	48
VI. RESUMEN.....	50
VII.LITERATURA CITADA	52

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Descripción	Pág.
3.1.	Aceites y dosis utilizadas en los bioensayos preliminares.....	15
3.2.	Aceites y dosis utilizadas en el control del <i>Sitophilus zeamais</i>	16
4.1.	Comparación de medias para la variable dosis en la evaluación de mortandad de insectos a las 24 horas después de la infestación.....	23
4.2.	Comparación de medias para la variable tiempo en la mortandad a las 24 horas después de cada infestación.....	26
4.3.	Comparación de medias para la variable dosis para la evaluación de mortandad acumulada de los insectos.....	29
4.4.	Comparación de medias para la variable tiempo de acción insecticida en la evaluación de mortandad acumulada de los insectos.....	32
4.5.	Cuadrados medios de los atributos fisiológicos de la semilla almacenada y tratada con aceites vegetales.....	37
4.6.	Comparación de medias de los muestreos para los atributos fisiológicos de la semilla almacenada y tratada con aceites vegetales.....	38
4.7.	Comparación de medias para los tratamientos en la evaluación de los atributos fisiológicos de la semilla almacenada y tratada con aceites vegetales	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Descripción	Pág.
4.1.	Medias de mortandad por dosis a las 24 horas después de la infestación de cada aceite.....	24
4.2.	Medias de la mortandad acumulada por dosis de cada aceite.....	30
4.3.	Porcentajes de los atributos fisiológicos de la semilla de maíz tratada con aceites y su testigo.....	43
4.4.	Longitud media de plúmula y radícula en semilla de maíz tratada con aceites y su testigo.....	44
4.5.	Peso seco de la semilla de maíz tratada con aceites y su testigo.....	45
4.6.	Porcentajes de germinación de la semilla de maíz y mortandad del <i>Sitophilus zeamais</i>	46

I. INTRODUCCIÓN

El maíz representa uno de los alimentos básicos en la alimentación del mundo, es el producto agrícola de mayor relevancia en México por su consumo directo y uso industrial; el incremento de la población exige mayor demanda en la producción y menores pérdidas en la poscosecha, particularmente en la calidad (Sciatterra, 2004).

En el año agrícola 2007, existió una variación en el volumen de producción de 2.4 % en relación al año 2006 con 524.9 miles de toneladas más de producción, con rendimientos de 2.57 a 5.36 toneladas por hectárea y estimaciones totales de 22.5 millones de toneladas (SIAP, 2007).

El productor al almacenar el grano y/o semilla enfrenta un gran problema de mermas en su cosecha por la destrucción de su producto debido a diferentes organismos destacando roedores, insectos, hongos y bacterias (Larraín, 1994). En México no existen estadísticas precisas del nivel de pérdidas poscosecha en granos y semillas; se han estimado pérdidas de 20 a 30 % en el Altiplano y hasta 60 % en el trópico húmedo (Torres, 1995).

El *Sitophilus zeamais* Motshulsky es considerado una plaga primaria de gran importancia al ocasionar perforaciones en los granos y semillas almacenadas dando lugar a pérdidas de calidad, físicas, nutritivas, económicas y sociales. A lo largo de los años para su control se utilizó en forma intensiva los plaguicidas sintéticos, provocando un inevitable surgimiento de resistencia, acumulación del producto químico en el medio ambiente e intoxicaciones (Silva *et al.*, 2002).

Los ataques constantes de estos insectos han obligado a buscar nuevas alternativas de control, mediante el uso de productos naturales derivados de vegetales, los cuales generalmente son biodegradables y no producen un desequilibrio en el ecosistema (Mareggiani, 2001).

Los aceites de origen vegetal son una alternativa para el control de insectos, entre los cuales se encuentran las plagas de almacén. Los aceites vegetales han sido reportados exitosamente contra insectos de granos almacenados (Gastelúm y Rodríguez, 1996).

En base a lo anterior, este trabajo de investigación se llevó a cabo con el propósito de obtener una alternativa para controlar el *S. zeamais* en semilla de maíz almacenada con aceites vegetales, sin afectar su calidad fisiológica a través del tiempo, estableciendo los siguientes objetivos.

OBJETIVOS

- Determinar los mejores aceites vegetales y sus dosis, que actúen en el control del *Sitophilus zeamais* en semilla de maíz almacenada.
- Evaluar el efecto de los aceites vegetales y sus dosis sobre la calidad fisiológica de la semilla de maíz almacenada.

HIPÓTESIS

Al menos un aceite de origen vegetal y alguna dosis aplicada en semilla de maíz almacenada, estará en condiciones de controlar el *Sitophilus zeamais* sin que afecte la calidad fisiológica de la semilla.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

El maíz es el cultivo más importante a nivel nacional ya que representa la seguridad alimentaria, industrial y pecuaria. En el año 2006, la demanda de maíz en México fue de 28 millones de toneladas, de las cuales el consumo humano fue de 10.6 millones de toneladas, mientras el sector pecuario y la industria ascendió a 14.8 millones de toneladas y el resto se destino a la producción de cereales y botanas (SIAP, 2007).

Sin embargo la producción de maíz en México no es suficiente por que se ha recurrido a las importaciones de este producto. Debido a esto y al rápido crecimiento de la población humana han acarreado la necesidad de nuevas técnicas con el propósito de aumentar la producción de este grano.

La semilla de este cereal es el eslabón principal para aumentar la producción, por lo tanto, es necesario conservar de una manera adecuada este insumo después de su cosecha; una de las técnicas empleadas para su conservación, es la utilización de un buen almacenamiento, presentando condiciones idóneas que eviten el deterioro de la calidad de este producto por un prolongado tiempo (Ramírez, 1978).

Es prudente enfatizar que las buenas condiciones de un almacenamiento no pueden compensar o corregir el deterioro causado por una cosecha tardía e inapropiada, el daño mecánico, o el secado inadecuado; el deterioro causado por las condiciones anteriores puede continuar aunque las semillas se almacenen en condiciones ideales (Bass,1973).

Delouche (1973) menciona lo importante de conservar la calidad inicial de la semilla, mediante prácticas adecuadas en el almacenamiento, si se espera obtener una buena productividad del cultivo. Los principales problemas durante el almacenamiento son; la utilización de semillas de baja calidad, con un alto contenido de humedad, períodos de almacenamiento muy largo, y almacenes húmedos, calientes, poco ventilados y con condiciones sanitarias inadecuadas.

Moreno *et al.*, (2000) evaluaron el efecto de la temperatura en el almacenamiento sobre la longevidad de la semilla de maíz del híbrido B-15 durante 210 días, con diferentes contenidos de humedad iniciales, bajo diferentes temperaturas, marcando que a temperaturas altas de almacenamiento (35 °C) obtuvieron efectos adversos en la longevidad a pesar de tener contenidos de humedad menores a 14 %.

Delouche (1980) señaló que en las regiones cálidas y húmedas, la semilla disminuye sustancialmente su viabilidad y su vigor en seis meses, guardadas en un almacenamiento abierto a 30 °C y 75 % HR. Para un

almacenamiento a corto plazo, la práctica muestra que es suficiente controlar sólo uno de esos factores (T ó HR).

Un buen almacenamiento se logra al conservar la calidad de la semilla, esto se refiere a la utilidad de la semilla para siembra y que puede expresarse como un nivel o grado de excelencia, el cual es alcanzado por la semilla sólo cuando es comparada con un nivel alto de calidad (Serna, 1996).

Terenti (2004) comentó que en relación a los componentes de una semilla de calidad puede subdividirse en cuatro parámetros básicos: genético, fisiológico, sanitario y físico. Estas cualidades esenciales en su máximo nivel permite que la semilla esté en su máxima calidad integral. Cada una de ellas aporta su capacidad para originar plantas productivas. La debilidad en cualquiera de ellas introduce un factor limitante y como consecuencia plantas poco productivas.

La calidad genética es el principal componente de la calidad de la semilla ya que la constitución genotípica de la semilla es importante para la germinación. La presencia de genes simples recesivos en interacción ocasiona resultados detrimentales en la capacidad germinativa y vigor de las plántulas, ya que si la cantidad de carbohidratos del endospermo es baja, la disponibilidad de ATP puede ser reducida y subsecuentemente el vigor de la plántula puede ser adversamente afectado (Creech, 1985).

Por su parte Delouche (1986) confirmó que los factores genéticos determinan la calidad fisiológica de la semilla, su capacidad para germinar, emerger rápidamente y producir plantas vigorosas uniformes bajo condiciones de campo, durante el desarrollo del cultivo.

Terenti (2004) señala que la calidad fisiológica es la capacidad de la semilla para germinar, emerger y dar origen a plantas uniformes y vigorosas en diversas condiciones de campo. En el momento que la semilla madura llega a su máxima vitalidad y a partir de ese momento comienza a envejecer o perder vigor, porque la misma sigue respirando y gastando energía para mantener sus funciones vitales.

La capacidad de la semilla para germinar y producir una plántula normal es el principal atributo a considerar para evaluar su calidad y potencial, en la emergencia y desarrollo de sus estructuras esenciales que provienen del embrión (Roberts, 1972 y Moreno, 1996).

Por su parte Burris (1978) y Perry (1980) señalaron que el vigor es la sumatoria de los atributos de la semilla y de la plántula que promueven o permiten una germinación rápida y uniforme sobre una amplia diversidad de ambientes, culminando con un buen crecimiento a lo largo del ciclo vegetativo.

Moreno (1996) señaló que las posibles causas de la variabilidad del vigor pueden ser; el genotipo, medio ambiente, nutrición de la planta madre, estado

de madurez en la cosecha, peso volumétrico, deterioro, patógenos, velocidad y uniformidad.

A nivel bioquímico, el vigor involucra los aspectos que más interfieren en la capacidad que tiene un organismo en la biosíntesis de energía y compuestos metabólicos tales como proteínas, ácidos nucleicos, carbohidratos y lípidos, todo ello está asociado con la actividad celular, la integridad de las membranas celulares y la utilización de sustancias de reserva (AOSA, 1983).

La calidad de la semilla también está relacionada con la sanidad, principalmente con la presencia o ausencia de organismos causantes de enfermedades: hongos, bacterias, virus, plagas y se puede considerar algunas condiciones fisiológicas como deficiencias de microelementos (Moreno, 1996).

Chávez (2004) reporta que la calidad física de la semilla esta asociada con el color, brillo, daños mecánicos (fracturas, cuarteos), la presencia o ausencia de cualquier contaminante distinto de la semilla deseable. Estos contaminantes pueden ser: materiales inertes, semillas de malezas comunes y nocivas, formas reproductivas de plagas y enfermedades.

En cuanto a la presencia de plagas que determinan el estado físico y sanitario de la semilla, se reporta que causan pérdidas en promedio del 10 % mundial y en lugares donde las condiciones climáticas son favorables para su

desarrollo y no se ejerce un control efectivo puede ser alrededor del 30 al 50 %, y se puede tener un daño total al cabo de seis meses (Bennett, 1982).

