

418.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**“INTERRELACION DEL GORGOJO DEL MAIZ  
SITOPHILUS ZEAMIS Y HONGOS DEL GRUPO  
ASPERGILLUS EN EL DETERIORO DE MAIZ  
ALMACENADO”**

**TESIS PROFESIONAL**

**PATRICIA YOLANDA CRUZ MARTINEZ    ROSA NAVARRETE MAYA**

**MEXICO, D. F..**

**1981**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INTRODUCCION

### OBJETIVOS E HIPOTESIS

### MARCO DE REFERENCIA Y ANTECEDENTES

1. Principales causas de pérdidas en semillas y granos almacenados.
2. Generalidades de insectos en semillas y granos almacenados.
  - 2.1. Plagas de mayor importancia económica.
  - 2.2. Factores que influyen en el desarrollo de los insectos.
    - 2.2.1. Alimento
    - 2.2.2. Temperatura y humedad.
    - 2.2.3. Parásitos.
  - 2.3. Daños y pérdidas causadas por los insectos
  - 2.4. Medidas de control.
3. Biología de Sitophilus zeamais M.
  - 3.1. Clasificación.
  - 3.2. Características generales.
  - 3.3. Ciclo de vida.
4. Generalidades de hongos en semillas y granos almacenados.
  - 4.1. Principales especies de hongos.
  - 4.2. Factores que influyen en el desarrollo de los hongos.
    - 4.2.1. Contenido de humedad.
    - 4.2.2. Temperatura.
    - 4.2.3. Tiempo de almacenamiento.
    - 4.2.4. Grado de invasión por hongos de almacén.
    - 4.2.5. Actividad de ácaros e insectos;

4.3. Daños causados por los hongos.

4.4. Pérdidas causadas por los hongos

4.5. Medidas de control

5. Biología del grupo Aspergillus glaucus R.

5.1. Clasificación.

5.2. Características generales.

5.3. Descripción de las principales especies.

6. Relación de hongos e insectos en semillas y granos almacenados.

#### MATERIALES Y METODOS

1. Pruebas preliminares

2. Pruebas experimentales.

#### RESULTADOS Y DISCUSION

#### CONCLUSIONES

#### BIBLIOGRAFIA.

## INTRODUCCION

La conservación y protección de semillas y granos almacenados y sus productos, es una de las tareas más importantes a las que se enfrenta el hombre actualmente, en virtud de los grandes volúmenes de granos que son producidos para abastecer las necesidades de una población creciente.

En la actualidad el mundo se enfrenta a un grave problema, la falta de alimentos. Hay datos que señalan la muerte de 33 millones de personas anualmente por hambre ( 3 ). Se ha dado mucha importancia a la obtención de mayores rendimientos en las cosechas, pero no así a mejorar y aplicar las técnicas de conservación de éstas, las cuales permitirían lograr incrementos de un 10 a 20 % en la disponibilidad de alimentos.

La magnitud de las pérdidas varía de país a país y de un año a otro pero en los países subdesarrollados de Asia, Africa y América Latina, se calcula que se pierde hasta un 30% de la cosecha anual(30,34), además por ser países tropicales y subtropicales, la situación se vuelve más crítica, pues la mayor parte de las veces se carece de locales adecuados para la conservación de tales insumos. Esto, aunado a las condiciones climáticas adversas, da como resultado un fuerte deterioro durante el almacenamiento. Debido a las altas concentraciones de población de estos países, se tiene que importar grandes cantidades de alimentos, lo que eleva su costo y altera su economía.

Cada día aumenta la cantidad de granos que deben almacenarse hasta el momento de ser consumidos, en México, la producción anual de maíz, en los últimos 5 años ( 1975-79), fué en promedio de 9.3 millones de toneladas, en una superficie de 6.9 millones de hectáreas cosechadas (14 ). De éstas, un 25% se concentra en zonas tropicales, donde muchos agricultores siguen usando trojes o bodegas que no reúnen las condiciones favorables para la conservación del grano, donde no se practica el secado del grano antes de almacenarlo y se mezclan granos de diferentes contenidos de humedad.

Hasta ahora en nuestro país no existen datos exactos que indiquen la cantidad de pérdidas anuales en granos almacenados, sin embargo, como lo indica Ramírez Genel (30 ), se estima una pérdida global que fluctúa desde un 5 hasta un 25%, en diferentes zonas del país, cuyas condiciones ecológicas propician el desarrollo de insectos, hongos y roedores que dañan el grano en mayor o menor grado(7,23;20) .

Debido a lo expuesto anteriormente, surgió la inquietud de realizar un trabajo en el que se pudiera estudiar, la interrelación existente entre insectos y hongos que deterioran la semilla de maíz almacenado.

Al respecto existen trabajos con estas características referentes a trigo, pero se han manejado especies y condiciones diferentes a las que se encuentran en nuestro país.

Para realizar esta investigación se eligieron especies de hongos del grupo Aspergillus glaucus y el gorgojo del maíz Sitophilus zeamais M. que son los organismos que tal vez provocan un mayor deterioro del maíz almacenado en México.

## OBJETIVOS E HIPOTESIS

Teniendo como antecedente toda la información anterior y sobre todo lo referente a la interacción entre insectos y hongos como agentes del deterioro, se pensó en realizar un trabajo de tests en el cual se evaluaran diversos parámetros, los cuales nos podrían dar luz en la solución de múltiples problemas que se presentan durante el proceso de almacenamiento de semillas y granos.

Indudablemente el enfoque principal era de conocer el efecto directo que tanto hongos como insectos pueden causar al manejarlos separadamente, de ahí la necesidad de observar la acción de los hongos del grupo Aspergillus como agentes de deterioro del maíz almacenado, así como el efecto del gorgojo del maíz Sitophilus zeamais, ya que esta especie es quizá la más frecuente y destructiva en las bodegas y almacenes de México.

Sin embargo la prueba más interesante sería aquella que nos diera información sobre la acción conjunta de hongos e insectos en el deterioro de maíz almacenado, puesto que de antemano se podría pensar que esta interrelación ejercería una acción sinérgica en el daño obtenido.

Ello no solo nos llevó a realizar las pruebas antes citadas, sino que se consideró apropiado hacer una evaluación del empleo de insecticidas (Malatión) y de fungicidas (Dancopyl), como elementos de combate de



insectos y hongos respectivamente, situación que podría definir algunos programas de investigaciones futuras sobre el tema.

#### HIPOTESIS

Se pensó que estas pruebas deberían como mínimo realizarse durante un período de 150 días ( 5 meses), tiempo más que suficiente para que en condiciones de almacén, tanto los hongos como los insectos manifiesten su efecto. Los parámetros indicadores para estimar el posible deterioro del grano, serían los siguientes:

Realización de pruebas de germinación, determinación del contenido de humedad del grano de maíz y cuantificación de la micoflora y poblaciones de insectos existentes.

Es de esperarse que el maíz almacenado tendrá un mayor deterioro en aquellos tratamientos donde se encuentren presentes hongos e insectos actuando conjuntamente, que en aquellos donde se desarrollan sólo hongos e insectos por separado. Y el menor deterioro se presentará en aquel maíz que sea tratado con fungicida y/o insecticida.

## MARCO DE REFERENCIA Y ANTECEDENTES

### PRINCIPALES CAUSAS DE PERDIDAS EN SEMILLAS Y GRANOS ALMACENADOS.

El deterioro o pérdida se define como el resultado acumulado del daño causado por factores bióticos y abióticos durante la secuencia: ma duración, cosecha, manejo, procesado, transporte y almacenamiento. (13 )

Señalaremos seguidamente los principales factores que en orden de importancia determinan y/o acentúan las pérdidas, tanto de calidad como de cantidad de semillas y granos tan solo durante el almacenamiento, que es el tema primordial de este trabajo:

- a) La carencia de almacenes adecuados para el manejo y conservación de productos.
- b) El manejo deficiente de semillas y granos.
- c) Desconocimiento de los principios de conservación de semillas y granos; tiempo de almacenamiento, controles inadecuados de calidad, cantidad y tipo de recipientes en que se almacena el grano; falta de sanidad del almacén, desconocimiento del uso y calidad de plaguicidas (13,16,30).
- d) El alto contenido de humedad e impurezas del grano en el momento de almacenarlo.

Las condiciones antes mencionadas facilitan el deterioro de los productos agrícolas, permitiendo el desarrollo y acción de agentes bióticos y abióticos como:

- Insectos      Ocasionan la contaminación del grano por heces y por la presencia de sus exoesqueletos, además del daño directo sobre el grano.
  
- Aves            Se han registrado cuantiosas pérdidas por este concepto.
  
- Roedores      Su acción causa una disminución de un 2% por alimentación y contaminación de los granos.

e) La presencia de microorganismos:

- Hongos        Disminuyen en un 2-5% la producción total de granos, además de causar el calentamiento del grano y la producción de toxinas; así como la disminución de la calidad industrial, de las propiedades alimenticias y la germinación de la semilla.
  
- Bacterias     Algunos géneros como Salmonella spp, Streptococcus hemolítico y Escherichia coli, que son diseminadas por los insectos de granos, son potencialmente dañi-

nas al hombre y a los animales domésticos.(29).

## GENERALIDADES DE INSECTOS EN SEMILLAS Y GRANOS ALMACENADOS,

### PLAGAS DE MAYOR IMPORTANCIA ECONOMICA.

Existen varias especies de insectos que se encuentran asociadas con granos almacenados y sus productos. Afortunadamente sólo una pequeña porción de éstas causan daños serios a los productos que están en buenas condiciones, muchos de ellos son atraídos por productos vegetales que comienzan a descomponerse, principalmente por hongos. Otros son depredadores o parásitos que atacan a las verdaderas plagas, actuando como insectos benéficos.

Solamente unas 50 especies son plagas serias de los granos y sus productos. De este número de especies, se considera que hay 15 especies de importancia económica primordial. Se calcula que existen unas 250 especies de importancia económica ocasional (23, 30, 33, 42, 43).

