

UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGIA AGRICOLA

**POLVOS MINERALES PARA EL CONTROL DE *Sitophilus*
zeamais Mots. (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EN
MAIZ ALMACENADO.**

T E S I S

Que como Requisito Parcial
para Obtener el Grado de
Maestro en Ciencias
en Protección Vegetal



DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

BIBLIOTECA CENTRAL U. A. CH.

P R E S E N T A :

SOCORRO DEL CARMEN GUTIERREZ GARCIA

CHAPINGO, MEXICO
DICIEMBRE DE 1995



DX85582
-151711

La presente Tesis fue realizada bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

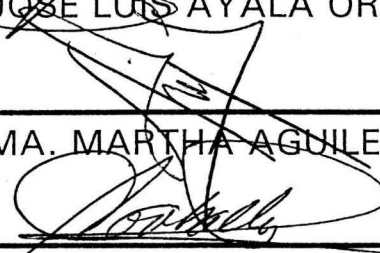
MAESTRO EN CIENCIAS
EN PROTECCION VEGETAL

CONSEJO PARTICULAR

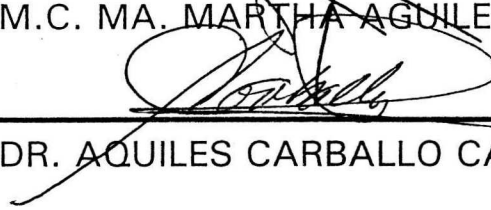
PRESIDENTE:


M.C. JOSÉ LUIS AYALA ORDUÑO

ASESOR:


M.C. MA. MARTHA AGUILERA PEÑA

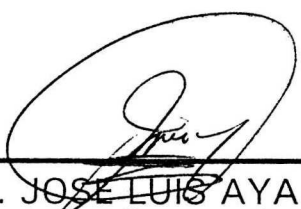
ASESOR:


DR. AQUILES CARBALLO CARBALLO

Chapingo, México, Diciembre de 1995.

El jurado del Examen de grado de **Maestría en Ciencias** en
"PROTECCION VEGETAL" estuvo constituido por:

PRESIDENTE:



M.C. JOSE LUIS AYALA ORDUÑO

ASESOR:



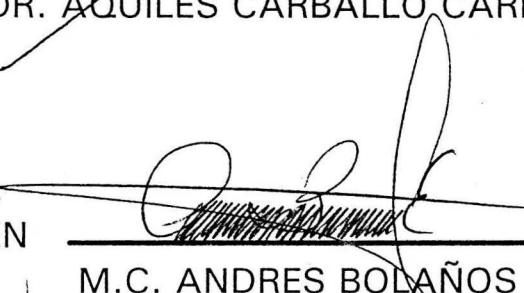
MA. MARTHA AGUILERA PEÑA

ASESOR:



DR. AQUILES CARBALLO CARBALLO

REPRESENTANTE DE LA COORD.
DE ESTUDIOS DE POSTGRADO EN
"PROTECCION VEGETAL" DEL
DEPTO. DE PARASITOLOGIA
AGRICOLA.



M.C. ANDRES BOLAÑOS ESPINOZA

REPRESENTANTE DE LA COORD.
DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
DE LA U.A.CH.



M.C. BENITO PINTO CORTES

Cada uno de los cuales revisó y aprobó la tesis presentada.

Chapingo, Méx., Diciembre de 1995.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo, por haberme otorgado la oportunidad de realizar estudios de postgrado.

Al Departamento de Parasitología Agrícola, quien me apoyó y proporcionó mi formación académica.

A mis Profesores que con sus conocimientos y consejos me ayudaron a lograr una meta más.

Al M.C. José Luis Ayala Orduño, quien pacientemente dirigió y revisó el presente trabajo, así como por los conocimientos proporcionados.

A la M.C. Ma. Martha Aguilera Peña, por sus valiosas sugerencias y correcciones al presente trabajo hasta su conclusión final, además de la amistad demostrada en todo momento.

Al Dr. Aquiles Carballo Carballo, por las observaciones, y modificaciones realizadas a éste trabajo, así como por los consejos profesionales y amistad que siempre me ha proporcionado.

A los M.C. Andrés Bolaños Espinoza y Benito Pinto Cortés por la revisión del presente trabajo y participación en el examen de grado.

A David, Paty, Georgina, Sofía y Tania quienes siempre me apoyaron en los trámites administrativos y amistad demostrada durante mi estancia en ese Departamento.

A todas aquellas personas que me brindaron su apoyo desinteresado.

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

HECTOR Y CARMEN

De quienes siempre he recibido cariño y apoyo en las actividades que he realizado en el transcurso de mi vida, tanto profesional como familiar; aún en aquellas que considero buenas y que a ellos dañaron. MIL GRACIAS Y PERDÓN PAPA Y MAMA.

A MI HIJO:

ÁNGEL ORLANDO

Que con el brillo de sus ojos y su sonrisa angelical me ha motivado más que nunca a luchar en ésta vida para lograr mis objetivos y por quien seguiré superándome para merecer su amor y comprensión.

A MIS HERMANOS:

RAQUEL, GUADALUPE Y ANTONINO

Que en todo momento me han ayudado, y a pesar de situaciones difíciles juntos hemos sobresalido y logrado nuestras metas profesionales.

A MI CUÑADO:

MOISÉS

Por la ayuda prestada cuando se le solicita y por el cariño familiar que demuestra siempre.

A MIS SOBRINOS:

JUAN CARLOS, HECTOR ALONSO E ITZEL CITLALLI.

Que con su alegría, inocencia y candor modifican nuestro hogar, logrando se olviden los problemas diarios de la vida, y evitan la monotonía.

A DIOS:

A ti, principalmente por el don más grande que me has dado "LA VIDA" y poder agradecerte la dicha de triunfos y fracasos logrados y sobretodo de tener a mi familia y mi hijo que comparten conmigo la felicidad de vivir.

CONTENIDO

Página

INDICE DE CUADROS

INDICE DE FIGURAS

RESUMEN

1. INTRODUCCION	1
1.1 Objetivos	2
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Problemática de la conservación de granos almacenados	3
2.2 Importancia del maíz en México	6
2.3 Importancia de los insectos del maíz almacenado	8
2.4 Características del gorgojo del maíz, <i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae)	9
2.4.1 Importancia	9
2.4.2 Descripción	11
2.4.3 Habitat	12
2.4.4 Ciclo biológico	12
2.4.5 Daños que causa	13
2.5 Métodos de combate para insectos de almacén	13
2.5.1 Métodos físicos	14
2.5.1.1 Prácticas culturales	14
2.5.1.2 Secado de granos	15
2.5.1.3 Almacenamiento hermético	15

	Página
2.5.2 Combate químico	15
2.5.3 Combate biológico	18
2.5.3.1 Uso de parasitoides o depredadores, de plagas insectiles de granos almacenados	18
2.5.3.2 Uso de germoplasma de maíz resistente al ataque de las plagas insectiles en el almacén	19
2.5.4 Insecticidas de origen vegetal	21
2.5.5 Polvos minerales	25
3. MATERIALES Y METODOS	28
3.1 Ubicación del experimento	28
3.2 Material genético	28
3.3 Material entomológico	29
3.4 Tratamientos para protección del grano	29
3.5 Unidades Experimentales	30
3.5.1 Diseño Experimental	30
3.5.2 Dinámica poblacional y evaluación del daño	30
3.5.3 Infestación del grano	31
3.6 Análisis de fenoles y del índice de flotación	32
3.7 Análisis estadístico	33
4. RESULTADOS	34
4.1 Análisis de varianza	34
4.2 Prueba comparativa de medias	37
4.3 Análisis de Correlación	62
5. DISCUSION	63

6. CONCLUSIONES

68

7. LITERATURA CITADA

69

INDICE DE CUADROS

CUADRO		Página
1	Híbridos de maíz (F2) sobresalientes en 1994, utilizados en las pruebas con el gorgojo del maíz (<i>Sitophilus zeamais</i>). Chapingo, Méx., 1995.	29
2	Resultados del análisis de fenoles e índice de flotación efectuados en cinco muestras de maíz. Chapingo, Méx., 1995.	32
3	Características del grano de maíz de las variedades evaluadas. Chapingo, Méx., 1995.	34
4	Cuadrados medios (Cm) y grados de libertad (gl) para las fuentes de variación del análisis de varianza de las variables. Chapingo, Méx., 1995.	35
5	Comparaciones (Tukey, $p = 0.05$) entre los valores medios correspondientes a los cuatro tratamientos evaluados. Chapingo, Méx., 1995.	37
6	Comparaciones por medio de la prueba de Tukey ($p = 0.05$) entre los valores medios correspondientes a variedades. Chapingo, Méx., 1995.	39
7	Comparaciones (Tukey, $p = 0.05$) entre los valores medios correspondientes a los tres períodos de evaluación. Chapingo, Méx., 1995.	39
8	Comparaciones de los valores medios correspondientes a los tratamientos x variedades. Chapingo, Méx., 1995.	41
9	Comparaciones de los valores medios correspondientes a los tratamientos x conteos. Chapingo, Méx., 1995.	43
10	Comparaciones de los valores medios correspondientes a la interacción TRA*VAR*CON. Chapingo, Méx., 1995.	44
11	Análisis de correlación para dos caracteres y tres variables evaluadas en las cinco variedades utilizadas en este estudio. Chapingo, México. 1995.	45

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		Página
1	Adulto de <i>Sitophilus zeamais</i>	10
2	Interacción tratamiento x conteo, para la variable número de insectos muertos (NIM). Chapingo, Méx., 1995.	48
3	Interacción tratamiento x conteo, para la variable número de granos dañados (NGD). Chapingo, Méx., 1995.	48
4	Interacción tratamiento x conteo, para la variable peso de granos dañados (PGD). Chapingo, Méx., 1995.	49
5	Interacción tratamiento x conteo, para la variable número de insectos emergidos (NIE). Chapingo, Méx., 1995.	53
6	Interacción tratamiento x variedad, para el número de insectos muertos (NIM). Chapingo, Méx., 1995.	53
7	Interacción tratamiento x variedad, para el número de granos dañados (NGD). Chapingo, Méx., 1995.	54
8	Interacción tratamiento x variedad, para el peso de granos dañados (PGD). Chapingo, Méx., 1995.	54
9	Interacción tratamiento x variedad, para el número de insectos emergidos (NIE). Chapingo, Méx., 1995.	58
10	Interacción tratamiento x conteo, para el número de insectos muertos (NIM). Chapingo, Méx., 1995.	58
11	Interacción tratamiento x conteo, para el número de granos dañados (NGD). Chapingo, Méx., 1995.	59
12	Interacción tratamiento x conteo, para el peso de granos dañados (PGD). Chapingo, Méx., 1995.	59
13	Interacción tratamiento x conteo, para el número de insectos emergidos (NIE). Chapingo, Méx., 1995.	62
14	Interacción tratamiento x conteo, para el peso de granos sanos (PGS). Chapingo, Méx., 1995.	62

RESUMEN

El maíz está expuesto al ataque de insectos en el campo de cultivo, y después en el almacén. De aquí la necesidad de guardarlo en almacenes o depósitos que presenten las condiciones adecuadas para conservar sano el grano, para su posterior consumo. Una de las plagas que causan grandes pérdidas a éste cultivo es el gorgojo del maíz, *Sitophilus zeamais* Mots., para el cual se han buscado métodos de combate como: físico, biológico, genético y químico; así como por medio de polvos vegetales y minerales no tóxicos. Con base en lo anterior, se probaron dos polvos minerales en cinco híbridos de maíz para los Valles Centrales de México, con los objetivos siguientes: 1) evaluar el porcentaje de mortalidad de *S. zeamais* causado por dos polvos minerales en maíz almacenado y 2) determinar si la estructura y características intrínsecas del grano de maíz tienen influencia complementaria con la efectividad de los polvos minerales para el control de *S. zeamais*. Para tal fin se analizaron las siguientes variables: tipo de grano, densidad del grano, índice de flotación, contenido de fenoles, número de insectos vivos (NIV), número de insectos muertos (NIM), número de insectos emergidos (NIE), número de granos sanos (NGS), número de granos dañados (NGD), peso del grano sano (PGS) y peso del grano dañado (PGD). En base a los resultados se llegó a las siguientes conclusiones: 1) el polvo mineral diatomea presentó resultados similares al malatión y 2) la dureza del grano y los ácidos fenólicos proporcionan resistencia al grano de maíz a la infestación por *S. zeamais*.

Palabras Clave: Resistencia, Diatomea, Cal, Fenoles.

ABSTRACT

Corn has been exposed to the insects attack in the field and afterwards in the storage facilities. Hence the need to keep it in deposits that do not present the proper conditions to preserve the grain in a healthy state for its future consumption. One of the pests that bring about great losses to this crop is the corn weevil (*Sitophilus zeamais* Mots.). Several methods have been designed to combatting it, like chemical, physical, biological and genetical ones, as well as, vegetable and mineral dusts that are not toxic. Based on this information, two types of mineral dusts were tested in five hybrid crops of corn for the Central Valleys of Mexico, with the following objectives; 1) To assess the mortality percentage of *S. zeamais* caused by two mineral dusts in stored corn, and 2) to determine whether the structure and the intrinsic characteristics of the corn crop have any complementary influence with the effectivity of the mineral dusts for the *S. zeamais* control. For that purpose the following variables were analyzed: grain type, grain density, floating index, fenols content, number of live insects (NLI), number of dead insects (NDI), number of emerged insects (NEI), number of healthy grains (NHG), number of damaged grains (NDG), healthy grain weight (HGW) and damaged grain weight (DGW). According to the results the following conclusions were gotten: 1) The mineral diatomaceous showed similar results to the ones obtained from the malathion, and 2) the grain hardness and the fenolic acids gave resistance to the corn grain to the infestation by *S. zeamais*.

Key words: Resistance, diatomaceous, cal, fenols.

1. INTRODUCCION

El maíz es un producto básico en la alimentación de los mexicanos, así como la principal fuente de carbohidratos y proteínas, el cual se ve expuesto por el ataque de insectos en el campo de cultivo y proliferando en el almacén debido a la necesidad que existe de guardar el grano de maíz, en la agricultura de subsistencia.

La mayoría de productores de autoconsumo utilizan almacenes o depósitos que no presentan las condiciones adecuadas para conservar sano el grano, por no contar con los recursos suficientes que les permitan llevar a cabo un buen control de la temperatura, humedad, aireación y limpieza del lugar de almacenamiento y evitar así, los daños ocasionados por plagas como hongos, roedores e insectos. Estos últimos causan pérdidas importantes durante el almacenamiento y se reconocen entre los más importantes como plagas del maíz al gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* Montschulsky, palomilla de los graneros *Sitotroga cerealella* Oliv., barrenador mayor de los granos *Prostephanus truncatus* Horn, y barrenillo de los granos *Rhizopertha dominica* Fabr.

Se ha realizado amplia investigación en la búsqueda de métodos para el combate de este grupo de insectos, pudiéndose mencionar los métodos químicos, físicos, biológicos y genéticos, entre otros. Sin embargo, casi siempre se han tratado de combatir por medios químicos, y es hasta los últimos años, cuando empezó a intensificarse la búsqueda de alternativas como el uso de vegetales y minerales tóxicos que controlan o evitan las infestaciones de insectos en granos almacenados. Las alternativas al uso de insecticidas químicos es cada vez más urgente, para evitar que se continúe contaminando el ambiente y para evitar daños por intoxicaciones a la

población que tiene necesidad de consumir granos con sobredosificaciones durante su almacenamiento.

En el presente estudio se planteó como una necesidad evaluar la efectividad de dos polvos minerales en 5 líneas de maíz de los Valles Centrales de México y cuyos objetivos fueron los siguientes:

1.1 Objetivos

- 1) Evaluar el porcentaje de mortalidad de *Sitophilus zeamais* causada por dos polvos minerales en maíz almacenado.
- 2) Determinar si la estructura y características intrínsecas del grano de maíz tienen influencia complementaria con la efectividad de los polvos minerales para el control de *S. zeamais*.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Problemática de la conservación de granos

La bodega o almacén representa en principio la base para una buena conservación de granos. Los requisitos de un almacén deben resumirse en conservar el producto protegiéndolo de la humedad excesiva, de las plagas insectiles, hongos y roedores, de temperaturas favorables al desarrollo de plagas, facilitar el manejo del grano permitiendo su frecuente inspección, y conservar o mejorar la condición del grano durante su almacenaje, así como su localización, para permitir el abastecimiento y distribución de los productos almacenados (Ramírez, 1982).

Cuando se dispone de locales adecuados para almacenaje se tiene en gran parte resuelto el problema de una efectiva conservación de los granos y productos depositados. El manejo de los granos, limpieza del lugar, las medidas de combate de plagas y la vigilancia necesaria, son factores complementarios que al disponer de locales adecuados se facilitan considerablemente y contribuyen a una ideal conservación de los granos. Por lo tanto, la buena conservación se traduce a pérdidas mínimas y naturales que nunca se comparan con las altas cifras que actualmente sufre nuestro país en este renglón, sobre todo en granos básicos alimenticios (Ramírez, 1982).

Como es físicamente imposible el consumo inmediato de la producción total de las cosechas de granos alimenticios, el hombre tiene que almacenarlos para consumirlos de acuerdo con sus necesidades alimenticias.

Las áreas de mayor producción de granos básicos se encuentren alejadas de los centros de consumo, lo cual implica el transporte y almacenamiento de esos productos en lugares estratégicos para su distribución oportuna cuando sean requeridos. Asimismo, la balanza económica gobernada por la ley de la oferta y la demanda, sugiere la conveniencia de tener existencias o reservas de granos en almacenamiento para evitar las variaciones de los precios y asegurar el abastecimiento oportuno de esos productos cuando hay escasez de ellos; lo que le permitirá, guiarlo en su política de producción de los granos que convengan a la economía del país, asegurando mercado tanto al agricultor como al consumidor y abastecimiento del producto (Ramírez, 1982).

Independientemente del destino o uso de los granos, ya sea como alimento para el hombre o para los animales domésticos, así como para semilla que asegure la producción de mejores cosechas en el futuro, o como materia prima para la industria, es necesario que se almacenen en forma ventajosa y por períodos variables de tiempo, para que se utilicen y consuman de acuerdo con las necesidades de la población (Ramírez, 1982).

Desde la recolección hasta su almacenamiento, los granos y semillas de maíz, trigo, frijol, arroz, sorgo, etc., son atacados por una serie de plagas insectiles que causan pérdidas estimadas conservadoramente del 15 al 20%, dependiendo del clima del lugar de almacenamiento (Anónimo, 1980).

Se carece de información necesaria para determinar pérdidas con exactitud; sin embargo, Ramírez (1982) señala que en México se sufre aproximadamente una pérdida global del 5 al 25% de la producción del grano de maíz, trigo y frijol, desde la cosecha hasta su consumo, debido a la carencia de buenos almacenes. Al respecto, Ramayo (1983) indica que, según datos de la FAO, las pérdidas en Latinoamérica fluctúan desde el 15 hasta el 30%, y además especifica que en

México la pérdida es de alrededor del 5%; sin embargo, González (1986) indica que en nuestro país las pérdidas pueden sobrepasar el 50%.

Uno de los factores limitantes para la conservación de granos, son los insectos; éstos al desarrollar una competencia interespecífica por el alimento, producen pérdidas a la producción nacional que oscilan entre el 20 y 90%; los daños causados por los insectos son mayores en los trópicos seco y húmedo, en comparación con las regiones templadas (Sifuentes, 1985).

Los insectos destruyen por lo menos el 5% de la producción mundial de todos los cereales después de que éstos son cosechados y mientras se encuentren en depósito en la granja, en silos o almacenes. Estas pérdidas consisten en la reducción del peso y el valor alimenticio, contaminación por residuos del cuerpo de los insectos, calentamiento de los granos con el consecuente deterioro, y bajo porcentaje de germinación de las semillas (Davidson y Lyon, 1992).