El *S. zeamais* es una de las principales plagas de almacén causantes de daños directos pues se alimentan propiamente de la semilla, contaminan y bajan el porcentaje de germinación, e indirectos elevan la temperatura, diseminan las esporas de los hongos (Ramayo, 1983) e incluso atacan y dañan el material de empaque y estructuras de las bodegas (Serna, 1996).

Por su parte Guerra (1993) comenta que el *S. zeamais*, es una plaga primaria considerada como el más destructivo de los cereales causándoles perforaciones y las larvas se desarrollan en el interior del grano. Esta especie tiene las antenas en forma de codo, los adultos miden de 2.5 - 4 mm de largo y son de color café a negruzco, el pronoto del insecto adulto presenta gran cantidad de agujeros redondeados, distribuidos uniformemente. Los élitros muestran cuatro manchas amarillas y tiene ranuras longitudinales.

Asimismo, Salas y Hernández (1984) afirman que este insecto se alimenta principalmente de maíz, aunque pueden consumir otros cereales, la hembra perfora las semillas y ovoposita entre 300 a 500 huevecillos, de una sola hembra en dos meses pueden desarrollarse más de 32,000 individuos. Los huevecillos eclosionan 10 días después de la ovoposición y el ciclo biológico dura de 4 a 6 semanas. El adulto vive varios meses, hasta 1 año. Estos insectos se reproducen en condiciones óptimas de 25 ± 2 °C de temperatura y

70 ± 5 % de humedad relativa. Estos insectos mueren cuando pierden 60 % del agua corporal o cerca de 30 % de su peso (Fields y Muir, 1996).

Los métodos de control de plagas en semillas y granos, es el método químico el más efectivo para combatir a los insectos (White y Leesch, 1996). Sin embargo, Silva (2003) mencionó que los insecticidas químicos sintéticos, causan resistencia en los insectos, contaminación del ambiente y presencia de residuos en alimentos.

Las desventajas que presenta el uso de insecticidas organosintéticos en el control de plagas es cada día más evidente, ya que algunos son carcinogénicos, teratogénicos, producen esterilidad, dañan el sistema nervioso y afectan la salud de quienes los aplican y consumen alimentos que contiene residuos (Soto *et al.*, 2000).

Páez (1987) mencionó que debido a los problemas que causan el control químico para el control de plagas de almacén es necesario evaluar productos naturales con propiedades insecticidas que no contaminen el ambiente, sean económicos y de fácil obtención y aplicación.

Dados estos antecedentes se hace necesario buscar alternativas para el pequeño agricultor, que sean de bajo riesgo y de fácil acceso en el control de aquellas especies, una alternativa a este problema es el uso de productos

naturales derivados de plantas, generalmente biodegradables y que no causen un desequilibrio en el ecosistema (Lannacone y Lamas, 2003).

La mayoría de las especies vegetales utilizadas como insecticidas en sus diferentes formas, no eliminan al insecto por intoxicación, sino que generalmente inhiben su desarrollo normal, al actuar como repelentes o disuasivos de la alimentación u oviposición, lo cual hace que muchas veces se sobredimensionen sus efectos protectores (Silva *et al.*, 2002).

Los aceites de origen vegetal son una alternativa para el control de diferentes insectos, entre los cuales, se encuentran las plagas de granos almacenados, el modo de acción tóxica del aceite sobre el insecto en estado adulto actúa cubriendo al insecto con una capa oleosa que tapa los espiráculos de respiración matándolo por asfixia (Davidson, 1991).

La FAO (1985) señala que en el Caribe se utiliza aceite de maní en una concentración de 2 a 5 % para el combate de *Callosobruchus maculatus*. Por su parte Díaz (1985) evaluó aceites de algodón, cártamo, girasol, maíz, soya y olivo contra el *Sitophilus zeamais*, encontrando que los mejores resultados se observaron en el aceite de maíz a una concentración del 6 %.

La aplicación de 10 ml por kilogramo de cualquiera de los siguientes aceites: semilla de soya, ricino, coco, maní, sésamo y olivo en maíz

almacenado, provocan 100 % de mortalidad en *Sitophilus oryzae*, a las 3 horas después de la aplicación (Salas, 1985).

Con respecto al efecto de los aceites sobre la calidad fisiológica de la semilla el aceite de lila, cítricos y maíz presentaron un 80 % de germinación en semilla de maíz, esto indica que con el tiempo estos aceites al tener contacto con la semilla esta va perdiendo su calidad lentamente, en el caso de la mortandad del *S. zeamais*, el aceite de lila presentó un 90 % de mortandad a una concentración de 300 y 400 ppm (Hernández, 2007).

Salas y Hernández (1984) al evaluar aceites vegetales de soya, ricino, coco, ajonjolí, maní, y oliva, en dosis de 1 % peso/volumen, como protectores de semillas de maíz contra el *S. oryzae*, encontraron que estos aceites causan un 100 % de mortalidad en adultos a las tres horas de haber estado en contacto con dichas sustancias, las cuales a su vez impiden el progreso de la infestación, también encontraron que estos aceites causaron un efecto adverso sobre la viabilidad de la semilla.

En la actualidad el aprovechamiento integral y sustentable de los recursos naturales utilizados en la producción agrícola, son fundamentales para el desarrollo de cualquier país, por lo cual es necesario buscar métodos de control de plagas acorde con esta realidad.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo fue realizado en los Laboratorios de Acondicionamiento y Ensayos de Semillas pertenecientes al Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Materiales

Se utilizó semilla de maíz VAN-210 de características blando a semicristalino producida en el sureste de Coahuila en el ciclo Primavera-Verano del 2007, libre de tratamiento químico e impurezas, clasificada por tamaño para tener una mejor uniformidad, con un contenido de humedad de 13.7 %, antes de establecer el experimento fue evaluada su calidad fisiológica mediante ensayos de germinación.

Los tratamientos consistieron en la aplicación de aceites comerciales de origen vegetal a la semilla, los cuales fueron: Aceite de Ajonjolí (*Sesamum indicum L.*), Albahaca (*Ocimum basilicum L.*), Almendra (*Prunus amygdalus L.*), Canola (*Brasita napus*), Jojoba (*Simmondsia chinensis*), Laurel (*Laurus nobilis L.*), Lila (*Melia azedarach*), Maíz (*Zea mays*), Soya (*Glicine max*), Orégano (*Origanum vulgare L.*) y Cacahuete (*Arachis hypogaea*).

El *S. zeamais* originario de las cosechas de maíz del estado de Guanajuato, reproducido para el presente trabajo, mediante maíz cacahuazintle con 12 % de humedad colocado en frascos de 4 L e incubados en una cámara Lab-Line 844 a una temperatura de 28 ± 1 °C, con fotoperíodos de dos horas luz y 22 horas de oscuridad por un tiempo de 126 días. Mediante cribas se separaron los adultos, de tal manera que al emerger adultos nuevos se tuvo la certeza que eran individuos jóvenes de edad uniforme, aptos para el establecimiento del experimento.

Metodología

Para una mejor comprensión de la metodología se dividió en dos partes:

1) Evaluación de la mortandad del *S. zeamais*; y 2) La evaluación de la calidad fisiológica de la semilla tratada con aceites a través del tiempo.

1. Evaluación de la mortandad del *Sitophilus zeamais*

I.- Bioensayos en la mortandad del *Sitophilus zeamais*

En esta investigación fue establecida una parte preliminar con 231 unidades experimentales, cada frasco de vidrio contenía 50 gr de semilla de maíz tratada con aceite a diferentes dosis y se determino cuales fueron las más viables. Estos bioensayos se realizaron con la finalidad de identificar los

mejores aceites y las mejores dosis para la mortandad del *S. zeamais*. La información anterior se consigna en el Cuadro 3.1.

Cuadro 3.1. Aceites y dosis utilizados en los bioensayos preliminares

Productos	Dosis (ppm)	Productos	Dosis (ppm)
	100		50
	200		100
Ajonjolí, Albahaca	300		200
Cacahuate	400	Lila	300
	500		400
	700		500
	100		300
	200		400
Almendras, Canola	300	Maíz	500
Soya	400		600
	600		700
	800		800
	100		200
	200		300
Joroba	300	Laurel	400
	400		500
	500		700
	600		800

Los aceites fueron diluidos con agua en un total de 3 ml en frascos de 1 L por dosis, para tener una mayor cobertura del aceite en 150 gr de semilla sin incrementar la humedad, la semilla tratada con las diferentes dosis (Cuadro 3.1.) se dividió en tres repeticiones de 50 gr cada una y se envaso en frascos de 250 ml para después depositar 25 insectos adultos. Se evaluó la mortandad

a las 24 horas y a los siete días después de la infestación se obtuvo la mortandad acumulada; con ayuda de una criba y una lámpara fue identificado el número de insectos vivos y muertos. De acuerdo a estos resultados fueron identificadas las mejores dosis de cada aceite y utilizadas en el establecimiento final del experimento.

II.- Mortandad

Entre los aceites de origen vegetal y sus diferentes dosis (Cuadro 3.2.) se generaron 900 unidades experimentales, con tres repeticiones por cada dosis y un testigo, cada una fue infestada con 20 *S. zeamais* sin sexar, se evaluó la mortandad del insecto y el efecto insecticida del producto por 126 días.

Cuadro 3.2. Aceites y dosis utilizadas en el control del *Sitophilus zeamais*

Productos	Dosis (ppm)
Ajonjolí, Laurel, Maíz, Soya, Almendras	600, 700, 800, 900, 1000
Albahaca, Canola, Cacahuete, Joroba	500, 600, 700, 800, 900
Lila	100, 200, 300, 400, 500

La mortandad de insectos (efecto insecticida) fue evaluada en dos tiempos, las cuales fueron: 1) mortandad a las 24 horas, se realizaron ocho

evaluaciones en los días 1, 8, 16, 29, 42, 63, 84, 105 y 126, se evaluó la mortandad existente a las 24 horas después de cada infestación; y 2) mortandad acumulada, se contabilizó los insectos que quedaron vivos después de la evaluación de las 24 horas, realizando tres evaluaciones a los 7 días, dos a los 14 días y tres a los 21 días después de cada infestación. No hubo mortandad en los testigos por lo que no fue necesario usar la fórmula de Abbott (1925), para hacer correcciones.

2. Evaluación de la calidad fisiológica de la semilla tratada con aceites

Calidad fisiológica de la semilla

La calidad fisiológica de la semilla fue determinada mediante una prueba inicial y posteriormente se realizaron cuatro muestreos cada 30 días, en los cuales se evaluaron los parámetros siguientes:

I. Germinación: La prueba fue realizada de acuerdo a lo establecido por el ISTA (2004), con algunas modificaciones. Colocando tres repeticiones de 25 semillas en papel anchor previamente humedecidas, enrollados en forma de tacos y llevados a una cámara germinadora Hoffman Manufacturing a una temperatura de 25 ± 1 °C.