Con el establecimiento del comercio entre los diversos países del mundo y la introducción de granos a regiones favorables para su desarrollo, casi todas las plagas de granos almacenados tienen ahora una distribución mundial ( 10 ).

Los insectos de mayor importancia económica son los siguientes:

ORDEN COLEOPTERA

<u>Oryzaephilus surinamensis</u> (L)	gorgojo aserrado
<u>Rhyzopertha dominica</u> (L)	barrenillo de los granos
<u>Sitophilus granarius</u> (L)	gorgojo de los graneros
<u>Sitophilus oryzae</u> (L)	gorgojo del arroz
<u>Sitophilus zeamais</u> (M)	gorgojo del maiz
<u>Tenebroides mauritanicus</u> (L)	gorgojo grande negro
<u>Tribolium castaneum</u> (H)	gorgojo castaño de la harina
<u>Tribolium confusum</u> (L)	gorgojo confuso de la harina
<u>Trogoderma granarium</u> (Everts)	gorgojo kiapra (1)
<u>Gnathocerus cornutus</u> (H)	gorgojo cuerno de los granos
<u>Prostephanus truncatus</u>	barrenador de los granos
<u>Acanthoscelides obtectus</u> (Say)	gorgojo del frijol
<u>Zabrotes subfasciatus</u>	gorgojo pinto del frijol

ORDEN LEPIDOPTERA

<u>Ephestia cautella</u>	palomilla de las almendras
<u>Ephestia elutella</u>	palomilla del tabaco
<u>Ephestia kühniella</u>	palomilla del Mediterráneo
<u>Sitotroga cerealella</u>	palomilla del maiz
<u>Plodia interpunctella</u> (Hbn)	palomilla dorada del maiz

(1) La plaga más destructiva de los granos y productos almacenados, no existe en México.

## FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DESARROLLO DE LOS INSECTOS.

Para la mayoría de las plagas de granos almacenados y sus productos es característico el poseer un ciclo de vida corto, un alto potencial reproductivo y una larga vida. Según datos citados por Cotton (10, 11) la progenie de una pareja de gorgojos confusos de la harina Tribolium confusum, excedería a un millón de individuos en 150 días, bajo condiciones favorables.

Las causas de incremento de los insectos son aquellos factores que afectan la tasa de oviposición, desarrollo, longevidad y mortalidad de los insectos. El grado de desarrollo de los insectos de granos almacenados depende básicamente del potencial biótico. Dicho potencial se dispara si no hay restricciones en la alimentación o acumulación de sustancias tóxicas.

Los factores más importantes que determinan el aumento o decremento de una población de insectos de granos almacenados, son los siguientes:

Alimento, temperatura, humedad, parásitos y combate o medidas preventivas.

### a) Alimento

Con el almacenamiento de grandes cantidades de grano, en casas, almacenes, granjas, etc., los insectos siempre tienen gran abundancia de

alimento a la mano. Este grano puede ser protegido, hasta cierto grado del ataque de insectos, sin embargo, hay fuentes de alimento que no pueden protegerse y que permiten el desarrollo de colonias de insectos que más tarde invaden los almacenes; éstas pueden ser: productos animales almacenados en edificios, acumulaciones de desperdicios de granos que permanecen el suelo o debajo de los costales, etc.

b) Temperatura y humedad

La temperatura es el factor más importante que determina la abundancia de los insectos de granos almacenados, sin embargo, el efecto modificador de la humedad es tan grande que ambos factores se consideran juntos para cualquier observación e interpretación. Si el alimento es ilimitado y la humedad es favorable para el crecimiento y desarrollo de las poblaciones de insectos, el factor temperatura es el que determina la actividad de ellos por lo que respecta a su multiplicación.(11).

Cuando por el contrario, la temperatura es el factor favorable bajo las condiciones antes mencionadas, la humedad pasa a ser entonces el factor limitante en el desarrollo de las poblaciones de insectos ahí presentes; los insectos obtienen la humedad necesaria para sus actividades fisiológicas, principalmente del alimento y por sí mismos mediante su metabolismo, produciendo cierta cantidad de agua.

Se piensa que la mayoría de los insectos que atacan granos almace-



nados son de origen tropical y subtropical, ya que no invernan, no han desarrollado resistencia a las bajas temperaturas y en las regiones de clima frío raramente se presentan infestaciones que provoquen daños serios.(30).

En el Cuadro 1, se muestra la susceptibilidad de algunas plagas comunes, a las bajas temperaturas (11). La alta mortalidad de insectos de granos almacenados en estas regiones se debe enteramente a los efectos del frío severo. El envejecimiento o mortalidad natural, reduce considerablemente la población hasta que la reproducción cesa durante el invierno, además el clima frío hace a los insectos más y más inactivos hasta que finalmente dejan de alimentarse y mueren de inanición.

La mayoría de los insectos que atacan semillas y granos almacenados mueren cuando son expuestos por algunas horas a temperaturas de 49°C. Las temperaturas menores de 12.5°C, retardan la actividad biológica de los insectos, sin embargo, algunos de los económicamente más importantes toleran más las bajas temperaturas que las altas.

El desarrollo y la reproducción de los insectos se incrementa con la temperatura, pero solamente dentro de ciertos límites, siendo en forma general, entre los 21°C el mínimo y los 37°C como máximo. Después de alcanzar este máximo pocos insectos pueden medrar un grano. Las temperaturas mayores de 35°C, son desfavorables para la reproducción de la mayoría de los insectos de granos almacenados, la oviposición cesa y los

CUADRO No 1.- Días de exposición a bajas temperaturas, requeridos para eliminar todos los estados de diferentes insectos de granos almacenados (Cotton, 1953).

INSECTO	TEMPERATURA ( °C )						
	-12 a 7	-7 a 2.7	-2.7 a 2.2	0 a 12	2.2 a 2.7	7.2 a 12	12,2 a 17.2
<u>Tribolium confusum</u>	1	1	1	1	5	12	17
<u>Tribolium castaneum</u>	1	1	1	1	5	8	17
<u>Sitophilus oryzae</u>	1	1	3	1	6	8	16
<u>Sitophilus granarius</u>	3	-	14	1	33	46	73
<u>Oryzaephilus surinamensis</u>	1	3	3	1	7	23	26
<u>Plodia interpunctella</u>	3	5	8	1	28	90	-
<u>Anagasta kuhniella</u>	3	4	7	1	24	116	-
<u>Sitotroga cerealella</u>	1	1	-	1	-	-	-

1  
1

A PARTIR  
DE ESTA  
PAGINA

FALLA  
DE  
ORIGEN.

adultos viven menos ( 11 )..

La humedad está íntimamente ligada con la temperatura; hay dos fuentes principales de humedad: la humedad atmosférica y la humedad inicial contenida en los granos. En las regiones tropicales en donde la estación de lluvias es prolongada y el clima cálido, el almacenamiento de granos y semillas es bastante difícil, porque las condiciones ecológicas favorecen considerablemente la reproducción de los insectos ( 30 ).

La duración de los diferentes estados biológicos de los insectos depende, además de la nutrición, de la temperatura y la humedad. Ejemplificando esto se tiene al gorgojo Tenebroides mauritanicus, que en condiciones óptimas puede completar su ciclo biológico en 30 días, en cambio en condiciones desfavorables puede tardar hasta 3 años.

Quando el contenido de humedad en cualquier grano es de 9% o menos, esto se vuelve un factor crítico para los insectos, pues viven períodos más cortos o no se reproducen con esta humedad. Los adultos de Sitophilus granarius, entran en estado de reposo a temperaturas de 1.6°C; los adultos de Sitophilus oryzae, lo hacen a temperaturas de 7.2°C, pero los adultos de ambas especies mueren si son expuestos a estas temperaturas por varias semanas.(30).

Un incremento en la temperatura corresponde a una disminución en la humedad relativa y estas variaciones repercuten en los volúmenes de

grano y en las poblaciones de insectos que los infestan. La correcta interpretación de forma en la que estos factores afectan la actividad biológica de la mayoría de las plagas de los granos, es primordial para comprender los problemas inherentes al almacenamiento y conservación de las semillas.

#### DAÑOS Y PERDIDAS CAUSADOS POR LOS INSECTOS.

La principal pérdida económica causada por los insectos a las semillas y granos almacenados, no es sólo la cantidad que consumen, sino además, la descomposición del grano y la subsecuente entrada de microorganismos.

Los insectos de almacén pueden clasificarse como Primarios y Secundarios, desde el punto de vista del daño que causan. Los insectos "Primarios", son aquellos que atacan al grano entero y son capaces de romper la semilla para llegar al endospermo, del cual se alimentan. Este grupo de insectos es el de mayor importancia económica, ya que además de destruir gran parte del grano entero, facilitan la entrada de los insectos "Secundarios", que pueden atacar únicamente el grano maltratado o quebrado (30, 33, 42, 43).

Estos insectos causan dos tipos de daños a las semillas y granos almacenados: el primer tipo (directo), consiste en la destrucción del grano por el insecto, con fines alimenticios o de oviposición. Los cuerpos de los insectos muertos y su excremento, contaminan el grano haciéndolo inaceptable para el consumo humano. El otro tipo de daño (indirecto), consiste en el deterioro producido por la condición anormal del grano y por el metabolismo de los insectos que lo infestan; lo cual origina un mal olor, debido al desarrollo de microorganismos. Ambos tipos de daño disminuyen considerablemente la calidad del grano para consumo,

el valor económico y el poder germinativo de las semillas.

La mayoría de los insectos prefieren el germen o embrión de la semilla, mientras que otros atacan el endospermo, consumiéndolo e inutilizándolo como semilla o grano.

Las harinas hechas de granos cuyo germen está dañado, son de un valor nutritivo muy inferior a los provenientes de granos sanos. Ciertos insectos y ácaros imparten un olor penetrante que demerita la calidad de los granos, dando además un sabor agrio que persiste aún en productos ya cocinados.