El desconocimiento de los principios básicos para manejar, almacenar y conservar los granos, agudiza aún más la problemática de la carencia de buenos almacenes que repercute en la pérdida de porcentajes considerables de las cosechas; debido también en parte a la ignorancia y mal manejo de dichos principios (Ramayo, 1983).

Así, la conservación de los granos alimenticios ha sido, es y será, motivo de preocupación del hombre no tan solo por su significado en la dieta humana, animal, abasto industrial, precios y fuente de semillas, sino también por la necesidad de resguardarlos contra el peligro que representa su aprovechamiento por sus demás competidores (Ramírez, 1982).

Los alimentos elaborados y empacados también sufren ataques, y a menos que se realicen inspecciones frecuentes y se inicien medidas de control, pueden ocurrir graves daños en

plantas de procesamiento, almacenes de venta al mayoreo, establecimientos para venta al menudeo y hogares. Las pérdidas anuales se estiman en más de mil millones de dólares para productos agrícolas en almacenamiento (Davidson y Lyon, 1992).

Los granos durante el almacenamiento suelen ser dañados por gorgojos y palomillas, ocasionando reducciones en su peso y calidad; algunos de estos insectos presentan alta capacidad adaptativa tanto climática como alimenticia.

Gutiérrez y colaboradores (1989) consideran que *Sitophilus zeamais*, *Sitotroga cerealella* y *Tribolium castaneum* son las plagas más importantes de los granos y productos almacenados; sin embargo, *Prostephanus truncatus*, se puede convertir en el problema más importante.

2.2 Importancia del maíz en México

El maíz es uno de los productos básicos en la alimentación del pueblo mexicano, pues constituye la principal fuente de proteínas para la población de escasos recursos del campo y la ciudad (Rodríguez, 1982).

El mayor consumo del maíz ocurre en las zonas rurales del país donde se practica la agricultura de temporal, que tiene mayor proporción territorial respecto a la agricultura de riego. De aquí su importancia como el principal producto de las áreas rurales (Rodríguez, 1982).

En los últimos años, la población de México se ha incrementado notablemente, no así la producción de maíz, pues los rendimientos por hectárea no se consideran adecuados; como respuesta a esta baja producción se presenta una gran demanda del producto, debido a esto, el país se ha visto obligado a importar maíz para cubrir los requerimientos de consumo (Rodríguez, 1982).

Uno de los objetivos fundamentales en los actuales programas gubernamentales, es el incremento de la productividad agrícola debido a que alrededor del 85% de la alimentación depende de ella, y se considera que la dieta del hombre consiste en un 70% de productos vegetales, principalmente granos, los que en forma directa o indirecta, constituyen la principal fuente de alimento (Moreno, 1987).

Se calcula que al iniciar esta década, se requerirán por lo menos 17.6 millones de toneladas de este grano (Huerta, 1989) para alimentar a 112 millones de mexicanos, de los cuales, el 79% de la población corresponderá al componente urbano; por lo tanto, la necesidad de almacenamiento se incrementará y esto genera otro problema importante, el cual repercutirá en la transformación de la infraestructura que existe para la conservación de granos; esto se agudizará principalmente en el medio rural, donde las condiciones de almacenamiento son inadecuadas y en donde los factores bióticos (el grano mismo, microorganismos, roedores e insectos) y los abióticos (temperatura, humedad y luminosidad), interactúan dentro del complejo sistema de almacenamiento; en el cual se ejecutan complicados procesos físicos, o químicos, bioquímicos y microbiológicos, que eventualmente se traducen en pérdidas en la producción.

El Estado de México representa una de las principales entidades federativas donde se produce el maíz, a pesar de presentarse factores adversos como la gran cantidad de suelos de baja calidad, y régimen de lluvia un tanto errático. En general el maíz se siembra de temporal. El promedio de rendimiento por unidad de superficie es de los más altos a nivel nacional, ya que se utilizan algunos insumos como la aplicación de fertilizantes y semilla mejorada, que lo coloca en los primeros lugares de producción (Rodríguez, 1982).

2.3 Importancia de los insectos del maíz almacenado

Los efectos más importantes de la presencia de insectos en el maíz almacenado (que está en función de la especie, ciclo biológico y comportamiento), es la pérdida ocasionada por la cantidad de grano que consumen; sin embargo, otro aspecto importante, es la pérdida de la calidad del grano, producida por la contaminación con los fragmentos de sus cuerpos, exuvias, excretas, bióxido de carbono, agua y calor, como productos de su metabolismo; además porque transportan microorganismos en su tracto digestivo, como bacterias, protozoarios y hongos, que son dispersados por movimientos internos de los insectos en la masa del grano (Ramírez, 1981).

Los efectos de destrucción del grano almacenado están estrechamente relacionados con las condiciones ambientales que existan en el lugar del almacenamiento, con las prácticas de sanidad y de control, que difieren de acuerdo con la cantidad almacenada, su disponibilidad y facilidad de realización de los medios de combate (Moreno, 1987).

Existen antecedentes sobre la gran diversidad de las especies de insectos de maíz almacenado, éstas son particularmente extensas en las áreas tropicales con humedad y temperatura elevadas, características que contribuyen favorablemente para la reproducción y dispersión de insectos (Canul, 1986; Melchor, 1986; Pérez, 1986). También bajo estas condiciones ambientales, se degradan más rápidamente los ingredientes activos de algunos insecticidas sintéticos empleados para el control de plagas de almacén.

Los daños causados por las plagas en el cultivo provocan una reducción en la productividad del 30% y las pérdidas en almacén se sitúan en torno del 20% (Fundacao Cargill, 1978).

Alrededor de 40 especies de artrópodos atacan al maíz desde el campo de cultivo, en las raíces, tallo, follaje, flores, fructificaciones y aún en el almacén, llegando a causar graves daños. Se ha estimado que los insectos y ácaros ocasionan entre el 15 y el 30% de disminución en las cosechas de maíz a nivel nacional (Lagunes, 1974).

2.4 Características del gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae).

2.4.1 Importancia

El gorgojo del maíz, se ha constituido en la principal plaga del maíz almacenado en México (Rojas, 1988; D.G.S.V., 1980).

Es el insecto más ampliamente distribuido en México; y es común encontrarlo infestando mazorcas en el campo. Es especialmente destructivo en el almacén en estado adulto o larval (Aguilera, 1991).

Hasta hace unos cuantos años a este insecto se le confundía con el gorgojo del arroz, y se le refería como a la raza más grande de este gorgojo. Recientemente se ha clasificado como una especie diferente de *Sitophilus oryzae*. El gorgojo del maíz tiene preferencia por el maíz y de ahí le deriva los nombres comunes de "gorgojo del maíz o picudo de cuatro manchas". Además del maíz ataca a un gran número de granos y semillas de cereales, causando cuantiosas pérdidas en las regiones con clima caliente y húmedo, reduciendo las semillas a polvo y cáscara. Los adultos vuelan de los graneros a los campos, donde inician las infestaciones, las que pueden continuarse después de la cosecha y constituirse en una plaga destructiva en el almacén (Anónimo, 1980).

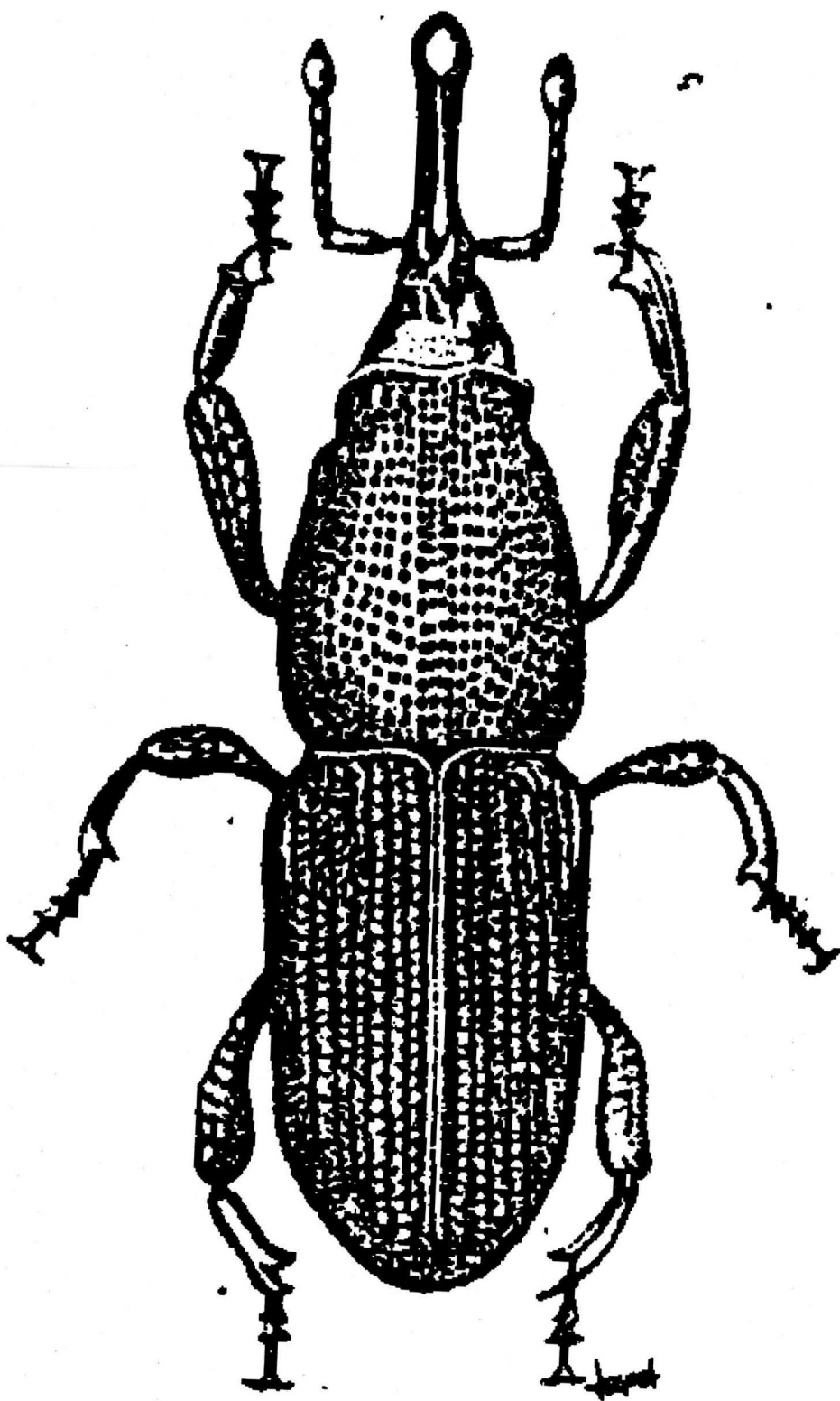


Figura 1. Gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Fuente: Díaz, V., 1985).

2.4.2 Descripción

El adulto es muy semejante al gorgojo del arroz; sin embargo, es más oscuro y más grande, ya que mide 3.8 mm de largo contra 2.8 mm del *Sitophilus oryzae*. El protórax se encuentra densamente marcado con puntuaciones redondas (Anónimo, 1980).

Su cuerpo es endurecido, de forma cilíndrica y alargada. La cabeza está provista de un largo pico (rostrum), ojos oblongos y antenas acodadas provistas de un "mazo" en la parte distal. El protórax se encuentra densamente cubierto por depresiones circulares y sus élitros presentan cuatro manchas de color amarillento. El adulto de *S. zeamais* (L.) se confunde mucho con *S. oryzae* (L.), aunque este último es un poco más pequeño y al disectar la genitalia del macho se puede observar un edeago liso y cilíndrico, en contraste con el edeago del primero, el cual presenta dos surcos longitudinales y está ligeramente aplanado. Las hembras horadan los granos y depositan en cada perforación un huevecillo que mide de 0.6 a 0.8 mm de largo, el cual es cubierto posteriormente por una secreción que le permite pasar inadvertido (Araya, 1993).

La separación de sexos se hace observando el rostrum; el macho, lo tiene comparativamente áspero, corto y ancho; en la hembra es relativamente más largo, delgado y liso. El aspecto liso o áspero se debe a las puncturas redondeadas que en el macho son muy marcadas y rugosas; mientras que en la hembra éstas puncturas son menos marcadas, lo que le da la apariencia lisa y brillante a la superficie. Esta característica morfológica externa, es similar para las especies *S. zeamais*, *S. oryzae* y *S. granarius* (Healstead, 1963, citado por Aguilera, 1991).

2.4.3 Habitat

Alimento: consume principalmente cereales tanto en el campo antes de la cosecha como en el almacén. El adulto y la larva se alimentan vorázmente del grano. *S. oryzae* es más común en granos de cereales pequeños y más tolerante a altas temperaturas que *S. zeamais* (Prevett, 1975).

Distribución: se encuentra en todo el mundo especialmente en las zonas cálidas húmedas, subtropicales y tropicales. Se cree que es originario de la India desde ahí se dispersó a todo el mundo, debido al comercio internacional de granos (Metcalf y Flint, 1982). En México está abundantemente distribuido en campo y en almacén, principalmente en las regiones productoras de maíz y sorgo; aunque ocasionalmente se puede encontrar en las zonas productoras de trigo en los estados de Sinaloa y Sonora (Prevett, 1975).

2.4.4 Ciclo biológico

Los primeros estados biológicos de esta plaga son similares a los del gorgojo del arroz. Para completar su ciclo biológico requiere un mínimo de 30 días para pasar por los estados de huevecillo, larva y pupa (Anónimo, 1980).

Las hembras perforan el grano y depositan por cada diminuta perforación un huevecillo, que posteriormente es cubierto con una secreción por lo que su presencia pasa inadvertida. Cada hembra deposita de 300 a 400 huevecillos que tardan de cuatro a seis semanas en transformarse en adultos a una temperatura de 26 a 30°C y con humedad relativa de 70% (D.G.S.V., 1980).

La larva ápoda, vive, se alimenta y se transforma en pupa y adulto dentro del grano. El gorgojo vive de cuatro a cinco meses. La hembra alcanza su máxima actividad de oviposición después de tres semanas de haber emergido (Prevett, 1975).

2.4.5 Daños que causa

Se considera plaga primaria porque el adulto es capaz de dañar granos sanos y las larvas se alimentan de su interior. Al emerger el adulto produce orificios en el grano que son característicos. En México es una de las principales plagas de granos almacenados (Prevett, 1975).

2.5 Métodos de combate para insectos de almacén

En un amplio grado, el valor de la Entomología está basado en el combate de los insectos-plaga. Los objetivos del manejo y control de plagas es crear y mantener situaciones que impidan daños de importancia económica causados por insectos. Estos objetivos se pueden lograr ya sea evitando que se establezcan o diseminen las plagas insectiles mediante el control de las infestaciones establecidas, o bien, manteniendo las infestaciones a un nivel que no provoquen daño, o éste sea escaso. Esto debe condicionarse al mínimo costo posible y evitar riesgos para el hombre y resto de integrantes del medio ambiente (N.A.S., 1985).

En la actualidad, el combate de insectos de los granos almacenados, se ha realizado obedeciendo a decisiones deliberadas que involucran riesgos a la salud, los deseos de realizar el control de este grupo de insectos mediante aplicaciones de insecticidas, no se han logrado, satisfactoriamente; sin embargo, se ha contribuido entre otras consecuencias, al desarrollo de resistencia en los insectos, la contaminación ambiental, riesgos a la salud por manipulación de compuestos tóxicos e incremento en los costos de post-producción; éste fenómeno se agudiza

principalmente en el sector rural, donde el agricultor almacena la cosecha hasta su comercialización o consumo y por lo tanto, los gastos de conservación le resultan incosteables. Esto último es la base en la que se sustenta la propuesta del uso de polvos de origen vegetal y mineral como elementos de un combate integrado contra los insectos del maíz almacenado, y cuyo planteamiento es para el beneficio de la agricultura de subsistencia, fundamentado en los siguientes criterios: a) los vegetales son recursos naturales y renovables, b) los minerales son abundantes en el ecosistema, c) su costo de adquisición es bajo, por lo tanto son convenientes desde el punto de vista económico, d) no se consideran contaminantes, por lo que son convenientes desde el punto de vista ecológico, e) se pueden utilizar los polvos vegetales y minerales con antecedentes de actividad insecticida (Aguilera, 1991).

A través del tiempo, el hombre ha aprendido a establecer una lucha competitiva con los insectos por la defensa del alimento, de manera que ha desarrollado diferentes métodos que incluyen medidas físicas, químicas y biológicas. Se describen algunos de ellos:

2.5.1. Métodos físicos.

2.5.1.1 Prácticas culturales.

Entre las prácticas culturales para el combate de insectos, se considera el período óptimo de cosecha como una medida importante para la reducción de los niveles de infestación en el campo. En algunos estudios se relacionan los efectos de cosecha oportuna y secado del grano, con niveles de población insectil en el almacén (Aguilera, 1991).

2.5.1.2. Secado de granos

Este método físico se utiliza para reducir la probabilidad de daño por insectos, ácaros y hongos dentro del almacén; basado en los requerimientos mínimos necesarios para la sobrevivencia de insectos por ejemplo, algunos insectos del género *Sitophilus* spp. requieren de humedades de granos que permitan sobrevivir a sus formas inmaduras, mientras que *R. dominica* oviposita en grano con humedad mínima de 8.0%, pero la mortalidad larval en estas condiciones, se incrementa considerablemente (Howe, 1965).

Los procesos de aireación y ventilación, los de secado usando temperaturas altas o bajas, o ambas, radiación solar y empleo de radiaciones de alta energía como electrones producidos por aceleradores de partículas, son los métodos físicos más conocidos (Ramírez, 1981).

2.5.1.3. Almacenamiento hermético

Otro método físico es el almacenamiento hermético, en donde la atmósfera controlada requerida para la conservación del grano, es producto de la respiración biológica del mismo. Este procedimiento se ha utilizado para la conservación de granos y semillas mediante el cambio de la concentración de O_2 y CO_2 en la atmósfera (Aguilera, 1991).

2

2.5.2. Combate químico

Una formulación típica consta de tres componentes: ingrediente activo, inertes y coadyuvantes.

El ingrediente activo: es aquella parte de la formulación que se caracteriza por poseer la actividad tóxica, y será la responsable directa de la mortalidad en la población del organismo problema (Galindo, 1986).

El ingrediente coadyuvante es aquella sustancia que se agregan a las formulaciones, ya sea al momento de su preparación o antes de su aplicación. Son productos carentes de toda propiedad tóxica y sin efecto sinérgico entre los ingredientes activos presentes en la formulación, cuya principal función al agregarse a éstas, es de ayudar a mejorar el comportamiento tóxico del ingrediente activo, corrigiendo condiciones adversas, provocadas por factores ambientales que obstaculizan y reducen toda acción del valor tóxico del ingrediente activo. Los diferentes tipos de adyuvantes son: dispersantes, adherentes, surfactantes, emulgentes, humectantes, antievaporantes, anticostrantes, activadores y desactivadores.

Entre los coadyuvantes empleados se encuentran polvos extraídos de rocas de orígenes metamórfico o sedimentario y de los que se conocen por sus efectos insecticidas; entre éstos están:

Carbonato de calcio.

Este inerte también es conocido como caliza, es una roca de origen metamórfico que al igual que el ROB, se extrae de minas que se encuentran a flor de tierra en El Salto, Hidalgo. Por su color, se pueden reconocer tres tipos de calizas: blanca (mármol blanco), gris (mármol negro) y rojiza.

En estado de roca, el carbonato de calcio no absorbe humedad por lo que en su tratamiento inicial no pasa por el secado, pero una vez que pasa por la quebradera y el molino, se transforma en grano y polvo, y adquiere propiedades de absorción. El polvo, se conoce como

"teckies" pesado y posee características especiales para la formulación de polvos (Galindo, 1986).