Teniendo las siguientes variables: 1) Primer conteo de plántulas normales contabilizadas a los 4 días después de la siembra considerado un indicativo de vigor; y 2) Germinación dado a los 7 días después de la siembra

por el número de plántulas normales, plántulas anormales y semillas sin germinar. Los resultados de ambas evaluaciones se reportaron en porcentaje.

II. Longitud media de plúmula y radícula: Se midió con una regla métrica la longitud de la plúmula y radícula de las plántulas normales obtenidas en la prueba de germinación. Los resultados se reportaron en centímetros.

III. Tasa de crecimiento de la plántula (peso seco): De las plántulas normales resultantes de las pruebas anteriores eliminando mesocotilo y residuos de semilla, dejando raíz y plúmula depositadas en bolsas de papel estraza perforadas y llevadas a una estufa de secado Lab-Line modelo 3478M a una temperatura de 70 ± 1 °C por 24 horas, una vez transcurrido se sacaron de la estufa y se pesaron en una balanza analítica AND GF-2000 de 0.0001 g de precisión obteniendo el peso seco en miligramos por plántula.

Análisis estadístico

Los porcentajes de mortandad fueron transformados por medio de la formula de Bartlett (1947) $y = \text{arc sen} \sqrt{\frac{X}{100}}$, siendo y el dato transformado y X el porcentaje de mortandad, posteriormente se analizaron mediante un análisis de varianza completamente al azar con arreglo factorial, cuyo modelo lineal es el siguiente.

$$\gamma_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta_{ij}) + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

γ_{ijk} = Valor observado.

μ = Efecto de la media.

α_i = Efecto del i – ésimo nivel dosis.

β_j = Efecto del j – ésimo nivel tiempo de acción.

$\alpha\beta_{ij}$ = Efecto del i – ésimo nivel dosis por j – ésimo nivel tiempo de acción.

ε_{ijk} = Efecto del error experimental.

En cuanto a los datos obtenidos en la evaluación de la calidad fisiológica de la semilla, se analizaron bajo un diseño de parcelas divididas con un factor anidado, cuyo modelo lineal es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + P_i + \alpha_{ij} + \tau_k + D_l + P\tau_{ik} + PD_{il} + \epsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Valor observado.

μ = Efecto de la media.

P_i = Efecto del i-ésimo periodo de almacenamiento.

α_{ij} = Error de la parcela grande.

τ_k = Efecto del k-ésimo tratamiento.

D_l = Efecto del l-ésima dosis.

$P\tau_{ik}$ = Efecto de la interacción i-ésimo periodo del almacenamiento por k-ésimo tratamiento.

PD_{il} = Efecto de la interacción i-ésimo periodo de almacenamiento por l-ésima dosis.

ϵ_{ijkl} = Efecto del error experimental

Para procesar los datos obtenidos en ambos estudios se utilizó el paquete estadístico SAS (1999). En cuanto a la comparación de medias se usó la prueba LSD ($\alpha \leq 0.05$).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con la finalidad de dar cumplimiento a los objetivos e hipótesis planteados en este trabajo, se presentan los resultados obtenidos en los análisis estadísticos de las variables evaluadas en las dos partes de esta investigación, las cuales fueron: 1) Evaluación de la mortandad del *S. zeamais*; y 2) La evaluación de la calidad fisiológica de la semilla tratada con aceites a través del tiempo.

1. Evaluación de la mortandad del *Sitophilus zeamais*

I. Mortandad a las 24 horas

En el Cuadro A.1 (Apéndice) se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza completamente al azar con arreglo factorial, para las variables dosis, tiempo y su interacción, en la evaluación de mortandad de insectos a las 24 horas después de la infestación; se encontró diferencias significativas ($P \leq 0.01$) en los diez aceites evaluados en las seis evaluaciones realizadas, para las variables dosis, tiempo y la interacción entre estas variables. Este resultado nos indica que los aceites y sus dosis evaluadas difieren en su efecto sobre la mortandad a las 24 horas después de la infestación, así como su efecto insecticida a través del tiempo.

En la comparación de medias (Cuadro 4.1) se encontraron diferencias estadísticas en la mortandad a las 24 horas después de su infestación, en las cinco dosis de los diez aceites evaluados, mostraron que las dosis altas son las mejores, ya que presentaron el porcentaje más alto de mortandad en todos los tratamientos; en los aceites de ajonjolí, almendras, laurel, maíz y soya los mejores resultados se reportaron en la dosis de 1000 ppm, así mismo, en albahaca, canola, jojoba y cacahuete la mejor dosis fue 900 ppm y en lila la mejor fue 500 ppm. Por lo contrario las dosis bajas causaron un porcentaje menor de mortandad (Fig. 4.1).

Las mejores tres medias generales de mortandad en el *S. zeamais* a las 24 horas después de la infestación en la semilla de maíz tratada, la obtuvieron el aceite de almendras con una media 37.96 % de mortandad, en la dosis más alta (1000 ppm) 73.72 %, jojoba obtuvo como media 34.98 % y en la dosis alta (900 ppm) 69.05 %, y albahaca presentó una media de 34.89 % y en su dosis alta (900 ppm) 67.84 % de mortandad.

Las medias por tratamiento más bajas se presentaron en el aceite de canola con 25.75 % de mortandad, la dosis alta (900 ppm) 29.77 %, en cacahuete presentó una media de 30.16 % y en su dosis alta (900 ppm) 45.20 % de mortandad.

Cuadro 4. 1. Comparación de medias para la variable dosis en la evaluación de mortandad de insectos a las 24 horas después de la infestación.

Dosis (ppm)	Ajonjolí	Almendras	Laurel	Maíz	Soya
1000	55.36 a	73.72 a	58.22 a	59.34 a	51.91 a
900	38.59 b	40.73 b	43.62 b	26.43 b	26.40 b
800	25.98 c	30.21 c	28.48 c	17.03 c	20.19 c
700	23.26 c	26.28 cd	19.69 d	15.66 c	14.20 d
600	21.20 c	20.39 d	12.60 e	12.63 c	9.57 e
Media	34.67	37.96	34.09	29.96	28.774
LSD	2.00	2.04	2.00	2.00	2.00

Dosis (ppm)	Albahaca	Canola	Jojoba	Cacahuete	Dosis (ppm)	Lila
900	67.84 a	29.77 a	69.05 a	45.20 a	500	38.89 a
800	41.58 b	27.74 a	44.75 b	42.09 a	400	32.30 b
700	25.09 c	17.47 b	20.83 c	18.54 b	300	25.64 c
600	18.69 d	14.25 b	17.85 c	13.41 c	200	21.47 c
500	15.53 d	8.57 c	17.46 c	13.03 c	100	15.36 d
Media	34.89	25.75	34.98	30.16	Media	30.86
LSD	2.00	2.00	2.00	2.00	LSD	2.02

Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (LSD $\alpha \leq 0.05$).

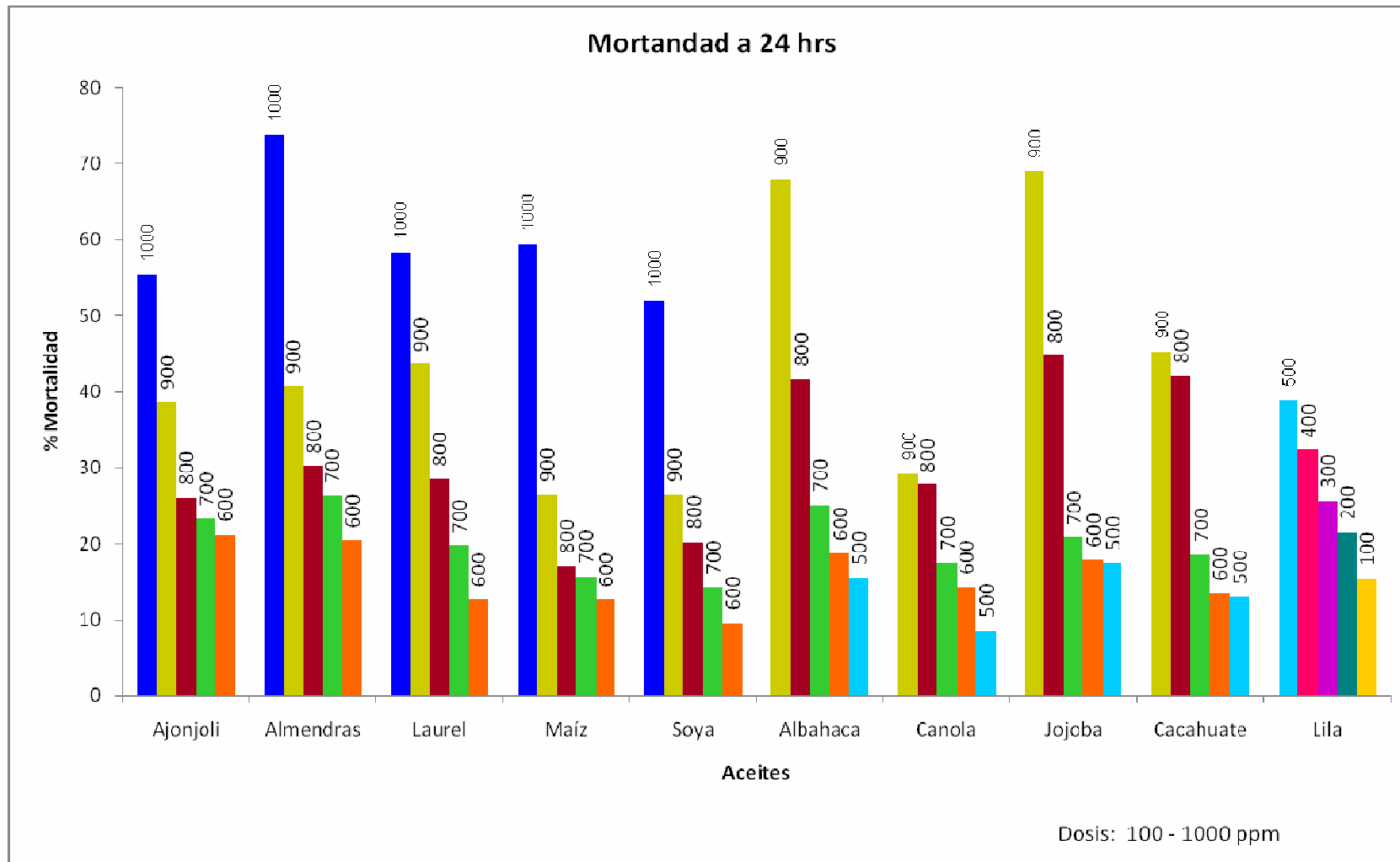


Figura 4.1. Medias de mortandad por dosis a las 24 horas después de la infestación de cada aceite.

