

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA**



**Evaluación de polvos minerales en el control de *Sitophilus zeamais*
(Motschulsky) en granos de maíz**

Por:

MIGUEL ANGEL TZEC CHE

T E S I S

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Marzo del 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Evaluación de polvos minerales en el control de *Sitophilus zeamais*
(Motschulsky) en granos de maíz

Por:

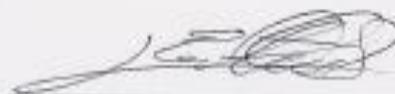
MIGUEL ANGEL TZEC CHE

TESIS

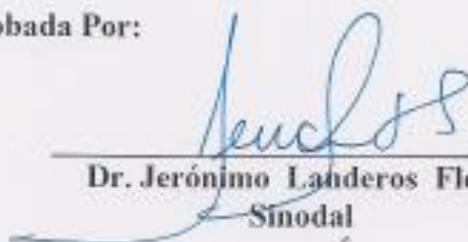
Que se somete a consideración del H. jurado examinador como
requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada Por:



Dr. Ernesto Cerna Chávez
Presidente del jurado



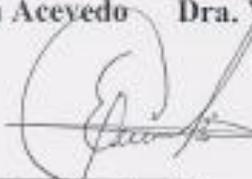
Dr. Jerónimo Landeros Flores
Sinodal



M.C. Luis Patricio Guevara Acevedo
Sinodal



Dra. Yisa María Ochoa Fuentes
Sinodal



Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo
Coordinador de la División de Agronomía

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Marzo del 2010

AGRADECIMIENTOS

Especialmente a **DIOS** por haberme dado salud durante toda la carrera y permitirme vivir en su camino, por saberme guiar en aquellos momentos difíciles que se presentan en la vida, la cual me ha dado la oportunidad de prepararme, uno de los objetivos principales que tenía planteado realizar en mi vida y por darles vida a mis padres, hermanos, esposa y a mi hijo, que para mí son un gran tesoro y el motor de mi vida. Gracias señor.

Agradezco infinitamente a la **Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”** mi ALMA TERRA MATER, por haberme cobijado y darme la oportunidad de formarme una persona moral y contribuir en lo que ahora soy.

A los **Profesores Investigadores del Departamento de Parasitología Agrícola**, agradezco su contribución como docentes y por haber influido en mi formación académica y humana para ser más competente en la vida.

A **mi familia** por depositar su confianza en mí y animarme cuando yo más lo necesite.

A mi esposa **Landi Gabriela Moo Ucan** por su amor, confianza, apoyo, paciencia y motivación que siempre me brinda.

A mis suegros **Sr. Crescencio y Sra. Raquelia** por su comprensión, confianza y por el apoyo que siempre me han brindado a lo largo de mi carrera y más que todo por haberme dado una esposa tan linda y comprensible.

Al **Dr. Ernesto Cerna Chávez**, por confiar en mí y darme la oportunidad de llevar a cabo este proyecto, por su gran apoyo en asesorarme en este trabajo, su tiempo y dedicación que siempre me han brindado. Gracias Dr.

Al **M.C. Luis Patricio Guevara Acevedo** por su apoyo incondicional en la realización y revisión de este trabajo.

Al **Dr. Jerónimo Landeros Flores** por su apoyo en la revisión para poder concluir con este trabajo.

A la **Dra. Yisa María Ochoa Fuentes** por contribuir en la revisión final de este trabajo.

A la **M.C. Rebeca González Villegas** por su amistad y facilitarme los materiales para la realización de este trabajo.

A **mis compañeros de la carrera**, a quienes los recordare siempre por haber convivido en mi estancia en la Universidad junto con ellos a mi amigo Wily, Rosina, Mariana, Luz, Inés, como a Cadenas, Leo, Dani, Abimael, Alermo, Alejandro, Chago, a todos ellos por pasar momentos inolvidables y a toda la generación **CII**.

A mis amigos que de una y de otra forma me han ayudado en la realización de mi carrera y de este trabajo, especialmente, a **Jorge, Veleta, al Ochoa, Rudy, Gleyber**.

A **FUNDEC, Lic. Mario Pavon Carasco** por su valioso apoyo en toda mi carrera.

DEDICATORIA

A mis padres:

Sr. Fidencio Tzec Ucan

Y

Sra. Genara Che Moo

Por su infinito amor y confianza que me han brindado en cada instante de la vida a lo largo de mi carrera profesional. Que gracias por su apoyo y por sus oraciones he concluido una etapa más en mi vida, la cual viviré eternamente agradecido, por ser la herencia más valiosa que se la puede dar a un hijo, que por medio de sufrimientos y desvelos que me han brindado he logrado lo que tanto quiero en la vida.

A mi esposa Landi Gabriela Moo Ucan

y

A mi hijo Ángel Antonio Tzec Moo

Por el amor, ayuda, confianza, paciencia y comprensión que siempre me brindan, y por ser uno de los motivos que me impulsa a seguir adelante en la vida, que para mí son los más valiosos tesoros que me ha dado la vida. Gracias dios por darme una esposa tan linda y un hijo tan hermoso.

A mis hermanos:

ÁNGEL FERNANDO Y JUAN MANUEL

Por su grata compañía y quienes siempre han estado conmigo en los momentos más difíciles en la vida, por su apoyo incondicional y mucho amor, comprensión y confianza que me depositaron. Gracias a ellos, hemos pasado momentos de alegría y tristeza. Dios me los guarde por siempre y los bendiga.

A mis abuelos: **Sr. Galterio y Sra. Elsa, Sr. Abelardo y Sra. Celedoña** que siempre estuvieron pendientes de mí, que por sus palabras de consejo me han motivado a seguir adelante. Gracias a esos alientos que me animaron y por apreciarme, la cual se los agradezco mucho.

A mis **tíos (as), cuñados (as), primos (as)** por su apoyo moral y consejos que en todo momento me brindaron y que han estado presentes cuando los he necesitado, especialmente a mi tío *Humberto Tzec Ucan* por estar siempre con nosotros en las buenas y en las malas, gracias tío. Y a todas aquellas personas que de alguna manera contribuyeron a mi formación profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO	v
INDICE DE CUADROS	vii
INDICE DE FIGURAS	ix
INTRODUCCION	1
LITERATURA REVISADA	3
Origen e importancia del maíz	3
Descripción de la planta del maíz	6
Plagas y enfermedades que atacan al maíz en campo	7
Plagas en el suelo que dañan la raíz	8
Plagas en la planta	8
Enfermedades	9
Principales plagas del maíz almacenado	10
Origen y evolución de los insectos en almacén	12
Infestación de granos	12
Daños	13
Picudo del maíz <i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky	13
Origen y distribución	13
Clasificación taxonómica	13
Descripción morfológica	14
Biología y hábitos	15
Métodos de control	16
Control biológico	16
Prácticas tradicionales	17
Control químico	17
Variedades resistentes	18
Polvos minerales evaluados	18
Hidróxido de Calcio	19
Azufre	20
Acción fungitóxicas del azufre (según Mont Koc):	21
El azufre como insecticida – acaricida	22

Diatomita	23
Modo de acción	23
Insecticida mecánico	24
Ceniza	24
Arena.....	25
MATERIALES Y METODOS.....	26
Ubicación del experimento	26
Material biológico	26
Colonia Madre.....	27
Polvos utilizados	28
Método de aplicación	29
Variables a evaluar.....	30
Mortalidad del Gorgojo del maíz <i>Sitophilus zeamais</i>	30
Porcentaje de granos sanos, dañados y quebrados.....	30
Porciento de eficiencia.....	31
Análisis estadístico.....	31
RESULTADOS Y DISCUSIONES	32
Mortalidad.....	32
A los 8 días de la infestación (Primer conteo)	32
A los 15 días de la infestación (Segundo conteo).....	33
A los 21 días de la infestación (Tercer conteo).....	34
Porcentaje de granos sanos, dañados y quebrados	36
Granos sanos	36
Granos dañados.....	37
Granos quebrados	38
Granos Dañados + quebrados	39
Porciento de eficiencia	40
CONCLUSIONES.....	42
LITERATURA CITADA	43
APENDICE.....	52

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Polvos minerales evaluados en el control del gorgojo del maíz <i>Sitophilus zeamais</i> (Mutsch).....	28
Cuadro A1. Calendario de actividades efectuado durante el estudio de las aplicaciones de los diferentes polvos sobre el gorgojo del maíz <i>Sitophilus zeamais</i>	53
Cuadro A2. Análisis de varianza en el primer conteo sobre el numero de insectos muertos <i>Sitophilus zeamais</i> en los tratamientos con granos de maíz <i>Zea mays</i>	53
Cuadro A3. Comparación de medias en el primer conteo sobre el numero de insectos muertos <i>Sitophilus zeamais</i> en los tratamientos con granos de maíz <i>Zea mays</i>	54
Cuadro A4. Análisis de varianza en el segundo conteo sobre el numero de insectos muertos <i>Sitophilus zeamais</i> en los tratamientos con granos de maíz <i>Zea mays</i>	54
Cuadro A5. Comparación de medias en el segundo conteo sobre el numero de insectos muertos <i>Sitophilus zeamais</i> en los tratamientos con granos de maíz <i>Zea mays</i>	55
Cuadro A6. Análisis de varianza en el tercer conteo sobre el numero de insectos muertos <i>Sitophilus zeamais</i> en los tratamientos con granos de maíz <i>Zea mays</i>	55
Cuadro A7. Comparación de medias en el tercer conteo sobre el numero de insectos muertos <i>Sitophilus zeamais</i> en los tratamientos con granos de maíz <i>Zea mays</i>	56
Cuadro A8. Porcentaje de granos sanos, dañados y quebrados de cada uno de los tratamientos.....	56
Cuadro A9. Análisis de varianza de granos sin daño del gorgojo del maíz <i>Sitophilus zeamais</i>	57
Cuadro A10. Análisis de varianza de granos con daño del gorgojo del maíz <i>Sitophilus zeamais</i>	57

Cuadro A11. Análisis de varianza de granos quebrados con daño del gorgojo del maíz <i>Sitophilus zeamais</i>	58
Cuadro A12. Análisis de varianza de granos quebrados + granos con daño del gorgojo del maíz <i>Sitophilus zeamais</i>	58
Cuadro A13. Comparación de medias de granos quebrados + granos con daño del gorgojo del maíz <i>Sitophilus zeamais</i>	59
Cuadro A14. Porcentaje de eficiencia de cada tratamiento en el primero, segundo y tercer conteo de insectos vivos.....	59