Primex

Este material se encuentra como roca sedimentaria que se extrae de minas localizadas en el municipio de Tlautla, Hidalgo. Es un buen absorbente, contiene una gran proporción de silicatos en su composición, y después del secado sólo conserva 5% de humedad.

Teckies ligero

Es una roca sedimentaria que se extrae de una mina que se encuentra en los terrenos de Plaguicidas Mexicanos.

Teckies pesado

Este inerte es el polvo del carbonato de calcio que resulta después que ha pasado por el proceso inicial de la maquilación.

Algunos de los polvos minerales antes mencionados se han aprovechado para usarlos como ingredientes en la formulación de insecticidas granulados o polvos (Galindo, 1986).

Consiste en la eliminación de los organismos perjudiciales o con la prevención del daño que causan mediante materiales venenosos para atraerlos hacia otras sustancias o para emplearlos como repelentes en áreas específicas. Este combate es considerado como el método básico de la entomología económica aplicada por la facilidad y frecuencia de su empleo; aunque implica costos elevados, mano de obra y tiempo. Todos los plaguicidas son peligrosos para el

hombre; deben manejarlos personas enteradas de sus propiedades y tomar las precauciones posibles (Ramírez, 1981).

2.5.3 Combate biológico

En éste combate se han utilizado métodos como el uso de parásitos o depredadores de plagas de insectos de granos almacenados.

2.5.3.1. Uso de parasitoides o depredadores de plagas insectiles de granos almacenados.

Existe una gran diversidad de enemigos naturales de los insectos de almacén, ya sea parasitoides o depredadores. La presencia en el almacén de estos organismos, depende de la existencia y abundancia del huésped; a este fenómeno se ha considerado dependiente de la densidad, es decir que al incremento de la población del huésped le sigue un correspondiente incremento poblacional del parasitoide o depredador; los cuales tienen el atributo de adaptarse al ambiente de su huésped, agregada a su gran capacidad de selección y su movilidad adecuada para dispersarse; esto hace que tengan un rango alto de incremento poblacional y en poco tiempo respondan a cambios en la fluctuación del huésped (Evans, 1981a).

En este método se utilizan virus, bacterias, hongos y nemátodos que pueden ser dañinos para el insecto, pero que no deben serlo para los consumidores. Algunos ácaros se alimentan de huevos de los insectos, la Avispa adulta (*Anisopteromalus calandrae* (How) es un parásito importante de los gorgojos de los graneros (Rodríguez, 1981).

Entre los himenópteros parasitoides que atacan insectos de almacén se encuentran los pteromálicos *Anisopteromalus oryzae* (Howard) y *Choetospila elegans* (Westwood); el braconídeo *Bracon hebetor* Say., y el ichneumonido *Venturia canescens* (Gravenhost) (Evans, 1981a).

De los depredadores más importantes se mencionan a los ácaros entre los que sobresale el piemótido *Pyemotes ventricosus*, ectoparásito de *S. zeamais*, *S. cerealella* y otros lepidópteros de granos almacenados; otro es *Acarophenax tribolli*, ectoparásito de *Tribolium* spp. el cual daña las membranas intersegmentales y se acumula bajo los élitros del insecto huésped (Evans, 1981a).

2.5.3.2. Uso de germoplasma de maíz resistente al ataque de las plagas insectiles en el almacén.

Entre las características del maíz que facilitan la infestación en campo por plagas de almacén, se citan a la mala cobertura de la mazorca, debido principalmente a una corta distancia apical, así como por una pobre compactación de las brácteas o totomoxtle. Puede suponerse entonces que con el incremento en la longitud de la distancia apical y del grosor de la cobertura, es probable encontrar una disminución considerable del daño causado por plagas, y obtener mazorcas libres de infestación en campo. Adicionalmente, se debe considerar a la textura del grano, como un elemento importante para facilitar (harinoso) o dificultar (cristalino) el ataque de los insectos (Gutiérrez, 1992).

El grosor del pericarpio del grano se señala como otra barrera física; al respecto, Tipping y colaboradores (1988), mencionan la relación entre granos resistentes a *S. zeamais* y el grosor del pericarpio, concluyendo que la superficie del mismo es un componente significativo del grano y su conformación juega un papel importante en la resistencia al insecto. La dureza proporcionada por el endospermo vítreo y granos del maíz con contenidos bajos de carbohidratos, o de algunos aminoácidos esenciales, son otras de las características que contribuyen a la resistencia, reduciendo la susceptibilidad del daño por picudos y gorgojos (Evans, 1981b).

El mecanismo de resistencia basado solamente en la dureza del grano, según Singh y McCain (1963), no resuelve completamente el problema, pues algunas variedades de granos duros son atacadas y destruídas por gorgojos. Estos autores encontraron relación directa entre el porcentaje de azúcar y almidón del grano de maíz, respecto a las infestaciones de campo y la emergencia y el peso de *Sitophilus oryzae*. Agregan que en las variedades de maíz estudiadas, el factor más importante que afectó favorablemente al insecto fue el azúcar, siendo la dureza el factor más desfavorable (Gomes, 1969).

Dogett (1957) menciona que las variedades de sorgo con granos pequeños, fueron menos dañados por *Sitophilus oryzae* que las variedades con granos grandes.

Davey (1965) señala que no se encontró evidencia de preferencia de *Sitophilus oryzae* por ningún tamaño de grano de las variedades de sorgo de granos duros ni de las harinosas estudiadas con relación a resistencia al insecto (Gomes, 1969).

Widstrom *et al.* (1972) en un trabajo para medir resistencia de maíz a *S. zeamais* evaluaron las variables: pérdida de peso del grano, porcentaje de granos dañados, porcentaje de mortalidad de los padres, porcentaje de mortalidad de la progenie y peso por insecto. De estos factores, afirma que la progenie total resultó la mejor variable para caracterizar resistencia, y la pérdida de peso de los granos el mejor indicador económico. En estudios con el mismo insecto, mencionados por Schoonhoven *et al.* (1972) se determinó resistencia en líneas originarias de regiones diferentes y se usó como variable la progenie total; con base en los resultados, se sugiere que la fuente de resistencia tenía como base el pericarpio y no el endospermo; esta observación fue corroborada con experimentos en los cuales se quitó el pericarpio y se concluyó que la mayor progenie se obtuvo en materiales que habían sido previamente mencionados como resistentes. Los mismos autores mencionan la regresión negativa entre dureza del grano y resistencia a gorgojos, señalada por Eden (1952).

En trabajos realizados en el CIMMYT (Anónimo, 1970-1971) con diferentes materiales en prueba contra *Sitophilus zeamais*, se encontró que los maíces suaves son más susceptibles y producen mayor número de insectos; asimismo, las variedades con alto contenido proteínico, además de mayor número de insectos generaron un incremento en el peso de los mismos, lo cual fue atribuido a los aminoácidos lisina y triptofano (Castro, 1991).

Rhine y Staples (1968), indican el efecto del contenido de amilosa sobre cinco especies de plagas de granos almacenados; mencionan que en el caso de gorgojos, el peso promedio de adultos decreció con el alto contenido de amilosa y relacionaron directamente la dureza del grano con una mayor concentración de esta sustancia.

2.5.4 Insecticidas de origen vegetal

Se sabe que al hervir las partes vegetales se desnaturalizan algunas sustancias con posible efecto insecticida; no obstante, lo que se busca en realidad es alguna sustancia no necesariamente con propiedades insecticidas, que inhiba de alguna manera a la plaga que queremos combatir (Lagunes, 1974).

Lagunes (1981) menciona que existen productos naturales derivados de plantas que poseen efectos tóxicos sobre algunos insectos plaga, y que México, con su abundante y diversa flora, cuenta con un gran potencial para que a través de la investigación se identifiquen agentes para el control de plagas mediante la utilización de sustancias tóxicas vegetales.

La interacción entre insectos y plantas es una relación ampliamente reconocida en la naturaleza, la que ha permitido que evolucionen ambos organismos. Es también conocido que las plantas contienen sustancias químicas que aparentemente no efectúan una función fisiológica

para sí mismas, pero que pueden tener acción insecticida, ser repelentes a insectos o simplemente alterar su comportamiento. Infinidad de plantas se han utilizado desde épocas remotas para el combate de insectos, en forma de planta completa, polvos, extractos o cenizas. De tal manera, que los principales insecticidas utilizados fueron de origen vegetal; estos productos se desplazaron posteriormente por los nuevos compuestos sintéticos que surgieron (Rodríguez, 1986).

Grainge y colaboradores (1985) señalan una lista de aproximadamente 1600 especies de plantas tóxicas a diversos organismos, aproximadamente mil especies tienen propiedades insecticidas. Dentro de las plantas cultivadas que se han registrado como insecticidas se encuentran la yerbabuena, ajo, cebolla, mastuerzo, cempasúchitl, tomillo, orégano, cilantro, albahaca, epazote y perejil; estas plantas presentan cierta toxicidad contra algunas especies de coleópteros, hormigas, mosquita blanca y pulgones, principalmente (Anónimo, 1980). Otras plantas que poseen actividad tóxica contra insectos son: la riania, sabadilla, anabasiana, rotenona, piretro, heleboro y el tabaco (Lagunes *et al.*, 1984).

El polvo de higuera, *Ricinus communis* en dosis del 1.0%, es recomendable para usarlo como protector de grano sin riesgos a la salud, según pruebas toxicológicas realizadas; la factibilidad de uso en México se ve acreditada por la extensa distribución de este vegetal (Aguilera, 1991).

Los insecticidas botánicos son productos extraídos directamente de plantas que poseen sustancias con propiedades insecticidas. Dentro de este grupo existen compuestos como los nicotinoides (anabasiana, nicotina y nornicotina), piretrinas, rotenona, riania y sabadilla.

Nicotinoides

En 1828, se identificó en el tabaco el alcaloide conocido como nicotina, que se sintetizó por primera vez en 1904 por Pictet y Rotsochy (Schmeltz, 1971). Esta sustancia se ha encontrado en 15 diferentes especies del género *Nicotiana*, incluyendo a otras plantas como *Duboisia hopwoodii* y *Aesclepias syriaca*; las especies más importantes desde el punto de vista comercial son: *Nicotiana tabacum* y *N. rustica*. Del tabaco se han extraído 12 alcaloides, incluyendo a la anabasiana, 1-nornicotina, nicotimina y nicotina (Lagunes y Rodríguez, 1992).

Piretrinas naturales

Las piretrinas se extraen de las flores del piretro (*Chrysanthemum cinerariifolium*). Su uso probablemente se originó en Persia (400 años a. de C.) donde se utilizó para combatir a los piojos de los humanos (Barthel, 1973; Lagunes y Rodríguez, 1992). Los constituyentes insecticidas del piretro son ésteres formados por una combinación de dos ácidos, el crisantémico y pirétrico; así como por tres alcoholes: piretrolona, cinerolona y jasmolona.

Rotenona

La rotenona se aisló por primera vez en 1902. Existen 68 especies de plantas donde se ha señalado la existencia de rotenona o de algún otro rotenoide, entre ellas 21 especies de *Tephrosia*, 12 de *Derris*, 12 de *Lonchocarpus*, 10 de *Millettia* y varias de *Mundulea* spp. Las principales especies son *Derris elliptica*, *D. malaccensis*, *Lonchocarpus utilis*, *L. urucu*, y *Tephrosia* (Cracca) *virginiana* (Metcalf y Flint, 1978).

Riania

El principio activo es un alcaloide conocido como rianodina, que se obtiene moliendo los tallos y raíces de una planta de la familia Flacourtiaceae llamada *Rhyania speciosa*, esta planta es originaria de América del Sur. La rianodina se solubiliza en agua y en la mayoría de los solventes orgánicos, excepto en los aceites del petróleo.

Sabadilla

La sabadilla es una planta de la familia Liliaceae cuyo nombre científico es *Schoenocaulon officinale*, que se encuentra distribuida en América Central y del Sur. Estas plantas poseen un complejo de alcaloides como la jervina, pseudojervina, jersina, rubijervina, protoverstridina, cevadina, veratridina y veratrimina (Metcalf y Flint, 1978).

Aceites vegetales

Los aceites vegetales tienen efecto protector en el maíz almacenado contra el ataque de insectos, como lo menciona Díaz (1985), en una evaluación de diferentes aceites vegetales, con el fin de evitar el daño por *Sitophilus zeamais*, en la que, se indican los siguientes resultados: el aceite de maíz a dosis de 6 ml/kg ocasionó 24.55% de mortalidad, el aceite de soya a dosis de 3 y 9 ml/g causó mortalidades de 22.5 y 20.4%, respectivamente. El aceite de algodón a dosis de 9 ml/kg fue el más efectivo en evitar la emergencia de progenie al observarse sólo el 14% respecto al testigo. El efecto larvicida, tuvo cierta variación; el aceite de cártamo a dosis de 3 ml/kg provocó una mortalidad de 58%, mientras que los aceites de algodón y girasol lograron una mortalidad de 55% con dosis de 6 ml/kg y en lo que respecta al aceite de algodón, éste fue un poco menos eficiente, pues únicamente logró el 44% de mortalidad a dosis de 9 ml/kg.

2.5.5 Polvos minerales

En la agricultura poco tecnificada, se aprovechan los recursos disponibles como herramientas de combate, así es como una gran cantidad de polvos inertes, cenizas y arenas finas, se han mezclado con el grano de manera tradicional como barreras físicas contra el daño por insectos en almacén.

El modo de acción de estos polvos, con tamaño de partículas inferiores a una micra, dañan la capa de cera de la cutícula de los insectos, produciéndoles grietas, por las que pierden agua metabólica; otro efecto es por la acción abrasiva de esas partículas en las articulaciones de los insectos, ocasionándoles la muerte (Ramírez y Barnes, 1958; Cotton, 1979).

La efectividad de los polvos inertes está en función directa con la dosis aplicada. Al respecto, Golob *et al.* (1982, 1983) señalan que al mezclar maíz con polvos de dolomita, ceniza de madera y arena fina, la efectividad de los materiales evaluados tuvo una relación directa con la dosis. Asimismo, los polvos son utilizados por los campesinos en el sureste de Africa para proteger al maíz almacenado de sus plagas durante un período de ocho meses. La protección proporcionada por la ceniza al 30% fue similar a la obtenida por el pirimifós metílico a concentración de 8.8 ppm de ingrediente activo por tonelada. En otro estudio, el mismo autor menciona la aplicación de ceniza de olote al 10 y 30% de concentración sobre maíz almacenado, y señaló una considerable disminución del daño del barrenador *P. truncatus*.

A raíz de una serie de investigaciones Lagunes y Rodríguez (1989) sugieren mezclar los granos de maíz y frijol con polvos de carbonato de calcio y teckies ligero en dosificaciones del 1% para evitar los daños que los insectos plaga pudiesen provocar en ellos.

En México recientemente se han evaluado algunos minerales inertes con la finalidad de proponer y estimular la utilización de métodos y técnicas no convencionales para combatir plagas de maíz y frijol almacenados, en áreas de agricultura de subsistencia (Lagunes y Rodríguez, 1989). En evaluaciones realizadas para conocer la eficiencia en la protección al maíz por parte de polvos minerales, al daño de *P. truncatus* y *S. zeamais*, han sobresalido algunos obtenidos de rocas de origen volcánico como los tezontles negro, gris y rojo, y la misma ceniza volcánica (esta última ha mostrado mayor eficiencia); otros como el teckies ligero, el teckies pesado, el ROB y primex, obtenidos de rocas sedimentarias; el mármol, la cal y el carbonato de calcio, obtenidos de rocas de origen metamórfico.

Estudios realizados en laboratorio, para la evaluación de la ceniza volcánica, teckies pesado y ROB, para proteger al maíz, indicaron que la ceniza y el teckies pesado al 1%, proporcionaron mayor efectividad para reducir la emergencia de la progenie de *S. zeamais* (Páez, 1987). Así como el uso de especies vegetales *Hippocratea* spp. y *Riccinus communis*, junto con la ceniza del volcán Chichonal redujeron la emergencia de la F₁ de *P. truncatus* (Rodríguez, 1987).

En evaluaciones realizadas en la Chontalpa, Tabasco, se incluyeron la ceniza volcánica, ROB, cal y teckies pesado para medir su eficiencia para proteger al maíz almacenado contra el picudo *S. zeamais*. Los tratamientos que brindaron mejor protección después de 14 semanas de almacenamiento fueron la ceniza volcánica, la cal y teckies pesado (González y Lagunes, 1986).

Sánchez (1987) menciona una serie de polvos minerales para controlar al picudo del maíz, *S. zeamais* en maíz almacenado en Chapingo, Méx. después de seis meses de almacenamiento; el polvo de Chichonal, la cal y el tezontle negro al 1%, permitieron el 2.6, 7.6 y 8.9% de daño en maíz, respectivamente, por el gorgojo, en comparación con el tratamiento testigo que permitió un 90.4% de grano dañado.

El mineral teckies ligero se recomienda en la dosis del 1.0% de concentración para proteger maíz almacenado, y aunque sus pruebas toxicológicas se encuentran en proceso de realización, se le considera un mineral inerte. Es relativamente fácil de adquirir, debido a que es un producto de desecho de formuladoras de insecticidas, aunque también es accesible de manera natural, obteniéndose de rocas sedimentarias. Este polvo mineral mostró superioridad respecto a otros polvos vegetales y minerales evaluados. Los polvos en general proporcionan protección al grano durante los tres primeros meses de almacenamiento (Aguilera, 1991).

Hindmarsch y McDonald (1980) mencionan que en Zambia al almacenar el maíz desgranado en cuartos con paredes recubiertas de lodo, pueden reducir los daños por *Sitotroga cerealella* y *Sitophilus zeamais*. White *et al.* (1975) mencionan que el trigo tratado con tierra de diatomeas no es atacado por los insectos en el almacén.

Strong y Sbur (1963) indican que en pruebas de laboratorio se determinó la efectividad del polvo de diatomeas en dosis de 1.814, 2.721 y 3.628 kilogramos por toneladas de grano, sirven como un medio de protección de las semillas de trigo almacenadas contra el ataque de *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus granarius*, *Rhyzopertha dominica*, *Tribolium confusum*, *Oryzaephilus surinamensis* y *Cryptolestes pusillus*. Las dosis de 1.814, 2.721 y 3.628 kilogramos de diatomeas por tonelada de trigo evitaron la infestación de estos insectos de granos almacenados durante 6, 9 y 12, meses respectivamente, después de iniciada la exposición con insectos.

La tierra de diatomea ha sido usada como un insecticida por muchos años. Investigaciones recientes han mostrado que la superficie cerosa de la epicutícula del insecto es absorbida por el polvo inerte, reduciendo la barrera del agua y causando desecación (Aubin, 1991).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación del experimento

Este trabajo se realizó en Chapingo, Méx., en una cámara de cría de la Maestría en Protección Vegetal perteneciente al Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo, instalándose el día 30 de abril de 1995.

3.2 Material genético

Los granos de maíz que se evaluaron fueron los correspondientes a las generaciones F_2 de cinco híbridos (Cuadro 1); dos de ellos comerciales A-791 (Bajío) y H-34 (Valles altos) y 3 experimentales para la zona de transición y Valles altos. Estos materiales identificados como: 7, 8, 20, 33 y 78 fueron amablemente proporcionados por el Dr. Aquiles Carballo C., del Programa de Producción de Semillas del Colegio de Postgraduados; habiéndose obtenido dentro del área de Mejoramiento y Control de la Calidad Genética en Montecillo, Edo. de México, en el ciclo agrícola Primavera - Verano 1994.

Cuadro 1. Híbridos de maíz (F_2) sobresalientes en 1994, utilizados en las pruebas con el gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais* Mots.). Chapingo, Méx., 1995.

No. de híbrido	Genealogía
7	CL ₄ x CLE ₁₆
8	(CL ₁₁ x CL ₁₂) x CL ₁
20	H-34
33	(ACS ₁ x ACS ₂) x (CL ₉ x CL ₈)
78	A-791

Fuente: Comunicación personal Dr. Aquiles Carballo C.