Como se puede observar en algunos aceites las dosis más altas alcanzaron y/o superaron el 50 % de mortandad considerándose a estos como los mejores, según lo informado por Lagunés (1994) quien menciona que un tratamiento prometedor es aquel que obtiene el 50 % de mortandad.

En la comparación de medias (Cuadro 4.2) para la variable tiempo, la primera evaluación presentó porcentajes de mortandad más altos en todos los tratamientos, en el aceite de almendras se observó efecto insecticida en tres evaluaciones hasta los 16 días, en lila tuvo efecto hasta 29 días, logrando realizar 4 evaluaciones y finalmente el de soya presentó efecto insecticida por 63 días con seis evaluaciones.

Se observó que todos los aceites después de los 16 días, la mortandad es menor del 12 %, la disminución del efecto insecticida de los aceites se presentó a medida que transcurrió el tiempo de las evaluaciones, almendras y lila los que primeramente perdieron el efecto insecticida a las 24 horas después de la infestación. Los resultados después de la segunda evaluación (8 días), muestran que solo el ajonjolí y albahaca superaron el 50 % de mortandad, por lo tanto los demás aceites son considerados como no prometedores después de 8 días de su aplicación, según señala Páez (1987) al evaluar insecticidas vegetales para el control del *S. zeamais*, consideró a un tratamiento no prometedor aquel que no alcanzó un 50 % mortandad.

Cuadro 4.2. Comparación de medias para la variable tiempo en la mortandad a las 24 horas después de cada infestación.

Tiempo	Ajonjolí	Almendra	Laurel	Maíz	Soya	Albahaca	Canola	Jojoba	Cacahuete	Lila
1 día	97.06 a	87.38 a	95.66 a	93.27 a	94.24 a	96.36 a	89.82 a	96.43 a	94.24 a	93.56 a
8 días	60.85 b	28.30 b	49.86 b	27.80 b	38.50 b	53.18 b	14.06 b	42.78 b	36.56 b	19.78 b
16 días	9.03 c	4.74 c	8.31 c	8.30 c	8.69 c	8.67 c	3.31 c	11.78 c	5.91 c	3.73 c
29 días	4.66 d		7.96 c	5.24 cd	8.06 c	7.92 c	4.60 c	8.95 c	4.39 c	3.24 c
42 días	4.34 d		6.20 c	5.10 d	5.81 cd	6.87 c	4.66 c	9.04 c	3.88 c	
63 días					3.38 d					
Media	34.67	37.96	34.09	29.96	28.77	34.89	25.75	34.98	30.16	30.86
LSD	2.00	2.04	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.02

Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (LSD $\alpha \leq 0.05$ %).

De los diez aceites evaluados tuvo mayor efecto insecticida el aceite de ajonjolí con un 97.06 % de mortandad y una media 34.67 %. El de menor eficiencia fue el almendras con 87.38 % de mortandad al primer muestreo y una media general de 37.96 %.

Es importante señalar que a través del tiempo se fue perdiendo el efecto insecticida en todos los aceites y que los efectos presentaron un rango de uno a 42 días; resultados similares obtuvo Hernández (2007) al evaluar aceites vegetales sobre el control del *S. zeamais* reportando que estos perdieron su efecto insecticida a los 60 días, asimismo, Silva *et al.*, (2005) al evaluar propiedades insecticidas de *Chenopodium ambrosioides* L. y *Peumus boldus* para el control del *S. zeamais*, encontraron que su efecto residual fue menor a 30 días.

II. Mortandad Acumulada

El Cuadro A.2 (Apéndice) se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza para las variables dosis, tiempo y su interacción, en la evaluación de mortandad acumulada de insectos en las siete evaluaciones realizadas en esta investigación, en dicho análisis se encontró significancia ($P \leq 0.01$) en los diez aceites, en las variables dosis y tiempo. En la interacción de dosis por tiempo de almacenamiento se encontró significancia ($P \leq 0.01$) en los aceites de ajonjolí, lila, soya y cacahuate; en albahaca y maíz se encontró significancia ($P \leq 0.05$) y en almendras, canola, jojoba y laurel no se encontró significancia.

Estos resultados demuestran que todos los aceites difieren en las dosis y su tiempo de efecto insecticida sobre la mortandad del *S. zeamais*, se puede atribuir a que los aceites evaluados presentan diferencias en cuanto a su efecto insecticida, un resultado similar reportaron Pérez *et al*; (2004) al evaluar ocho aceites vegetales para el control de *Culex quinquefasciatus*, encontraron diferencias en la mortandad con tres diferentes dosis.

De acuerdo al Cuadro 4.3 en la comparación de medias para la variable dosis en la evaluación de mortandad acumulada de insectos, presentó diferencias estadísticas en todos los aceites, las mejores dosis son las altas ya que presentaron los porcentajes altos de mortandad.

Los mejores resultados de mortandad acumulada se encontraron en ajonjolí (1000 ppm) con 95.32 %, lila (500 ppm) 93.38 %, maíz (1000 ppm) 93.00 % y albahaca (900 ppm) 90.46 %, mostraron los resultados más bajos las dosis de 500 a 700 ppm en la mayoría de los aceites, en lila se presentaron porcentajes bajos en las dosis de 200 y 100 ppm. La mortandad menor la presentaron los aceites de maíz y cacahuate de 10 %. En la Figura 4.2. se muestran las medias por dosis en la mortandad acumulada.

Respecto a las mejores medias generales de cada tratamiento, estas se presentaron en los aceites jojoba (55.47 %) y laurel (50.60 %), la media con el resultado menor es cacahuate (40.59 %); estos aceites mostraron valores de mortandad de manera descendente en sus dosis; esto se puede atribuir a que

Cuadro 4.3. Comparación de medias para la variable dosis para la evaluación de mortandad acumulada de los insectos.

Dosis (ppm)	Ajonjolí	Almendras	Laurel	Maíz	Soya
1000	95.32 a	84.52 a	87.99 a	93.00 a	92.80 a
900	70.65 b	72.19 b	76.80 b	75.20 b	68.83 b
800	31.77 c	46.06 c	62.45 c	31.63 c	40.00 c
700	26.02 c	22.43 d	45.07 d	16.53 d	22.37 d
600	16.46 d	14.36 e	21.65 e	8.06 e	17.46 d
Media	44.72	43.65	50.60	41.90	44.53
LSD	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99

Dosis (ppm)	Albahaca	Canola	Jojoba	Cacahuete	Dosis	Lila
900	90.46 a	86.99 a	86.79 a	86.06 a	500	93.38 a
800	59.00 b	72.18 b	79.64 b	79.25 b	400	86.31 b
700	34.47 c	48.01 c	65.23 c	29.14 c	300	50.44 c
600	21.86 d	27.40 d	58.27 cd	13.96 d	200	29.89 d
500	11.73 e	17.38 e	42.80 d	8.94 e	100	15.23 e
Media	41.20	45.41	55.47	40.59	Media	48.94
LSD	1.99	1.99	1.99	1.99	LSD	1.99

Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente ($LSD \leq 0.05$).

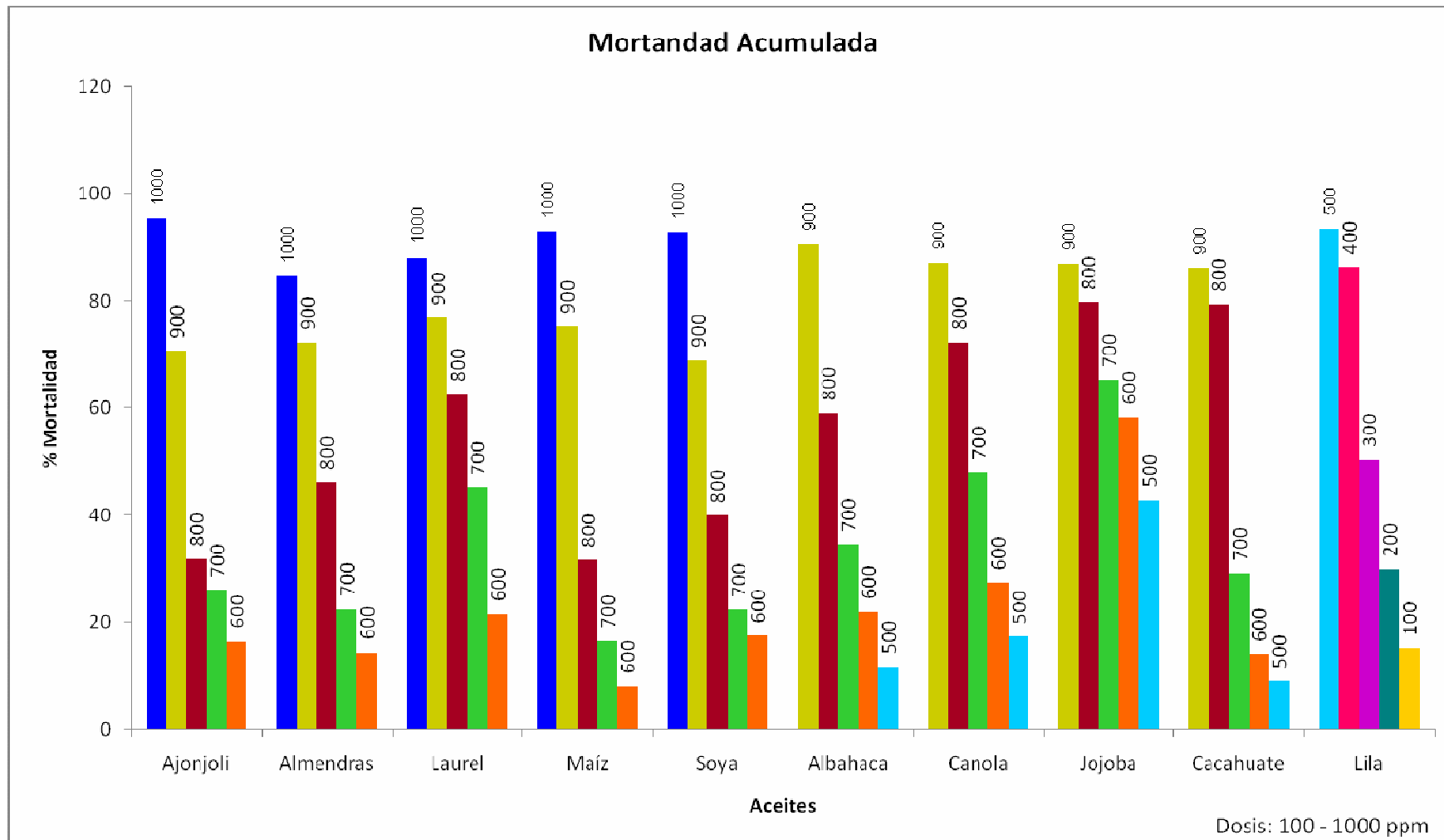


Figura 4.2. Medias de la mortandad acumulada por dosis de cada aceite.

posiblemente los aceites difieren en su composición, el efecto insecticida es diferente, esto concuerda con Bouda *et al.*, (2001) al evaluar el efecto de aceites esenciales de hojas de *Ageratum conyzoides*, *Lantana Camara* y *Chromolaena odorata* para controlar el *S. zeamais*. Es necesario conocer el principio activo del aceite que atacó al gorgojo, según lo informa Jembere *et al.*, (1995) al evaluar la composición de las hojas de *Ocimum kilmandscharicum* como protector del grano de maíz.