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky	15
Figura 2. Mortalidad de <i>Sitophilus zeamais</i> observados a los 8 días de la infestación (Primer Conteo).....	33
Figura 3. Mortalidad de <i>Sitophilus zeamais</i> observados a los 15 días de la infestación (Segundo Conteo).	34
Figura 4. Mortalidad de <i>Sitophilus zeamais</i> observados a los 21 días de la infestación (Tercer Conteo).....	35
Figura 5. Porcentaje de granos de maíz sanos, dañados y quebrados a los 21 días de infestados con <i>Sitophilus zeamais</i>	36
Figura 6. Porcentaje de granos de maíz sanos a los 21 días de infestados con <i>Sitophilus</i> <i>zeamais</i>	37
Figura 7. Porcentaje de granos de maíz dañados a los 21 días de infestados con <i>Sitophilus</i> <i>zeamais</i>	38
Figura 8. Porcentaje de granos de maíz quebrados a los 21 días de infestados con <i>Sitophilus</i> <i>zeamais</i>	39
Figura 9. Medias de la suma de los granos dañados y quebrados.	40
Figura 10. Porciento de eficiencia de los tratamientos en control de <i>Sitophilus zeamais</i> a los 8, 15 y 21 dias de infestación.....	41

INTRODUCCION

El maíz, *Zea mays* L., es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen. Pertenece a la familia de las Poáceas (Gramíneas), tribu Maydeas, y es la única especie cultivada de este género de gran importancia económica. Es una planta que tiene múltiples usos y que puede ser utilizada en varias etapas de su desarrollo desde las mazorcas muy jóvenes, hasta las mazorcas verdes tiernas y los granos ya maduros. El grano de maíz, sobre todo el blanco, es un cereal importante para el consumo humano, en todo el planeta. Se siembra en más de 161, 016, 542 hectáreas en el mundo en desarrollo (FAOSTAT-Agric. 2008), en donde nuestro país aporta 24, 410, 278 .53 toneladas por año (SIAP/SAGARPA, 2008). El grano de maíz es una fuente importante de carbohidratos y proteínas para la gente de escasos recursos en el mundo. Sin embargo, existen factores que limitan su producción, entre ellos, los insectos, los roedores y las enfermedades, que no sólo menguan los rendimientos al alimentarse del grano, sino que lo contaminan y reducen su calidad.

El hombre necesita almacenar muchos de los productos vegetales como los granos que utiliza como alimento, porque en la mayoría de los casos su producción es estacional y para eso utiliza diferentes medios y tecnologías, algunas de ellas muy simples y otras más

sofisticadas. Una de las principales preocupaciones es que durante el almacenamiento, diversos factores deterioran y destruyen los alimentos que guarda con tanto celo y que tanto esfuerzo le costó obtener. Dentro de estos, los insectos ocupan un lugar muy importante: su tamaño, capacidad de reproducción y su gran facilidad de adaptación a los diferentes medios, destacando como una de las más importantes el picudo del maíz *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleóptera: curculeonidae).

Cuando se trata de prevenir y controlar la presencia de insectos que están dañando un producto durante su almacenamiento, como el caso de *Sitophilus zeamais* Motschulki es indispensable identificarlo, conocer las condiciones ecológicas para su multiplicación y sus características biológicas. El control debe aplicarse de acuerdo a estas características, ya que de lo contrario los tratamientos resultan ineficaces, costosos, peligrosos y a la larga, facilitan la formación de individuos más y más resistentes a las prácticas comunes para su control. Por lo anterior se hace necesario buscar nuevos métodos de control que no causen efectos antes señalados, siendo una buena alternativa el uso de polvos minerales inertes, lo cual constituye una opción muy útil para agricultores que poseen superficies pequeñas de terreno y de escasos recursos económicos, por tal motivo el objetivo de este trabajo es evaluar las propiedades insecticidas de cinco polvos minerales inertes para el control de *Sitophilus zeamais* bajo condiciones de laboratorio.

Palabras claves: Gorgojo del maiz, sustentabilidad, control alternativo.

LITERATURA REVISADA

Origen e importancia del maíz

Existen varias teorías sobre el sitio y la forma en que se origino el maíz, Mangelsdorf y Reeves (1939), mencionan tres hipótesis principales sobre el origen del maíz:

- El maíz cultivado se origina del maíz tunicado, forma primitiva del maíz en la que los granos están individualmente cubiertos por una bráctea floral.
- El maíz se origina del género más cercano, el teozintle (*Euchlaena mexicana*), por selección directa, por mutación o por la cruce del teozintle con algún zacate desconocido actualmente extinguido.
- El maíz, el teocintle y el tripsacum (otro pariente cercano) descienden por líneas independientes de un ancestro común.

Jugenheimer (1976) menciona que al maíz (*Zea mays* L.) no se le encuentra como planta silvestre en la actualidad y no se sabe cuando se origino, pero hay evidencias de que fue hace miles de años. Las excavaciones, arqueológicas y geológicas y las mediciones con carbón radioactivo en mazorcas de maíz antiguas encontradas en cavernas, indican que la planta debe haberse cultivado por lo menos desde hace 5000 años. Los granos de polen de *Zea*, *Euchlaena* y *Tripsacum*, encontrados en la ciudad de México, son aun más antiguos.

Aun cuando es generalmente aceptado el origen americano del maíz, los investigadores no se han puesto de acuerdo sobre si este cultivo se origino en México, en el sur de los Estados Unidos o en algunas regiones de América del Sur o Centroamérica. Se afirma que puede ser originario de las zonas altas de Perú, Bolivia y Ecuador con base en la gran diversidad de formas nativas encontradas en esta región; sin embargo, los vestigios históricos evidencian que su cultivo se inicio en nuestro país, probablemente en la región de la Huasteca, antes de la conquista española (Cosío, 1957).

Se han adelantado hipótesis acerca de un posible origen asiático del maíz, pero la mayoría de los investigadores consideran que el sitio más probable de origen de esta planta sea México (Mangelsdorf, 1974).

La ausencia de formas silvestres de esta especie, agudiza la especulación y la controversia, pero, como señala Wellhausen (1951) “dondequiera que el maíz haya tenido su origen, como planta silvestre, es indudable que esta planta ha tenido una larga historia en México. Hay pruebas de esto en la escultura y cerámica prehistóricas, en los antiguos códices,

en impresiones de mazorcas de maíz en lava antigua, en reliquias de maíz prehistórico y en la evidencia circunstancial de maíz antiguo en otras regiones.

El maíz empezó a domesticarse aproximadamente hace 5 y 6 mil años en el territorio de lo que es hoy la República mexicana y especialmente en el valle de Tehuacán, Puebla y el norte de estado de Oaxaca. Hay suficiente evidencia que México fue el centro primario de origen, domesticación y dispersión del maíz (Reyes, 1990).

Con base en diversas investigaciones en la actualidad, se considera que el maíz pudo haberse originado en la Cuenca de Balsas o el Occidente de México, a partir de uno de de sus parientes silvestres (Sánchez, 1998).

El maíz es una de las plantas más útiles al hombre. Su importancia puede analizarse en diversos aspectos como son: el académico, el científico, el social y el económico (Reyes, 1990).

El maíz es el segundo cultivo del mundo por su producción, después del trigo, mientras que el arroz ocupa el tercer lugar. Es el primer cereal en rendimiento de grano por hectárea y es el segundo, después del trigo, en producción total. El maíz es de gran importancia económica a nivel mundial ya sea como alimento humano, como alimento para el ganado o como fuente de un gran número de productos industriales. La diversidad de los ambientes bajo los cuales es cultivado el maíz es mucho mayor que la de cualquier otro cultivo (Paliwal, *et al*, 2001)

Se cultiva en una superficie total (mundial) de 161,016,542 hectáreas. Su rendimiento es de 822,712,527 toneladas, entre los cuales destacan con mayor producción: E.U.A. con 307,383,552 toneladas, China con 166,035,097 toneladas, Brasil con 59,017,716 toneladas (FAO, 2008) y México con una producción de 24,410,278.53 toneladas obtenidas en 7,344,345.64 hectáreas. Sus estados con mayor producción son: Sinaloa 5,368,861.92 toneladas, Jalisco 3,205,017.05 toneladas, Edo. De México 1,902,018.58 toneladas, Chiapas 1,625,349.87 toneladas, Michoacán 1,608,916.07 toneladas (SAGARPA, 2008).

El maíz es un cereal que se adopta ampliamente a diversas condiciones ecológicas y edáficas, por eso se le cultiva en casi todo el mundo. El maíz es una buena fuente de almidón, pero su contenido de proteína es mas bajo que el de los otros cereales. El maíz tiene también importancia en la alimentación animal, tanto por su forraje como por sus granos enteros, molidos o quebrados, que son sumamente nutritivos. El maíz desempeña un papel importante en la industria, ya que se procesa en gran número de productos y subproductos, como aceite, colodión, celuloide, explosivos, plásticos, jabón, glicerina, emulsiones, productos medicinales y productos farmacéuticos (MEA, 1998).

Descripción de la planta del maíz

Lesur (2005) menciona las principales partes de la planta:

Raíz.- El maíz tiene cuatro clases de raíces: las seminales, las definitivas, las de soporte y las aéreas.

Tallo.- El tallo es leñoso y cilíndrico, nudos que varían entre 8 y 25, con un promedio de 16.

Hojas.- Sus hojas que van de 8 a 25, son alargadas, y forman un cilindro o vaina alrededor del entrenudo, con extremos desnudos, color verde, pero las hay ligeramente rayadas de blanco o de púrpura.

Flores.- El maíz tiene flores masculinas y femeninas en partes separadas de la misma planta. Las flores masculinas constituyen la espiga que producen el polen, en tanto que las femeninas están dentro de la mazorca que surge como una rama lateral modificada, con las flores cubiertas por las hojas tiernas del jilote, del que sobresalen los estigmas o estilos, receptores del polen, y se conocen como cabellos de elote.

Grano.- La cubierta o capa de la semilla (fruto) se llama pericarpio. Es dura, por debajo se encuentra la capa de aleurona, que le da el color al grano (blanco, amarillo, morado) y contiene proteínas. Internamente está el endospermo, con el 85 -90 % del peso del grano. El embrión está formado por la radícula y la plúmula, ubicándose en el escutelo, localizado en la parte inferior del grano donde va adherido a la tusa (FONAIAP 1990).

Plagas y enfermedades que atacan al maíz en campo

Reyes (1990) menciona que múltiples publicaciones indicando la descripción, hábito y control de las plagas se mencionan algunas que en México son problema:

Plagas en el suelo que dañan la raíz.

- Diabroticas: *Diabroticas undecimpunctata (duodecimpunctata)*, *D. longicornis*, *D. virgifera*, *D. balteata* Lec; Gallina ciega. *Phyllophaga sp.*; Gusano de alambre. *Melanothus sp*; Nematodos: *Pratylenchus spp.* (Endoparasito), *Helycotylenchus spp.* (Semiendoparasito), *Xiphinama spp.* (Ectoparasito), *Dorylaimus spp.* (Ectparasitos), *Trichodorus spp.* (Ectoparásitos).