3.3 Material entomológico

El insecto que se usó fue el gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais*), el cual se consiguió en estado adulto y se mantuvo en cámaras de cría, hasta que se obtuvo la población suficiente para posteriormente introducirse a los frascos que contenían al grano de maíz.

3.4 Tratamientos para protección del grano

Se utilizaron dos polvos minerales: Diatomea y cal; los cuales fueron conseguidos de la Formuladora de Insecticidas de Tepeji del Río y en el mercado de San Antonio en Texcoco, Méx., respectivamente; el insecticida Malation 1000E líquido, y un testigo sin protección

3.5 Unidades Experimentales

En cada experimento se utilizaron 1.3 kg de grano, los cuales se distribuyeron en 60 frascos de vidrio con un litro de capacidad; por lo tanto, la unidad experimental consistió de un frasco con 100 g, de semilla, en cuya tapa se hizo una perforación que se cubrió con malla, permitiendo la entrada de oxígeno y a la vez evitando la salida de los insectos.

3.5.1 Diseño Experimental

La disposición espacial de los frascos fue bajo un diseño completamente al azar con 20 tratamientos, resultantes de cinco híbridos por cuatro productos, y tres repeticiones. Los granos se mantuvieron a una humedad de 13%.

3.5.2 Dinámica poblacional y evaluación del daño

Se realizaron tres conteos con una separación aproximada de un mes, cuyas fechas fueron el 7 de junio, 7 de julio y 14 de agosto del presente año, a los cuales se les midieron las siguientes variables:

Número de insectos vivos (NIV): se contaron los insectos que se encontraron vivos en cada frasco evaluado cada mes.

Número de insectos muertos (NIM): se hizo un conteo de los insectos muertos en cada conteo.

Número de insectos emergidos (NIE): se contó la progenie que se detectó en el momento del muestreo.

Número de granos sanos (NGS): se contaron los granos que se encontraron intactos o libres del daño por insectos.

Número de granos dañados (NGD): se llevó a cabo un conteo de los granos atacados por los insectos.

Peso del grano sano (PGS): se pesaron todos los granos que no sufrieron ataque por insectos.

Peso del grano dañado (PGD): se tomaron los pesos de los granos que fueron lesionados por la actividad del insecto.

3.5.3 Infestación del grano

Se aplicaron los polvos minerales a cada tratamiento, en la cantidad de 0.05 g de diatomea, ²/₁ g de cal, y 0.1 mililitros de malation. Posteriormente, se hicieron las infestaciones artificiales, adicionando una pareja de insectos por cada 10 gramos de grano.

Al final de la toma de los datos (después de tres meses) se hizo un estudio de fenoles para tener conocimiento del porcentaje de estos componentes, y de dureza de los granos para obtener su capacidad de resistencia.

El conteo de los insectos vivos y muertos se efectuó manualmente con ayuda de pinzas entomológicas, para romper los granos que contenían los insectos en su interior. De la misma forma, se tomaron los datos para el número de granos sanos y dañados.

Para la obtención del peso de granos sanos y dañados se usó una balanza granataria con capacidad de un kilogramo.

Los granos de maíz que se encontraron dañados de las muestras de cada conteo mensual, se fueron desechando para evitarla mayor facilidad de acceso del insecto, con lo cual se alterarían los datos posteriores, al incorporar a los frascos el grano de maíz deteriorado por el proceso de la toma de datos de las variables antes mencionadas.

3.6 Análisis de fenoles y del índice de flotación

Los 100 gramos restantes se usaron para el análisis del contenido de fenoles y del índice de flotación (Cuadro 2).

Cuadro 2. Resultados del análisis de fenoles e índice de flotación efectuados en cinco muestras de maíz. Chapingo, Méx., 1995.

GENOTIPO	HUMEDAD EN GRANO (%)	HUMEDAD EN HARINA (%)	INDICE DE FLOTACION (%)	FENOLES (mg/g mta.)
7	11.4	11.0	15	0.776
	11.4	10.6	18	0.800
8	12.6	11.2	27	0.499
	12.8	11.7	25	0.635
20	11.1	10.2	40	0.972
	10.8	10.0	39	0.873
33	11.3	10.6	40	0.752
	11.2	10.1	37	0.635
78	12.3	11.5	41	0.776
	12.9	11.6	45	0.848

* Los resultados se informan en base húmeda.

Fuente: M.C. Yolanda Salinas Moreno. Investigador del Laboratorio de Maíz. INIFAP. Chapingo, México.

Los métodos de análisis empleados fueron los siguientes:

Humedad en grano. Se realizó secando la muestra por 72 hrs., a 103°C.

Humedad en harina. Método 44-ISA del AACC, (1976).

Índice de flotación. Método de Wichter, (1961) adaptado por Gómez (1993).

Fenoles. Método de la formación del complejo azul de Prusia (Price y Butler (1977)).

El índice de flotación es una medida indirecta de la dureza del grano; valores elevados de esta variable indican que el grano es suave, mientras que valores bajos se relacionan con maíces duros. De acuerdo a la clasificación dada por Gómez (1993).

3.7 Análisis estadístico

A los datos obtenidos se les realizó un análisis de varianza, en un diseño completamente al azar, asimismo se obtuvo la prueba de Tukey, para la comparación de medias, y para las variables donde hubieron diferencias significativas; utilizando para ello el paquete estadístico SAS.

IV. RESULTADOS

Con el propósito de apreciar la magnitud de la variación en las diferentes variedades en estudio, se les determinó el tipo de grano y densidad.

En el Cuadro 3 se presentan los valores obtenidos para las variables que se midieron a cada una de las cinco variedades.

Cuadro 3. Características del grano de maíz de las variedades evaluadas. Chapingo, Méx., 1995.

VARIEDAD	TIPO DE GRANO*	DENSIDAD (grs.)
7	Semidentado	410.0
8	Semicristalino	347.9
20	Semicristalino	395.4
33	Semidentado	383.7
78	Semidentado	367.5

* Comunicación personal con el Dr. Aquiles Carballo C.

4.1 Análisis de varianza

En el Cuadro 4 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza para todas las variables medidas en éste estudio, así como su significancia estadística.

En dicho cuadro se aprecia que existieron diferencias altamente significativas entre variedades, tratamientos y entre períodos de evaluación (conteos) para las variables: número de grano dañado (NGD), peso de grano dañado (PGD), peso de grano sano (PGS), número de grano sano (NGS) y sólo entre conteos para número de insectos muertos (NIM); mientras que en el resto de las variables analizadas no se presentaron diferencias significativas.

Para la interacción tratamientos x variedades se obtuvieron diferencias significativas en número de grano dañado y número de grano sano; en tanto que, no se hallaron diferencias significativas en las restantes variables, lo cual indica que hay paralelismo en el comportamiento de las variedades en su respuesta a tratamientos.

Cuadro 4. Cuadrados medios (Cm) y grados de libertad (gl) para las principales FV del análisis de varianza de las diferentes variables en estudio. Chapingo, Méx., 1995.

FV	gl	NIV	Pr > F	NIM	Pr > F	NGD	Pr > F	PGD	Pr > F
TRA	3	23.97	0.0493	7.78	0.1062	109.77	0.0001	7.59	0.0001
VAR	4	3.82	0.7873	7.13	0.1135	78.23	0.0001	6.07	0.0001
CON	2	27.40	0.0498	6607.17	0.0001	64.24	0.0001	6.23	0.0001
TRA*VAR	12	7.86	0.5660	1.53	0.9573	11.89	0.0427	0.73	0.0644
TRA*CON	6	7.82	0.5136	19.22	0.001	17.31	0.0156	1.44	0.0037
VAR*CON	8	10.10	0.3460	7.35	0.0566	6.09	0.4663	0.44	0.4076
TRA*VAR *CON	24	9.58	0.3809	6.19	0.0402	8.32	0.1671	0.69	0.0412
ERROR	120								

NIV = Número de insectos vivos, NIM = Número de insectos muertos, NGD = Número de granos dañados, PGD = Peso de granos dañados.

Cuadro 4. Continuación.

FV	gl	PGS	Pr > F	NIE	Pr > F	NGS	Pr > F
TRA	3	23.89	0.0001	27.41	0.0351	348.84	0.0001
VAR	4	27.76	0.0001	9.38	0.4036	39344.71	0.0001
MUE	2	22.51	0.0001	2.61	0.7553	317.64	0.0001
TRA*VAR	12	1.71	0.1599	12.18	0.2188	36.34	0.0416
TRA*CON	6	3.84	0.0057	30.50	0.0049	57.83	0.0089
VAR*CON	8	1.55	0.2515	17.19	0.0732	24.83	0.2531
TRA*VAR	24	0.50	0.9915	9.42	0.4508	9.93	0.9681
*CON							
ERROR	120						

PGS = Peso de granos sanos, NIE = Número de insectos emergidos, NGS = Número de granos sanos.

En el mismo Cuadro 4, se puede apreciar que la interacción tratamientos x conteos presenta diferencia significativa en todas las variables, excepto para número de insectos vivos. Finalmente, para la interacción variedades x conteos se determinaron diferencias significativas en número de insectos muertos (NIM); mientras que, para la interacción tratamientos x variedades x conteos se presentaron diferencias significativas en número de insectos muertos y peso de grano dañado; en tanto que, no se hallaron diferencias significativas en las restantes variables; lo cual indica que hay paralelismo en el comportamiento de las variedades en su respuesta al período de evaluación; y en el segundo caso, en los tratamientos en respuesta a las variedades x conteos.

4.2 Prueba comparativa de medias

En el Cuadro 5 se presentan las comparaciones realizadas por medio de la prueba de Tukey, entre los valores medios de las variables.

Cuadro 5. Comparaciones (Tukey, $p = 0.05$) entre los valores medios correspondientes a los cuatro tratamientos evaluados. Chapingo, Méx., 1995.

Tratamientos	Medias						
	NIV	NIM	NGD	PGD	PGS	NIE	NGS
Testigo	1.844A	7.756A	4.711A	1.293A	97.398C	2.022A	276.0C
Cal	0.622A	7.756A	2.533B	0.756B	98.129B	1.133AB	279.18B
Diatomea	0.333A	7.311A	1.467B	0.429B	98.900A	0.600AB	281.82A
Malatión	0.289A	6.889A	1.333B	0.418B	98.929A	0.222B	281.89A

Medias con igual letra para cada variable son estadísticamente iguales.

Del Cuadro mencionado, se desprende que los testigos presentaron mayor cantidad de insectos vivos; mientras que, el polvo mineral diatomea y el malatión se relacionan con las menores cantidades de insectos vivos (0.333 y 0.289, respectivamente).

En lo que se refiere a las variables NGD y PGD, destacan el testigo y la cal; puesto que, los tratamientos a base de diatomea y malatión presentaron menores cantidades de grano dañado e inferiores pesos de grano dañado.

Para las variables PGS y NGS, sobresalen por sus valores más altos, los tratamientos con diatomea y el producto químico malation; mientras que, el testigo resultó ser superior para las variables número de insectos muertos y número de insectos emergidos.

La comparación de medias que se realizó para todas las variables en respuesta a las variedades, se encuentran en el Cuadro 6.

Puede notarse que para las variables NIV, NIM y NIE, las variedades 33 y 8 presentaron los mayores números de insectos vivos, muertos y emergidos; en tanto que, las menores cantidades de estos insectos, se relacionaron con la variedad 7. En cuanto a las variables NGD, PGD y PGS, las medias más altas de NGD y PGD se determinaron en la variedad 78; mientras que, en las variedades 7 y 20 se calcularon los valores más altos de PGS; asimismo, los valores medios más bajos de NGD y PGD se presentaron en la variedad 7; y los valores inferiores de PGS se determinaron para la variedad 78.

En lo que se refiere a NGS destaca la variedad 8 (328.778), con la cual se obtuvo la media más alta; mientras que en la variedad 20 se encontró el valor más bajo (245.444). Cabe destacar que la variedad 7 presentó un valor intermedio (277.111).

Cuadro 6. Comparaciones por medio de la prueba de Tukey ($p = 0.05$) entre los valores medios correspondientes a variedades. Chapingo, Méx., 1995.

VARIEDADES	MEDIAS						
	NIV	NIM	NGD	PGD	PGS	NIE	NGS
7	0.639A	6.833A	0.750C	0.289C	99.281A	0.222A	277.111C
8	0.500A	8.000A	2.778B	0.711BC	98.328B	1.278A	328.778A
20	0.750A	7.667A	1.528BC	0.383C	99.050A	0.861A	245.444E
33	1.333A	7.194A	2.889B	0.947AB	97.933B	1.583A	254.806D
78	0.639A	7.444A	4.611A	1.289A	97.103C	1.028A	292.472B

Medias con igual letra para cada variable son estadísticamente iguales.

En el Cuadro 7 se presentan las comparaciones realizadas por medio de la prueba de Tukey, para todas las variables en respuesta a los conteos.

Cuadro 7. Comparaciones (Tukey, $p = 0.05$) entre los valores medios correspondientes a los tres períodos de evaluación. Chapingo, Méx., 1995.

CONTEO	MEDIAS						
	NIV	NIM	NGD	PGD	PGS	NIE	NGS
1	1.467A	19.517A	3.133A	0.983A	99.017A	1.000A	282.250A
2	0.117B	2.100B	3.083A	0.825A	98.175B	0.783A	279.167B
3	0.733AB	0.667C	1.317B	0.363B	97.825B	1.200A	277.750B

Medias con igual letra para cada variable son estadísticamente iguales.

En el Cuadro mencionado se aprecia que en la variable NIE en el tercer conteo se registró el mayor valor (1.200); mientras que en el segundo conteo se relaciona con el menor número de insectos emergidos.

En lo que se refiere a PGS y NGS, los mayores valores se registraron durante el primer conteo. Para las variables NGD y PGD sobresalen los valores del primer período de evaluación, por presentar valores más altos; mientras que, en el tercer conteo se registraron los valores más bajos en cuanto al número y peso de granos dañados.

Puede notarse que para las variables NIV y NIM, en el primer conteo se determinaron los mayores valores respecto al número de insectos vivos y muertos. Por otra parte, los valores más bajos de estas variables se registraron para la segunda y tercera evaluaciones, respectivamente.

La comparación de medias que se realizó para todas las variables que resultaron estadísticamente significativas en su respuesta a tratamientos x variedades, se encuentran en el Cuadro 8.

Puede apreciarse que la variable número de grano dañado (NGD), en los tratamientos a base de polvos minerales y malatión de la variedad 78, presentaron los valores medios más altos; mientras que, las medias más bajas fueron para los tratamientos de la variedad 7.

En lo que se refiere a la variable NGS todos los tratamientos con la variedad 8 están vinculados con las medias más altas; en segundo término se encuentran los tratamientos con la variedad 78; y los tratamientos que presentaron los menores registros de grano sano fueron los correspondientes a la variedad 20.

Cuadro 8. Comparaciones de los valores medios correspondientes a los tratamientos x variedades. Chapingo, Méx., 1995.

TRA * VAR	NGD	NGS
*T 7	1.333	275.444
T 8	5.333	323.888
T 20	2.000	245.111
T 33	6.333	249.333
T 78	8.555	286.222
C 7	1.000	276.555
C 8	2.333	329.666
C 20	2.444	243.000
C 33	2.000	256.000
C 78	4.888	290.666
D 7	0.444	277.888
D 8	2.000	330.888
D 20	0.888	246.888
D 33	1.444	257.444
D 78	2.555	296.000
M 7	0.222	278.555
M 8	1.444	330.666
M 20	0.777	246.777
M 33	1.777	256.444
M 78	2.444	297.000

T = Testigo, C = Cal, D = Diatomea, M = Malation.

NGD = Número de granos dañados y NGS = Número de granos sanos.

En el Cuadro 9, se presentan las comparaciones de los valores medios para las variables con significancia estadística en respuesta a tratamientos x conteos.

En dicho Cuadro se aprecia la variable NIM con los valores más altos en los tratamientos correspondientes al primer conteo; mientras que los menores valores están relacionados con el tercero. Por otro lado, las variables NGD y PGD de los tratamientos con diatomea y malatión se presentaron menores valores conforme se avanzaba en el número de conteo.

Asimismo, puede notarse que para las variables PGS y NGS, en los tratamientos testigo y a base de cal, los valores de las medias disminuyen conforme avanza el número de conteo; cabe señalar que esta misma tendencia se presentó en los tratamientos con diatomea y malatión.

Finalmente, para la variable número de insectos emergidos (NIE), en los testigos durante el tercer conteo se presentó el valor más alto (4.600). Contrariamente a esto, en los tratamientos con diatomea y malatión, el número de insectos emergidos es menor conforme avanza el tiempo (número de conteos).

Cuadro 9. Comparaciones de los valores medios correspondientes a los tratamientos x conteos. Chapingo, Méx., 1995.

TRA*CON	NIM	NGD	PGD	PGS	NIE	NGS
*T 1	18.467	4.533	1.333	98.666	0.733	280.866
T 2	2.400	4.600	1.180	97.420	0.733	276.133
T 3	2.400	5.000	1.366	96.106	4.600	271.000
C 1	19.800	3.333	1.080	98.920	1.666	282.066
C 2	3.466	4.266	1.186	97.733	1.733	277.733
C 3	0.000	0.000	0.000	97.733	0.000	277.733
D 1	20.200	2.266	0.753	99.246	1.200	283.066
D 2	1.600	2.000	0.506	98.740	0.466	281.266
D 3	0.133	0.133	0.026	98.713	0.133	281.133
M 1	19.600	2.400	0.766	99.233	0.400	283.000
M 2	0.933	1.466	0.426	98.806	0.200	281.533
M 3	0.133	0.133	0.060	98.746	0.066	281.133

* T = testigo, C = cal, D = diatomea y M = malation.

Las comparaciones de medias para las variables NIM y PGD correspondientes a la interacción TRA * VAR * CON se presentan en el Cuadro 10.

En el Cuadro mencionado se observan menores valores de insectos muertos a medida que avanzan los conteos, excepto para los testigos de las variedades 20, 33 y 78; puesto que en el último conteo se incrementan sus valores respecto al segundo.

Para la variable PGD se aprecian aumentos en los registros de peso del grano dañado para los testigos de las variedades 8, 20, 33 y 78 en el tercer conteo; así como en los tratamientos con malatión para las variedades 20 y 78, en el segundo conteo.

Cuadro 10. Comparaciones de los valores medios correspondientes a la interacción TRA * VAR * CON. Chapingo, Méx., 1995.

TRA*VAR*CON	IM	PGD
*T 7 1	18.000	1.133
T 7 2	2.000	0.333
T 7 3	1.000	0.166
T 8 1	14.667	1.066
T 8 2	6.667	1.700
T 8 3	4.333	0.733
T 20 1	19.667	0.466
T 20 2	1.333	0.666
T 20 3	1.667	0.466
T 33 1	19.333	2.200
T 33 2	1.333	1.000
T 33 3	3.000	2.833
T 78 1	20.667	1.800
T 78 2	0.667	2.200
T 78 3	2.000	2.633
C 7 1	19.000	0.500
C 7 2	1.667	0.500
C 7 3	0.000	0.000
C 8 1	19.667	0.633
C 8 2	5.000	1.533
C 8 3	0.000	0.000
C 20 1	20.333	0.933
C 20 2	5.333	0.766
C 20 3	0.000	0.000
C 33 1	20.000	1.166
C 33 2	2.333	1.066
C 33 3	0.000	0.000
C 78 1	20.000	2.166
C 78 2	3.000	2.066
C 78 3	0.000	0.000
D 7 1	18.333	0.266
D 7 2	1.667	0.333
D 7 3	0.000	0.000
D 8 1	21.000	0.733
D 8 2	3.000	0.566
D 8 3	0.667	0.133
D 20 1	22.000	0.333

Cuadro 10. Continuación.