Los insectos de granos almacenados también pueden causar daño al hombre y a los animales domésticos, se tiene por ejemplo, que los granos infestados con insectos del género Tribolium, causan problemas pulmonares en los trabajadores que manejan el grano en estas condiciones. El gorgojo khapra, Trogoderma granarium, puede causar dermatitis, posiblemente debido a que las larvas están cubiertas de setas urticantes, un efecto similar causan algunas especies de ácaros (30).

Además de los daños antes mencionados, se ha encontrado que algunos insectos de granos almacenados llevan en su intestino bacterias potencialmente dañinas, tales como Salmonella sp, Streptococcus hemolítico y Escherichia coli; también pueden llevar virus capaces de infectar al hombre y animales domésticos (30).

Los insectos juegan un papel importante en la pérdida de semillas y granos almacenados, según Cotton se ha calculado que un 5% de la producción mundial de cereales es consumida o arruinada por insectos cada año. El mismo autor señala que en 1950 los insectos causaron una pérdida de 300 millones de dólares en granos almacenados y harinas ( 30 ).

En México las pérdidas se calculan hasta en un 25%, principalmente en regiones tropicales. La infestación de los granos en el campo tiene mucha importancia, tanto en la Mesa Central como en las zonas tropicales especialmente para cultivos como el maíz, básico en la alimentación del pueblo de México ( 30,34 ).



#### MEDIDAS DE COMBATE DE PLAGAS DE SEMILLAS Y GRANOS ALMACENADOS.

El combate de insectos en semillas y granos almacenados se divide generalmente en dos categorías: medidas preventivas para limitar la presencia de los insectos y medidas curativas, para abatir la existencia de infestaciones (30,38,39).

La selección de las medidas de combate, dependerá del tipo de insecto que esté presente, del grado de infestación y de las facilidades que se tengan para el tratamiento. Las medidas preventivas deben realizarse constantemente. Las medidas curativas generalmente se refieren al uso de insecticidas que son tóxicos para el hombre y requieren de equipo protector especializado para el personal que los aplica (10 ).

Dentro de las medidas preventivas se encuentran las sanitarias. Se piensa que el grano recién almacenado, generalmente está en óptimas condiciones de temperatura y humedad para el desarrollo de los insectos, la fuente principal de infestación de insectos son los sitios de cría, que se encuentran en las proximidades del área de almacenamiento. Antes de almacenar el grano, se deben remover los insectos de paredes, techos, suelo, etc., es decir los silos o envases deben limpiarse perfectamente destruyendo todo el grano viejo y residuos que hayan quedado, además de hacer las reparaciones convenientes para evitar la entrada de aves y roedores (10,30,38).

Después de limpiar el silo, almacén, bodega o granero se debe asperjar un insecticida con acción residual en las paredes interiores y exteriores para matar los insectos que permanezcan ahí, o prevenir la entrada de éstos. Entre los insecticidas que se aplican se encuentran: malatión, metoxicloro y piretrinas. La aplicación se debe hacer por lo menos dos a cuatro semanas antes de almacenar el grano ( 38 ).

Una de las medidas preventivas más importantes para evitar el desarrollo de los insectos, es el uso de protectores del grano, que son sustancias utilizadas para la prevención del daño tanto de insectos como de hongos, durante el período crítico de almacenamiento. Estos protectores se aplican al grano recién cosechado antes de almacenarlo. La elección del material protector más adecuado depende de si se trata de semilla o grano destinado a consumo humano.

Existe una variedad de sustancias que sirven para proteger el grano, entre ellas se encuentran las piretrinas, malatión, metoxicloro y lindano. Estas sustancias se pueden emplear revueltas con la semilla o aplicándolas sobre paredes, pisos y techos del silo o bodega, o directamente sobre los costales que contienen el grano almacenado (30, 38, 39).

Dentro de las medidas curativas, la principal es el uso de materiales fumigantes, que son todos aquellos materiales que ejercen su acción tóxica en estado gaseoso. Los vapores tóxicos que producen penetran a través de los sacos de grano y en todos los rincones del almacén o bode

ga, y en general a todos aquellos sitios que no pueden ser alcanzados por otros métodos de aplicación de materiales químicos. El uso de los fumigantes está restringido a espacios cerrados como silos, bodegas, edificios, vehículos o cámaras herméticas especiales.

Los fumigantes pueden ser aplicados directamente como gas, que se forma cuando los líquidos comprimidos son liberados a la atmósfera, ejemplo de este tipo es el bromuro de metilo. A diferencia de los insecticidas de contacto, como el malatión, los fumigantes no tienen efectos residuales después de que el gas se ha disipado. La principal ventaja de los fumigantes es su rápida acción sobre las poblaciones de insectos, que requieren de más tiempo para volver a desarrollarse.

Se pueden aplicar también como líquidos, que se vaporizan cuando se exponen al aire, como el disulfuro y el tetracloruro de carbono; otra forma de aplicar los fumigantes es como materiales sólidos que producen gas cuando son expuestos a la humedad del aire, tal como el fosforo de aluminio.

Debido a que las sustancias químicas son altamente tóxicas y peligrosas en su uso, son clasificadas como pesticidas restringidos y se requiere de entrenamiento especial de los operarios antes de que estos materiales sean manejados y aplicados. La dosis y tiempo que se requieren para la fumigación dependen de la clase y estructura del almacén.

La probabilidad de que el grano se infeste con insectos o se humedezca debido al incremento del contenido de humedad y haya crecimiento de hongos, aumenta cuando el grano se almacena en condiciones desfavorables, o bien por mantenerlo en la misma bodega o silo durante largos períodos de tiempo. Es muy importante, por lo tanto, mantener las medidas de combate ya sea preventivas o curativas constantemente y hacer inspección frecuente del almacenamiento del grano para determinar la condición general de éste y proveer así una detección temprana de la infestación por insectos, hongos o calentamiento del grano (33,39).

CARACTERISTICAS GENERALES DE Sitophilus zeamais (Motsch).

CLASIFICACION

Kuschel (1961) y Halstead (1962), indicaron que el complejo Sitophilus oryzae, incluía dos especies: Sitophilus zeamais, gorgojo del maíz (raza mayor) y Sitophilus oryzae, gorgojo del arroz (raza menor). So-- derstrom y Wilburg (1966), confirmaron que no había producción de proge-- nie de los apareamientos entre estas dos especies. Actualmente Sitophi-- lus zeamais es llamado gorgojo del maíz (Blickenstaff 1968) y Sitophilus oryzae, gorgojo del arroz (Blickestaff 1965)(32).

El problema de la presencia de dos especies en el complejo Sitophi-- lus oryzae, surgió desde la descripción de Sitophilus zeamais (Motschuls-- ky), en 1855. Algunos entomólogos aceptan que son especies separadas, mu-- chos han considerado que la diferencia entre ellas es una expresión de la variación intraespecífica. Kuschel (1961), aclaró el problema de no-- menclatura del complejo de especies, al encontrar diferencias morfológi-- cas entre ambas, mediante el estudio de la genitalia masculina de ambas especies, que se pueden separar de la siguiente manera:

Sitophilus oryzae (L).- Superficie anterior del edeago convexa, sin impresiones longitudinales. Microornamentaciones en el protórax, super-- ficie dorsal de los élitros más opaca.

Sitophilus zeamais (M).- Superficie anterior del edeago aplanada,

con dos impresiones longitudinales definidas. Microornamentaciones en el protórax y élitros. Superficie dorsal de los élitros es más brillante.

Proctor (1960), encontró otra diferencia entre estas dos especies la punta del edeago de Sitophilus zeamais es más recurvada que en Sitophilus oryzae.(21,27,32)

#### CARACTERISTICAS GENERALES

Este insecto, como ya se dijo, fué descrito en el año de 1855. Es un insecto cosmopolita y una de las plagas más severas que ataca a los granos almacenados; se encuentra distribuido principalmente en las áreas tropicales y subtropicales del mundo ( 30 ).

El adulto es un pequeño gorgojo, cuya longitud varía entre 2.1 - 2.8 mm, su color también es variable y va desde café rojizo hasta negro, su cuerpo es cilíndrico y tiene la cabeza prolongada en un pico o probóscis delgada. El tórax se encuentra densamente marcado con puntuaciones redondas; los élitros presentan en los ángulos exteriores cuatro manchas de color rojo anaranjado. Posee alas bien desarrolladas con vuelo activo(21,30,43).

Su apariencia general es similar a la de Sitophilus oryzae (L), de tal manera que estas dos especies pueden separarse solamente mediante

el exámen de la genitalia masculina, como ya se ha mencionado anteriormente (21,27)

#### CICLO DE VIDA

Huevecillo.- Los huevecillos son opacos, de color blanco, más o menos de 0.7 mm de largo, en forma de pera u ovoides, ensanchándose en la parte media hacia abajo, con el fondo redondeado y el cuello estrechándose hacia el extremo opuesto. La hembra deposita sus huevecillos en todas aquellas partes del grano que pueden ser alcanzadas por su probóscis y su ovipositor. Con la probóscis hace un pequeño orificio en el endospermo, hecho esto, introduce su ovipositor y deposita un huevecillo, conforme lo va sacando va secretando una sustancia gelatinosa para tapar el orificio. Un solo huevecillo es depositado en cada cavidad y la velocidad de oviposición varía con la condición del grano, la temperatura del medio ambiente y la edad del insecto. En tiempo cálido, las hembras ovipositan de 8 a 10 huevecillos diarios, aunque pueden llegar a ovipositar entre 20 y 25 huevecillos por día. El 21% de éstos es depositado en el perímetro del embrión y un 7% en el centro de él (32).

Período de incubación.- Howe (17), reporta que el 88% de los huevecillos son fértiles a 21°C y 70% de humedad relativa, con una mortalidad final de 58.4%. El tiempo requerido para la eclosión es de 4-9 días (6.5 días en promedio). Las cavidades de los huevecillos van de 0.25 a 0.35 mm de diámetro).