En la comparación de medias (Cuadro 4.4), todos los aceites en la variable tiempo de la evaluación de mortandad acumulada de los insectos, mostraron altos porcentajes a los 8 días en todos los tratamientos siendo el mejor aceite el jojoba con 90.59 %, estos porcentajes fueron descendiendo a lo largo del tiempo ya que el efecto insecticida se fue perdiendo, asimismo, se presentó la mortandad menor a los 105 días en el aceite de almendras con 15.46 %. Las dosis en cada una de las evaluaciones obtuvieron diferencias en los resultados, encontrando que algunos aceites rebasaron el 50 % de mortandad, por lo tanto son considerados como productos prometedores, como lo describe Silva (2003), al evaluar polvos en el control de *S. zeamais* en maíz almacenado, encontró tratamientos prometedores al rebasar el 50 % de mortalidad.

Las mejores medias se presentaron en los aceites de laurel (50.60 %) y jojoba (55.47 %), además no perdieron su efecto insecticida tan drásticamente,

Cuadro 4.4. Comparación de medias para la variable tiempo de acción insecticida en la evaluación de mortandad acumulada de los insectos.

Tiempo	Ajonjolí	Almendra	Laurel	Maíz	Soya
8 días	87.39 a	80.89 a	84.21 a	69.54 a	80.65 a
16 días	61.43 b	63.93 b	76.19 ab	65.15 a	64.53 b
29 días	60.24 b	60.78 bc	69.53 bc	44.10 b	55.29 c
42 días	45.03 c	53.76 cd	64.38 cd	42.66 bc	47.81 cd
63 días	37.30 d	47.06 d	52.92 d	35.77 cd	41.45 d
84 días	27.31 e	16.00 e	40.77 e	30.17 de	31.33 e
105 días	25.10 e	15.46 e	26.00 f	25.81 e	22.73 f
Media	44.72	43.65	50.60	41.90	44.53
LSD	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99

Tiempo	Albahaca	Canola	Jojoba	Cacahuete	Lila
8 días	76.67 a	74.74 a	90.59 a	77.03 a	82.12 a
16 días	52.51 b	64.72 b	83.58 ab	51.52 b	66.13 b
29 días	49.98 bc	60.21 b	80.54 ab	45.48 bc	64.28 b
42 días	42.43 cd	57.83 bc	72.27 b	42.34 cd	60.72 bc
63 días	38.18 d	50.00 c	65.48 bc	37.29 d	53.95 c
84 días	26.48 e	25.20 d	48.78 c	29.64 e	43.59 d
105 días	19.40 f	23.53 d	48.48 d	15.66 f	25.28 e
Media	41.20	45.41	55.47	40.59	48.94
LSD	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99

Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (LSD ≤ 0.05).

el resultado menor se presentó en cacahuate (40.59 %), este aceite es el que perdió más drásticamente su efecto, los aceites que mostraron mayor mortandad también presentaron una menor emergencia de insectos, esto es similar a lo señalado por Silva (2005) quien evaluó plantas con propiedades insecticidas para el control de *Sitophilus zeamais* en maíz almacenado. La efectividad de los aceites a través del tiempo puede estar influido por el sexo y edad del insecto, según informan Bekele (1997) quienes evaluaron la resistencia del *S. zeamais* y *Rhyzoperta* con aceites vegetales.

Al no encontrar daño en la semilla tratada con aceites se puede considerar que los aceites evaluados actúan como un repelente, esto es semejante a lo señalado por Shaaya *et al.*, (1976) quienes mencionan que el contacto físico de los insectos con los aceites actúan como repelentes y los insectos mueren al no alimentarse. Esto difiere a lo informado por Davidson (1991) quien señala que el modo de acción tóxica del aceite sobre el insecto actúa cubriendo al insecto con una capa oleosa que tapa los espiráculos de respiración matándolo por asfixia.

Los resultados anteriores demuestran que los aceites controlan el insecto ya que en los testigos no se encontró mortandad en ninguna de las evaluaciones de 24 horas y mortandad acumulada, es similar a lo informado por Asawalam (2006) al evaluar aceites de *Vernonia amygdalina* como control del gorgojo del maíz.

2. Evaluación de la calidad fisiológica de la semilla tratada con aceites

En los cuadrados medios del análisis de varianza (Cuadro 4.5) para los atributos fisiológicos de la semilla almacenada y tratada con diferentes dosis de aceites vegetales, se encontró diferencias significativas ($P \leq 0.01$) en la fuente de variación muestreo en los atributos fisiológicos, primer conteo (PC), germinación (GER), plántulas anormales (PA), semillas sin germinar (SSG), peso seco (PS), longitud media de plúmula (LMP) y longitud media de radícula (LMR). Asimismo en la interacción muestreo por repetición se encontró diferencias significativas ($P \leq 0.01$) en el primer conteo; mientras que en los atributos germinación, plántulas anormales, semillas sin germinar, peso seco, longitud media de plúmula y longitud media de radícula, no mostraron diferencias significativas. Esto nos indica que los aceites tienen un efecto sobre la calidad fisiológica de la semilla diferente a través del tiempo.

Los aceites presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) en el primer conteo, germinación, plántulas anormales, semillas sin germinar, longitud media de plúmula y longitud media de radícula; en cuanto a peso seco, se encontró significancia ($P \leq 0.05$). En la interacción dosis por aceites se encontró diferencias significativas ($P \leq 0.01$) en primer conteo, germinación, plántulas anormales, semillas sin germinar, peso seco, longitud media de plúmula y longitud media de radícula. Estos resultados nos indican que los aceites causan un efecto diferente sobre la calidad fisiológica de la semilla, un resultado similar lo obtuvieron Salas y

Hernández (1984) quienes al evaluar el efecto de seis aceites vegetales sobre la germinación de quinchoncho (*Cajanus cajan*), encontraron diferencias entre estos.

La interacción muestreo por aceites mostró diferencias significativas ($P \leq 0.01$) en primer conteo, germinación, semillas sin germinar, longitud media de plúmula y longitud media de radícula, excepto en plántulas anormales y peso seco, mostraron significancia ($P \leq 0.05$). En la interacción muestreo por dosis por aceites, se presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) en primer conteo y germinación, en cuanto a semillas sin germinar presentó significancia ($P \leq 0.05$), mientras que los atributos, plántulas anormales, peso seco, longitud media de plúmula y longitud media de radícula no presentaron significancias.

El Cuadro 4.6 muestra la comparación de medias de los muestreos respecto a los atributos fisiológicos de la semilla almacenada y tratada con aceites vegetales, en el primer conteo (PC) se encontró diferencia estadística entre el primer muestreo con relación a los demás (los tres últimos se comportaron estadísticamente similares), el primer muestreo presentó el mejor resultado (50.77 %) por arriba de la media general la cual fue de 46.53 %.

El atributo germinación (GER), registró diferencias estadísticas entre muestreos, el primer muestreo mostró el mejor resultado (67.91 %), siguiendo el tercer muestreo (63.91 %) y por ultimo se comportaron estadísticamente iguales el segundo y cuarto muestreo con 59.11 % y 59.51 % respectivamente.

Cuadro 4.5. Cuadrados medios de los atributos fisiológicos de la semilla almacenada y tratada con aceites vegetales.

F.V	GL	PC (%)	GER (%)	PA (%)	SSG (%)	PS (mg)	LMP (cm)	LMR (cm)
Muestreo	3	1573.62 **	3098.40 **	1882.13 **	4070.30 **	9913.81 **	380.98 **	170.91 **
Muest*Rep	8	406.35 **	228.35 ns	57.48 ns	181.13 ns	1033.88 ns	3.37 ns	5.29 *
Aceites	9	13067.91 **	11003.40 **	674.06 **	6594.61 **	3011.94 *	25.61 **	8.74 **
Dosis(Aceites)	50	4517.22 **	3496.24 **	200.29 **	2272.44 **	2220.82 **	9.39 **	7.88 **
Muest*Aceites	27	710.97 **	615.60 **	72.20 ns	587.91 **	1041.21 ns	5.65 **	5.59 **
Muest*dosis(Aceites)	150	291.48 **	209.87 **	79.12 ns	173.56 *	1056.92 ns	2.42 ns	2.50 ns
Error	472	147.16	149.30	77.62	114.15	1257.50	2.02	2.70
C.V		26.07	19.51	54.08	50.70	110.35	21.01	9.52

** = Significativo ($P \leq 0.01$), * = Significativo ($P \leq 0.05$), ns = No significativo; PC = Primer conteo; GER = Germinación; PA = Plántulas anormales; SSG = Semilla sin germinar; PS = Peso seco; LMP = Longitud media de plúmula; LMR = Longitud media de radícula.

Cuadro 4.6. Comparación de medias de los muestreos para los atributos fisiológicos de la semilla almacenada y tratada con aceites vegetales.

Muestreo	PC (%)	GER (%)	PA (%)	SSG (%)	PS (mg)	LMP (cm)	LMR (cm)
1	50.778 a	67.911 a	13.20 c	18.88 b	41.87 a	8.84 a	18.65 a
2	45.655 b	59.111 c	16.73 b	15.46 c	30.08 bc	6.39 b	17.21 b
3	45.882 b	63.911 b	20.62 a	24.156 a	32.57 b	5.44 c	16.49 c
4	43.911 b	59.511 c	14.60 c	25.778 a	24.01 c	6.39 b	16.69 c
Media	46.53	62.61	16.28	21.07	32.13	6.77	17.26
LSD	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96

Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (LSD $\alpha \leq 0.05$ %); PC = Primer conteo; GER = Germinación; PA = Plántulas anormales; SSG = Semilla sin germinar; PS = Peso seco; LMP = Longitud media de plúmula; LMR = Longitud media de radícula.

En cuanto a la variable plántulas anormales (PA), el mejor muestreo fue el primero y el cuarto con resultados de 13.20 % y 14.60 % respectivamente. Por debajo de la media de 16.28 % de plántulas anormales.

La variable semillas sin germinar (SSG), mostró diferencias estadísticas entre muestreos, siendo en este caso el segundo muestreo el mejor con 15.46 %, menor que la media general la cual fue de 21.07 %, el tercero y cuarto muestreo fueron los mejores porcentajes de 24.15 % y 25.77 % respectivamente.