TRA*VAR*MUE	IM	PGD
D 20 2	1.667	0.366
D 20 3	0.000	0.000
D 33 1	19.000	0.700
D 33 2	1.000	0.700
D 33. 3	0.000	0.000
D 78 1	20.667	1.733
D 78 2	0.667	0.566
D 78 3	0.000	0.000
M 7 1	18.667	0.100
M 7 2	1.333	0.000
M 7 3	0.333	0.133
M 8 1	21.000	0.433
M 8 2	0.000	0.000
M 8 3	0.000	0.000
M 20 1	18.333	0.266
M 20 2	1.667	0.333
M 20 3	0.000	0.000
M 33 1	19.000	1.000
M 33 2	1.000	0.533
M 33 3	0.333	0.166
M 78 1	21.000	1.033
M 78 2	0.667	1.266
M 78 3	0.000	0.000

* T = testigo, C = cal, D = diatomea y M = malation.

IM = Insectos muertos, PGD = peso d

de granos dañados.

4.3 Análisis de correlación

Las correlaciones entre dos características del grano y los índices para medir la capacidad del maíz para resistir la infestación de *S. zeamais* se muestran en el Cuadro 11. Los promedios del peso de grano dañado con el número del grano dañado correlacionaron positivamente. Los promedios de número de grano dañado y peso de grano dañado cuyo valor de correlación es de 0.96112 presentan una correlación directa. Similar resultado se obtuvo entre las variables número de granos dañados y el número de insectos emergidos cuyo valor de correlación de 0.66220 señala que el número de granos dañados depende del número de insectos emergidos.

La correlación de los promedios entre el contenido de fenoles y el índice de flotación no resultó significativa (0.35), de esto se infiere que el contenido de fenoles no está modificando el endospermo del grano como para que se exprese en correlación directa con el índice de flotación. Aunque los valores obtenidos en la correlación entre la variable contenido de fenoles y el resto de variables no mostró correlación, los valores negativos indican cierta tendencia para un efecto adverso sobre la reproducción del insecto y en el consumo del grano.

El índice de flotación, parámetro de la dureza de los granos, el cual se interpreta que a mayor valor le corresponde una menor dureza del grano, presentó alta correlación con el número y peso de granos dañados; sin embargo, con la variable número de insectos emergidos, el valor obtenido indica que no existe correlación entre ambas variables de lo cual se infiere que la dureza del grano no fue un factor de resistencia.

Cuadro 11. Análisis de correlación para dos caracteres y tres variables evaluadas en las cinco variedades utilizadas en este estudio. Chapingo, México. 1995.

	NIE	NGD	PGD	IF	FEN
NIE	1.00000	0.66220*	0.79335**	0.41398NS	-0.45450NS
NGD	0.66220*	1.00000	0.96112**	0.60341*	-0.34891NS
PGD	0.79335**	0.96112**	1.00000	0.60981*	-0.28075NS
IF	0.41398NS	0.60341*	0.60981*	1.00000	0.35183NS
FEN	-0.45450NS	-0.34891NS	-0.28075NS	0.35183NS	1.00000

NIE = Número de insectos emergidos, NGD = Número de granos dañados, PGD = Peso de granos dañados, IF = Índice de flotación; FEN = Fenoles.

En la Figura 2 se representan los resultados obtenidos para la variable número de insectos muertos (NIM), en donde se aprecia que en todos los tratamientos para el primer período de evaluación, la mortalidad es muy elevada, teniendo una pequeña disminución en el testigo. Para el segundo conteo, los tratamientos con cal y el testigo presentan las mayores cantidades de insectos muertos.

Para la última evaluación sobresale el testigo con más insectos muertos, indicando la presencia de insectos emergidos, los cuales pudieron haber muerto por maduración o por algún defecto fisiológico, condiciones desfavorables para su desarrollo como falta de proteínas en los granos, o dureza de los mismos; mientras que, con los dos polvos minerales (cal y diatomea) y con el producto químico (malatión), no hubo mortalidad, pues la emergencia y número de insectos vivos disminuyó a medida que el grano permaneció más tiempo en contacto con los tratamientos.

El número de granos dañados, está gráficamente representado en la Figura 3, donde el testigo presenta ligero incremento a través del tiempo, mientras que los tratamientos de protección evitaron mayor daño después de su aplicación.

La cal muestra un incremento en el segundo período evaluado y una fuerte disminución en el tercero, que incluso llegó a cero.

En lo que se refiere al polvo mineral diatomea, se aprecia que el número de granos dañados en el primer período de evaluación es menor que los tratamientos anteriores, y a partir del segundo conteo fue disminuyendo el daño hasta aproximarse a cero en el tercer conteo; mientras que el producto químico malation decrece gradualmente en el número de granos dañados, para finalmente llegar a cero en la última evaluación.

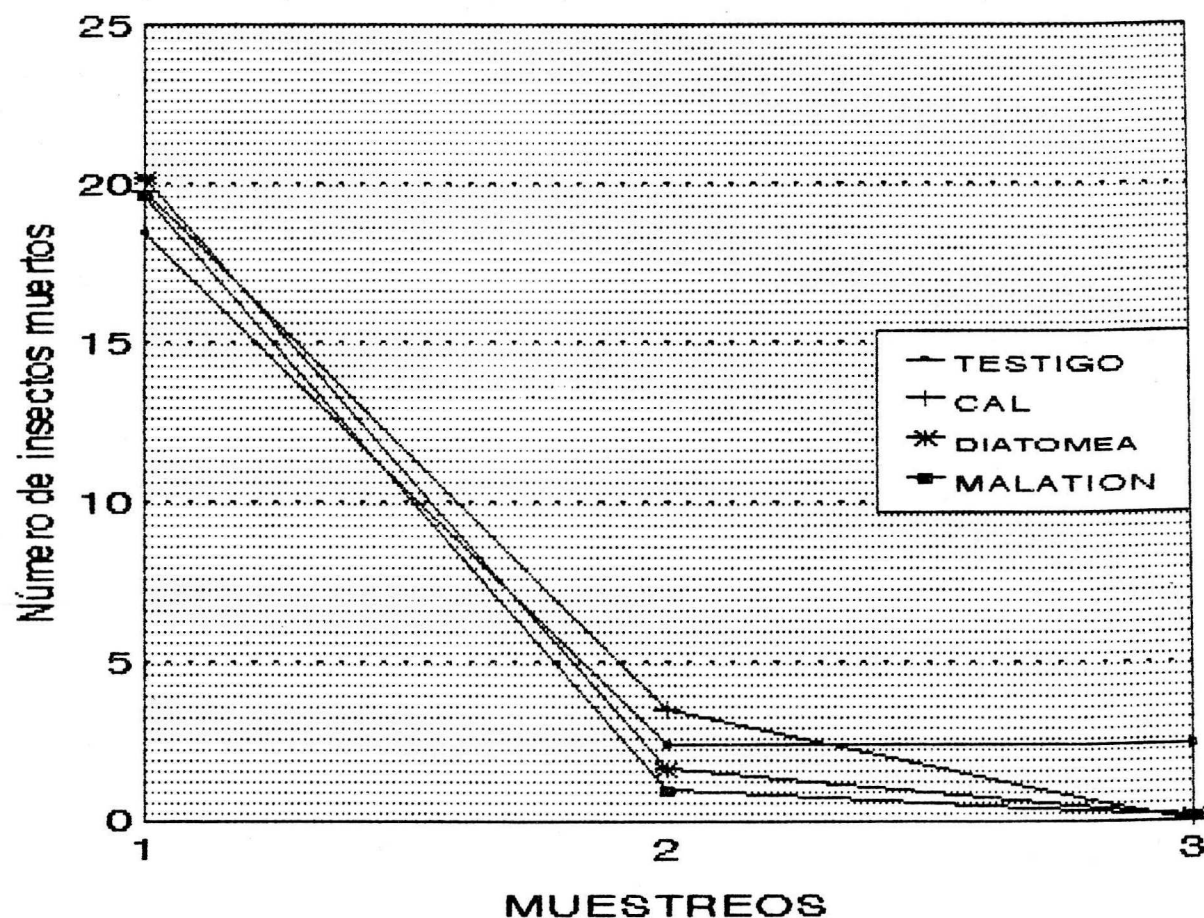


Figura 2. Interacción tratamiento por muestreo, para la variable número de insectos muertos (NIM). Chapingo, Méx., 1983.

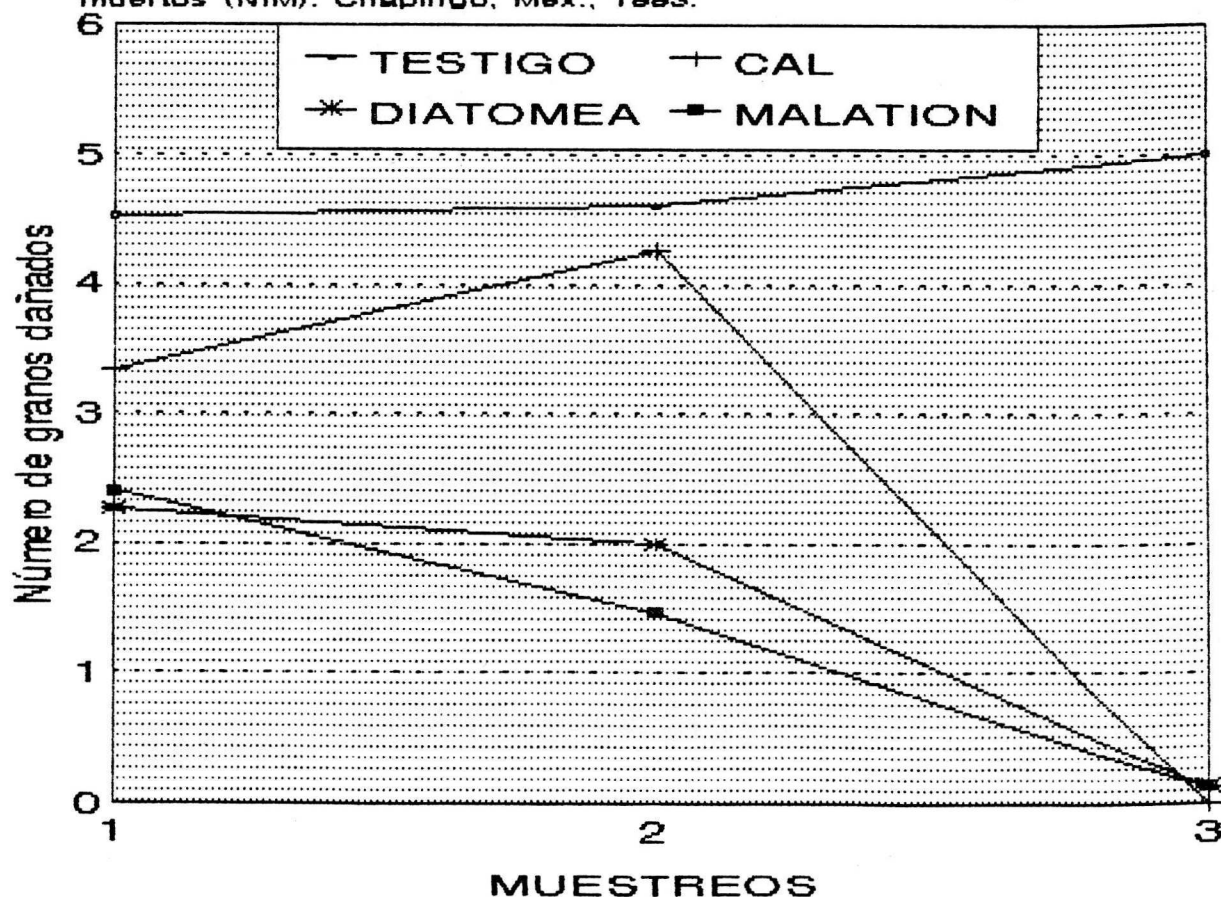


Figura 3. Interacción tratamiento por muestreo para la variable número de granos dañados (NGD). Chapingo, Méx., 1983.

En la Figura 4, se representa el comportamiento del peso del grano dañado, el cual tiene la misma tendencia que la variable NGD, excepto para el testigo que en el segundo conteo disminuyó el peso del grano dañado; sin embargo, en el tercer conteo se presenta un aumento considerable de PGD. Respecto a los tratamientos con cal, el PGD se incrementa en los registros del segundo conteo, y disminuye drásticamente en el tercer período de toma de datos. La respuesta del polvo mineral diatomea es favorable al observarse un decremento en el transcurso de los períodos evaluados, tendiendo a ser nulo el peso del grano dañado.

La eficiencia del malatión es notoria, debido a su control y cada vez más bajo peso del grano dañado conforme transcurría el tiempo (conteos). Esto puede relacionarse con la ausencia de insectos vivos, que provocan daño a los granos.

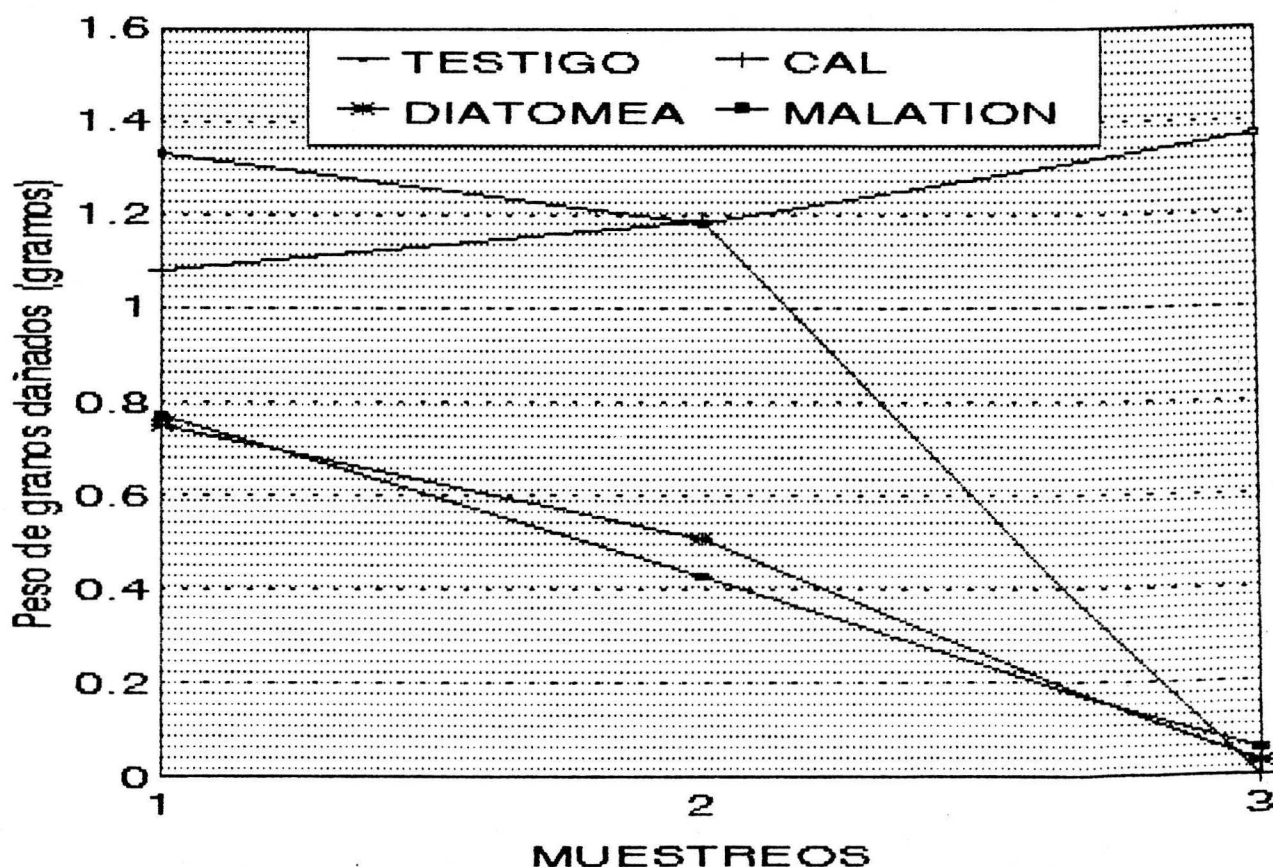


Figura 4. Interacción tratamiento por muestreo, para la variable peso de granos dañados (PGD). Chapingo, Méx., 1995.

El número de insectos emergidos (NIE) para cada tratamiento, se representa en la Figura 5, en la cual el testigo después de permanecer estable en los dos primeros conteos, se incrementa notoriamente en el último, debido quizás a una adaptación del insecto al grano y menor resistencia del mismo.

En los tratamientos con cal, también se muestra estabilidad en los primeros periodos evaluados, y en el último conteo se registra un decremento excesivo, llegando a cero la emergencia de insectos.

En el polvo mineral (diatomea) la emergencia de insectos va disminuyendo gradualmente con el transcurso del tiempo y duración del tratamiento en los granos, con lo cual se indica una mejor protección del mineral para éstos, con tendencia a ser nulo el número de insectos emergidos.

En lo que se refiere al malatión, su protección es eficiente al no permitir que se incremente el número de insectos emergidos, lo que significa un buen control del gorgojo del maíz.

En la Figura 6, se aprecia el comportamiento de las variedades en cada tratamiento, respecto al número de insectos muertos.

Para los testigos destaca la variedad 8 con más insectos muertos; posteriormente la variedad 33, y la que presentó menor número de insectos muertos fue la variedad 7.

Los granos de maíz con aplicaciones de cal, tuvieron más insectos muertos en la variedad 20, siguiéndole la variedad 8; mientras que, la variedad 7 nuevamente presentó el menor número de insectos muertos.

Respecto al mineral diatomea, la variedad 7 se relaciona con la cantidad más pequeña de insectos muertos, así como la variedad 33, aunque destaca la variedad 8; asimismo, se observa que para ésta variedad tanto el testigo como los tratamientos con polvos minerales presentan las mayores cantidades de insectos muertos.

En referencia al insecticida malation, la variedad 78 sobresalió con el valor más alto para ésta variable; mientras que, en las variedades 20 y 7 se registraron los valores más bajos, lo que indica una mejor protección, debido a que controlaban la presencia de insectos vivos y emergencia. Por otra parte, en los demás tratamientos se registró emergencia, aunque también perecían probablemente por la presencia de polvos que les impedían tener condiciones favorables para su desarrollo.

La respuesta de las diferentes variedades a los tratamientos para la variable NGD se observa en la Figura 7, en donde sobresalen los testigos de cada variedad al presentar numerosos granos dañados, principalmente la variedad 78, le sigue la variedad 33 y la menor cantidad se aprecia en la variedad 7.

Los tratamientos con cal presentaron mejor protección que los testigos, apreciándose menos daño en la variedad 7; mientras que en la variedad 78 se observan numerosos granos dañados; sin embargo, en las tres variedades restantes se presentan daños similares.

De los minerales usados, el más eficiente fue la diatomea, ya que proporciona mejor protección a los granos de maíz de cada variedad; donde destaca la variedad 7, con el menor daño de granos, así como la variedad 20, y nuevamente la variedad 78, resultó la menos protegida, puesto que se relacionó con el mayor número de granos dañados.

El insecticida malatión fue menos eficiente en la variedad 78 y en segundo lugar en la variedad 33; mientras que, la variedad 7, volvió a ser la de menor número de granos dañados, originado por el efecto de éste producto químico y quizás por las características del grano, no favorables para ser atacados por los insectos.

En la Figura 8, se observa el peso del grano dañado de las diferentes variedades dentro de cada tratamiento.

Los testigos destacan por presentar los pesos más altos en cada variedad, aunque las variedades 7 y 20 tuvieron pesos menores como consecuencia de tener pocos granos dañados.

El peso del grano dañado fue menor en los tratamientos con cal. Se aprecia una disminución favorable en las variedades 8 y 33, respecto a los testigos que fueron muy dañados; sin embargo, la variedad 78 continuó siendo dañada, aunque el peso del grano con daño fue menor que sin el tratamiento, y la variedad 7 sigue mostrándose eficiente al ser muy poco el peso del grano dañado.