Larva.- Las larvas son gusanos pequeños, de color blanco perlado, su cuerpo es cuneiforme, grueso y ápodo, con cabeza pequeña y de color café claro, más larga que ancha, ventralmente casi recta y dorsalmente muy convexa, se presentan cuatro estadios larvales(32).

1o estadio larval: en cuanto eclosionan las larvas empiezan a formar túneles, en este caso el túnel es de aproximadamente 0.33 mm de diámetro. La duración de este estadio es de 3 a 6 días promedio, observándose el mayor número de larvas entre el séptimo y octavo día del ciclo.

2o estadio larval: Los túneles hechos por las larvas de este estadio varían entre 0.46 y 0.64 mm de diámetro. Estas larvas se observan principalmente entre los 8 y 21 días, con un número máximo entre el 11o y 12o días del ciclo. La duración de este estadio es entre 4-7 días promedio(32).

3o estadio larval: Los túneles formados por las larvas de este estadio varían entre 0.76 y 1.06 mm de diámetro. Algunas larvas hacen ramas laterales, pero regresan a alimentarse al túnel original; otras hacen sus túneles de lado a lado del grano. Estas larvas emergen entre el 13o y 27o días del ciclo, con un número máximo entre el 15o y 16o días del ciclo. La duración de este estadio es de 4-8 días promedio.

4o estadio larval: En este estadio los túneles son conspicuos y bastante grandes, habiendo dañado casi todo el grano.



Un día antes de pasar a prepupa la larva se hace más convexa y su parte media se alarga, secretando una sustancia cementante para unir y endurecer el excremento y de esta manera construir la cámara pupal. Este material es oscuro y forma una especie de anillo delgado alrededor de la cámara pupal. Los túneles hechos por estas larvas varían de 1.30 a 1.66 mm de diámetro. Empiezan a emerger entre los días 17o y 34o del ciclo, con un máximo entre los días 20 y 21; la duración de este estado es en promedio de 5 días(32).

Prepupa.- La prepupa es alargada, se puede distinguir por su cabeza extendida y por la segmentación definida de su cuerpo, siendo éste más ancho en el tórax y más angosto en la región cefálica. Su tamaño varía entre 3-35.5 mm de longitud, este estado dura solamente 1 día(32).

Pupa.- Este estado se reconoce fácilmente por las tres regiones del cuerpo bien definidas y sus apéndices visibles. El estado pupal tiene una duración de 3-5 días(32).

Adulto preemergente.- Se puede reconocer por su pico alargado, patas extendidas y frecuentes cambios de posición. Tal como las otras dos especies del género Sitophilus, el adulto puede rotar en la cámara, lo que le permite seleccionar la parte más delgada para su emergencia.(32).

El ciclo completo de desarrollo del gorgojo del maíz varía de 33 a 45 días; durante los meses de primavera-verano alcanza un promedio de

35 días, sin embargo, este lapso puede prolongarse dependiendo de la disponibilidad de alimento y de las condiciones del medio ambiente.

El número de generaciones anuales varía de 5 a 12. En condiciones favorables de temperatura puede haber 10 o más generaciones y en condiciones desfavorables para el insecto se presentan sólo de 5-6 generaciones al año (18,30,32).

Trabajos hechos con especies del complejo Sitophilus muestran que los ciclos de desarrollo de Sitophilus zeamais y Sitophilus oryzae, son similares y ambos son más cortos que el de Sitophilus granarius, bajo condiciones idénticas. Howe (14), reportó un promedio de 43 días para Sitophilus zeamais a 25°C y 70% de humedad relativa. Soderstrom y Wilburg (1966), reportan ciclos de vida de 40 y de 38-41 días para Sitophilus zeamais en Kansas y Louisiana respectivamente, bajo condiciones similares (32).

#### GENERALIDADES DE HONGOS DE SEMILLAS Y GRANOS ALMACENADOS.

Hasta hace poco tiempo la mayoría de la gente se negaba a aceptar el papel de los hongos en el deterioro de semillas y granos, puesto que al ser microscópicos no podían comprender cómo algo que no se ve llegue a causar tal daño. En el momento en el que podían apreciar a los hongos, era ya demasiado tarde para evitar su daño.

Las semillas y granos al cosecharse preservan su calidad si son colocados en almacenes que reúnan condiciones adecuadas para una buena conservación como: baja temperatura, baja humedad relativa, sanidad, etc. Si por el contrario el lugar en el que se tengan almacenados presenta condiciones de temperatura elevada y alta humedad relativa, se verán fácilmente invadidos por hongos de almacén, que dependiendo de las condiciones y período de almacenamiento pueden causar daños ligeros o deteriorar los granos por completo, si no se modifican las condiciones que favorecen el desarrollo de estos microorganismos.

Entre los hongos que atacan a las semillas cuando los cultivos aún se encuentran en pie y que se denominan "Hongos de campo", Christensen (.7) señala a: Helminthosporium spp, Gibberella spp, Colletotrichum spp, Diplodia spp, Alternaria spp, Cladosporium spp y Fusarium spp. Sin embargo estas invasiones casi nunca progresan debido a que los granos empiezan a secarse. Sólo en algunas ocasiones es de considerarse la invasión por Fusarium spp, cuando el grano se seca muy lentamente permiti-

tiendo así el desarrollo acelerado de este hongo, el cual es responsable de la producción de sustancias tóxicas al hombre y a los animales domésticos cuando ingieren granos invadidos por él ( 7 ).

Durante el almacenamiento, las semillas y granos son susceptibles de ser atacados por especies del género Aspergillus y Penicillium principalmente, por lo que se llama a éstos "Hongos de almacén", entre los que tenemos (5,7):

Aspergillus candidus Link

Aspergillus chevalieri (Mangin) Thom y Church

Aspergillus amstelodami

Aspergillus flavus Link

Aspergillus glaucus Link

Aspergillus restrictus Smith

Aspergillus ruber Spieckermann y Brenner

Aspergillus ochraceus Wilhelm

Aspergillus repens (Corda) De Bary

Aspergillus tamaris Kita

Aspergillus versicolor (Vuillemin) Tiraboschi

Penicillium spp

Sporendonema spp

Estas especies tienen distribución mundial y por supuesto las encontramos también en México dañando al maíz y a otros granos. Pueden

desarrollarse a humedades relativas entre 70- 90%; temperaturas entre 24-30°C y contenidos de humedad superiores al 12.5%.(5,7)

### FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DESARROLLO DE LOS HONGOS.

Al igual que todos los organismos, los hongos requieren de algunos factores para poder desarrollarse adecuadamente, entre esos están: contenido de humedad, temperatura, tiempo de almacenamiento, actividad de ácaros e insectos, etc.

#### a) Contenido de humedad

Para que los hongos de almacén puedan desarrollarse necesitan disponer de una cantidad mínima de agua dentro del grano, en maíz por ejemplo, los requerimientos según Christensen y Kaufman ( 7 ), son los siguientes:

HUMEDAD RELATIVA (%)	CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL GRANO (%)
65.00	12.5 - 13.5
70.00	13.5 - 14.0
75.00	14.5 - 15.0
80.00	16.0 - 16.5
85.00	18.0 - 18.5

Debe tenerse en cuenta que no siempre el contenido de humedad de la semilla es uniforme, ni en los bultos, ni en el almacén, por lo que para

tener un conocimiento más real del contenido de humedad, deben realizarse muestreos representativos y periódicos(28,41)

Dependiendo del contenido de humedad se desarrollan diferentes especies de hongos, a continuación se señalan los requerimientos mínimos de humedad para las especies más comunes de hongos de almacén, según Christensen y López ( 5 )

H O N G O	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
<u>Aspergillus restrictus</u>	13.0 - 13.5
<u>Aspergillus repens</u> y <u>A. ruber</u>	13.5 - 14.0
<u>Aspergillus candidus</u>	15.0 - 15.5
<u>Penicillium</u> spp	15.0 - 17.0
<u>Aspergillus ochraceus</u>	15.5 - 17.0
<u>Aspergillus glaucus</u>	16.0 - 17.0
<u>Aspergillus flavus</u>	18.5

#### b) Temperatura

Este es otro de los factores decisivos para el desarrollo de los hongos de almacén, así se tiene que entre 24-32°C, se permite el crecimiento de la mayoría de éstos, siendo el rango óptimo entre 24-26.5°C; el crecimiento y desarrollo son lentos a los 15°C y a los 0°C se abaten

las funciones, según lo indican Christensen y Kaufman (1960), en el siguiente cuadro:

Temperaturas (°C), mínimas, óptimas y máximas, para el desarrollo de hongos de almacén.

H O N G O	T E M P E R A T U R A ° C		
	Mínima	Óptima	Máxima
<u>Aspergillus restrictus</u>	5 - 10	10 - 35	40 - 45
<u>Aspergillus glaucus</u>	0 - 5	30 - 35	40 - 45
<u>Aspergillus candidus</u>	10 - 15	40 - 45	50 - 55
<u>Aspergillus flavus</u>	10 - 15	40 - 45	45 - 50
<u>Penicillium spp</u>	- 5 - 10	20 - 35	35 - 40

De ahí la importancia de que los almacenes se encuentren a bajas temperaturas, puesto que aún cuando el grano haya sido infectado por los hongos de almacén, si la temperatura es baja el deterioro será más lento, debido a que el hongo mantendrá sus funciones de manera latente.

#### c) Tiempo de almacenamiento

Se encuentra estrechamente relacionado con el contenido de humedad y la temperatura; se piensa que si un grano va a almacenarse durante mucho tiempo, el contenido de humedad inicial debe ser mínimo, pero debe tenerse en cuenta que éste no va a permanecer constante, puesto que exist



te un incremento de él por la fisiología misma del grano(21,28)

En términos generales se puede decir que los cereales pueden guardar condiciones aceptables si se almacenan de la siguiente forma, según Christensen y López (5).