Plagas en la planta.

<u>Insecto</u>	<u>Parasitan en:</u>
➤ Araña roja. <i>Oligonychus spp.</i>	Hojas
➤ Gusano cogollero. <i>Laphigma spp</i>	Hojas, tallo y elote
➤ Gusano medidor. <i>Mocis latipes</i>	Hojas
➤ Gusano soldado. <i>Pseudaletia unipuncta</i>	Hojas
➤ Gusano trosador. <i>Agrotis ípsilon</i>	Corta la planta tierna
➤ Trips o tabaquito. <i>Frankliniela spp.</i>	Hojas
➤ Barrenador del tallo. <i>Diatrea spp</i>	La larva barrena el tallo.
➤ Gusano elotero. <i>Heliothis zea</i>	Ataca el elote
➤ Barrenador europeo. <i>Phyrausta nubilalis</i>	La larva barrena tallo y elote

Enfermedades

Lesur (2005) menciona que las enfermedades del maíz son producidas por hongos, bacterias y virus. Afortunadamente ya se dispone de variedades de híbridos que resisten buena parte de las enfermedades por hongos y virus, de manera que la mejor manera de evitar esos males es usando variedades resistentes, semillas desinfectadas y una buena labranza y que menciona:

Las principales enfermedades producidas por hongos en el maíz son: Carbón del maíz (*Sphacelotheca reiliana*), Pudriciones del tallo y la mazorca (*Gibberella zea*, *Diplodia zea*), El tizón de la hoja (*Helminthosporium madys*), El chahuixtle (*Puccinia sorghi*), El cuitlacoche (*Ustilago maydis*)

La enfermedad por bacteria mas frecuente en el maíz es la llamada marchitez, producida por la bacteria *Erwina stewartii* que provoca que la panta comience a marchitarse aparentemente sin razón, hasta que muere. La presencia de esta bacteria se atenúa con una buena labranza y el uso de semilla desinfectada; cuando aparece en la planta se combate con antibióticos.

Contra los virus no hay mas remedio que tomar medidas preventivas de bioseguridad, como la destrucción de la maleza, que puede ser portadora de virus, el combate de los insectos que suelen ser hospederos y el empleo de variedades resistentes. Uno de los virus más comunes es el del mosaico, que produce unas franjas amarillo pálido de medio a 1 mm de

ancho en las hojas superiores de plantas con más de 6 semanas, por lo que también se conoce como la enfermedad de las franjas.

Principales plagas del maíz almacenado

Rodríguez, De León. (2008). Menciona las principales plagas que atacan al grano de maíz almacenado.

Picudo o gorgojo de los graneros *Sitophilus granarius* L. Es una plaga primaria porque los adultos perforan el grano entero para alimentarse y las hembras para depositar sus huevecillos. Las larvas se alimentan del interior del grano durante su desarrollo. El adulto mide de 3 a 4 mm de longitud. Su color varía de café oscuro a casi negro.

Gorgojo del maíz o picudo cuatro manchas *Sitophilus zeamais* Mostch. Se considera plaga primaria porque el adulto es capaz de dañar granos sanos y las larvas se alimentan del interior del grano. Al emerger, el adulto produce orificios en el grano que son característicos. El adulto mide 2.5 – 3.5 mm de longitud. Su color es castaño a café obscuro.

Barrenillo de los granos *Rhizopertha domnica* F. Se considera plaga primaria porque tanto la larva como el adulto son capaces de perforar el grano. El adulto mide 2.5 – 3.5 mm de longitud. Su color varía de castaño a café obscuro.

Barrenador de los granos *Prostephanus truncatus*. Es una plaga primaria de granos de maíz, el adulto es muy voraz, perfora los granos produciendo polvillo y dejando solamente la cascarilla. Invade el grano desde el campo. El adulto mide de 3.5 a 4.5 mm y su color varia de color café oscuro a castaño.

Palomilla dorada o de los cereales *Sitotroga cerealella* Oliv. Se alimenta perfectamente de granos enteros, siendo la larva la causante del daño. Se considera plaga primaria. Geralmente mide de 12 a 16 mm con las alas extendidas, su color es dorado.

Gorgojo castaño *Tribolium castaneum* Erbst. Se alimenta de grano dañado, sucio y con elevado porcentaje de impurezas. Se considera plaga secundaria de granos enteros por no tener la capacidad de perforar los granos. El adulto mide de 3 a 4 mm de longitud y su color es café rojizo brillante.

Gorgojo confuso *Tribolium confusum* Duval. Se alimenta principalmente de maíz quebrado o dañado por otros insectos. Es una plaga secundaria de los cereales. El adulto mide de 3 a 4 mm de longitud y su color es café rojizo brillante.

Gorgojo diente de sierra o aserrado *Oryzaephilus surinamensis* L. Es un insecto que se alimenta de granos en descomposición y frecuentemente infesta los granos que están en malas condiciones, quebrados con elevado porcentaje de impurezas, con alto contenido de humedad o que ya están infestados por otros insectos. El adulto mide de 2.5 a 3.5 mm de longitud.

Origen y evolución de los insectos en almacén

Se cree que los insectos de almacén hacen su aparición en la era neolítica, cuando el hombre empieza a criar los animales domésticos, cultivar plantas y a almacenar regularmente cereales en el octavo milenio acá. Se asume que las especies conocidas hoy como plagas de almacén fueron desarrolladas primeramente en hábitats naturales, y después se trasladaron o fueron trasladadas a los lugares de almacenaje, ya que estos les proporcionaban condiciones adecuadas para su desarrollo (Salomón, 1965).

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

Infestación de granos

Los insectos infestan al grano porque les proporciona el alimento, aunque también viven y se alimentan de otros materiales (Lindbland, Druben, 1988).

Appert (1993) menciona los siguientes tipos de infestación: Infestación en los campos, infestación durante el transporte, infestación por el vuelo de insectos que provienen del exterior, infestación que proviene del local, de la bolsa y de los recipientes e infestación por la entrada de grano contaminado.

Daños

Appert (1993) menciona los siguientes daños: toma de alimentos, manchas, fermentación, transmisión de enfermedades, alteración de las semillas.

Picudo del maíz *Sitophilus zeamais* Motschulsky

Origen y distribución

Existe confusión en cuanto al origen de este insecto, se cree que es originario de la india, lugar del cual se fue distribuyendo en todo el mundo convirtiéndose en un insecto cosmopolita (Metcalf y Flint, 1984).

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 (Garcia, *et al*, 2007).

Clasificación taxonómica

Borrer *et al* (1989) citado por Barbosa en el 2007 ubican a *Sitophilus zeamais* como sigue:

Reino: Animal

Phylum: Artropoda

Clase: Insecta

Subclase: Pterigota

Orden: Coleoptero

Suborden: Pollyphaga

Super familia: Curculionoidea

Familia: Curculionidae

Subfamilia: Rhincophorinae

Género: *Sitophilus*.

Especie: *S. zeamais*

Descripción morfológica

De apariencia morfológica y de color muy similar al gorgojo del arroz, *Sitophilus oryzae* (Arias, 1983). 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 cuatro manchas ovales de color rojizo amarillento en el dorso (García, *et al*, 2007).

Durante mucho tiempo se consideró que era la misma especie que el gorgojo del arroz, aunque de tamaño ligeramente mayor. Ahora se reconoce como una especie diferente. Su color es ligeramente más oscuro que el gorgojo del arroz aunque ésta no es una característica

que permita diferenciarlos, para ello es necesario disectar su genitalia para corroborar la especie, siendo más fácil hacerlo en los machos. El edeago de *S. oryzae* es liso y de forma cilíndrica, mientras que el de *S. zeamais* presenta dos surcos longitudinales y está ligeramente aplanado. Insecto con gran capacidad de vuelo que infesta los cereales desde el campo (Dell'Orto, et al, 1985).

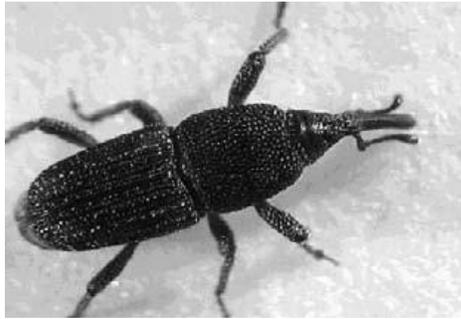


Figura 1. *Sitophilus zeamais* Motschulski

Biología y hábitos

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 huevos en perforaciones que hacen en el grano y luego los cubren con un mucílago

transparente. Una hembra produce hasta 250 huevos 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).

Métodos de control

Existen varias opciones para controlar el gorgojo del maíz (García, *et al*, 2007).

Control biológico.

El enemigo natural del gorgojo es una avispa *Anisopteromalus calandrae* perteneciente a la familia de los Pteromalidae, la Hymenoptera, 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.

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. Por último, la avispa emerge después de 14 días. La larva del gorgojo muere.

Prácticas tradicionales.

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. Se recomienda además el uso de las siguientes plantas como agentes repelentes: epazote común, harina de chícharo, hojas de eucalipto, hojas del árbol Neem u hoja de maravilla que pueden reducir hasta en un 25% la presencia del gorgojo (Aguilera, 1991).

Control químico.

En casos de infestaciones importantes, se recomienda fumigar con agentes como fosforo de aluminio (fosfina).

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.

Polvos minerales evaluados

Los inertes minerales son otro tipo de sustancias que se han empleado desde hace mucho tiempo en el control de insectos que atacan granos almacenados (Ebelinng, 1959; Michs 1960; Tharshis, 1961). La acción de estos polvos se basa fundamentalmente en la absorción de los lípidos de la cutícula del insecto con la que se logra la muerte por deshidratación.

La aplicación de polvos generalmente se ha hecho en forma de solido; sin embargo, en algunos estudios se han probado otras formas de aplicación. Macelski y Kuronic (1974), probaron el grado de impregnación al cuerpo del insecto, de esta manera cuando el inerte se aplico en forma de suspensión concluyen que el porcentaje fue muy bajo para insectos voladores. Glowens et al (1983), en cambio, comparo el porcentaje de impregnación al cuerpo del insecto, cuando se aplico en forma de solido o suspensión sobre diferentes superficies, encontrando que las aplicaciones en forma de suspensión resultaron más toxicas sobre la

superficie del vinil, mientras que las de los polvos esparcidos fueron mas tóxicos sobre la superficie de vidrio.

Hidróxido de Calcio

Cal hidratada (apagada), que proviene del cal viva (CaO), que es piedra caliza quemada) que, al reaccionar con el agua a cambiado a la forma de hidróxido (Cepeda 1991).