Respecto al polvo mineral diatomea, se corroboró su efectividad al presentar pesos bajos de granos dañados; principalmente en la variedad 7, le siguió la variedad 20, y para la variedad 78 otra vez se registró el peso más alto, en comparación con las demás variedades tratadas con éste mineral; se aprecia un comportamiento muy similar al compararse con los tratamientos a base de malation, por su eficiencia en el control de insectos, y con ello se presentaron pesos insignificantes de granos dañados, excepto para la variedad 78, en la cual su peso se incrementó.

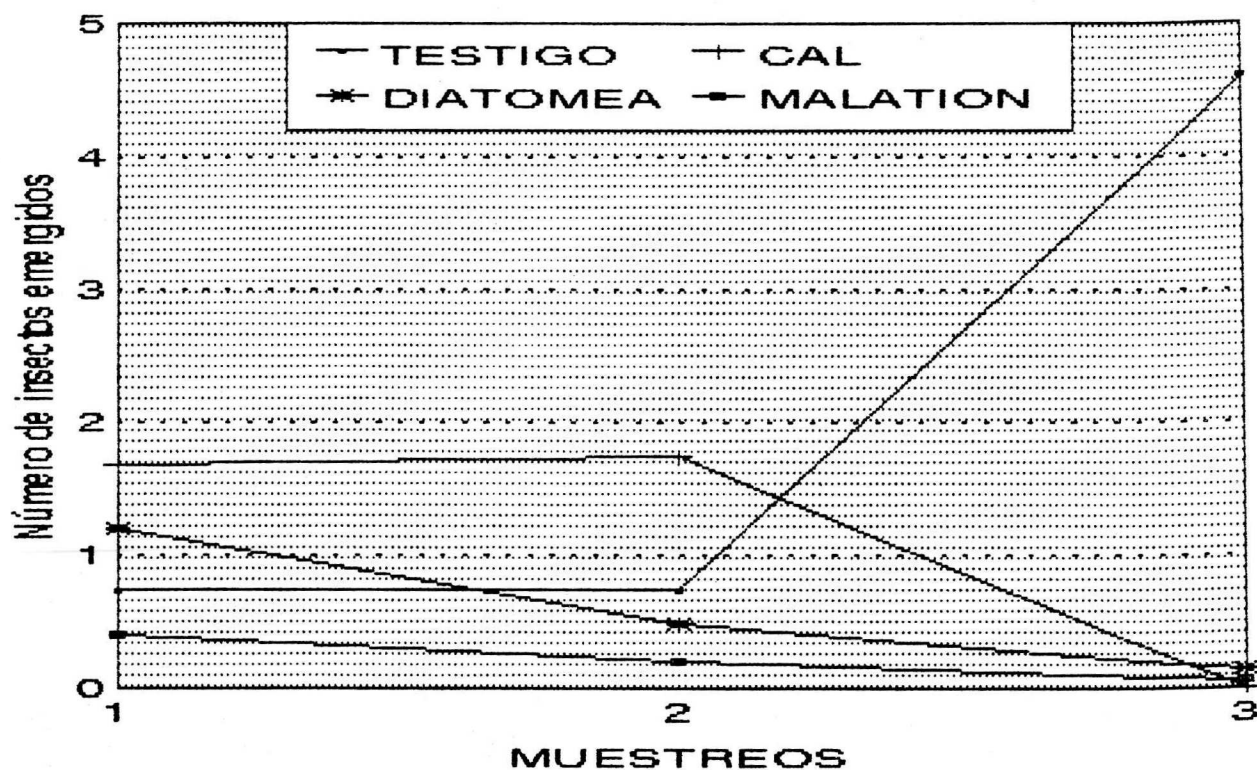


Figura 5. Interacción tratamiento por muestreo, para el número de insectos emergidos (NIE). Chapingo, Méx., 1995.

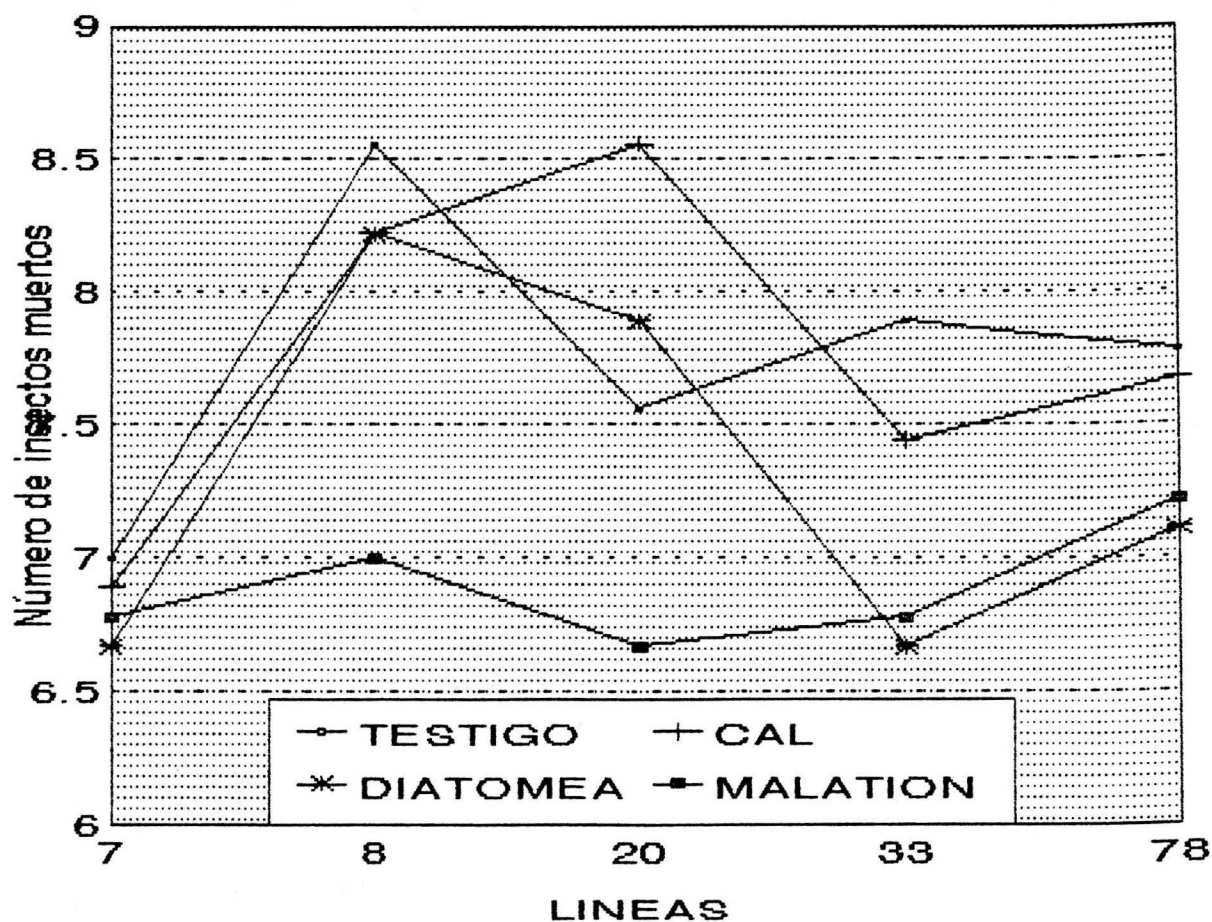


Figura 6. Interacción tratamiento por línea, para el número de insectos muertos (NIM). Chapingo, Méx., 1995.

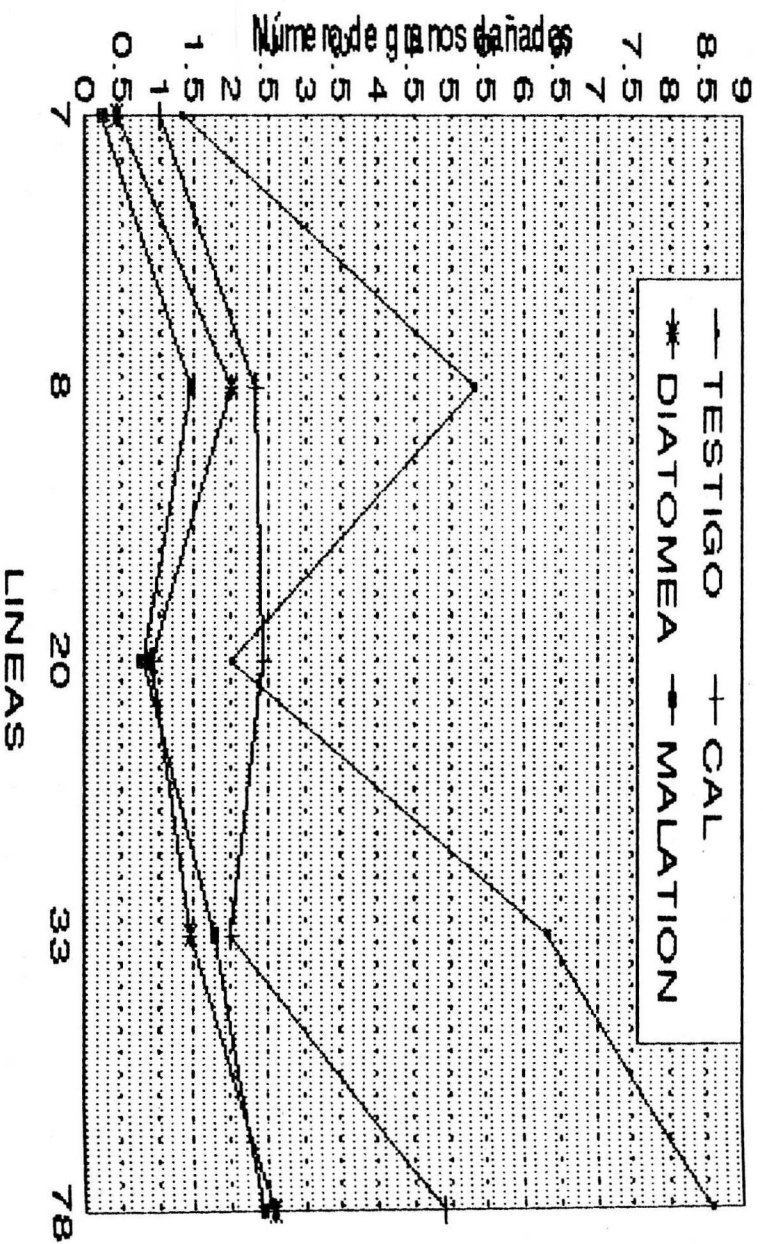


Figura 7. Interacción tratamiento por línea, para el número de granos dañados (NGD). Chapingo, Méx., 1995.

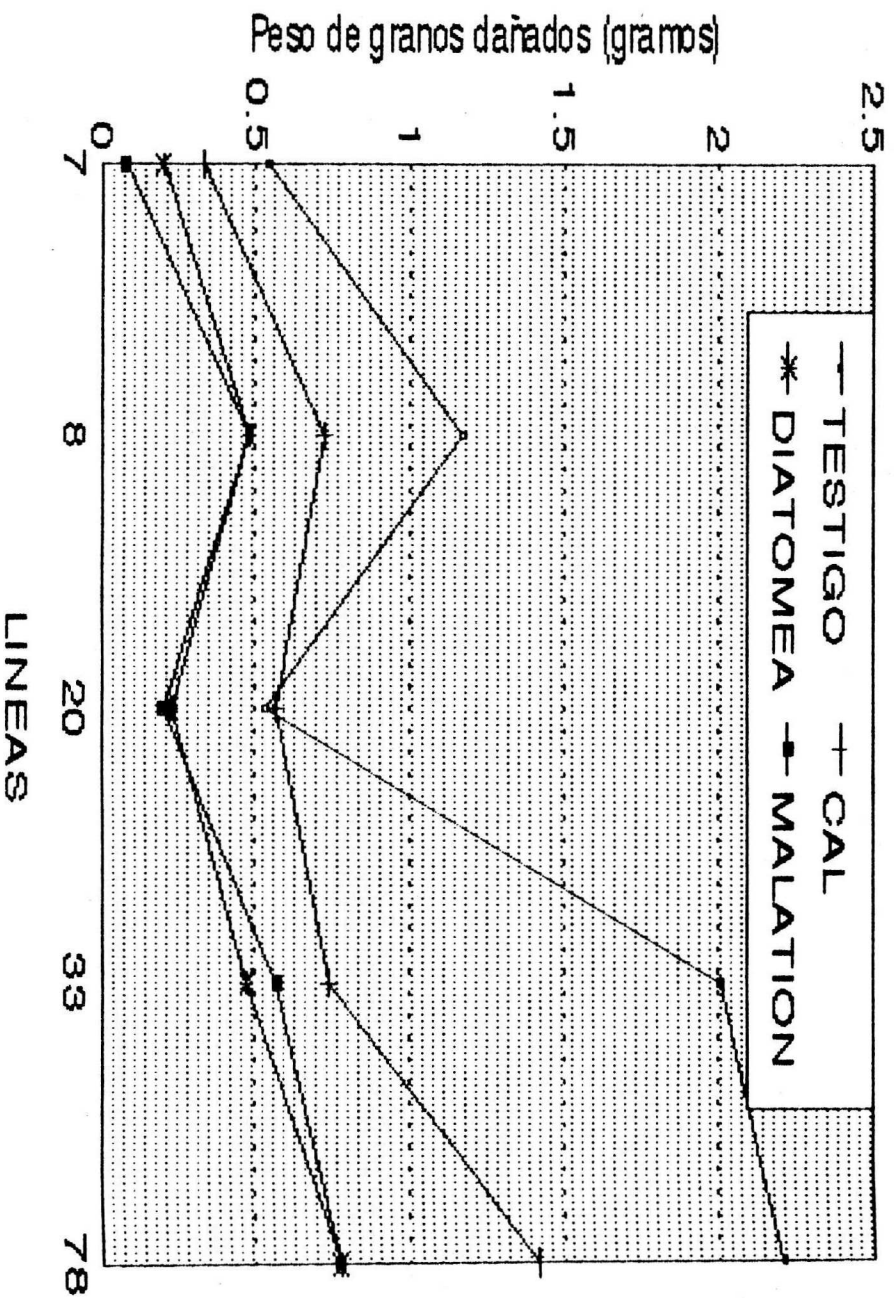


Figura 8. Interacción tratamiento por línea, para el peso de granos dañados (PGD). Chapingo, Méx., 1995.

La representación gráfica de la variable NIE para el tratamiento x variedad se aprecia en la Figura 9, donde inmediatamente se observa la poca emergencia de insectos relacionada con la variedad 20, en comparación con la 33, que presenta un incremento considerable; mientras que para esta misma variable la variedad 7, siguió comportándose en forma similar al resto de las variables en estudio.

Las variedades tratadas con cal, si presentaron emergencia de insectos, aunque en menor proporción que los testigos, excepto para la variedad 20 que en los granos sin tratamiento no hubo emergencia, y en las variedades que contenían éste mineral se incrementó el número de insectos emergidos.

Las variedades que se trataron con el polvo mineral diatomea, mostraron un buen control en la emergencia de insectos; se destaca las variedades 7 y 33, con una emergencia de cero, y las variedades 20 y 8 con los valores más altos para éste tratamiento.

El malatión fue muy eficiente, por mantener casi el 100% del control de los insectos al impedir la emergencia de ellos, excepto en la variedad 78, que mostró nuevamente ser la más atacada y tener aproximadamente hasta 0.6% de emergencia.

La Figura 10, muestra cómo la tendencia de las variedades en cada período de evaluación fue igual, debido a que en el primer conteo todas presentaron numerosos insectos muertos sobresaliendo la variedad 78; para el segundo período de evaluación disminuyó la cantidad de insectos muertos en todas las variedades, aunque sobresalen ligeramente las variedades 8 y 20 con una mortalidad mayor, y para el resto de las variedades su comportamiento es muy similar; mientras que, para el tercer conteo resultó insignificante, por tener valores aproximados a cero, aunque en la variedad 8, éste

decremento es más lento, causado posiblemente por la poca emergencia y escasa sobrevivencia de los insectos.

En la Figura 11, sobresale la variedad 78, en todos los conteos con más granos dañados, aunque va disminuyendo en número de un período evaluado a otro.

La variedad 8 presentó un incremento en granos dañados en el segundo conteo, y se registra una disminución considerable en el último, mientras que la variedad 33, empezó a decrecer a partir de la segunda evaluación.

La variedad 78 también mostró un aumento en el número de grano dañado en el segundo conteo, aunque éste valor fue más pequeño que el obtenido por la variedad 8; y para el tercer período de evaluación el grano dañado se aproximó a cero.

La variedad 7 sobresalió de todas las demás, debido a que desde el primer conteo presentó menos del 1.5 en promedio del grano dañado y éste decremento se fue observando notoriamente a medida que avanzaron los conteos.

La respuesta de las variedades para cada conteo se observa en la Figura 12, en la cual la variedad 78 presentó los pesos de granos dañados más altos, a pesar de que en el último conteo disminuyó considerablemente.

La variedad 33 decreció notoriamente para el segundo período de evaluación, y para el tercer conteo su peso de los granos dañados fue aproximadamente igual a los obtenidos para el segundo.

La variedad 8 presentó los mismos valores en el primero y segundo conteos con un valor menor de 1 en daño y para la tercera evaluación su decremento fue aproximado a 0.25 del peso del grano dañado, notándose una disminución fuerte dentro del segundo y tercer conteo.

El peso del grano dañado en el primer conteo para la variedad 33 fue el segundo más alto de las variedades; sin embargo, se aprecia que en los conteos siguientes fue disminuyendo el peso, posiblemente por tener menos granos dañados.

La variedad 78 se ubicó en cuarto lugar, por el peso de los granos dañados, observándose un ligero aumento en el segundo conteo, pero disminuye para el tercero.

En el caso de la variedad 7 es un decremento muy notorio conforme se avanza en los conteos, apreciándose ésta disminución desde la primera evaluación hasta la tercera con una tendencia a cero, por existir cada vez menos daño en los granos evaluados.

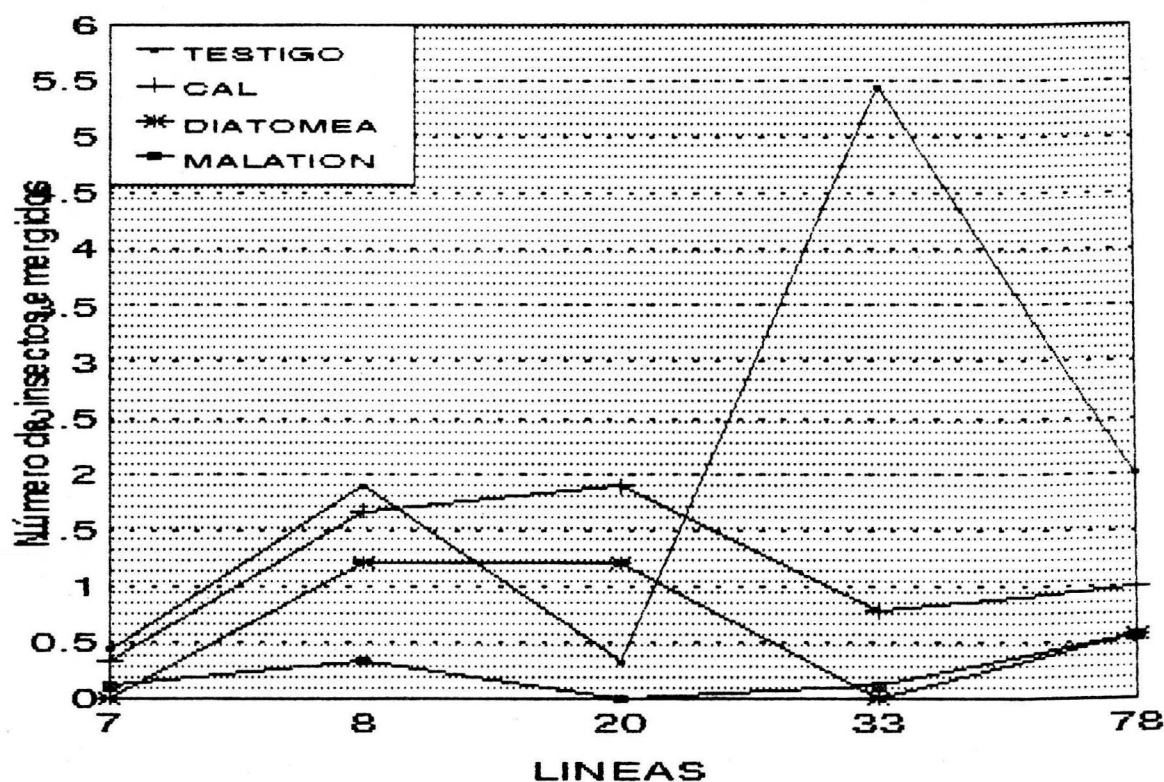


Figura 9. Interacción tratamiento por línea, para el número de insectos emergidos (NIE). Chapingo, Méx., 1993.