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	TEMPERATURA °C	PERIODO DE ALMACENAMIENTO
14 - 15	20 - 25	3- 4 meses
13 - 14	20 - 25	12 meses
12 - 13	20 - 25	varios años

d) Grado de invasión por hongos de almacén

El grano que ha sido invadido por hongos de almacén sufre el deterioro ocasionado por ellos aún cuando sea colocado en condiciones poco favorables para el desarrollo de los mismos; no sucede así con granos libres de hongos, que son almacenados bajo las mismas condiciones. Además, cuando el grano se almacena en lugares que no han sido aseados convenientemente, la basura, restos vegetales, restos animales, etc., brindan un excelente refugio a las esporas y micelio de los hongos, ya que muchos de ellos pueden crecer sobre muy diferentes sustratos cuando no hay grano disponible, completando su desarrollo y produciendo esporas suficientes para invadir el grano que se deposita en los almacenes(41).

e) Actividad de ácaros e insectos

La presencia de estos organismos permite que haya un incremento del contenido de humedad, lo que logran al consumir la materia prima de los granos y degradarla a bióxido de carbono y agua, lo que ayuda a incrementar el contenido de humedad. Esto mismo lo realizan los hongos, solamente que en un proceso más lento, aproximadamente logran un incremento de 0.2% por año, con un contenido de humedad inicial de 15%.

(7,9) .

## DAÑOS CAUSADOS POR HONGOS

Los daños que causan los hongos al invadir las semillas y granos almacenados son: reducción del poder germinativo, ennegrecimiento del grano, aumento de la actividad respiratoria y calentamiento, hedor, cambios bioquímicos en el grano y producción de toxinas (7,10,20,24).

### 1) Reducción del poder germinativo

El lugar por el que penetran los hongos y por lo tanto, el primero que se ve afectado por la actividad de éstos es el embrión. Ello resulta muy grave sobre todo cuando se trata de semilla, porque disminuye fuertemente el porcentaje de germinación y la viabilidad(6,24,26,29).

Además, en muchas ocasiones las plántulas provenientes de semillas infectadas por hongos, crecen muy débiles o bien están más propensas a sufrir pudriciones.(17).

A continuación se pueden apreciar algunos datos referentes a las pérdidas de germinación en semillas de maíz, según Qasem y Christensen (28).

Variación del porcentaje de germinación de maíz infectado con diversos hongos, mantenido a 20°C y 18.5 % de contenido de humedad, a diferentes periodos de almacenamiento.

INOCULO	GERMINACION (%)		
	PERIODO DE ALMACENAMIENTO (MESES)		
	1	2	3
<u>Aspergillus amstelodami</u>	90.0	68.0	45.0
<u>Aspergillus repens</u>	92.0	78.0	70.0
<u>Aspergillus ruber</u>	70.0	62.0	54.0
<u>Aspergillus umbrosus</u>	78.0	66.0	56.0
Maíz sin hongos	98.0	96.0	96.0

## 2) Ennegrecimiento de la semilla

Como resultado de la actividad fúngica, las semillas empiezan a tomarse de color pardo o negro, al llevarse a cabo la oxidación de compuestos producidos por los hongos, además de la presencia misma de los hongos, micelio y estructuras de reproducción, esto puede apreciarse de manera preponderante en la zona del embrión.(29).

Desafortunadamente cuando se detecta esto, es demasiado tarde y el grano dañado ha reducido considerablemente su calidad, siendo rechazado

para la elaboración de productos alimenticios como harinas y otros derivados. En la tabla siguiente se pueden apreciar algunos datos que lo confirman.

Variación en la coloración de embriones de semillas de maíz atacadas por hongos de almacén. El maíz fue mantenido a 20°C y 18.5% de contenido de humedad, según Qasem y Christensen (28 ).

INOCULO	EMBRIONES OSCURECIDOS (%)					
	PARDO O CAFE			OCRE		
	PERIODO DE ALMACENAMIENTO ( MESES)					
	1	2	3	1	2	3
<u>Aspergillus amstelodami</u>	2	0	18	6	12	48
<u>Aspergillus repens</u>	0	0	10	2	4	40
<u>Aspergillus ruber</u>	8	28	26	8	12	44
<u>Aspergillus umbrosus</u>	0	4	26	12	16	36
Maíz sin hongos	0	0	0	0	2	4

### 3) Aumento de la actividad respiratoria y calentamiento

En las primeras investigaciones al respecto se pensó que el calentamiento era causado por la humedad estimulada o producida durante la respiración del grano y que el desarrollo de los hongos era secundario

Recientemente se ha mostrado claramente que el excesivo calentamiento se debe en gran medida a la respiración de los hongos (19).

A niveles críticos de contenidos de humedad en diferentes granos (para la mayoría del 14%), las esporas de los hongos germinan y crecen, particularmente cuando la temperatura es templada. Se han encontrado principalmente especies del grupo Aspergillus glaucus, que germinan y crecen a diferentes contenidos de humedad. Como resultado de su actividad proporcionan humedad adicional que se va acumulando y permite que otras especies de hongos empiecen a actuar en ese momento.

Milner (19), quien trabajó con trigo a 20% de contenido de humedad y 30°C, trató una porción del trigo con sulfanilamida, con el fin de detectar aumentos en la actividad respiratoria. La porción tratada con sulfanilamida a concentraciones de 1:250 permaneció casi constante en su respiración durante 11 días, teniendo 43 mg de CO<sub>2</sub>/100 g/24 hrs. Mientras que la porción no tratada incrementó su respiración desde el segundo día en que el hongo estuvo activo. Para el día 11, la muestra no tratada tenía 428 mg de CO<sub>2</sub>/100 g/24 hrs. El trigo tuvo una germinación inicial de 94%, al finalizar el experimento la muestra tratada tenía 84% de germinación y la no tratada 10% de germinación. Esto muestra que la principal fuente de incremento en la respiración la constituyen los hongos, lo que permite el aumento en la temperatura o calentamiento. Durante el calentamiento ocurren una serie de reacciones complejas conocidas como reacciones de Maillard (19), que están consti-

tuidas por dos fases:

a) Fase de combinación

Ocurre entre las proteínas, aminoácidos y azúcares reductores, que forman un complejo insoluble, incoloro, sin cambio aparente en el sabor o apariencia.

b) Fase de polimerización

Es la formación de productos complejos de color pardo, insolubles, ligados a la fracción proteica, que son eliminados después de la hidrólisis enzimática. A menudo el color pardo presenta una fluorescencia, que puede ser indicador del grado de descomposición del alimento.

También se lleva a cabo la producción de grandes cantidades de bióxido de carbono, después de que se realizan los procesos oxidativos, siendo una reacción similar a la que ocurre cuando las hexosas son transformadas durante la respiración.(19).



4) Hedor

El tipo de cambio que ocurre en los alimentos descompuestos debido

a la acción de los microorganismos, es indicador de los principales tipos de desdoblamiento enzimático producido por el organismo en cuestión.

Si bien dentro de las semillas se encuentra una gran cantidad de enzimas, éstas no entran en acción sino hasta que las semillas son dañadas o deterioradas(19).

En alimentos ricos en carbohidratos, el desdoblamiento de los azúcares da por resultado la formación de ácidos orgánicos, bióxido de carbono e hidrógeno, a este tipo de descomposición se le conoce como sacarolítica. Cuando las proteínas se desdoblan en aminoácidos a menudo producen hedores, debido a la formación de compuestos de azufre, conociéndose se esto como descomposición proteolítica. Los procesos lipolíticos son aquellos en los que la hidrólisis y la oxidación de los constituyentes grasos da por resultado la producción de olores y sabores rancios derivados de los ácidos grasos y de sus productos de oxidación. Muchas veces estos procesos se realizan de una manera combinada produciendo sustancias de desecho que resultan tóxicas cuando son ingeridas por el hombre y animales domésticos(19).

Grasas o aceites  $\xrightarrow{\text{lipasas}}$  ácidos grasos (rancio)

5) Cambios bioquímicos en el grano, alterando la calidad proteica de éste.



Al llevarse a cabo el enlace inicial de la reacción de Maillard, entre proteínas y azúcares, las enzimas del aparato digestivo no pueden actuar sobre él y degradarlo, por lo que se hace evidente la pérdida del valor nutritivo de las proteínas y aminoácidos esenciales ( lisina, arginina, metionina, histidina y triptofano)(19).

#### 6) Micosis y micotoxicosis

Muchos de los hongos de almacén provocan la formación de toxinas que afectan al hombre y a los animales domésticos, provocando alteraciones en la digestión y en ocasiones causándoles la muerte.

a) Aspergilosis.- Varias especies del género Aspergillus, producen enfermedades en el hombre y en los animales domésticos, tal es el caso de las llamadas "aspergilosis". Rippon (1974) y Emmon y colaboradores (1977), discutieron acerca de este espectro de enfermedades, encontrando que varias especies de Aspergillus se encuentran involucradas, siendo Aspergillus fumigatus la que se encontró en casi todas las infecciones, además de A. terreus, A. niger y A. flavus. Los síntomas de estas aspergilosis recuerdan a los de la tuberculosis y es probable que muchos médicos las hayan diagnosticado como tal; en las épocas en que este hongo no era apreciado como patógeno del hombre. Finegold y colaboradores y Raper y Fennell, han revisado doce casos y han demostrado la patogenicidad de Aspergillus spp.(1,19,31).

b) Hepatotoxinas.- Aquellas sustancias tóxicas al hígado, que producen cirrosis, hepatomas y necrosis de las células del hígado son conocidas como hepatotoxinas, siendo una de las más poderosas la aflatoxina. Esta sustancia es producida por el hongo Aspergillus flavus, que se desarrolla en condiciones de alta humedad relativa (85-95%) y temperaturas entre 25-30°C; la toxina se produce de manera preferente en el micelio del hongo y se difunde a través del sustrato; en las esporas se encuentra sólo en pequeñas cantidades (19).