Cuando se utiliza el hidróxido de calcio micronizado para tratar en seco a semillas, las partículas de polvo se adhieren perfectamente a la superficie de ellas, aun en el caso de las que presentan cutículas muy lisas como el frijol (Pérez, 2000). Golob y Webley (1980), citan que la cal fue ampliamente utilizada en México por los aztecas para la protección y resguardo de su maíz. Bressani *et al* (1982) dicen que al evaluar en Guatemala la acción de materiales inertes como el fosfato tricalcico y el hidróxido de calcio (Cal) al 1% en peso mezclado con el grano, hallaron que los inertes fueron relativamente efectivos para controlar la infestación de *Sitophilus sp.* durante 6 meses.

En México, Gonzales (1986), determino el porcentaje de infestación y de daño, de los siguientes inertes minerales: tekies pesado al 1%, polvos de volcán chichonal al 1% y cal al 1%, los cuales se mezclaron con maíz almacenado para protegerlo del ataque de *S zeamais*, de tal manera que el mejor tratamiento a los tres meses y medio fue el polvo de chichonal al 1%, con 11% de infestación y 9% de daño con respecto al testigo. Sánchez (1987), aplico cal al 1%, obteniendo un grado de daño menor al 20 % en granos de maíz almacenado, para el caso

de los insectos *Prostephanus truncatus* y *Sitophilus zeamais*. Ortega (1989) indica que la cal viva al 1 % provoca un 79.5 % de mortalidad con respecto al testigo en el gorgojo mexicano del frijol *Zabrotes subfaciatus*, estado adulto a los 6 días de su aplicación. Aguilera (1991), por su parte menciona que la cal, tras pasarla por un tamiz de 400 malla es el segundo mineral más eficiente contra los daños de *Rhyzoperta dominica* en maíz almacenado. Smith y Papacek (1991), indican un efecto de apenas el 17 % de mortalidad en los ácaros *Tegolopus australis* y *Phyllocoptuta oleivora* (Acarina: Tetranychidae, en los huertos de cítricos establecidos en Queensland, Australia, al aplicar cal hidratada para su control.

Rivera (1995), da cuenta de que, respecto a la variable de insectos vivos, la menor infestación se presentó en el tratamiento con cal al 1%, con un promedio de 11 individuos en comparación con el testigo que promedió 140 individuos por unidad de muestreo, también en maíz almacenado.

Azufre

El azufre es un producto que se encuentra en la naturaleza y es conocido por presentar una baja toxicidad para la salud humana y animal. La OMS la clasifica en la categoría III como ligeramente tóxico. El azufre es molido finamente con materiales inertes seleccionados, tiene aplicaciones como fungicida, acaricida e insecticida, además de formar parte en los procesos de desarrollo de las plantas por ser un nutriente considerado dentro de los macroelementos requerido por los cultivos para su producción.

Acción fungitóxica del azufre (según Mont Koc)

El mecanismo de acción fungicida del azufre ha sido objeto de muchas investigaciones y especulaciones. La acción fungitóxica de este elemento ha sido enfocada desde los siguientes aspectos:

- Teoría de la acción directa: Algunos consideran que el azufre en contacto con la planta genera electricidad que es lo que controla al hongo; otros opinan que las partículas de azufre concentran los rayos solares que generan suficiente calor para matar al hongo (acción óptica). Esta especulación se debe a que el área foliar tratada resulta quemada.
- Teoría de la oxidación: Algunos investigadores indican que el azufre puede actuar a distancia. Los radiadores pintados con dicha sustancia desprenden vapores de productos oxidados de azufre. Esto ha dado lugar a que se especule que la acción tóxica del azufre sobre los hongos se debe al dióxido de azufre (SO₂) y al trióxido de azufre (SO₃). Otros sostienen que el azufre se vaporiza y que este vapor es capaz de actuar a distancia al momento de condensar un estado particulado.
- Teoría de ácido sulfhídrico: Las hojas de vid tratadas con azufre desarrollan gradualmente ácido sulfhídrico (H₂S), sustancia que fue indicada como responsable del control de la oidiosis. La formación del ácido sulfhídrico se atribuye a la acción reductora de las esporas del hongo sobre el azufre; este azufre vaporizado es tomado por las esporas y es reducido a H₂S dentro de ellas. Hongos que son más sensibles al azufre producen más ácido sulfhídrico de lo necesario para su destrucción, mientras que este fenómeno no se observa en aquellos que lo resisten; sin embargo, en el lúpulo se ha demostrado que el H₂S no presenta efectos fungicidas sobre conidias del oídium.

La actividad del azufre en el hongo, según lo indica Horsfall, puede ser explicada en base al contenido relativo de grasa en las esporas. Se ha demostrado que ciertos Fosfolípidos incrementan la solubilidad del azufre. Existen ciertas diferencias a la respuesta del azufre por algunos microorganismos; esto puede explicarse por la diferencia en la penetración de dicho elemento en las células, que sería el modo de explicar la resistencia de algunos microorganismos al azufre.

El azufre como insecticida – acaricida

El azufre elemental, a través de sus vapores entra en contacto directo con las esporas y otros tejidos fungosos, previniendo o inhibiendo su germinación o su crecimiento. Efectos similares se presentan con los ácaros y ciertos insectos chupadores, incluyendo estados larvales de ciertos trips e insectos escamas.

Aplicaciones de azufre en condiciones de temperatura de 24 a 30 ° C son eficaces para el control de la especie *Lygus elisus*, chinche de la alfalfa. Igual ocurre con los Thrips, la escama gris de los cítricos, *Coccus citricola* y sus estados larvales en naranjos y limones y el saltahojas del algodón *Psallus seriatus*, los cuales se pueden controlar con azufre en espolvoreo. El efecto del azufre es letal sobre las ninfas más no sobre los adultos. Igual respuesta se observa sobre los trips del frijol (Zarate, 1988).

Diatomita

La diatomita es una roca silícica, sedimentaria de origen biogénico, compuesta por esqueletos fosilizados de las frústulas de las diatomeas. Se forma por la acumulación sedimentaria hasta formar grandes depósitos con un grosor suficiente para tener un potencial comercial. La tierra de diatomea es un material inerte no tóxico que contiene una serie de minerales tales como manganeso, magnesio, hierro, titanio, calcio y silicatos entre otros (CGM, 2006).

Debidamente molidos los esqueletos de las diatomeas se convierten en microscópicas agujas de silicio. Filosas y dañinas para los insectos. Como una pequeña cuchilla, el fragmento de diatomea está siempre listo para interrumpir el proceso de vida de los insectos. Los insectos, por el contrario, tienen su armadura en el exterior. Sus fluidos vitales están sostenidos y protegidos por una cubierta aceitosa o cerosa que cubren los poros. Si un objeto es lo suficientemente pequeño y filoso dañará su cerosa cubierta matando al insecto por deshidratación. En otras familias de insectos las diminutas partículas penetrarán internamente atacando el sistema respiratorio, digestivo y reproductivo (Mullin, 2007).

Modo de acción

La tierra de diatomeas es en sí misma un insecticida natural. Estas minúsculas partículas huecas y con carga eléctrica negativa perforan los cuerpos queratinizados de los

insectos de sangre fría, los cuales mueren por deshidratación. La acción de las diatomeas es física-mecánica y no por contacto o ingestión, que es cómo actúa los insecticidas químicos que contaminan el suelo, las plantas, los animales y los seres humanos (Anónimo).

Insecticida mecánico

Como insecticida mecánico, la tierra de diatomea es excelente para la protección de granos almacenados, semillas, legumbres, y posiblemente nueces.

Arrowhead Mills, una compañía acopiadora de granos ubicada en Hereford -Texas, ha estado usando tierra de diatomea para la protección de granos almacenados desde el año 1966, y han obteniendo un excelente resultado. Otra compañía, Hayden Mills de Phoenix - Arizona, fue pionera en el uso de tierra de diatomea a gran escala. Su principal elevador de granos almacena aproximadamente tres cuartos de millón de dólares de valioso trigo. El superintendente del establecimiento, Lawrence Manly dice orgullosamente: "No nos preocupa ningún gusano, porque nosotros no tenemos ninguno" (Mullin, 2007).

Ceniza

El uso de substancias minerales como la ceniza en el combate de plagas data desde los orígenes del hombre, pues se sabe que se utilizaban para el combate de plagas, piojos, etc. Su modo de acción es más bien físico, pues las partículas inertes, por sus propiedades abrasivas

tienen la capacidad de romper el integumento de los insectos; sobre todo en aquellas áreas de continuo movimiento como son las articulaciones, provocando con esto la pérdida de agua y por ende la muerte por deshidratación (Rodríguez, 1987).

Darling en 1947 (Citado por Golob *et al.*, 1951), indica que al aplicar ceniza de eucalipto a maíz almacenado en concentraciones al 1%, este se mantiene en buenas condiciones de almacenamiento durante tres meses. Golob *et al.* (1981), mencionan que en Malawi (África) mezclan cenizas obtenidas de la cocina o el polvo obtenido de las hojas inferiores de la planta de tabaco con semillas de cereales y leguminosas que seleccionan para sembrar en la siguiente temporada. Estos mismos autores en 1983 evaluaron la aplicación de la ceniza de olote al 10 y 30% y encontraron que las cenizas al 30% brindan buena protección contra *P. truncatus* durante cuatro meses.

Arena

La arena es un material de naturaleza silíceo y descomposición variable, que depende de los componentes de la roca silicatada original. Procede de canteras (granito, basalto, etc.) o de los ríos y ramblas (depósitos de formación aluvial, más o menos recientes) (Urrestarazu, 2004). La arena es el material más fácilmente disponible en los desiertos. Las partículas deben ser menores de 2 mm y mayores que 0.6 mm de diámetro (Lara-Herrera, 2000).

MATERIALES Y METODOS

Ubicación del experimento

El trabajo se realizó en el Laboratorio de Toxicología ubicado en el Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Material biológico

El Material biológico usado fueron adultos del gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* Motschulski y la identificación puntual de la especie se efectuó de acuerdo a las claves taxonómicas que aparecen en Gorham (1987).

Colonia Madre.

La cría del insecto, gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* M. se inicio a partir de individuos de una colonia depositados en frasco de vidrio, mantenidas en el Laboratorio de Toxicología, en el departamento de parasitología, con fines de enseñanza e investigación. Estos insectos se multiplicaron colocándose en frascos de vidrio de 3713 ml de capacidad, utilizando maíz blanco como sustrato en una cámara bioclimática Laboline Mark® II, modelo 844 con temperatura controlada a 30 °C y fotoperiodo de 12:12 horas luz oscuridad.