De acuerdo a la comparación de medias la variable peso seco (PS), presentó diferencias estadísticas entre muestreos, el primer muestreo fue el mejor con 41.87 mg/plántula, por arriba de la media de 32.13 mg/plántula. En lo que concierne a la longitud media de plúmula (LMP), se encontró diferencia estadística entre muestreos, presentándose los mejores resultados en el primer muestreo con una longitud de 8.84 cm, por arriba de la media la cual fue de 6.77 cm y la menor longitud se presentó en el tercer muestreo con 5.44 cm. Esto indica que al tratar la semilla con aceites, afecta el desarrollo de la plántula, en este sentido Moreno (1996), informa que los tratamientos de semilla pueden afectar la germinación y desarrollo de las plántulas en papel.

La variable longitud media de radícula (LMR), mostró diferencia estadística entre muestreos, encontrando el mejor resultado en el primer muestreo con 18.65 cm de longitud, por arriba de la media la cual fue de 17.26 cm, presentando los resultados menores, en los muestreos tres y cuatro con 16.49 cm y 16.69 cm respectivamente.

Se encontró que al tratar la semilla con estos aceites, en la mayoría de las variables evaluadas a través del tiempo de almacenamiento, su calidad fisiológica fue disminuyendo a medida que pasó el tiempo, este resultado es similar a lo informado por Dhingra *et al.*, (2001) al evaluar aceites para el control del *Aspergillus caucho* en semilla de soya encontraron que está bajó su calidad a través del tiempo.

En la comparación de medias (Cuadro 4.7) de los aceites; en la variable primer conteo (PC), se encontró diferencias estadísticas, siendo canola el mejor aceite con 68.66 %, el cual fue superior a la media general (46.53 %), el que mostró menor resultado fue el aceite de laurel (29.11 %).

En la variable germinación (GER), presentó diferencias estadísticas entre los aceites, siendo los mejores maíz con 79.66 % y canola con 78.88 % y los valores menores se presentaron en laurel con 48.22 % y ajonjolí con 49.50 %, y una media general 62.61 %.

En lo que corresponde a plántulas anormales (PA), se encontró diferencias estadísticas entre aceites, los mejores fueron canola, maíz, soya y almendras con 12.27 %, 12.83 %, 12.88 % y 13.83 % respectivamente y los aceites que registraron los porcentajes mayores fueron el ajonjolí (17.77 %), lila (18.16 %), albahaca (18.72%), laurel (19.11 %) y jojoba (20.50 %).

En las semillas sin germinar (SSG), se encontró diferencias estadísticas entre los aceites, el resultado menor se presentó en el aceite de maíz y canola con 7.50 % y 8.83 % respectivamente, por abajo de la media general con 21.07 %, los porcentajes altos se presentaron en los aceites de ajonjolí con 32.72 % y laurel con 32.38 % de semillas sin germinar.

La variable peso seco (PS), mostró diferencias estadísticas entre aceites, los porcentajes altos se presentaron en los aceites de lila, canola, maíz,

almendras y soya con 43.79 mg, 39.08 mg, 37.36 mg, 34.85 mg y 32.36 mg respectivamente, por arriba de la media de 32.13 mg, los peores resultados se encontraron en jojoba (24.66 mg) y laurel (25.36 mg).

En la variable longitud media de plúmula (LMP), se encontró diferencias estadísticas entre aceites, los valores altos estuvieron presentes en el aceite de canola con 7.92 cm y almendras 7.47 cm, por arriba de la media general (6.77 cm), presentando menores longitudes los aceites de laurel, lila, albahaca y cacahuete con 6.03 cm, 6.18 cm, 6.32 cm y 6.41 cm respectivamente.

En lo que corresponde a la longitud media de radícula (LMR), se presentó diferencias estadísticas entre los aceites, los mejores resultados las registró almendras (17.68 cm), canola (17.65 cm), soya (17.56 cm), maíz (17.48 cm), jojoba (17.26 cm), cacahuete (17.23 cm) y albahaca (17.16 cm), con una media general de 17.26 cm, los resultados menores se encontraron en laurel, lila y ajonjolí con un 17.11 cm, 16.79 cm y 16.65 cm respectivamente.

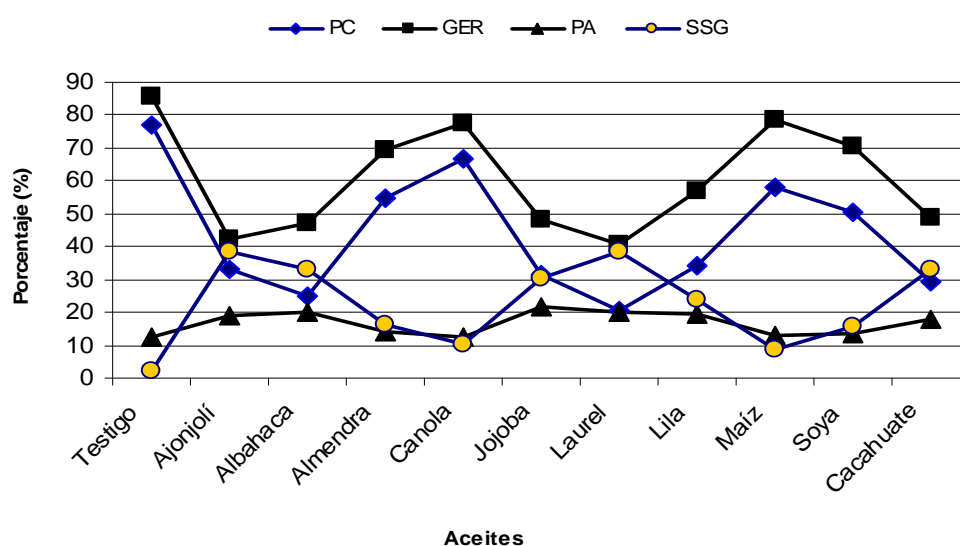
De acuerdo a los resultados obtenidos se encontró que causaron menor daño a la semilla almacenada los aceites de canola y maíz, la germinación no disminuyó tan drásticamente como en los otros aceites en cortos periodos de almacenamiento.

Cuadro 4.7. Comparación de medias de los aceites en la evaluación de los atributos fisiológicos de la semilla almacenada y tratada con aceites vegetales.

Aceites	PC (%)	GER (%)	PA (%)	SSG (%)	PS (mg)	LMP (cm)	LMR (cm)
Ajonjolí	40.83 d	49.50 ef	17.77 ab	32.72 a	26.65 cd	6.95 b	16.65 d
Albahaca	33.167 e	53.11 de	18.72 ab	28.16 b	29.29 bcd	6.32 cd	17.16 abcd
Almendras	59.22 bc	72.50 b	13.66 c	13.83 d	34.85 abcd	7.47 a	17.68 a
Canola	68.66 a	78.88 a	12.27 c	8.83 e	39.08 ab	7.92 a	17.65 a
Jojoba	38.94 d	53.77 d	20.50 a	25.72 b	24.66 d	6.52 bc	17.26 abc
Laurel	29.11 f	48.22 f	19.11 ab	32.38 a	25.38 d	6.03 d	17.11 bcd
Lila	40.88 d	61.61 c	18.16 ab	20.22 c	43.79 a	6.18 cd	16.79 cd
Maíz	61.00 b	79.66 a	12.83 c	7.50 e	37.36 abc	6.96 b	17.48 ab
Soya	55.94 c	73.55 b	12.88 c	13.55 d	32.36 abcd	6.91 b	17.56 ab
Cacahuete	37.55 d	55.27 d	16.94 b	27.77 b	27.88 bcd	6.41 cd	17.23 abc
Media	46.53	62.61	16.28	21.07	32.13	6.77	17.26
LSD	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96

Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (LSD $\alpha \leq 0.05$ %); PC = Primer conteo; GER = Germinación; PA = Plántulas anormales; SSG = Semilla sin germinar; PS = Peso seco; LMP = Longitud media de plúmula; LMR = Longitud media de radícula.

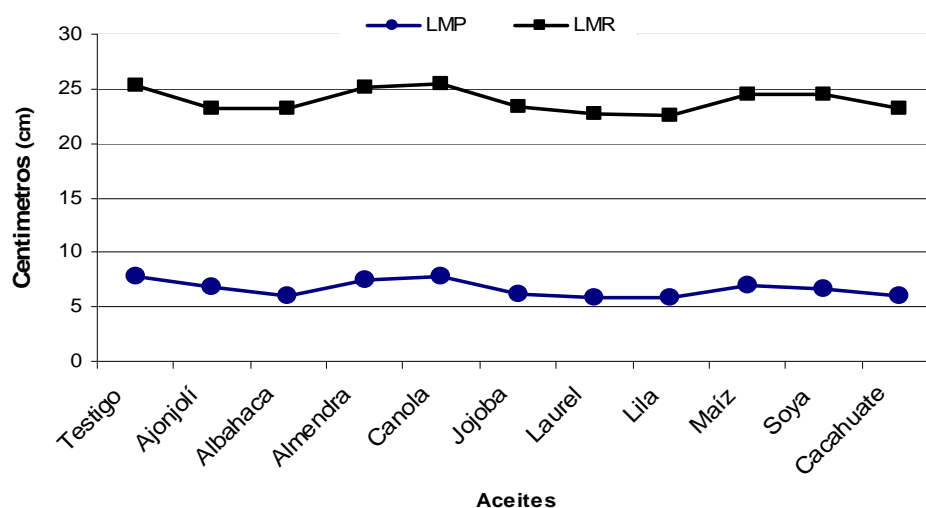
La figura 4.3. muestra los porcentajes de los atributos fisiológicos de la semilla de los cuatro muestreos realizados, el testigo (semilla no tratada) se comportó mejor que la semilla tratada. En la semilla tratada el mejor aceite en plántulas normales al primer conteo (PC) fue canola, en germinación (GER) maíz y canola, en plántulas anormales (PA) canola y maíz y en semillas sin germinar (SSG) el maíz y canola. Se encontró que las semillas tratadas con los aceites no superaron el 85 % de germinación. Por lo tanto, no cumplen con las normas del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) para ser certificadas y comercializarlas (Flores, 2004).



PC= Primer conteo, GER= Germinación, PA= Plántulas anormales y SSG= Semillas sin germinar.

Figura 4.3. Porcentajes de los atributos fisiológicos de la semilla de maíz tratada con aceites y su testigo.