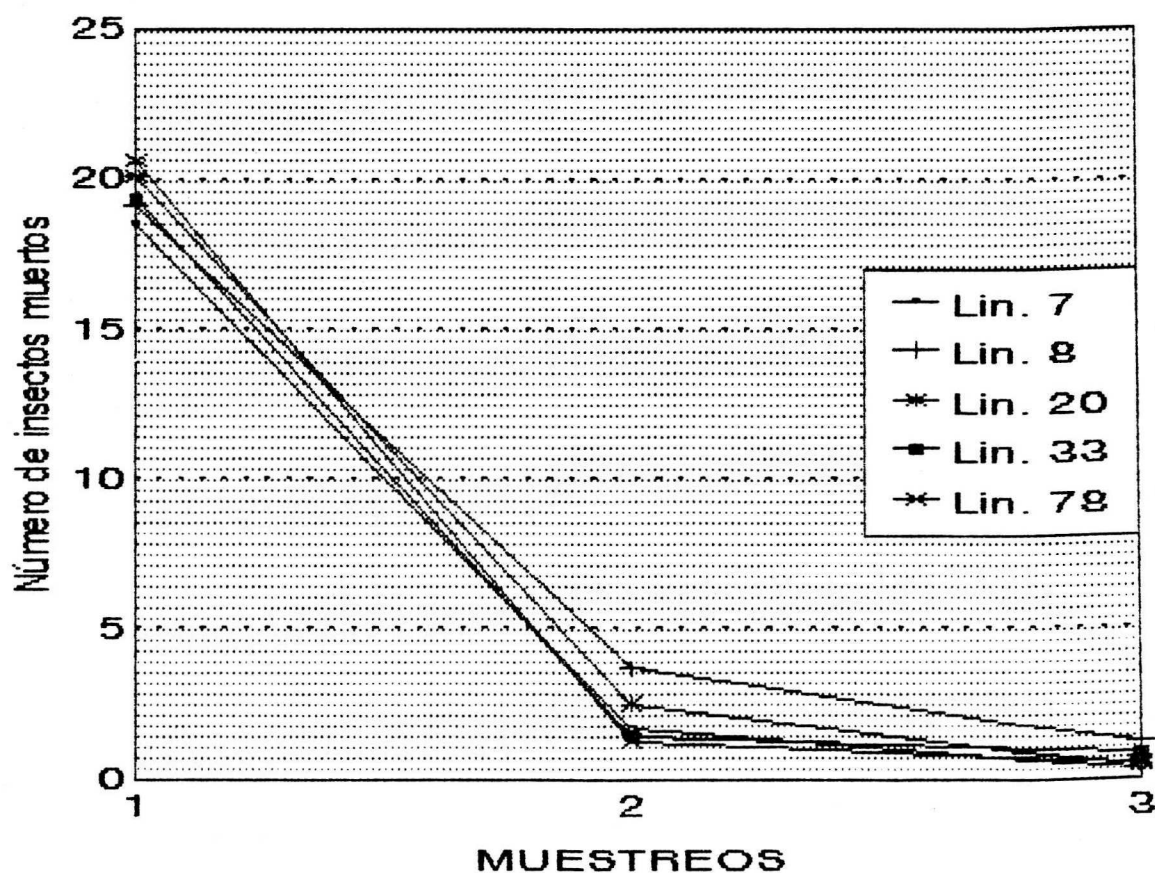


Figura 10. Interacción línea por muestreo, para el número de insectos muertos (NIM). Chapingo, Méx., 1995.

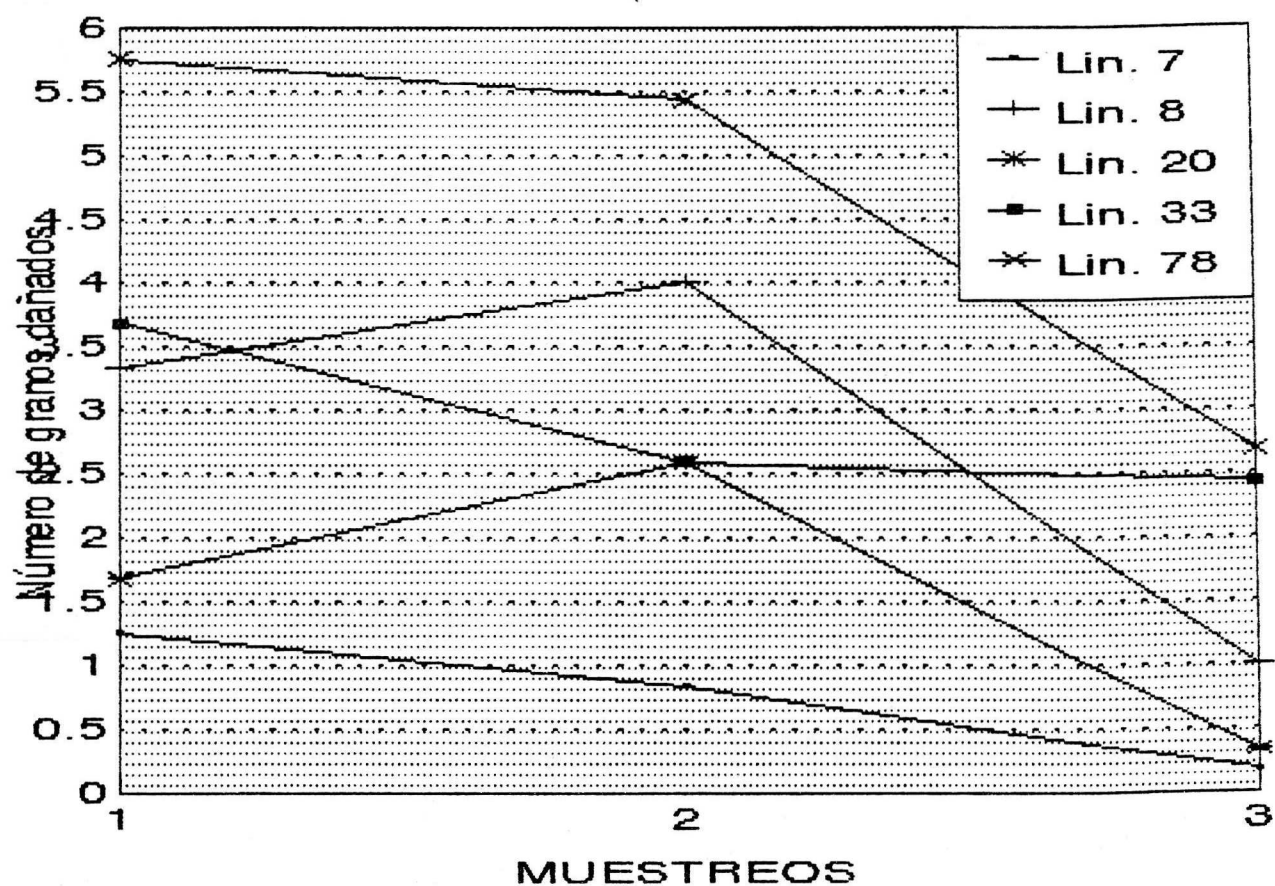


Figura 11. Interacción línea por muestreo, para el número de granos dañados (NGD). Chapingo, Méx., 1995.

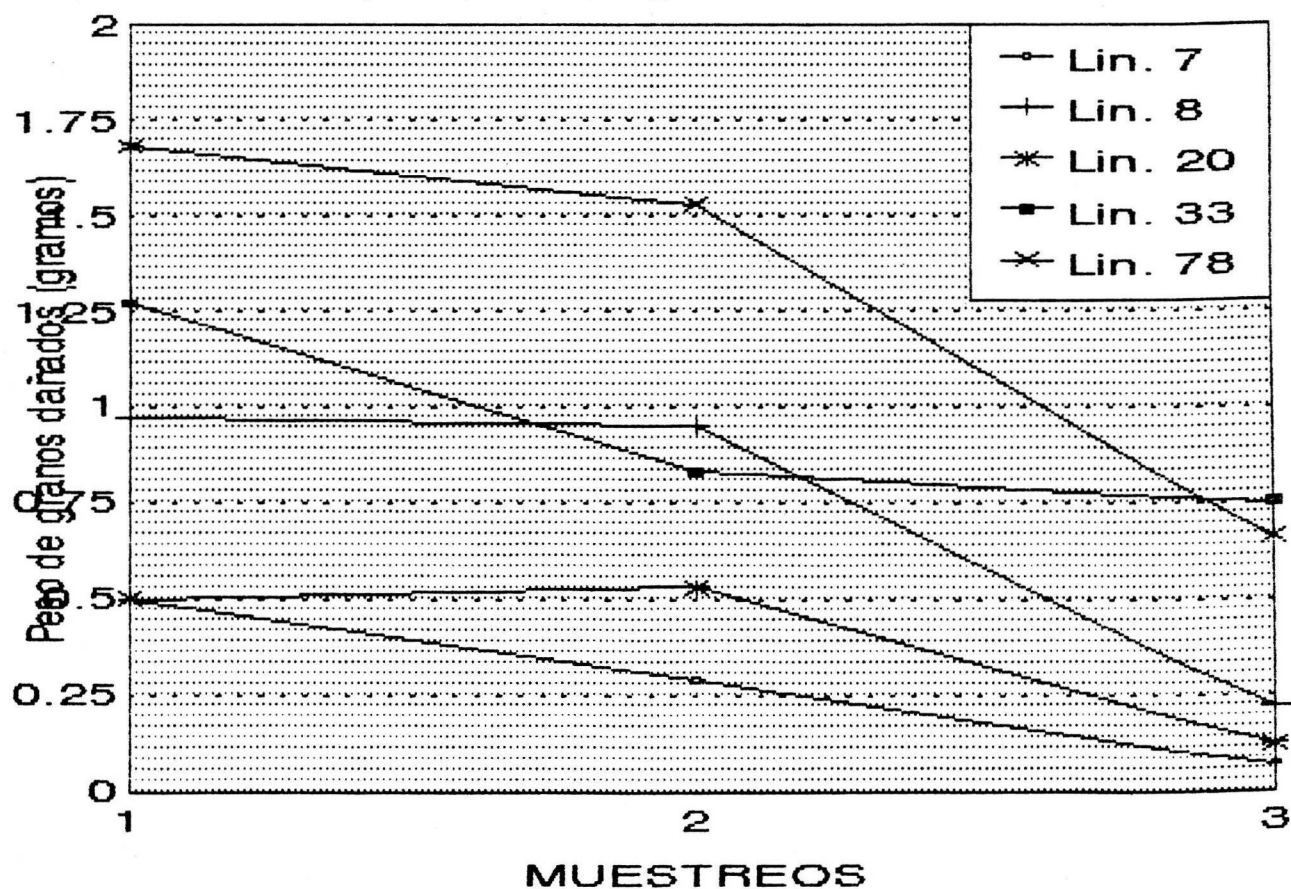


Figura 12. Interacción línea por muestreo, para el peso de granos dañados (PGD). Chapingo, Méx., 1995.

La Figura 13, permite observar que en la variedad 33 la emergencia de insectos en cada conteo, va aumentando, sobresale ésta en el tercero por presentar el valor más alto.

Con respecto a la variedad 8 después de incrementar su número de insectos en el segundo período evaluado, disminuye en la última fase.

La variedad 20 al inicio presentó un valor alto (aproximado a 2.5) de insectos emergidos, sin embargo, para el segundo conteo el valor disminuyó notoriamente y para el tercer conteo fue nula la emergencia de insectos; mientras que la variedad 7 en los 3 conteos su valor es muy bajo, no alcanzando ni el 0.5 en promedio de insectos emergidos, sobre todo en el último conteo que se encuentra muy próximo a cero insectos emergidos.

En lo que se refiere a la variedad 78, su emergencia es variable, debido a que en el primer período evaluado, la emergencia es alta, después en la segunda disminuye y en la tercera evaluación presenta un incremento, aunque no alcanza al obtenido en el primer conteo.

Cabe resaltar que las variedades 7 y 20 fueron las únicas en ir disminuyendo a medida que pasaba el tiempo y permanecían con los tratamientos respectivos, ya sea por efecto de los polvos minerales y producto químico o por la resistencia de los granos al presentar diferentes características.

La Figura 14, muestra la diferencia que existe en el peso del grano sano entre tratamientos con respecto a los conteos.

Destaca por presentar los pesos de granos sanos más altos el producto químico malation, aunque estos disminuyeron en los conteos siguientes, debido posiblemente a la pérdida de concentración del producto.

Cabe resaltar la eficiencia del polvo mineral diatomea para cada conteo, debido a que presentó la misma respuesta que el producto químico malation, incluso pudiendo mencionarse que es igual de eficiente que este al inicio y a través del tiempo, por presentar los mismos valores del peso de granos sanos.

Para el tratamiento con cal el primer conteo presentó el valor más alto de peso de granos sanos en el primer conteo, pero a partir del segundo éste disminuyó.

El peso de grano sano en los testigos fue notoria su decremento a medida que eran más los períodos evaluados, debido a que en el primer conteo presentaba aproximadamente un valor de 99 de peso del grano y para el tercero descendió hasta el 96. significando una mayor sobrevivencia de insectos y más emergencia de insectos en cada variedad.

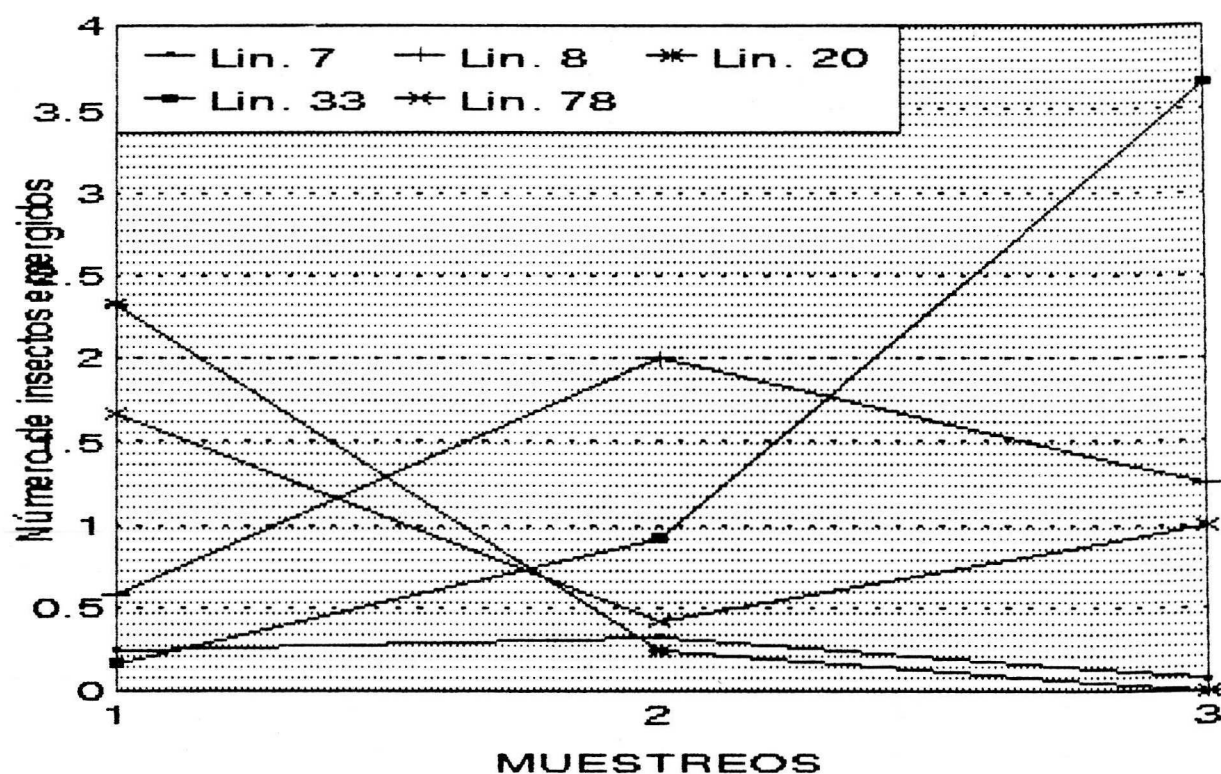


Figura 13. Interacción línea por muestreo, para el número de insectos emergidos (NIE). Chapingo, Méx., 1995.

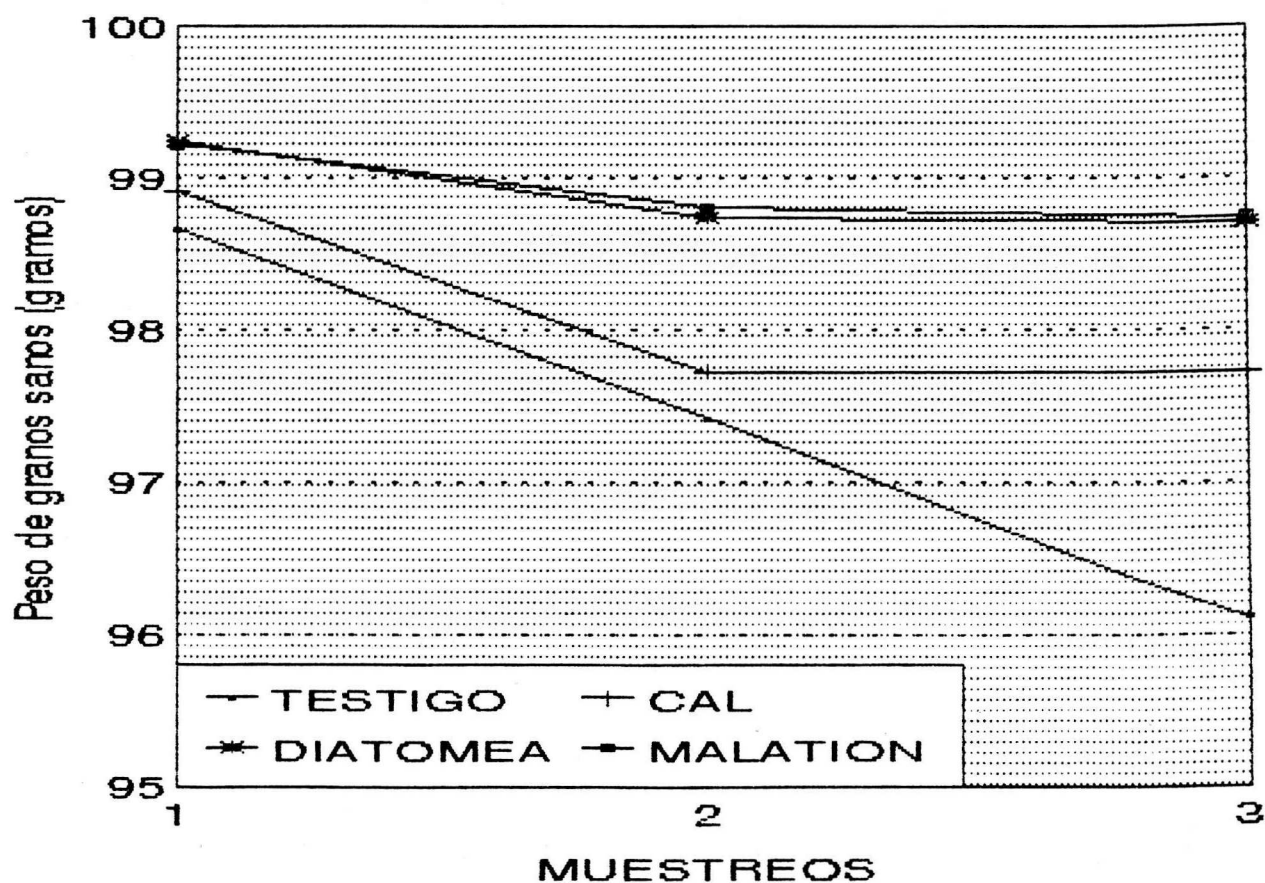


Figura 14. Interacción tratamiento por muestreo, para el peso de granos sanos (PGS). Chapingo, Méx., 1995.