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

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

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

Polvos utilizados

En el cuadro 1, se puede observar los polvos minerales o inertes y las dosis evaluadas en la presente investigación.

Cuadro 1. Polvos minerales evaluados en el control del gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* (Mutsch).

TRATAMIENTO	POLVO MINERAL	DOSIS gr /300 gr maíz
1	Testigo	0
2	Hidróxido de calcio (CaOH)	1
3	Hidróxido de calcio + azufre (CaOH + S)	1
4	Diatomita	1
5	Ceniza	1
6	Arena	1

Método de aplicación

Los granos de maíz antes de ser utilizados, fueron puestos en refrigeración a una temperatura de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 72 horas, con la finalidad de eliminar organismos indeseables y estandarizar las semillas. Posteriormente se transfirió la semilla de maíz a frascos de plástico de capacidad de 1 L y se colocaron en las mismas condiciones que la colonia madre.

Para los tratamientos de arena y ceniza, primeramente se pusieron a secar en una estufa a una temperatura a $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas y posteriormente se tamizaron hasta obtener polvos finos.

Para la distribución de los tratamientos se utilizaron 24 frascos de plástico de 1 L de capacidad (6 tratamientos con 4 repeticiones), en donde se colocaron 300 g de maíz, y adicionando un gramo de polvo según el tratamiento y se procedió a agitarlo por 30 s para que los granos quedaran totalmente cubiertos por el polvo.

Después de cubrir los granos con cada uno de los polvos se colocaron 100 insectos a cada uno de los tratamientos y colocaron en la cámara bioclimática con las mismas condiciones que la colonia madre.

Variables a evaluar

Mortalidad del Gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais*

En relación al nivel de mortalidad de gorgojo del maíz se realizaron tres evaluaciones: a los 8, 15 y 21 días de ser aplicado los tratamientos. Este consistió en tamizar y contar el número de insectos vivos y muertos que había en cada uno de los frascos, eliminándose estos últimos y dejándose los vivos.

Los conteos realizados consistieron en la inspección visual directa con la ayuda de una plancha metálica en donde se colocaban los insectos a una temperatura de 60 °C. Se considero como individuo muerto a aquel insecto que no presenta movilidad alguna.

Porcentaje de granos sanos, dañados y quebrados

Para obtener esta variable se realizo un conteo en dos repeticiones de cada tratamiento escogidos al azar, a los 21 días de haberse aplicado el producto e infestado con *Sitophilus zeamais*, en la cual se separaron los granos sin daño, granos dañados y granos quebrados. Con los resultados se determino el porcentaje de cada uno de las variables.

Porciento de eficiencia

Para obtener la información de esta variable, se tomaron los datos de los individuos de *S. zeamais* vivos en cada repetición de cada uno de los tratamientos en los tres muestreos (a los 8, 15 y 21 días de infestación) y se calculó en base a la siguiente fórmula:

$$\% E = 100 \left[1 - \left(\frac{\text{MediaTrat.Desp.Aplicar} \times \text{MediaTest.Antes Aplicar}}{\text{MediaTrat.Antes Aplicar} \times \text{MediaTest.Desp.Aplicar}} \right) \right]$$

Donde:

% E= Porciento de eficiencia

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANVA) con un diseño completamente al azar con 4 repeticiones, Cuando el ANVA indicó la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos, se aplicó la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) para la separación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mortalidad

A los 8 días de la infestación (Primer Conteo)

En relación al número de insectos muertos en el primer conteo, podemos mencionar que el análisis de varianza presento diferencia estadística (Cuadro A2), lo cual concluye que los tratamientos produce efectos distintos; al realizar la comparación de medias por la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) (Cuadro A3) se observo que el tratamiento que presentó el mayor control fue la ceniza y el hidróxido de calcio, seguido por el tratamiento con hidróxido de calcio mas azufre y la diatomita, después la arena (figura 2).

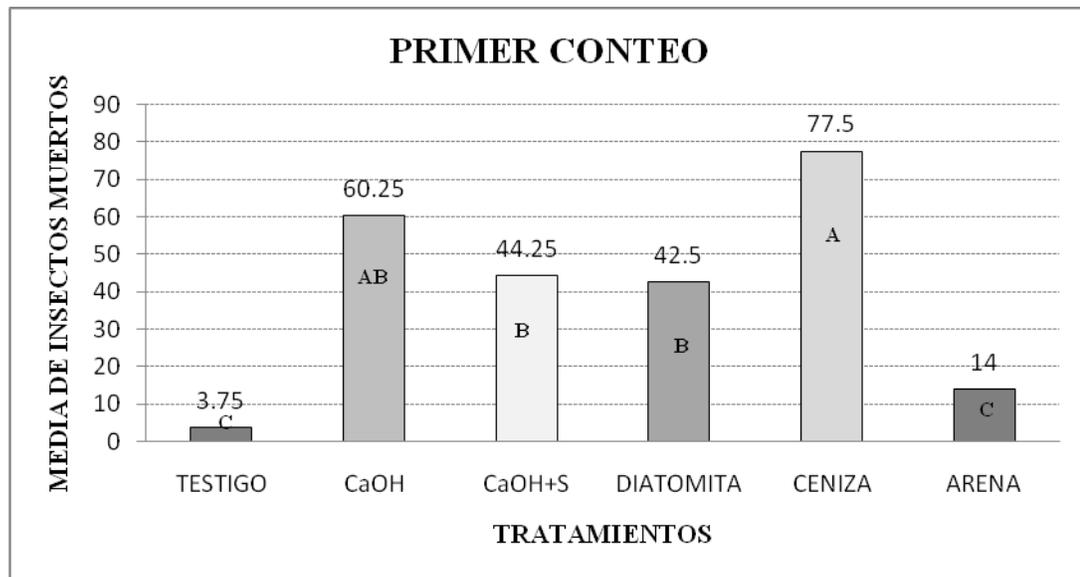


Figura 2. Mortalidad de *Sitophilus zeamais* observados a los 8 días de la infestación (Primer Conteo).

A los 15 días de la infestación (Segundo conteo)

Para el segundo conteo, los datos obtenidos de la mortalidad de *S. zeamais* se observa que existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos (Cuadro A4). En la comparación de medias (Cuadro A5) nos indica que los tratamientos que tienen un mayor control son: el hidróxido de calcio y la ceniza, les sigue el hidróxido de calcio + azufre y la diatomita, y finalmente la arena. Como podemos observar el hidróxido de calcio tiene mayor control de insectos a los 15 días (Figura 3), después de ser aplicado en comparación con los resultados del primer conteo, donde se observa que el tratamiento que tuvo mayor control a los 8 días es la ceniza.

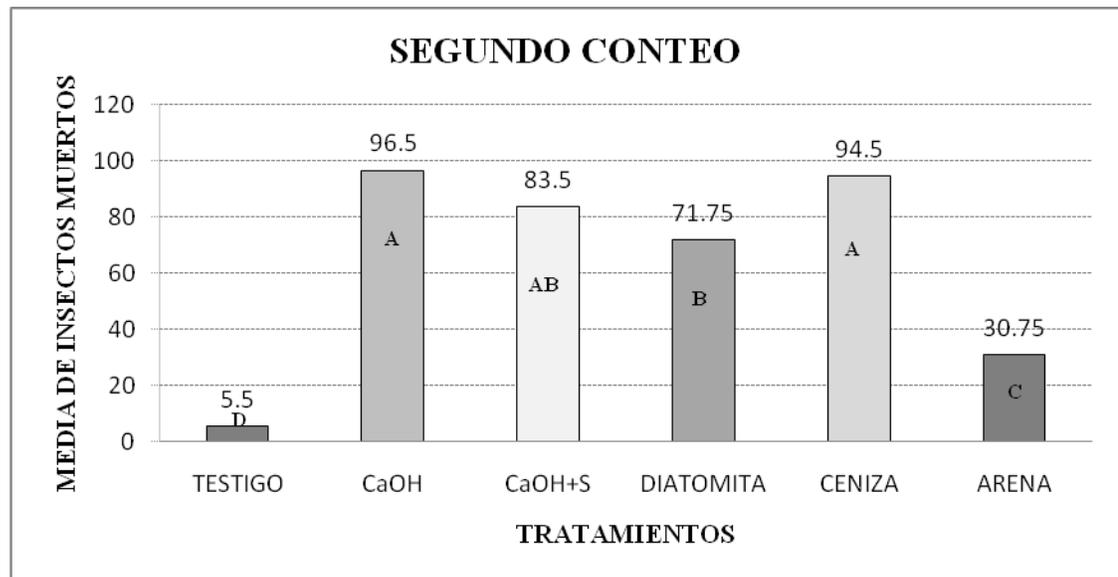


Figura 3. Mortalidad de *Sitophilus zeamais* observados a los 15 días de la infestación (Segundo Conteo).

A los 21 días de la infestación (Tercer conteo)

En el análisis de varianza de los datos del tercer conteo de la mortalidad de *S. zeamais* (Cuadro A6), se observó que existe diferencia significativa y se puede mencionar que los tratamientos siguen teniendo un buen control, por arriba del 80%. Como se puede observar el tratamiento con mayor control es el hidróxido de calcio y la ceniza, y se observa en este, que la diatomita a los 21 días de haberse aplicado tuvo mayor control que el hidróxido de calcio + azufre comparado con segundo conteo; y siendo el tratamiento con arena el que presentó una menor mortalidad (Cuadro A7). Estos resultados concuerdan con los observados por Bressani *et al* (1982) quienes en un trabajo con *Sitophilus sp.* en maíz reportaron que el hidróxido de calcio (Cal) al 1% en peso mezclado con el grano, controla la infestación de *Sitophilus sp*

durante 6 meses, caso similar reporta Ortega (1989) quien indica que la cal viva al 1 % provoca un 79.5 % de mortalidad con respecto al testigo en el gorgojo mexicano del frijol *Zabrotes subfaciatus*, estado adulto a los 6 días de su aplicación.

Mientras que para el caso de la ceniza, Darling en 1947 (Citado por Golob *et al.*, 1951), indica que al aplicar ceniza de eucalipto a maíz almacenado en concentraciones al 1%, este se mantiene en buenas condiciones de almacenamiento durante tres meses, estos reportes concuerdan con los observados en esta investigación al tener un control a los 21 días con el 100% (Figura 4) resultados similares reportan Golob *et al.* (1983) quienes evaluaron la aplicación de la ceniza de olote al 10 y 30% y encontraron que las cenizas al 30% brindan buena protección contra *P. truncatus* durante cuatro meses.