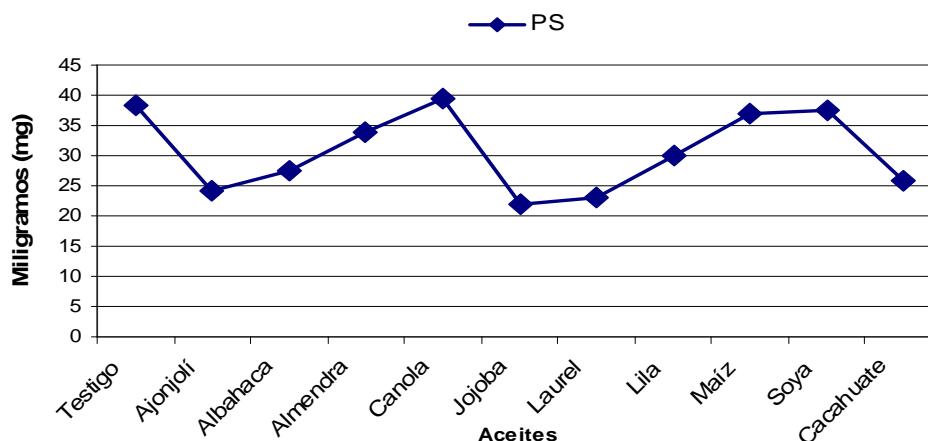
La figura 4.4. presenta la longitud media de plúmula donde los aceites de canola (7.86 cm) y almendra (7.44 cm) se comportaron similares al testigo, respecto a la longitud media de radícula el testigo mostró mayor longitud al igual que los aceites de almendras y canola.



LMP=Longitud media de plumula, LMR= Longitud media de radícula

Figura 4.4. Longitud media de plúmula y radícula en semilla de maíz tratada con aceites y su testigo.

En el peso seco (Fig. 4.5.) se presentaron los mejores resultados en el testigo y en los aceites de canola (39.37 mg), soya (37.37 mg), y maíz (37.07 mg). En cuanto a los demás aceites afectaron de manera negativa en la acumulación de materia seca en la plántula.



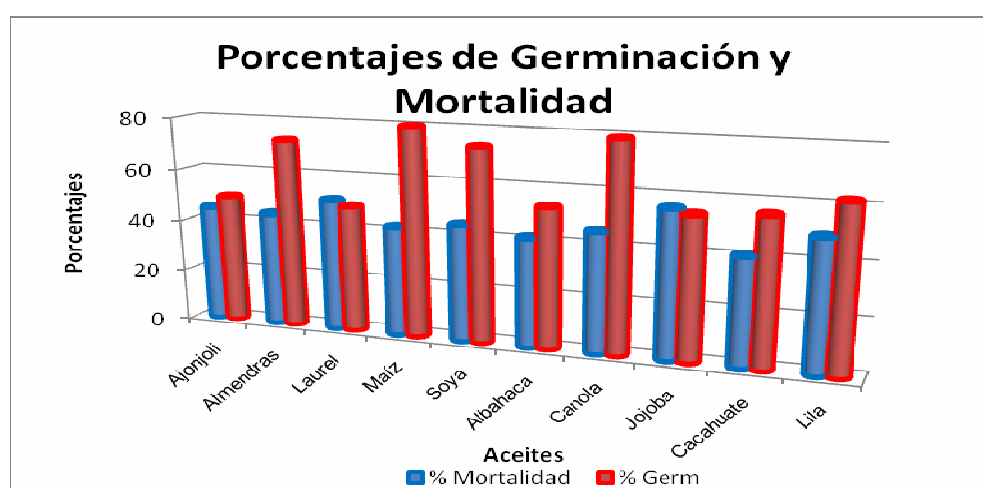
PS= Peso seco

Figura 4.5 Peso seco de la semilla de maíz tratada con aceites y su testigo.

La Figura 4.6. muestra el porcentaje de germinación y mortandad de insectos, en la germinación mostraron los mejores resultados los aceites de canola, maíz y soya, en la mortalidad sucedió lo contrario estos aceites presentaron bajos porcentajes y los altos porcentajes de mortandad del *S. zeamias* se encontraron en el aceites de jojoba y laurel. De acuerdo a estos resultados no se encontró un aceite que logre el control del insecto sin que afecte la calidad fisiológica de la semilla.

De manera general se encontró que los diez aceites evaluados a diferentes dosis, a medida que se aumentaba las concentraciones mostró una disminución en la calidad fisiológica de la semilla, estos resultados concuerdan con los obtenidos por Silva (2003) al evaluar plantas medicinales en polvo para el control del *S. zeamais* en maíz almacenado, asimismo, Hernández (2007) al evaluar diferentes aceites para el control de *S. zeamais* en semilla de maíz

almacenada reportó que las dosis altas de 300 y 400 ppm dañan la calidad de la semilla. Por su parte Salas (1984) informó que al evaluar aceites vegetales para combatir el *S. oryzae* en semilla de maíz, encontró disminución de la germinación en las semillas tratadas, también observó diferencias entre todos los aceites en relación a la viabilidad de las semillas sometidas a la prueba de Tetrazolium.



% Mortalidad = Porcentaje de mortalidad, % Germ = Porcentaje de germinación

Figura 4.6. Porcentajes de germinación de la semilla de maíz y mortandad del *Sitophilus zeamias*.

Debido a que se presentaron bajos porcentajes de germinación en la semilla tratada con aceites, se decidió realizar una prueba de viabilidad con tetrazolio en la cual se encontró que en las semillas tratadas con dosis bajas todo el embrión se tiñó de rojo (formazán), en cuanto a las semillas tratadas con dosis altas presentaron las extremidades del escutelo sin teñir. Sin embargo esto no es crítico para la viabilidad de la semilla (Moreno, 1996).

En base a los resultados encontrados en la prueba de viabilidad, la baja germinación que se presentó se le atribuyó a que los aceites forman una capa cerosa sobre el pericarpio, la cual causa un efecto negativo sobre la tasa de imbibición en la semilla y por consiguiente afecta el proceso de germinación; fue realizada una prueba de imbibición en la cual se encontró que la semilla tratada con aceite de cacahuete a 1000 ppm, imbibió menor cantidad de agua a comparación que el testigo (semilla no tratada). Por lo tanto se recomienda realizar este tipo de pruebas en la etapa de bioensayos en futuros trabajos de investigación, en los cuales se evalué el efecto de los aceites vegetales sobre la calidad fisiológica de la semilla.

V. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se concluye lo siguiente:

Se encontró que en la mortandad a las 24 horas después de la infestación las mejores dosis son las concentraciones altas de 900 y 1000 ppm, presentaron mayor porcentaje de mortandad del *S. zeamais*.

Los mejores aceites para controlar el *S. zeamais* a las 24 horas después de la infestación son almendra (73.72 %), jojoba (69.05 %) y albahaca (67.84 %). La mayor eficiencia insecticida a través del tiempo la presentaron el ajonjolí, laurel, maíz, soya, albahaca, canola, jojoba y cacahuete.

En la mortandad acumulada los mejores resultados se presentaron en las dosis altas en cada aceite (1000, 900 y 500 ppm). Las tres mejores medias se encontraron en jojoba (55.47 %), laurel (50.60 %) y lila (48.94 %).

Los aceites utilizados en esta investigación afectaron de manera negativa la calidad fisiológica de la semilla, siendo las dosis altas las que presentaron una mayor disminución en la calidad.

De los productos utilizados, se encontró que los aceites de canola y maíz causaron menor daño fisiológico a la semilla, sin embargo, no ejercieron un buen control sobre el *S. zeamais*, por lo tanto, no se encontró un aceite que logre el control del insecto sin que afecte la calidad fisiológica de la semilla.

VI. RESUMEN

Se evaluó el efecto insecticida de diez aceites (ajonjolí, almendra, albahaca, cacahuete, canola, jojoba, laurel, lila, maíz y soya) de origen vegetal para controlar el *Sitophilus zeamais* Motschulsky en semilla de maíz VAN-210, durante 126 días. Los objetivos fueron: determinar los mejores aceites vegetales y sus dosis que actúen en el control del *S. zeamais*, en semilla de maíz almacenada y evaluar el efecto de los aceites vegetales y sus dosis sobre la calidad fisiológica de la semilla de maíz almacenada. La primera parte de este trabajo fue evaluar el efecto de los aceites sobre el *S. zeamais*, en el cual se evaluó la mortandad a las 24 horas después de cada infestación y la mortandad acumulada la cual consistió en evaluar la mortandad de los insectos que quedaron vivos después de la evaluación a las 24 horas, los datos de mortandad fueron transformados mediante la formula $y = \text{arc sen} \sqrt{\frac{X}{100}}$, posteriormente se analizaron mediante un análisis de varianza completamente al azar con arreglo factorial. Los resultados del análisis de la mortandad de insectos a las 24 horas, de los diez aceites evaluados, se encontraron los mejores resultados en las dosis altas, los mejores aceites para el control del *S. zeamais*, fueron almendras con una media de 37.96 % y su dosis alta (1000 ppm) 73.72 %; jojoba con una media de 34.98 % y la dosis alta (900 ppm)

69.05 % y albahaca una media de 34.89 % y en su dosis alta (900 ppm) 67.84 %. El aceite que tuvo mayor efecto insecticida a través del tiempo fue soya con 63 días. En la mortandad acumulada se encontraron los mejores resultados en las dosis de 1000 ppm en ajonjolí (95.32 %), 500 ppm en lila (93.38 %), 1000 ppm en maíz (93.00 %) y 900 ppm en albahaca (90.46 %), el mayor efecto insecticida a través del tiempo se presentaron en los aceites de canola, jojoba y laurel. En la segunda parte de este trabajo se evaluó el efecto de los aceites en la calidad fisiológica de la semilla, la cual se llevó a cabo realizando muestreos cada 30 días durante cuatro meses, a los cuales se les realizaron pruebas de germinación, tasa de crecimiento de la plántula (peso seco), longitud media de plúmula y radícula, usando un diseño de parcelas divididas con un factor anidado. Los resultados de los análisis estadísticos mostraron que el aceite de canola obtuvo un 79.66 % de germinación y maíz un 78.88 % siendo estos los que menor daño causaron, ya que el resto de los aceites afectaron más la calidad fisiológica de la semilla, esto fue más notable a medida que se aumentaba las concentraciones de los aceites, además la calidad fue disminuyendo a medida que aumentó el tiempo de almacenamiento. Al analizar de manera conjunta ambas partes de este trabajo se encontró que las concentraciones altas de los aceites controlaron mejor el insecto tanto en la mortandad a las 24 horas después de la infestación y la mortandad acumulada, sin embargo estas dosis afectaron de manera negativa la calidad fisiológica de la semilla, por lo tanto, no se encontró un aceite que logre el control del insecto sin que afecte la calidad fisiológica de la semilla.

VII. LITERATURA CITADA

- Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Eco. Entomol. 18: 265 – 267.
- AOSA. 1983. Seed vigour testing handbook. Contribution No. 32 to the handbook. XI seed testing. 88 p.
- Asawalam E., F. 2006. Aceites de *vernonia amygdalina* como protectores contra del gorgojo del maíz. Tropical and Subtropical Agroecosystems. pp. 95 - 102.
- Bartlett M., S. 1947. The use of transformations, biometrics. pp. 39 - 52.
- Bass L., N. 1973. Controlled atmosphere and seed storage. Seed Science & Technology. pp. 34 - 62.
- Bekele, F. 1997. Ethiopian Use of ENSO Information in Its Seasonal Forecasts, Internet Journal of African Studies. No. 2. March.
- Bennett G., W. 1982. Guía Científica de Truman para Operaciones de Control de Plagas, Hancourt Brace Jovanovich Inc., 4^a ed. pp. 31.
- Bouda, H., A. Tapondjo, A. Fotem D. and Y. Gumedzoe M. 2001. Effect of essential oils from leaves of *Ageratum conyzoides*, *Lantana Camara* and *Chromolaena odorata* on the mortality of *Sitophilus zeamais*. Journal of Stored Products Research. pp. 103-109.
- Burris J., S. 1978. Seeding vigor and its effect on field performance in corn and soybeans. Proceedings of the first annual seed technology conference. Ames, Iowa, USA. pp. 56-66.