Se han aislado diferentes tipos de aflatoxinas, siendo la más tóxica la B<sub>1</sub>, que puede permanecer en el sustrato aún cuando el hongo ya no esté creciendo en él. Hesseltine ( 19 ), cita investigaciones que señalan que estas sustancias se encuentran involucradas en el cáncer del hígado del hombre y otros animales. Se le ha detectado en maíz, cacahuate, semillas de algodón, harina de pescado, harina de trigo, de soya y pastas alimenticias (31).

Otra hepatotoxina es la ocratoxina, producida por Aspergillus ochraceus, se ha encontrado creciendo en harina de maíz en Sudafrica causando fuerte daño a patitos y ratas. En México se encontraron lotes de maíz atacados por este hongo en un 30% ( 5 ), estando el maíz a contenidos de humedad de 19% y a 25°C, expuesto a estas condiciones de 14-32 días. Christensen et al, encontraron altas cantidades de A. flavus y A. ochraceus en pimienta negra y pimienta roja molida, en Estados Unidos ( 19 ).

c) Nefrotoxinas.- Una de las sustancias que pueden causar nefrosis crónica es la citrinina, producida por Penicillium citrinum(19,31).

d) Neurotoxinas.- Un ejemplo de éstas es la patulina, sustancia capaz de atacar al sistema nervioso central y al cerebro, produciendo hemorragias y degeneración del tejido nervioso; es producida por Penicillium patulum(19,31).

#### PERDIDAS CAUSADAS POR LOS HONGOS

Según datos de la Organización para la Alimentación y la Agricultura, se ha registrado que el daño causado por los hongos de almacén, alcanza de un 5 a un 30 %, ésto último sobre todo en países tropicales. Las pérdidas por calentamiento del grano son mayores en trigo y maíz, ocurren principalmente en áreas húmedas, con altas temperaturas y en las que se da un manejo inadecuado del grano, causando pérdidas de un 30 % (3,7).

Según Jamieson (19), en las zonas tropicales ocurren pérdidas hasta de un 35 % por efecto de los hongos, en un período de seis a nueve meses.

Ramírez Genel (30), considera que los daños causados por hongos reducen en un 2-5 % la producción total de granos en el mundo, además de disminuir la calidad industrial del grano, sus propiedades alimenticias y la germinación de la semilla.

Según López y Christensen (5), las pérdidas causadas por hongos en algunas muestras de lotes de maíz importado por México alcanzaron hasta un 50 %, tal es el caso de un maíz del grado 2, con un contenido de humedad del 15%.

## MEDIDAS DE COMBATE DE HONGOS DE SEMILLAS Y GRANOS ALMACENADOS.

Principalmente se trata de medidas de tipo preventivo, pues la semilla al ser invadida por hongos de almacén, difícilmente será liberada de ellos. A continuación se mencionan algunas recomendaciones para mejorar las condiciones de almacenamiento y mantener la calidad comercial de semillas y granos.

### 1) Secado

Una de las preocupaciones constantes desde que el hombre empezó a cultivar granos ha sido cómo poderlos conservar adecuadamente, tanto para usarlos como alimento como para tener semilla para el nuevo ciclo. Entre los cuidados que desde esas épocas se han dado a los granos y semillas está el secado, en un principio y aún en la actualidad por medio de los rayos solares, y posteriormente en base a calor artificial. El secado por cualquier medio es solamente una ayuda para mantener el grano en buenas condiciones, ya que los granos al ser higroscópicos, pueden volver a ganar humedad ambiental o bien la humedad producida por los microorganismos que se encuentren desarrollándose en él.(17,19).

La humedad se encuentra íntimamente relacionada con los costos, ya que el productor al vender su grano recibe un pago de acuerdo al contenido de humedad de este, de tal forma que si el contenido de humedad es alto, el valor del grano decrece, porque el comprador debe absorber el costo del secado que deberá practicarse al grano; pero si el grano está

más seco de lo requerido, el agricultor no recibe un estímulo adicional.

¿Cuanto debe secarse el grano ? Esto nos lo indicará el tipo de grano, el grado comercial de este en aquellos países donde se ha establecido, el tiempo que se tendrá almacenado y la inversión que deberá realizarse. Además, debemos cuidar que el secado no afecte la fisiología de semillas y granos. Por ejemplo, en el caso del maíz, no deberá someterse a temperaturas superiores a 60 °C, ya que de lo contrario el endospermo se verá alterado químicamente, disminuyendo su calidad industrial, haciéndolo inadecuado para la extracción de almidón y proteínas y disminuyendo su poder germinativo. Elevando considerablemente su costo (19).

Se recomienda en términos generales que el grano sea almacenado a 12% de contenido de humedad o bien en el caso del trigo, puede almacenarse a contenidos de humedad de 13% y perdura en esas condiciones hasta 2 o 3 años ( 19).

2) Evitar revolver el grano con diferente grado de humedad.-Es importante evitar que en el almacén se mezclen granos con diferente contenido de humedad, puesto que si esto ocurre, el grano que se encontraba seco, empieza a adquirir la humedad de los granos vecinos, elevando nuevamente su contenido de humedad.

Se debe tener en cuenta que al secar el grano se está previniendo

el ataque por microorganismos, principalmente hongos, que en el caso de que logren infectar al grano son responsables de daños que ocasionarían pérdidas mayores.

El secado, sin embargo, implica una fuerte problemática sobre todo en aquellas regiones cálido húmedas de nuestro país y del mundo.

### 3) Aereación

Este es otro de los mecanismos a los que se recurre para lograr una buena conservación del grano, con su empleo se reduce la temperatura del grano evitando o abatiendo el crecimiento de hongos, insectos y ácaros. El mantener un nivel de temperatura evita la transferencia de humedad y evita la ruptura y pérdida del grano al practicar el cambio de silos o bodegas.

La práctica de la aereación no es nueva, pero sí es ahora más económica y fácil de realizar, ya que se han llevado a cabo varias investigaciones al respecto. Kelly en 1930, inicia los trabajos de aereación por medio de ventiladores, logrando parcialmente disminuir la temperatura del grano (19).

Desde 1940, se practica la aereación mediante aire forzado, lo que contribuyó a mejorar el almacenamiento y a conocer los procesos que ocurren durante éste. Además de que se reduce espacio, puesto que se usaba

una mayor cantidad de silos al practicarse una aereación por cambios del grano de un sitio a otro(17,19).

En 1957, Johnson (20 ), obtuvo informes acerca de la aereación del grano por corrientes de convección, siendo aún válida en la actualidad, señala: "En una masa de grano el aire frío circula hacia abajo y el caliente hacia arriba; el aire caliente absorbe la humedad del grano a través del cual fluye. A medida que ese aire caliente entra en el grano a baja temperatura, éste se enfría y la humedad se eleva". Dicha transferencia de humedad ocurre más rápidamente cuando el grano está a 13 % de contenido de humedad, que si está a 12 %, al igual que ocurre cuando el grano está a altas temperaturas. La aereación o ventilación forzada evita la transferencia de humedad, al mantener una temperatura uniforme.

#### 4) Refrigeración

Como ya se señaló la temperatura es un factor importante para el desarrollo de los hongos. Desde 1965 se ha incrementado la investigación acerca del uso de refrigeración en la conservación del grano almacenado. Granos a 20 % o más de contenido de humedad y temperaturas cercanas al punto de congelación permiten un buen almacenamiento. En México, esto se ha practicado por PRONASE en el noroeste del país, manteniendo semilla de soya a 18°C. +

El costo de este procedimiento es similar al del secado o aereación

Exposición verbal del Dr. Ernesto Moreno



sin embargo en ésta, el contenido de humedad no se reduce. Johnson (20) señala que hay desventajas al enfriar a tan bajo nivel, ya que se encuentra una gran diferencia de temperaturas entre el grano y el aire si el almacenamiento se continúa durante el verano, con la posibilidad de una transferencia de humedad.

Aún no se ha determinado el rango óptimo de temperatura para el almacenamiento, pero parece que temperaturas de 4.5°C a 15.6°C, son adecuadas para el enfriamiento por aereación de silos(19).

Qasem y Christensen(74,28), señalan que el maíz libre de hongos y maíz inoculado con éstos, almacenados a contenidos de humedad de 12-18% temperaturas entre 5-30°C, hasta un período de almacenamiento de dos años se comportaron como sigue: el maíz no inoculado permanece libre de hongos después de dos años, a 14% de humedad y 30 °C. Almacenado a 15.6 -15.8 % de contenido de humedad y temperaturas de 5, 10 y 15 °C, retuvo su porcentaje de germinación en un 100 % durante dos años.

Algunos hongos pueden crecer a temperaturas abajo del punto de congelación, si el contenido de humedad es mayor de 22 %, sobre todo en cereales, pudiendo desarrollarse bacterias que causan un daño incipiente en 24 horas(6,9,29).

En esta época se ha iniciado el uso de sustancias químicas protectoras, sin embargo para el caso de hongos de almocén aún no se ha fabri-

cado un fungicida específico. Se han realizado algunos intentos de aplicar fungicidas a la semilla con el objetivo principal de protegerla de ataques de patógenos causantes de la secadera de las plántulas o "damping-off" (17) ,

CARACTERISTICAS GENERALES DEL GENERO Aspergillus (Raper y Fennel)

El género Aspergillus se encuentra colocado dentro del orden Moniliales de los Deuteromicetes, y las formas perfectas como Eurotium, Emericella y Sartorya, dentro del orden Eurotiales de los Ascomicetes. (1, 31).

Este género está ampliamente distribuido desde las regiones árticas hasta los trópicos. El aire de cualquier lugar puede contener sus conidios, lo mismo que el suelo. Estos hongos son capaces de utilizar una enorme variedad de sustratos como alimento, debido a que producen un gran número de enzimas. Algunas especies crecen sobre los alimentos causando su descomposición. Otras especies producen sustancias tóxicas llamadas micotoxinas.