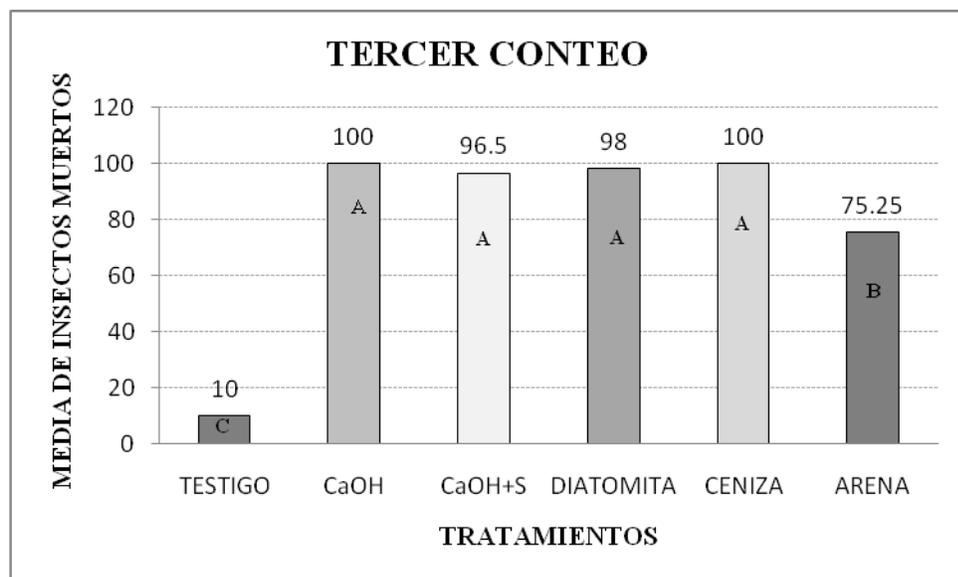


Figura 4: Mortalidad de *Sitophilus zeamais* observados a los 21 días de la infestación (Tercer Conteo).

Porcentaje de granos sanos, dañados y quebrados

Los resultados para porcentaje de granos sanos, dañados y quebrados (Cuadro A8) a los 21 días de infestados con *Sitophilus zeamais* se muestran en la Figura 5.

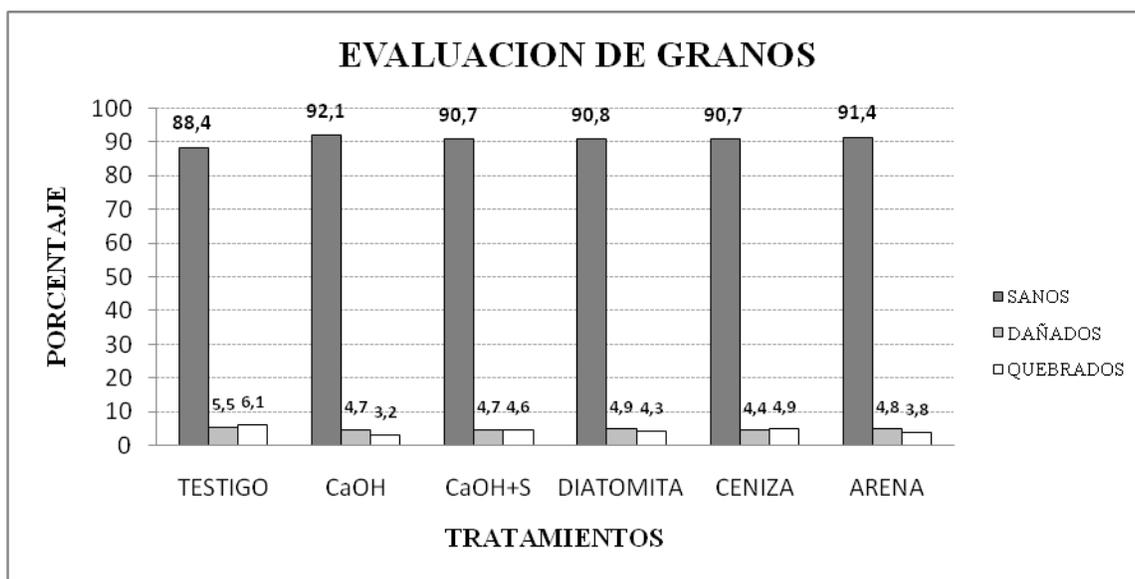


Figura 5. Porcentaje de granos de maíz sanos, dañados y quebrados a los 21 días de infestados con *Sitophilus zeamais*.

Granos sanos

Con respecto a esta variable, se observa que el tratamiento con mayor porcentaje de granos sanos es el hidróxido de calcio, seguido por el de diatomita, hidróxido de calcio mas azufre y la ceniza. En el análisis de variancia no presento diferencia significativa entre los tratamientos (cuadro A9), sin embargo en la Figura 6 se puede observa las diferencias

mínimas que tienen cada tratamiento en cuanto al porcentaje de granos sin daño y se observa que el mejor tratamiento para los granos es el hidróxido de calcio.

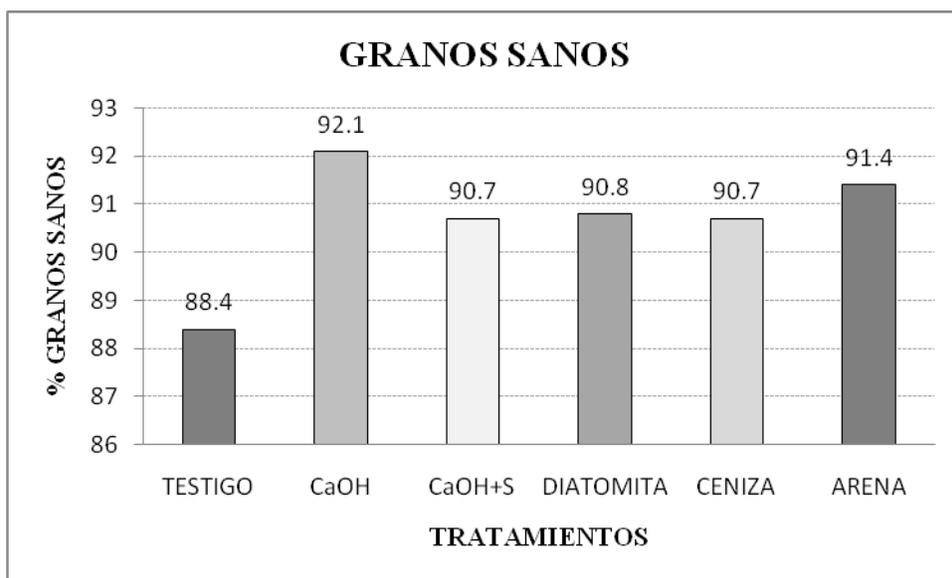


Figura 6. Porcentaje de granos de maíz sanos a los 21 días de infestados con *Sitophilus zeamais*.

Granos dañados

Para esta variable se puede observar que el tratamiento que tuvo mayor porcentaje de granos dañados es el testigo, seguido de la diatomita, la arena, el hidróxido de calcio, el hidróxido de calcio mas azufre y por último la ceniza. Y no presenta diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro A10), pero en las graficas se pueden observar que el mejor tratamiento para la conservación de los granos es la ceniza que tiene menor porcentaje de daños del insecto (4.4%) (Figura 7).

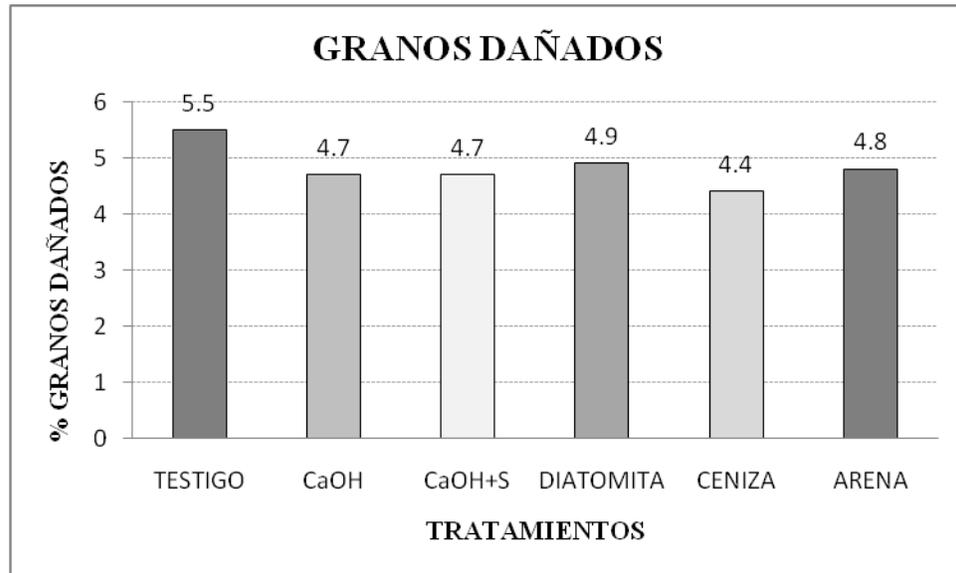


Figura 7. Porcentaje de granos de maíz dañados a los 21 días de infestados con *Sitophilus zeamais*.

Granos quebrados

En relación a los granos quebrados están dañados por *S. zeamais*, el testigo fue el que presento mayores porcentajes, seguido por el tratamiento con ceniza, hidróxido de calcio mas azufre, diatomita y los que se observaron con menor porcentaje fueron los tratados con arena e hidróxido de calcio. En el análisis de varianza, los tratamientos no presentaron diferencias significativas (Cuadro A11). En la grafica se observa que el testigo es el que tuvo mayor porcentaje de granos quebrados con daños y el tratamiento con porcentaje menor de granos quebrados con daño es el hidróxido de calcio con 3.2 % (Figura 8).

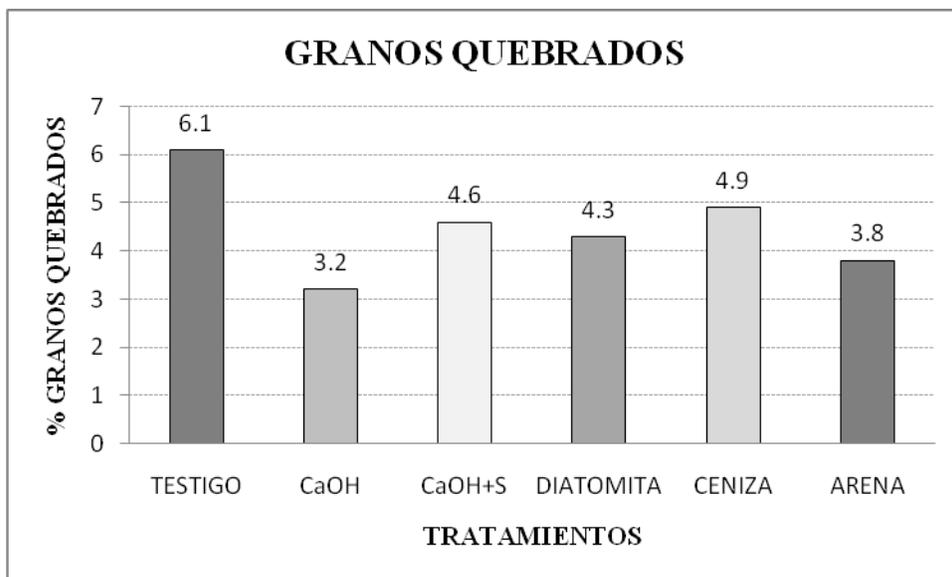


Figura 8. Porcentaje de granos de maíz quebrados a los 21 días de infestados con *Sitophilus zeamais*.