- Chávez, A. 2004. Calidad genética de las semillas. Instituto nacional de investigación agraria. México. pp. 8 – 20.
- Creech R., G. 1985. Genetic control of carbohydrate synthesis in maize. Genetics. pp. 1170-1175.
- Davidson, N. 1991. Managing insects and mites with Spray oils. IPM Education and Publications. Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 3347. USA. 47 p.
- Delouche H., H. 1986. Physiological seed quality. Short course for seeds. Mississippi State University. Vol. 27. pp. 51 - 59.
- Deloche J., C. 1973. Precepts of seed storage. Proceedings short course for seedsmen. Seed Technology Lab. Mississippi State University. Vol. 16. pp. 30 – 34.
- Deloche J., C. 1980. Some thoughts on seed storage. Proceedings short course of seedsmen. Seed Technology Lab. Mississippi State University. Vol. 2. pp. 25.
- Díaz, G. 1985. Actividades de aceites vegetales para proteger maíz almacenado contra el gorgojo *Sitophilus zeamais* Motschulsky. Colegio de Postgraduados. México. pp.73.
- Dhingra O., D., S. G. Mizubuti E., T. Napoleao I. y Jham, G. 2001. Free fatty acid accumulation and quality loss of stored soybean seeds invaded by *Aspergillus rubber*. Seed Science and Technology, Zürich, v.29, p.193-203,
- FAO. 1985. Prevención de pérdidas de alimentos poscosecha. Manual de Capacitación. Roma. Italia. 250 p.
- Fields, P. and W. Muir. 1996. Integrated Management of insects in stored products. Marcel Dekker, Inc. New York. USA. pp. 195-222.

- Flores H. A. 2004. Introducción a la Tecnología de semillas. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 160 p.
- Gastelúm, R. y C. Rodríguez. 1996. Empleo de aceites y jabones como alternativas bioracionales para el control de plagas. Colegio de Postgraduados. Fundación mexicana para la educación ambiental A.C. México pp. 79-88.
- Guerra H., J. 1993. El control de insectos plaga y su impacto en los costos directos de producción de maíz híbrido para semilla. Bol. Entomol. Ven. N.S. 8(1): 32
- Hernández C., G. 2007. Control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky con productos naturales en semilla de maíz almacenada. Tesis de postgrado. Maestría en Tecnología de Granos y Semillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México 55 p.
- ISTA. 2004. International Rules for Seed Testing Ed. 2004. Brasserdorf, CH-Switzerland. 700 p.
- Jembere, B., D. Obeng O. and A. Hassanali. 1995. Products derived from the leaves of *Ocimum kilmandscharicum* as post harvest grain protectants against the infestation of three major stored insect product pests. Bulletin of Entomological Research pp. 361- 367.
- Lagunés, A. 1994. Extractos de polvos vegetales y polvos minerales para el combate de plagas del maíz y del frijol en la agricultura de subsistencia. Colegio de Postgraduados. México. 35 p.
- Lannacone, J. y G. Lamas. 2003. Plantas biocidas usadas en el control de la polilla de la papa, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae). pp. 79-87.
- Mareggiani, G. 2001. Manejo de insectos plaga mediante sustancias semiquímicas de origen vegetal. Manejo Integrado de Plagas. pp. 22 - 30.

- Moreno M., E. 1996. Análisis físico y biológico se semillas agrícolas. Tercera edición. UNAM. México. D.F. pp. 113 - 300.
- Moreno, M. E., M. E. Vázquez B. y F. Facio P. 2000. La temperatura en relación con la longevidad de semillas de maíz almacenada con baja humedad. Agrociencia. Colegio de Postgraduados. México. pp. 175 - 180.
- Páez, A. 1987. Uso de polvos vegetales e inertes minerales como una alternativa para el combate del gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* Motschulsky en maíz almacenado. Colegio de Postgraduados. México. 135p.
- Pérez, P. R., C. Rodríguez H., J. Lara R., R. Montes B. y G. Ramirez V. 2004. Toxicidad de aceites, eseciales y extractos vegetales en larvas de mosquito *Culex quinquefasciatus* Say (didptera: culicidae). Acta Zoologica Mexicana. 20(1):141-152.
- Perry D., A. 1980. The concept of seed vigour and relevance to seed production techniques. In Seed production. Ed. By P.D. Hebblethwaite, Butterworths, London. pp. 585-591.
- Ramayo, L. 1983. Tecnología de granos. Departamento de industrias agrícolas. Universidad Autonoma Chapingo. México. 216 p.
- Ramírez G., M. 1978. Almacenamiento y conservación de granos y semillas. CECSA. México, 300 p.
- Roberts E., H. 1972. Viability of seeds. Syracuse University Press. Syracuse. 448 p.
- Salas, J. 1984. Protección de semillas de maíz contra el ataque de *Sitophilus oryzae* a través del uso de aceite vegetales. Agronomía Tropical. pp. 1-15.
- Salas, J. 1985. Protección de semillas de maíz (*Zea mays*) contra el ataque de *Sitophilus oryzae* a través del uso de aceites vegetales. Agronomía Tropical. pp. 19-27.

- Salas, J. y G. Hernandez. 1984. Protección de semillas de quinchoncho (*Cajanus cajan*) contra el ataque de *Acanthoscelides obtectus* y *Callosobruchus maculatus* a través de aceites vegetales. *Agronomía Tropical*. 35 (4-6): 19-27.
- Sciatterra, A. 2004. Spatial distribution of some beetles infesting a feed mill with spatio temporal dynamics of *Oryzaephilus surinamensis*, *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum*. *J. Stored the Production* pp. 363-377.
- Serna, S. 1996. Química, almacenamiento e industrialización de los cereales. AGT Editores. México. 521 p.
- Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera (SIAP). SAGARPA. 2007. Situación actual y perspectivas de maíz en México 1996 – 2012. México, D.F. pp. 19 – 24.
- Shaaya E., G. Grossman. and R. Ikan. 1976. The effect of straight chain fatty acids on growth of *Calandra oryzae*. Vol. 11. pp. 81- 91.
- Silva G., A. Lagunas, C. Rodríguez J. y D. Rodríguez. 2002. Insecticidas vegetales en una vieja y nueva alternativa en el manejo de plagas. *Manejo Integrado de Plagas*. pp. 4 -12.
- Silva, G. 2003. Evaluación de plantas medicinales en polvo para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky en maíz almacenado. *Revista Brasileira de Agrociencia*, vol. 9. pp. 383-388.
- Silva G., O. Orrego, R. Hepp y M. Tapia. 2005. Búsqueda de plantas con propiedades insecticidas para el control de *Sitophilus zeamais* en maíz almacenado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 40, pp.11-17.
- Soto, R. N., I. Juárez B. y J. Pineda Y. 2000. Evaluación insecticida de *Pathenium incanum* y de *Zinnia spp* en *Sitophilus zeamais*. *Memorias del VI Simposio Nacional sobre sustancias vegetales y minerales en el combate de plagas*. Consejo Mexicano de agroinsumos biorracionales. México. pp. 89-93.

Statistical applied system (SAS). 1999. SAS/STAT User's Guide, Release 8.20. SAS Inst. Inc. Cary, NC, USA.

Terenti O., O. 2004. Crecimiento y calidad de la semilla de digitaria eriantha. Informativo rural. Argentina. 99 p.

Torres T., F. 1995. El sistema poscosecha y la alimentación nacional. *In*: El sistema poscosecha de granos en el nivel rural: Problemática y propuestas. E. Moreno, F. Torres, I. Chong (eds.). Programa Universitario de Alimentos. UNAM. México, D.F. pp. 181 – 200.

White, N. and J. Leesch. 1996. Integrated management of insects in stored products. Chemical control. New York, USA. pp. 287- 330.

APÉNDICE

Cuadro A.1. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables dosis, tiempo y su interacción para la evaluación de mortandad de insectos a las 24 horas de infestación.

F.V	GI	Ajonjolí	Albahaca	Cacahuete	Canola	Jojoba	Laurel	Maíz
Dosis	4	1111.71 **	2611.31 **	1612.34 **	674.99 **	2867.37 **	2015.81 **	2164.30 **
Tiempo	4	13664.55 **	11761.95 **	11623.97 **	10070.71 **	10569.15 **	11413.06 **	10385.10 **
Dosis* Tiempo	16	208.59 **	440.56 **	518.19 **	135.32 **	272.30 **	345.51 **	266.43 **
Error	50	21.97	16.19	22.00	20.93	65.08	33.82	23.87
C.V (%)		13.51	11.53	15.54	17.77	23.05	17.06	16.30

F.V	GI	Almendras	GI	Lila	GI	Soya
Dosis	4	1457.49 **	4	435.92 **	4	2109.05 **
Tiempo	2	12403.97 **	3	14122.47 **	5	9506.60 **
Dosis* Tiempo	8	272.09 **	12	135.25 **	20	252.83 **
Error	30	37.70	40	18.59	60	21.46
C.V (%)		16.17		13.97		16.10

** = Significativo (P≤0.01), * = Significativo (P≤0.05), ns = No significativo

Cuadro A.2. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables dosis, tiempo y su interacción para la evaluación de mortandad acumulada de insectos.

F.V	GI	Ajonjolí	Albahaca	Almendras	Canola	Jojoba
Dosis	4	10335.73 **	8836.52 **	7574.77 **	7024.25 **	2678.50 **
Tiempo	6	2827.13 **	1949.26 **	3498.15 **	2058.59 **	3146.66 **
Dosis* Tiempo	24	312.72 **	83.41 *	57.63 ns	47.95 ns	84.01 ns
Error	70	37.24	41.63	59.32	57.38	299.10
C.V (%)		13.64	15.65	17.64	16.67	31.17

F.V	GI	Laurel	Lila	Maíz	Soya	Cacahuete
Dosis	4	5642.50 **	10478.73 **	12762.08 **	9001.03 **	11559.50 **
Tiempo	6	2335.08 **	1810.50 **	1465.26 **	2138.23 **	2069.30 **
Dosis* Tiempo	24	68.22 ns	104.83 **	94.07 *	168.15 **	140.50 **
Error	70	87.97	33.08	37.42	42.23	34.78
C.V (%)		18.53	11.75	14.06	14.59	14.52

** = Significativo (P≤0.01), * = Significativo (P≤0.05), ns = No significativo