El cuerpo vegetativo de Aspergillus, se encuentra formado por hifas septadas multinucleadas, ramificadas, incoloras o de colores brillantes, café u otros(1)

Las estructuras de reproducción son conidios, desarrollando conidióforos y cabezuelas que se originan en células especializadas llamadas "Células del pie". Crecen superficialmente en el sustrato, los conidióforos pueden ser septados o no septados, se alargan y surgen como vesículas globosas, elípticas o hemisféricas. Llevan a las células fértiles paralelas o agrupadas terminalmente o bien radialmente en una o varias series de esterigmas. Al final de la última serie de esterigmas se en-

cuentran los conidios, que son típicamente blobosos y unicelulares, con paredes ornamentadas externamente. Se forman internamente en la punta de las fiálides, que semejan tubos. Los conidios pueden presentar diversos tamaños, marcas y colores característicos: amarillo, café, negro, verde, etc. Los ascocarpos se encuentran sólo en algunos grupos, siendo desconocidos en la mayoría de las especies. Los cleistotecios son generalmente homotáticos, de pared delgada, produciendo ascas y ascosporas en unas pocas semanas, aunque a veces nacen de esclerocios preformados y requieren de meses para su maduración. Las ascas surgen cruzadas, no lineales, generalmente de ocho ascosporas que semejan una lente biconvexa o dos valvas simétricas hialinas, violeta, café rojizo o púrpura.(31)

En algunas especies se presentan estructuras semejantes a esclerocios, generalmente globosos o subglobosos, compuestos de células poliédricas de pared gruesa y de masas compactas de elementos hifales menos diferenciados superficialmente.

Existen algunas especies con células especializadas semejantes a clamidosporas, asociadas con los cleistotecios, de forma globosa, elíptica o vesiculosa, pueden ser terminales o intercalares, en ocasiones germinar y actúan como células reproductoras.(31)

Se piensa que muchas especies han degenerado y por ello no se conocen su fase sexual. En las especies en que sí la hay, varía desde una plasmogamia entre dos gametangios funcionales hasta el desarrollo de as

cas a partir del ascogonio, sin presencia de anteridios. Cuando ocurre la reproducción sexual pueden formarse hasta cinco tipos de ascocarpos, en base a esto se hace la división de los géneros Eurotium, Sartorva y Emericella(1,31).

En Eurotium, los anteridios y ascogonios se forman sobre hifas somáticas, alargadas, multinucleadas, enrosacadas una en la otra. Si el gametangio masculino no es funiconal, el apareamiento se lleva a cabo en el femenino, posteriormente forma hifas ascógenas que se ramifican dentro del ascocarpo en desarrollo, formándose las ascas en el extremo de éstas. Las ascas son globosas, ovoides, piriformes, evanescentes; liberando las ascosporas dentro del ascocarpo(1)

En el caso de Emericella, no se forman órganos sexuales, el cleistotecio se origina por enrollamiento de hifas laxas, la pared presenta varias capas de hifas gruesas y al madurar se cubre con células de envoltura o de Hulle, las cuales pueden germinar actuando como esporas (1,31).

Después de haber revisado la monografía de Aspergillus, Thom y Church, reconocen características morfofisiológicas que permiten agrupar varias especies de Aspergillus, de acuerdo a sus semejanzas, formando "Grupos". (1).

Dentro del grupo Aspergillus glaucus, se encuentran las especies que más comunmente ocurren en productos almacenados, debido a su habili

dad de crecer a bajas humedades relativas (75-80 %).

Entre las principales especies que dañan al maíz almacenado en México, se encuentran: Aspergillus glaucus, A. restrictus, A. ruber, A. ochraceus y A. tamaritii.(5)

Aspergillus glaucus Link (31)

Presenta cabezas conidiales radiadas o algo columnares, típicamente de color verde mate, pero en algunas especies café brillante, conidióforos de paredes lisas, incoloros o pigmentados en café, terminando en vesículas como dónos. Esterigmas en una sola serie, algo gruesos. Conidios elípticos a subglobosos o globosos, característicamente ornamentados; pero lisos en una variedad. Cleistotecios generalmente presentes, amarillos, globosos o subglobosos, de pared delgada amarilla o café, formados por hifas notorias. Ascas de ocho ascosporas sin un arreglo definido, generalmente maduran en 2-4 semanas, ascosporas lenticulares de pared lisa o rugosa, generalmente mostrando una línea ecuatorial o un surco. El tamaño y marcas ayudan a separar las diferentes especies en dos subgrupos: 1) ascosporas de más de 6  $\mu$  y 2) Ascosporas de menos de 6  $\mu$ . (A. anstelodani, A. ruber y A. repens). Osmofílicos, creciendo óptimamente en sustratos con altas concentraciones de sal o azúcar.

Hifas aéreas con gránulos rojos, amarillo o café, abundantes en las áreas de cleistotecios, en la mayoría de los miembros del grupo. Los

hongos de este grupo aparecen como zonas verdes, amarillo, rojo o amarillo rojizas, dependiendo de la abundancia relativa de cabezas conidiales, cleistotecios e hifas aéreas, que a su vez está fuertemente influenciada por la composición del sustrato, la humedad y la temperatura de incubación. Su estado perfecto se llama Eurotium.

Aspergillus restrictus Smith (31)

Las colonias crecen restringidamente en solución de agar de Czapek, alcanzando un diámetro de 0.5 - 1.5 cm en dos semanas a 24-26°C; en algunas ocasiones surgen fuertemente de las áreas centrales, en otras las colonias son planas con los márgenes fimbriados; las estructuras conidiales son abundantes pero pequeñas, el reverso de las colonias se muestra verde oscuro.

Las colonias crecen más rápidamente en agar de Czapek con 20 % de sucrosa, alcanzando diámetros de 3-4 cm en dos semanas, generalmente planas y delgadas, con micelio sumergido extendiéndose en la superficie de crecimiento y produciendo cabezas abortivas dentro del sustrato. Estructuras conidiales de color verde azulado a verde lila, se producen abundantemente en el sustrato, dependiendo de la riqueza de éste.

Aspergillus ruber (Spieckermann y Brenner) Thom y Church (31)

Colonias en agar de Czapek ( 20 % de glucosa), extendidas y de márgen regular o irregular, planas predominantemente rojas, variando del ferruginoso al marroquí. Cleistotecios abundantes formando una capa gruesa en la superficie del agar y en su mayor parte ocultas dentro del fieltro de hifas incrustadas de color rojo. Cabezuelas conidiales por encima del fieltro, de color gris claro a verde o gris olivo intenso, más o menos abundantes y por lo general aglomeradas cerca del centro de la colonia, con matices de color café rojizo intenso.

Cleistotecios amarillos a naranjado rojizos, esféricos o subesféricos, de 80 - 120  $\mu$ m de diámetro. Ascas de 12-15  $\mu$ m, ascosporas lenticulares de 5.2-6  $\mu$ m por 4.4 - 4.8  $\mu$ m, con un surco a manera de depresión ancha en posición ecuatorial, de bordes bajos, paredes lisas, excepto a lo largo de los bordes.

Cabezuelas conidiales numerosas en áreas localizadas o esparcidas en corto número, de color verde azulado claro, radiados de 150- 250  $\mu$ m de diámetro. Con pedicelo liso, incoloro a café anaranjado de 500-750  $\mu$ m de longitud; terminando en una vesícula de 25-35  $\mu$ m de diámetro, filíides en una sola serie, 7-9 por 4-5  $\mu$ m. Conidios elípticos a subglobosos, muy espinosos, de 5-6  $\mu$ m de largo en el eje mayor.



Aspergillus ochraceus Wilhelm (1,31)

Colonias en agar de Czapek con matices de color ocre, formadas de conidióforos y cabezuelas conidiales con escaso micelio aéreo. Conidióforos de longitud variable, de varios milímetros, ásperos o punteados amarillos, produciendo cabezuelas grandes radiadas. Vesículas globosas hasta 60- 75  $\mu$  de diámetro, filídes en dos series, las primeras comúnmente de 15-30  $\mu$  de diámetro, aunque algunas veces más largas; las secundarias de 7-10 por 1.5 - 2  $\mu$  de diámetro. Conidios globosos a elípticos, lisos o con espinas finas, amarillos, de 3.5- 5  $\mu$ . Esclerocios anaranjados a vináceos o púrpúreos, generalmente presentes. Son algo xerófitos, creciendo a 80 % de humedad relativa, ocasionalmente surgen en grano caliente. Abundantes en arroz, pimienta y maíz.

Aspergillus tamaris Kita(1,31)

Colonias en agar de Czapek de crecimiento continuo y amplio, con la mayoría de las hifas vegetativas sumergidas, con áreas fructíferas al principio incoloras, pasando después en las colonias viejas por tonalidades de amarillo anaranjado al café, oliváceo, amarillo limón, bronce o pardo oscuro,; sin mostrar un color realmente verde. El reverso de la colonia incoloro y ocasionalmente de color rosa. Pedicelos emergiendo de las hifas sumergidas, hasta 1-2 mm de longitud y 10-20  $\mu$  de diámetro, aumentando el diámetro en el ápice y convirtiéndose súbitamente en vesículas de 25- 50  $\mu$  de diámetro; cabezuelas de tamaño variable en la mis-

ma área fructífera, desde aproximadamente columnares hasta casi globosas y de 350  $\mu$  de diámetro, con cadenas y columnas de conidios dispuestas en forma radial; filídes en una serie y cabezuelas pequeñas en dos series, en el caso de cabezuelas grandes, primarias comúnmente de 7-10 por 3-4  $\mu$  y secundarias de 7-10 por 3  $\mu$ . Conidios más o menos piriformes a globosos de 5-8  $\mu$  de diámetro, ásperos a causa de las masas de materia colorante. Ocasionalmente hay producción de esclerocios, por lo general de color púrpura o púrpura rojizo, globosos a piriformes con el ápice blanco.

RELACION ENTRE INSECTOS Y HONGOS EN LAS SEMILLAS Y GRANOS ALMACENADOS.

Las semillas y granos almacenados son susceptibles de ser atacados por insectos, aves, roedores y microorganismos. Anteriormente nos referimos al efecto que tienen los insectos y los hongos por separado sobre los productos almacenados, sin embargo es muy frecuente encontrarlos actuando de manera simultánea sobre el grano.