Granos Dañados + quebrados

Al adicionar el efecto en granos dañados y quebrados que son las pérdidas reales por acción de *S. zeamais*, se observa que hay diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro A12). Al realizar la comparación de medias Tukey ($p \geq 0.05$) se observa que el testigo es el que tiene mayor porcentaje de granos dañados seguido el hidróxido de calcio + azufre, la ceniza, diatomea y la arena tuvieron un comportamiento similar, mientras que el hidróxido de calcio tuvo el porcentajes más bajo (Cuadro A13), al realizar la comparación en la grafica se puede decir que el hidróxido de calcio es el mejor tratamiento para evitar el daño de los granos por el gorgojo del maíz (Figura 9).

Estos resultados concuerdan con los reportados por Sánchez (1987) que aplicó hidróxido de calcio al 1%, obteniendo un grado de daño menor al 20 % en granos de maíz almacenado, para el caso de los insectos *Prostephanus truncatus* y *Sitophilus zeamais*.

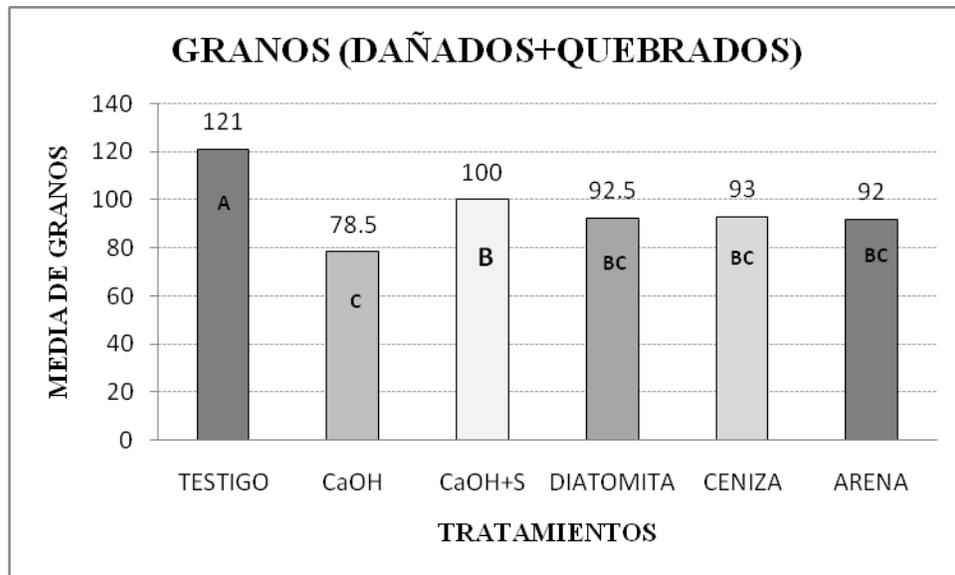


Figura 9. Granos de maíz dañados y quebrados por *Sitophilus zeamais* a los 21 días de infestación.

Porcentaje de eficiencia

Con este parámetro se puede inferir la eficiencia de los tratamientos en el control de *S. zeamais* de acuerdo al testigo, en el caso del primer conteo a los 8 días de infestación, se observa que la ceniza tiene una mayor porcentaje de eficiencia (77%), seguido del hidróxido de calcio (59%), siendo el de menor eficiencia la arena con un 11 %. La tendencia de los resultados se mantuvo a los 16 días de la infestación con el hidróxido de calcio y arena con

96 y 94 % respectivamente, como los más eficientes y la arena (27%) con el de menor porcentaje. A los 21 de la infestación se observa que los tratamientos con el hidróxido de calcio y ceniza tuvieron los 100 % de control, seguidos de diatomitas e hidróxido de calcio mas azufre con 98 y 96% respectivamente; siendo la arena la que no supero el 80% de control. (Cuadro A14) y (Figura 10),

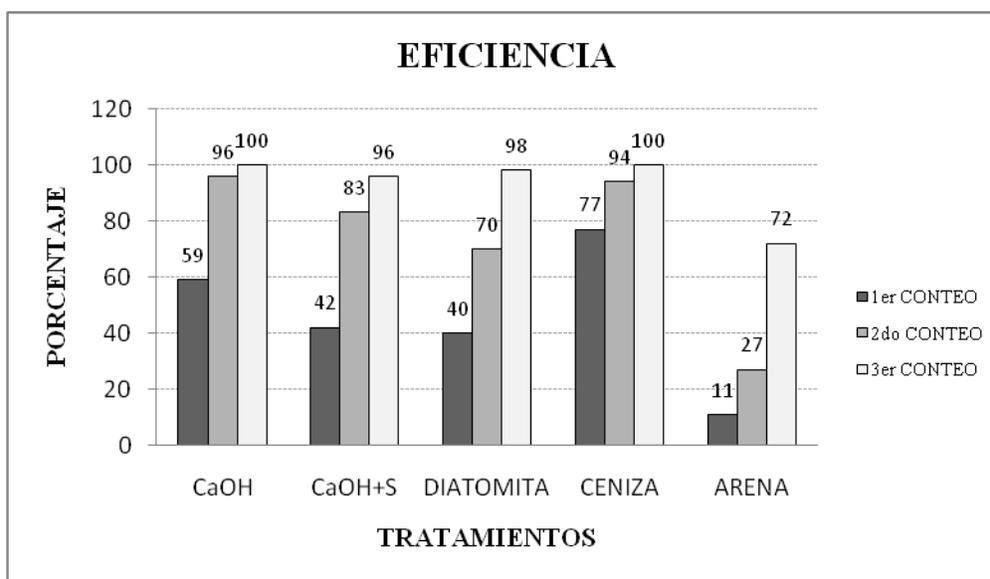


Figura 10. Porciento de eficiencia de los tratamientos en control de *Sitophilus zeamais* a los 8, 15 y 21 días de infestación.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados de esta investigación se concluye que:

- 1.- Los polvos minerales son una alternativa para el control de *Sitophilus zeamais*
- 2.- Los mejores tratamientos para el control del gorgojo del maíz fueron el hidróxido de calcio y la ceniza.
- 3.- Con el hidróxido de calcio se disminuye el daño de *S. zeamais* al grano de maíz en un 35%.

LITERATURA CITADA

Aguilera Peña Ma. Martha. 1991. Validación semicomercial de polvos vegetales y minerales para el combate de *Sitophilus zeamais* Motsch, *Prostephanus truncatus* (Horn) y *Rhyzopertha dominica* (Fabr.) en el sur y sureste de México. Tesis de maestría en ciencias. Colegio de posgraduados, Montecillo México. 138 p.

Appert Jean. 1993. El almacenamiento de granos y semillas alimenticios. Editorial hemisferio sur. 1ra edición. 154 p.

Arias Velásquez Ciro. 1983. Distribución e importancia de los insectos que dañan granos y productos almacenados en Chile. FAO. Santiago Chile.

Barbosa, S. J. R. 2007. Evaluación de productos naturales y comerciales para el control del gorgojo (*Sitophilus zeamais* Motscholki) en semilla de maíz. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista Saltillo Coahuila. 49 p.

- Bressani, R; J. F. Medraza, L. G. Elias, R. Gómez-Brenes, J. M. Gonzales, D. Navarrete, y R. E. Klein. 1982. Estudio del control de insectos para la preservación de maíz opaco-2 almacenado y efectos sobre su valor nutritivo. *Turnalva* 32(1): 51-58.
- Centro de Investigaciones Agrarias.1980. El cultivo del maíz en México. México, 148 p.
- Cepeda Dovala Juan Manuel. 1991. Química de suelos.- México: Trillas: UAAAN. 168 p.
- Chaddick, P. R. and F. Leek. 1972. Further specimens of stored products insects found in ancient Egiptian tombs. *J. Stored Prod. Res*, 8; 83-86. U.S.A.
- Coordinación General de Minería. 2006. Perfil de mercado de la diatomita. Dirección general de promoción minera. 35 p.
- Cortes Lara María del Carmen. 2005. ¿Qué son y para que se usan las diatomeas? *Gaceta CUC. Para aprender hoy*. Departamento de ciencias. Pp. 8. Junio 2005.
- De Cosió F. González. 1957. Historia de la tenencia y explotación del campo desde la época precortesiana hasta las leyes del 6 de enero de 1915. Tomo 1, Biblioteca del Instituto Nacional de Estudios Históricos de la Revolución Mexicana, p. 38.
- Dell'Orto Trivelli Oracio, et al. 1986. Insectos que dañan granos productos almacenados. FAO. Santiago Chile. 146 p.

- Ebeling W and R.E. Wagner, 1959. Rapid dissection of dry wood termites with inert sorplive dost and other substances. *J. Econ. Ent.* 52(2); 190-207.
- FAO. 2008. Consulta de base de datos de producción mundial y comercio internacional del maíz. SIAP, SIACON, SAGARPA. Servicio de Información y Estadística y Agroalimentaria y Pesquera. Consulta de indicadores de producción nacional de maíz.
- FONAIAP 1990. El cultivo de maíz en el estado Trujillo.
<http://www.ceniap.gob.ve/publica/divulga/fd33/texto/cultivodemaiz.htm>.
15/febrero/2010
- García-Lara S., C. Espinosa Carrillo y D.J. Bergvinson. 2007. Manual de plagas en granos almacenados y tecnologías alternas para su manejo y control. México, D.F.: CIMMYT.
- Glowers, S. L. and G. N. Patourel, 1983. Toxicity of deposits of amorphous silica dust on different surfaces an theier pick-up by *Sitophilus granaries* (L). *Coleoptera: Curculionidae*. Departmental of Pure and Applied Biology. Imperial Collage London. 124 p.