5. DISCUSION

Dentro de la rama de la Entomología, se han realizado numerosas investigaciones para definir métodos de control eficientes que ayuden a obtener una mejor protección para los cultivos de importancia económica contra el ataque de insectos, tanto durante el período de cultivo como la postcosecha; ya sea manteniendo bajas las poblaciones insectiles o tratando de eliminarlas.

De aquí la necesidad de probar nuevos productos minerales o químicos, que sean eficientes para cubrir estos objetivos, además de que no sean contaminantes, ni nocivos para la salud y, sobretodo que sean de bajo costo y fácil adquisición para nuestros agricultores.

Entre los métodos más desarrollados cabe destacar el mejoramiento genético, el cual trata de encontrar las características que le den resistencia al grano, como el grosor del pericarpio, la dureza proporcionada por el endospermo vítreo y granos de maíz con contenidos bajos de carbohidratos o aminoácidos (Tipping *et al.*, 1988 y Evans, 1981).

De acuerdo a las diferentes variedades probadas en este estudio se encontró que no sólo los maíces suaves son más susceptibles y dan lugar a mayor reproducción de insectos; sin embargo, la variedad 7 siendo de un tipo de grano semidentado, sobresalió por presentar el menor ataque de insectos en todos los períodos evaluados, en comparación con la variedad 8 que a pesar de ser grano semicristalino resultó de las más dañadas; por lo que debe considerarse a la composición bioquímica del endospermo y no sólo a su dureza, así como a la consistencia del pericarpio.

Aunado a estas características deben considerarse otras opciones de protección, como la de los polvos minerales que sirven de barreras físicas contra el daño por insectos de granos almacenados. El modo de acción de estos polvos, es dañando la capa de cera de la cutícula de los insectos, produciéndoles grietas (Ramírez y Barnes, 1958), y con ello permiten lograr la misma efectividad que un producto químico. En las evaluaciones realizadas en este estudio la Diatomea brindó mejor protección en un período de tres meses, contra el picudo del maíz *Sitophilus zeamais*, evitando la infestación después de la exposición con los insectos.

Los resultados del análisis de varianza (Cuadro 5) confirman que el tratamiento con el polvo mineral Diatomea presentó el menor número de insectos vivos, insectos muertos, insectos emergidos y granos dañados, así como los pesos de granos menos dañados, logrando obtenerse en algunas variedades la misma efectividad que con el producto químico malation.

Asimismo, el comportamiento de los testigos prueba la eficiencia de la protección que proporcionó cada tratamiento, en donde el polvo mineral Diatomea fue más efectivo que la cal, en base al número de insectos muertos, al peso de grano sano; menor número de grano dañado y de insectos emergidos y peso de grano dañado; resultados que fueron similares a los que presentó el producto químico malation; en tanto que la efectividad de la cal fue ligeramente menor.

Con respecto a los testigos los valores obtenidos por estos sobresalieron por ser los más altos en número de insectos emergidos, de granos dañados, peso del grano dañado y los menores en número de insectos muertos y peso de grano sano (Figuras 1-4, y 13); siendo notable que con respecto a los conteos no se apreció diferencias entre ellos, aún cuando cabía esperarlas dado el contraste en cuanto a la dureza del

endospermo. Estas gráficas indican diferencias en los conteos, por presentarse variabilidad en las variedades (dureza y tipo de grano), variabilidad del insecto, ubicación del grano dentro del mismo frasco (arriba, enmedio o abajo), originando que obtuvieran diferente humedad y temperatura, que en ocasiones no es la óptima para el buen desarrollo de los insectos.

Al graficarse la interacción tratamientos por variedades sobresalieron las variedades 7 y 20, debido a que casi minimizan el efecto de los tratamientos, al no presentar granos dañados, tanto en los testigos como en los tratamientos, a pesar de que en la variedad 20 sí hubo emergencia de insectos, así como mayor número de insectos muertos. Asimismo, destaca la variedad 78 como la más susceptible de todas por que tuvo el mayor número de granos dañados, más cantidad de insectos emergidos y por lo tanto menor número de insectos muertos, como se pudo apreciar en las gráficas 5 a 8. Con respecto a las variedades 8 y 33, también estas fueron muy dañadas por el ataque de insectos.

De aquí la importancia de buscar una explicación a este comportamiento, y por ello el de haber realizado un análisis a los granos de maíz, para su caracterización, en términos del índice de flotación, contenido de fenoles y tipo de grano; indicando que las variedades 7 y 78 tuvieron la misma cantidad de fenoles, la variedad 20 obtuvo el más alto valor en fenoles; pero ésta y la variedad 78 son suaves y la variedad 7 es más dura, pero de tipo de grano semidentado. Por lo que hay que conjuntar todas las características de los granos o realizar unas adicionales para encontrar la que afecta el desarrollo y reproducción de los insectos, debido a que variedades como la 20 y 78 a pesar de que ambos son suaves; se diferencian en su comportamiento en relación al ataque de insectos, ya que la primera es resistente y la segunda susceptible.

En la respuesta de las variedades en cuanto a los tres períodos de evaluación; no se apreciaron diferencias, ya que presentaron una mortandad de insectos muy similar. Asimismo, como se mencionó anteriormente, las variedades 78 y 8 fueron las más susceptibles y las variedades 7 y 20 destacaron por su resistencia, escaso grano dañado, y número de insectos emergidos (Figuras 9 a 12).

Las variedades presentaron cierta resistencia al desarrollo de los insectos, al impedir se dieran varias generaciones en el período experimental, originándose sólo un buen aumento de ellos, después de transcurridos tres meses, como se apreció en las variedades 33 y 78, y fue nula en las variedades 7 y 20.

Serratos y colaboradores (1987) reportaron que extractos de ácidos fenólicos de granos de maíz, añadidos a dietas artificiales tienen un efecto detrimental significativo en la alimentación de insectos adultos de *S. zeamais*; por lo que el autor los señala como indicadores de la resistencia del grano de maíz al ataque de éste insecto.

Los resultados obtenidos en el análisis de correlación no resultaron significativos para el caso de los fenoles, aunque por sus valores negativos indican una tendencia hacia efectos adversos, corroborándose que la ausencia de éstos pudo haber permitido el incremento de la progenie del gorgojo, y mayor susceptibilidad del grano.

De acuerdo con el Cuadro 11 de análisis de correlación, se observó que los ácidos fenólicos no presentan ninguna correlación con el índice de flotación, sin embargo, la concentración de estos ácidos en el grano les otorga resistencia al ataque de *S. zeamais*, como se apreció en las variedades 7 y 78, las que a pesar de una mayor concentración de fenoles, presentan un índice de flotación alto; esto último indica que son maíces suaves y en consecuencia, la variedad 7 debería ser susceptible como la variedad 78.

Los resultados obtenidos en esta investigación, permiten aseverar que las características bioquímicas del maíz proporcionan resistencia al ataque de insectos, como es el caso de los ácidos fenólicos, los que combinados con el uso de polvos minerales, se complementan para proteger al grano de maíz del daño de *S. zeamais*.

6. CONCLUSIONES

En función de los resultados obtenidos y de la discusión de los mismos, se llegó a las siguientes conclusiones:

- 1) Los tratamientos minerales cal y diatomea, presentaron una mejor ventaja sobre el testigo sin tratamiento.
- 2) Los tratamientos minerales en comparación con el malatión, presentaron cierta desventaja, teniendo mejores resultados el producto químico.
- 3) El polvo mineral diatomea fue el tratamiento que presentó resultados similares al malatión.
- 4) La cal fue el tercer tratamiento más eficiente, en el control de insectos.
- 5) El contenido de fenoles proporciona cierta resistencia al grano de maíz.
- 6) No solo los granos de maíz de endospermo suave son más susceptibles.
- 7) Se deben llevar a cabo más estudios de las características del grano, para detectar las que impiden el ataque de plagas de granos almacenados, especialmente estudios bioquímicos.

LITERATURA CITADA

Aguilera P., M. M. 1991. Validación semicomercial de polvos vegetales y minerales para el combate de *Sitophilus zeamais* (Motsch.), *Prostephanus truncatus* (Horn.) y *Rhizopertha dominica* (Fabr.) en el sur y sureste de México. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Entomología y Acarología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx. 138 p.

Anónimo. 1980. Principales plagas de los granos almacenados. Boletín informativo. SARH. p. 11-15, 19-26.

Araya G., J. A. 1993. Evaluación de polvos minerales y vegetales contra plagas de maíz y frijol almacenado, en los estados de Zacatecas y Guerrero. Tesis de Maestro en Ciencias. Centro de Entomología y Acarología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx. 95 p.

Canul, G.O. R. 1986. Insectos asociados al maíz almacenado en zonas rurales del estado de Quintana Roo. En: Resúmenes del XXI Congreso Nacional de Entomología. Monterrey, N.L. p. 188-189.

Castro O., L. A. 1991. Evaluación de resistencia de 30 genotipos de maíz a *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae), en laboratorio. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Entomología y Acarología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 72 p.

Cotton, R.T. 1979. Silos y graneros, plagas y desinfectación. Nueva enciclopedia de Agricultura. Trad. Pedro Camps Llunell. Edit. Olkus tau, S.A. Barcelona, España. 328 p.

Davidson, P. H. and W. F. Lyon. 1992. Plagas de insectos agrícolas y del jardín. LIMUSA. Gpo. Noriega Editores. pp. 629-633, 638-641.

Derpsch, R. 1984. Plantio Directo no Brasil. Fundacao Cargill. Centro Académico "Luiz de Queiroz", Piracicaba, Sao Paulo, Brasil.

D.G.S.V. 1980. Principales plagas de los granos almacenados. Dirección General de Sanidad Vegetal. SARH. México. 74 p.

Díaz V., G. E. 1985. Actividad de aceites vegetales para proteger maíz almacenado contra el gorgojo *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Entomología y Acarología. C.P. Chapingo, Méx. 73 p.

Doggett, H. 1957. The breeding of sorghum in East Africa I. Weevil resistance in sorghum grains. Empire Jour. Exptl. Agric. 25(97): 1-9.

Evans, D.E. 1981a. Biological control of stored grain pests. Proc. Aust. Dev. Asst. Course of Preservation of Stored Cereals. Vol. 2: 574-582.

Evans, D.E. 1981b. The influence of some biological and physical factors on the heat tolerance relationships for *Rhyzopertha dominica* (F) and *Sitophilus oryzae* (L) (Coleoptera: Bostrichidae and Curculionidae). J. Stored Prod. Res. 17: 65-72.

Galindo A., O. 1986. Formulación de plaguicidas agrícolas sólidos. Tesis profesional. Ingeniero Agrónomo especialista en Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 94 p.

Golob, P.; J. Mwanbula.; V. Mhango and F. Ngulube. 1982. The use of locally available materials as protectants of maize grain against insect infestation during storage in Malawi. J. Stored Prod. Res. 118: 67-74.

Gomes de Lima, J. O. 1969. Efecto del tamaño de grano y de diversas colecciones de maíz sobre la atracción y desarrollo de *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Lepidoptera: Gelechiidae) y *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). Tesis de Maestría en Ciencias Agrícolas. Escuela Nacional de Agricultura. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx. 64 p.

González G., O. J. 1986. Evaluación de métodos tecnificados y no tecnificados para el combate del gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda* (J. E: Smith) y del gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais* (Metsch.)) en La Chontalpa, Tabasco, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Depto. de Entomología. C.S.A.T.H. Cárdenas, Tab. 178 p.

González H., V. A. y A. Carballo C. 1978. El cultivo del maíz en el Valle de México. Circular CIAMEC No. 97, INIA, México.

Gutiérrez G., S.C. 1992. Variación en caracteres de mazorca y grano en maíz, y su relación con la infestación y daño por plagas de almacén. Proyecto de Investigación. Lic. en Biología. Universidad Autónoma Metropolitana. Izatapalapa, Méx. 40 p.

Gutiérrez D., L. J. y R. Jiménez S. 1989. Distribución de los insectos que dañan los productos almacenados en algunas localidades de la República Mexicana. XXXIV Congreso Nacional de Entomología. I. Simposio problemas entomológicos de granos almacenados. Oaxtepec, Morelos. 57-90 pp.

Hindmarsch, P. S. and I. A. McDonald. 1980. Field trials to control insect pest of farm-stored maize in Zambia. J. Stored Prod. Res. 16: 9-18.

Howe, R. W. 1965. A summary of estimates of optimal and minimal conditions for population increase of some stored products insects. J. Stored Prod. Res. 1: 177-184.

Huerta, M.J. 1989. Proyección de necesidades de infraestructura hidráulica para el año 2000. (Proyecto IMTA. 1989)(Inédito).

Lagunes T., A. 1974. La divulgación agrícola. Segundo Simposio Nacional de Parasitología Agrícola. Mazatlán, Sinaloa. México.

Lagunes T., A. 1984. Empleo de sustancias vegetales contra plagas del maíz como una alternativa al uso de insecticidas en áreas de temporal. Informe de Proyecto Cooperativo PROAF-CONACYT-PCAFBNA-001299. CONACYT-CP-UACH-INIA-DGSV. Chapingo, Méx. 162 p.

Lagunes T., A. 1992. Grupos toxicológicos de insecticidas y acaricidas. Los mecanismos de resistencia como base para el manejo de insecticidas y acaricidas agrícolas.

Lagunes, T. A. y C. Rodríguez H. 1989. Búsqueda de tecnología apropiada para el combate de plagas de maíz almacenado en condiciones rústicas. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 149 p.

Melchor, S.J.A. 1986. Insectos de almacén que infestan al maíz (*Zea mays* L.) desde el campo, en Villaflores, Chis. En: Resúmenes del XXI Congreso Nacional de Entomología. Monterrey, N.L. México. p. 189.

Metcalf, C. L. y W. P. Flint. 1986. Insectos destructivos e insectos útiles; sus costumbres y su control. C.E.C.S.A. México, D.F. 1208 p.

Metcalf, C. L. and W. P. Flint. 1982. Insectos destructivos e insectos útiles, sus costumbres y su control. Traducido por Alfonso Blackaller Valdés de la 4a. Ed. en inglés. Editorial CECSA. México, D. F. 1208 p.

Moreno, M. E. 1987. El papel de los hongos de almacén en la conservación de granos y semillas. En: Postcosecha. Año. 4. No. 7. p. 20-25.

N.A.S. 1985. Manejo y control de plagas de insectos. Vol. 3. Edit. LIMUSA. México, D.F. 522p.

Paez L., A. 1987. El uso de polvos vegetales e inertes minerales como una alternativa para el combate del gorgojo del maíz, *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) en maíz almacenado. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Entomología y Acarología. C.P. Chapingo, Méx. 102 p.

Pérez, M. J. 1986. Colecta e identificación de los insectos que atacan los granos almacenados en Campeche. En: Resúmenes del XXI Congreso Nacional de Entomología. Monterrey, N.L. México.p. 187-188.

Prevett, P.F. 1975. Estomología de los productos almacenados. En: Manejo de los alimentos, ecología de los alimentos. Vol. 1. compilado por M. Jamieson y P. Jobber. Trad. por Ramón Palazón Beltrán. Pax-México y AID. México. p. 22-25.

Ramayo R., L.F. 1983. Tecnología de granos. Depto. Industrias Agrícolas. U.A.C.h. Chapingo, Méx. 216 p.

Ramírez G., M. 1961. Diversos tipos de almacenes en México. Curso corto sobre la Conservación de Granos Almacenados. p. 1-8.

Ramírez, G.M. y D. Barnes. 1958. Los insectos y sus daños a los granos almacenados. Oficina de Estudios Especiales, SAG. Folleto Misceláneo No. 6. p. 1-11.

Ramírez G., M. 1982. Almacenamiento y conservación de granos y semillas. C.E.C.S.A. México, D.F. p. 16-17, 40, 160-165, 173-176 y 184-187.

Ramírez, M. M. 1984. Insectos y almacenamiento de granos. Naturaleza. México. 12(2): 92-102.

Rhine, J. J. and R. Staples. 1968. Effect of high-amylose field corn on larval growth and survival of five species of stored-grain insects. J. Econ. Entomol. 61(1): 208-282.

Rodríguez H., C. 1982. Búsqueda de plantas nativas del estado de México con propiedades tóxicas contra gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) y mosquito casero (*Culex quinquefasciatus* Say). Tesis profesional. Depto. de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 89 p.

Rodríguez H., C. 1986. Actividad tóxica de *Cestrum* spp. (Solanaceae) en larvas del mosquito casero *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae). Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Entomología y Acarología. C.P. Chapingo, Méx. 83 p.

Rodríguez L., D.A. 1987. Evaluación de polvos vegetales y minerales para el combate del barrenador mayor de los granos *Prostephanus truncatus* (Horn)(Coleoptera: Bostrichidae) en maíz almacenado. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Veracruzana Córdoba, Ver. 69 p.

Román M., D. 1990. Extractos y polvos vegetales con propiedades insecticidas: una alternativa en el combate del gorgojo del maíz, *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae), en granos almacenados. Tesis profesional. Depto. de Parasitología Agrícola. UACH. Chapingo, Méx. 120 p.

Rojas L., J. C. 1988. Notas sobre los insectos que dañan al maíz almacenado en "La Frailera", Chiapas, México. Folia Ent. Mex. 76: 187-193.

Sánchez A., H. 1987. Actividad de polvos minerales para el combate de *Prostephanus truncatus* (Horn) y *Sitophilus zeamais* (Motschulsky), en maíz almacenado. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Entomología y Acarología. C.P. Chapingo, Méx. 65 p.

Sifuentes A., J.A. 1985. Plagas del maíz en México. 3 ed. Folleto Técnico No. 85. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. SARH. México. D.F. 49 P.

Schoonhoven, A. V., E. Horber, R. Mills and E. Wassom. 1972. Resistance in corn kernels to the maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motsch. Proceedings North Central Branch. E.S.A. Bull 27: 108-109.

St. Aubin, F. 1991. Pest.-Control-Technology. 10520 Barkley, Overland Park, USA. 19: 6, 50, 52, 102.

Strong, R. G. and D. E. Sbur. 1963. Protection of wheat seed with diatomaceous earth. Journal of Economic Entomology. Vol. 56 (3): 372-374.

White, G. D., W. L. Berndt and J. L. Wilson. 1975. Evaluating diatomaceous earth, silica-aerogel dusts, and malathion to protect stored wheat from insects. Marketing Research Report. Agricultural Research Service, United States. No. 1038. 18 pp.

Widstrom, N. W., L. M. Redlinger and W. I. Wiser. 1972. Appraisal of methods for measuring corn kernel resistance to *Sitophilus zeamais*. J. Econ. Entomol. 63(3): 790-792.

BIBLIOTECA CENTRAL U. A. CH