- Golob, P. and D. J. Webley, 1980. The use of plants and minerals as traditional protectants of stored products. Tropical prod. Institute London. 134 p.
- Gonzales G. O. 1986. Evaluación de métodos tecnificados y no tecnificados para el combate del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) y el gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* (Motsch).
- Anónimo. Insecticida natural. La tierra de diatomeas usada en plantas, animales y personas. <http://buenasiembra.com.ar/ecologia/agricultura/diatomea-311.html>. 6/marzo/2010.
- J. Mullin. 2007. Tierras de diatomeas: Depósito mineral compuesto por fósiles de algas unicelulares llamadas diatomeas. ACRES USA. Una revista para Eco-Agricultura. http://www.engormix.com/tierras_diatomea_deposito_mineral_s_articulos_1488_AGR.htm 6 de marzo del 2010.
- Jugenheimer Robert W. 1976. Corn improvement, seed production and uses. John Wiley and sons, New York, p.27.
- Landaverde Toruño Roger A. 2003. Las plagas de los productos alimenticios almacenados en la región del OIRSA. 171 p.

- Lara. Herrera, A. 2000. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. Terra. Pp. 223 – 224.
- Lerma, R. K. 2009. *Evaluación* de diferentes aceites vegetales contra el picudo del maíz (*Sitophilus zeamais*) Motscholski (Coleóptera: Curculionidae). Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo Coahuila. 67 p.
- Lesur Luis. 2005. *Manual del cultivo del maíz: una guía paso a paso*,-- México: Trillas S.A. 80 p.
- Lindbland Carl, Druben Laurel. 1986. Almacenamiento del grano, Manejo, secado, silos, control de insectos y roedores, editorial concepto s.a. 2da edición. 331 p
- Macelsky, M. and Z. Kuronic. 1974. Thals of inert dust in water suspensions for controlling stored – product pest. *Zast Bilja* 22: 115-116 and 119-128.
- Mangelsdorf Paul C. 1974. Corn origin, evolution and improvement, The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Mass, pp. 11-13.
- Manuales para educación agropecuaria.1998. Maíz. Trillas. 56 p.

Metcalf C. L. y Flint W. P. 1984. Insectos destructivos e insectos útiles. Editorial continental. México. 1208 p.

Michs, D. W. 1960. Susceptibility on mosquitoes to silica gel insecticides. J. Econ. Entomol. 53(4): 864-867.

Ortega, A. L. 1989. Evaluación de la actividad toxica de polvos vegetales y minerales sobre el gorgojo mexicano del frijol *Sabrotes subfaciatus* (Boheman) (Coleoptera: Bruchidae) en frijol almacenado bajo condiciones de laboratorio. Tesis de licenciatura Universidad Autónoma de Chapingo México.

Pérez Ayala José Leonel. 2000. Efecto del hidróxido de calcio y del detergente comercial Ariel (MR) en el control de antracnosis (*Colletotrichun gloeosporoides*), roña (*Sphacelonomia perseae* Jenkins) y anillamiento del pedúnculo en las plantas de aguacate en la región de ziracuaretiro, Mich. Tesis de licenciatura. UAAAN. Buenavista Saltillo Coahuila. 58 p.

Reyes Castañeda Pedro. 1990. El maíz y su cultivo, primera edición. 460 p.

Ripusadan L. Paliwal, et al. 2001. El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción. Roma 2001.

- Rivera, S. R. 1995. Uso de polvos vegetales y minerales para el combate de las principales plagas de maíz almacenado en Capandaro, Michoacán. Tesis de licenciatura. Facultad de Agrobiología. U.M.S.N.H. Uruapan, Michoacán.
- Rodríguez Rivera Fernando Horacio, 1989. Evaluación de la actividad toxica, de polvos vegetales y minerales sobre el gorgojo mexicano del frijol *Zabrotes subfaciatus* (Boheman) (Coleoptera: Bruchidae) en frijol almacenado bajo condiciones de laboratorio. Tesis de licenciatura. UAAA. Buenavista Saltillo Coahuila.
- Rodríguez Montessorro Rafael, de León Carlos. 2008. El cultivo del maíz, temas selectos. Colegio de posgraduados. Mundi prensa México, volumen 1. 127 p.
- Rodríguez, I. D. A. 1987. Evaluación de polvos vegetales y minerales para el combate del barrenador mayor de los granos *Prostephanus truncates* (Horn) (Coleoptera: Bostricidae) en maíz almacenado. Tesis de licenciatura. Facultad de ciencias agrícolas. Universidad Veracruzana. Córdoba, Veracruz. México. 69 p.
- Salomón, M. E. 1965. Archeological records of storage pests: *Sitophilus granarius* (L) (Coleóptera: Curculionidae) from an Egiptaim pyramid tomb. J. stored prod. Res. 1:105 -107.
- Sánchez Gonzales José de Jesús. 1998. Distribución y Caracterización del teocintle. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 149 p.

- Sánchez, A. H. 1987. Actividad de polvos minerales para el combate de *Prostephanus truncatus* (Horn) y maíz almacenado. Tesis de maestría en ciencias en entomología y acarología. Colegio de posgraduados en ciencias agrícolas. Montecillos México. Pp VII.
- Smith, D; Papacek. D. F. 1991. Studies of the predatory mite *amblyseius victoriensis* (Acarina: Phytoseidae) in citrus orchards in south – east Queensland; Control of *Tegolophus australis* and *Phyllocoptruta oleinvora* (Acarina: Eriophyidae, effect of pesticides, alternative host plants and augmentative release. Acarology 1991 Queensland Departement of Primary Industries, Maroochy horticultural Research Station, Nambour Qld. 4560. Australia. Pp 195 – 217.
- Tharshis, J. B. Laboratory and fields studies with sorptive dust for the control of arthropods affectin man and animals. Expl. Parasit. 11 (1): 10-33.
- Urrestarazu, G. M. 2004. Tratado de cultivo sin suelo. 3ra edición. Ediciones Mundi-prensa. Pp 116.
- Villegas Elizalde Saul Eugenio 1989. Incorporación de *Hipocratea excelsa* (hipocrateacea) y cuatro polvos minerales en maíz encostalado, para evitar el daño de insectos en Lerma, estado de México. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. 76 p.

Wellhausen E. J. L. M. Fobrts, y X. E. Hernández. 1951. Razas de maíz en México. Su origen, características y distribución, SAG, México, p. 7.

Zarate R Rubén Darío. 1988. Uso del azufre en la sanidad de plantas, animales y humanos. Profesos asociado, Universidad Nacional De Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias de Palmira. Conferencia presentada en el Seminario Nacional "El azufre en la Agricultura" CIAT, setiembre 28, 29, 30.

APENDICE

Cuadro A1. Calendario de actividades efectuado durante el estudio de las aplicaciones de los diferentes polvos sobre el gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais*.

Actividad	fecha
Aplicación de los tratamientos	08 de febrero 2010
Primer conteo	16 de febrero 2010
Segundo conteo	22 de febrero 2010
Tercer conteo	01 de marzo 2010
Evaluación de granos	02 de marzo 2010

Cuadro A2. Análisis de varianza en el primer conteo sobre el numero de insectos muertos *Sitophilus zeamais* en los tratamientos con granos de maíz *Zea mays*.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	5	15319.375000	3063.875000	11.4034	0.000
ERROR	18	4836.250000	268.680542		
TOTAL	23	20155.625000			

Cuadro A3. Comparación de medias en el primer conteo sobre el numero de insectos muertos

Sitophilus zeamais en los tratamientos con granos de maíz *Zea mays*.

TRATAMIENTO	MEDIA
5	77.5000 A
2	60.2500 AB
3	44.2500 B
4	42.5000 B
6	14.0000 C
1	3.7500 C

Cuadro A4. Análisis de varianza en el segundo conteo sobre el numero de insectos muertos

Sitophilus zeamais en los tratamientos con granos de maíz *Zea mays*.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	5	27817.000000	5563.399902	51.3676	0.000
ERROR	18	1949.500000	108.305557		
TOTAL	23	29766.500000			

Cuadro A5. Comparación de medias en el segundo conteo sobre el numero de insectos muertos *Sitophilus zeamais* en los tratamientos con granos de maíz *Zea mays*.

TRATAMIENTO	MEDIA
2	96.5000 A
5	94.5000 A
3	83.5000 AB
4	71.7500 B
6	30.7500 C
1	5.5000 D

Cuadro A6. Análisis de varianza en el tercer conteo sobre el numero de insectos muertos *Sitophilus zeamais* en los tratamientos con granos de maíz *Zea mays*.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	5	25275.203125	5055.040527	615.8425	0.000
ERROR	18	147.750000	8.208333		
TOTAL	23	25422.953125			

Cuadro A7. Comparación de medias en el tercer conteo sobre el numero de insectos muertos

Sitophilus zeamais en los tratamientos con granos de maíz *Zea mays*.

TRATAMIENTO	MEDIA
2	100.0000 A
5	100.0000 A
4	98.0000 A
3	96.5000 A
6	75.2500 B
1	10.0000 C

Cuadro A8. Porcentaje de granos sanos, dañados y quebrados de cada uno de los tratamientos.

TRATAMIENTOS	% DE GRANOS		
	SANOS	DAÑADOS	QUEBRADOS
Testigo	88.4	5.5	6.1
CaOH	92.1	4.7	3.2
CaOH+S	90.7	4.7	4.6
Diatomita	90.8	4.9	4.3
ceniza	90.7	4.4	4.9
Arena	91.4	4.8	3.8

Cuadro A9. Análisis de varianza de granos sin daño del gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais*.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	5	10507.000000	2101.399902	1.2129	0.404
ERROR	6	10395.000000	1732.500000		
TOTAL	11	20902.000000			

Cuadro A10. Análisis de varianza de granos con daño del gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais*.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	5	216.000000	43.200001	0.4730	0.786
ERROR	6	548.000000	91.333336		
TOTAL	11	764.000000			

Cuadro A11. Análisis de varianza de granos quebrados con daño del gorgojo del maíz

Sitophilus zeamais.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	5	1118.666016	223.733200	1.0852	0.453
ERROR	6	1237.000000	206.166672		
TOTAL	11	2355.666016			

Cuadro A12. Análisis de varianza de granos quebrados + granos con daño del gorgojo del

maíz Sitophilus zeamais.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	5	1968.664063	393.732819	5.3813	0.033
ERROR	6	439.000000	73.166664		
TOTAL	11	2407.664063			

Cuadro A13. Comparación de medias de granos quebrados + granos con daño del gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais*.

TRATAMIENTO	MEDIA
1	121.0000 A
3	100.0000 B
5	93.0000 BC
4	92.5000 BC
6	92.0000 BC
2	78.5000 C

Cuadro A14. Porcentaje de eficiencia de cada tratamiento en el primero, segundo y tercer conteo de insectos vivos.

TRATAMIENTO	% DE EFICIENCIA		
	1er CONTEO	2do CONTEO	3er CONTEO
CaOH	59	96	100
CaOH+S	42	83	96
Diatomita	40	70	98
Ceniza	77	94	100
Arena	11	27	72