La relación existente entre los hongos y los insectos va a ser muy estrecha y retroalimentaria, puesto que unos pueden servir de alimento a otros, pueden ayudar a la dispersión, crean condiciones ambientales que estimulan o retardan el desarrollo de ambos, (2, 35, 36, 37).

Se han realizado diversos experimentos para conocer la interacción entre estos dos organismos, entre las cuales podemos mencionar: a) Relaciones de nutrición, b) Incremento en la producción de huevos, c) Control biológico, d) Actuando como vectores, e) Modificadores del microambiente, etc.

a) Entre ellos tenemos los experimentos llevados a cabo con tres tipos de gorgojos "el castaño de la harina" Tribolium castaneum Herbst, "el aplanado de los granos" Criptolestes minutus Olivier, y "el aserrado de los granos" Orizaephilus surinamensis L., que fueron colocados en dietas a base de hongos de almacén, siendo la más favorable a los tres y en cualquier etapa de su desarrollo la que involucraba Aspergillus versicolor. Se presentaron efectos nocivos sobre los estados maduros

e inmaduras de estos insectos en las dietas a base de Aspergillus repens y A. parasiticus (35 ).

Tribolium confusum (D) sobrevive mejor en dietas con hongos, lo que indica que éstos son una parte importante en su nutrición, ya que según Rilett (35 ), los hongos aumentan la cantidad de alimento disponible para el desarrollo de los insectos, por el efecto de la diastasa producida por los hongos sobre el azúcar crudo del grano degradándolo a maltosa y dextrinas. La maltosa es hidrolizada a glucosa por la maltasa presente.

En otros experimentos se compararon los períodos en que se realiza el ciclo de vida de gorgojos de los granos, criados en dietas a base de hongos y en dietas naturales, encontrándose que en dietas a base de Aspergillus versicolor el ciclo de vida dura aproximadamente el mismo tiempo que en trigo, presentando un buen desarrollo y reproducción. En dietas a base de Aspergillus candidus, A. chevalieri, A. parasiticus y A. repens, presentaron un desarrollo más lento(35)

b) La producción de huevos de Cryptolestes minutus se incrementó en trigo húmedo, aunque el crecimiento de los hongos también lo hizo; en este caso se habla de que la presencia de hongos actúa como un factor contribuyente a este incremento, no como un factor determinante( 35 )

Se sabe que algunos hongos de almacén actúan como enemigos bio-

lógicos de insectos que no son de almacén; se ha encontrado que Aspergillus repens y A. parasiticus atacan catarinitas en los insectarios de California (35 ).

d) Es importante también el papel que los insectos desempeñan como vectores de hongos. Todos los gorgojos del primer experimento funcionaron como buenos vectores externos de Aspergillus versicolor. Tribolium castaneum fué un vector interno de A. versicolor y A. candidus (35 ).

e) Generalmente las infecciones de hongos son acompañadas o seguidas por las infestaciones de insectos, la actividad de ambos eleva el contenido de humedad y la temperatura, las áreas donde ocurre esta actividad se conocen como "Manchas calientes", las cuales semejan una esfera con un centro de alta temperatura y humedad. Cuando las condiciones son adecuadas la temperatura de la zona central puede llegar a 79.4°C (36 ).

Las semillas y granos con altos porcentajes de humedad e infestación de insectos, se calientan con facilidad y sufren una rápida descomposición. Oxley (1948), indicó que el propio metabolismo del grano produce calor, pero que con un contenido de humedad del grano menor del 15 %, la cantidad de calor producido por esta fuente es casi imperceptible. En todas sus investigaciones encontró que cuando el grano se calienta, la causa son las infestaciones de insectos y que la fuente de calentamiento es el metabolismo de los mismos (35,36,37).

Está demostrado que los volúmenes de granos que están infestados por poblaciones de insectos, tienen un rango respiratorio mucho más alto que aquellos volúmenes de granos que están sanos. Las poblaciones de insectos contribuyen a incrementar tanto la respiración de una masa de grano infestado, como el contenido de humedad de ésta. Lindgren ( 19 ), señala que el agua metabólica y el calor proporcionado por los insectos originan el deterioro del maíz almacenado.

El metabolismo de los insectos comparado con el de los granos es mucho más alto, ya que los granos son órganos en reposo y los insectos son organismos en actividad constante. Incluso, según Cotton ( 11 ), unos pocos insectos pueden producir un calentamiento espontáneo. El calentamiento del grano debido a la acción de los insectos, aumenta la temperatura a no más de 42 °C. Debido a que las temperaturas de 38 °C o más son desfavorables para el desarrollo de los gorgojos, éstos se mueven hacia los granos más fríos, rodeando así las manchas calientes. Los estados inmaduros, incapaces de moverse del grano caliente, frecuentemente mueren por las altas temperaturas, esta habilidad de los insectos de calentar el grano, les permite alimentarse en el invierno, en áreas en donde la temperatura normal del grano es tan baja que impediría su desarrollo (11,30).

Las semillas pueden ser dañadas por el calor resultante de la actividad de los hongos de almacén, en un tiempo se pensó que este calentamiento era resultado de la actividad respiratoria de las semillas y

granos; sin embargo esta actividad se ve reducida al permanecer el grano a temperaturas de 37.7 °C. En el caso de que la semilla sea almacenada a menos de 18 % de contenido de humedad, no hay evidencia de que el grano aumente su respiración e incremente la temperatura. Sin embargo, a contenidos de humedad de 15 %, estando presentes hongos e insectos, hay un incremento de temperatura llegando incluso a 65 °C(2,36).

Sinha considera que el ecosistema granos almacenados es un ecosistema inmaduro, con una estructura relativamente simple. El grano cosechado representa a los productores; los niveles de consumidores primarios están representados por hongos que empiezan a deteriorar el grano y los consumidores secundarios son los insectos, ácaros, etc., que invaden y deterioran el grano posteriormente. Dando por resultado una cadena alimenticia corta y una concentración de energía relativamente alta. Además la micoflora no solamente consume la materia nutritiva de la semilla, sino que la acción de sus enzimas digestivas liberan los elementos esenciales que forman el protoplasma y matan los embriones.(36, 37).

## MATERIALES Y METODOS

Este trabajo se desarrolló en el Laboratorio de Micología del Instituto de Biología de la UNAM.

### PRUEBAS PRELIMINARES

#### 1) Semilla

Para el presente trabajo se utilizaron semillas de maíz (Híbrido H-412), libres de tratamientos con fungicidas e insecticidas, que fueron obtenidas del Campo Experimental de Producción de Semillas de PROMASE en Tepalcingo, Mor. Estas fueron desinfestadas por congelación ( $-4^{\circ}\text{C}$ ), durante siete días.

#### 2) Contenido de humedad

El método empleado para la determinación del contenido de humedad, fue el de Christensen modificado ( 5 ), que consiste en:

- a) Pesar 5 gr de semillas en una cajita de aluminio
- b) Se colocan las cajitas en una estufa a  $130^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas
- c) Al término de este periodo se sacan de la estufa y se tapan herméticamente.
- d) Se dejan enfriar en un desecador que contiene sílice.
- e) Se pesan y se calcula el contenido de humedad por diferencia de



peso.

### 3) Germinación

Para determinar la germinación de las semillas se utilizó el siguiente método:

- a) Se colocan 100 semillas en toallas de papel húmedo.
- b) Se les espolvorea un poco de fungicida (Captan), para evitar la proliferación de hongos.
- c) Se cubren con otras toallas, se enrollan y se colocan en una caja de plástico a temperatura ambiente, manteniéndolas húmedas.
- d) A los 4 y 7 días, se cuenta el número de semillas germinadas.

### 4) Micoflora

A fin de conocer la micoflora presente en el interior de la semilla, se utilizó el método descrito por Christensen (5), que consiste en:

- a) Desinfectar superficialmente 25 semillas en una solución de hipoclorito de sodio al 2.5%.
- b) Colocar las semillas en cajas de petri con malta-sal-agar (malta 20 gr, agar 15 gr, Na Cl 60 gr, agua destilada 1000 ml)
- c) Se incuban a 27°C durante siete días.
- d) Al término de este período, se registra el porcentaje de semillas invadidas por hongos y se identifican a nivel de grupo y género, en algunos casos.

5) Obtención de insectos y hongos.

a) Insectos

Para la obtención de los insectos que se utilizaron en este trabajo (gorgojo del maíz Sitophilus zeamais M.), fue necesario establecer una colonia, mediante los siguientes pasos:

1.- Se preparan frascos de vidrio de una capacidad de 500ml, con el interior de la boca recubierta por una capa de "fluon" (Politetrafluoroetileno, ICI, LTD. Inglaterra) para evitar el escape de los insectos.

2.- Se colocan en éstos, 250 g de maíz cacahuazintle.

3.- Se introducen 300 insectos sin sexar.

4.- Se tapan los frascos con círculos de papel filtro y se sellan con parafina, para evitar la entrada de ácaros.

5.- Se incuban a 27°C y se espera la emergencia de los nuevos insectos, aproximadamente un mes después.

b) Hongos

Para la obtención de los hongos que se utilizaron en este trabajo, (Aspergillus spp), se llevó a cabo el siguiente método con el fin de incrementar la cantidad de inóculo:

1.- Se prepararon cajas de petri con malta-sal-agar.

2.- Se colocaron en éstas, semillas ya infestadas por especies del género Aspergillus.

3.- Se incubaron a 27°C durante ocho días.

### 6) Elección de insecticidas y fungicidas.

Para los tratamientos que requieren insecticida se eligió Malatión 4 % en polvo, ya que es el que se utiliza comercialmente como protector de granos y semillas almacenadas.

Para el caso de la selección de fungicida adecuado que algunos de los tratamientos planteados en este trabajo requerían, se trató de buscar sustancias fungicidas que no causaran mortalidad significativa en los insectos y controlaran a los hongos. Para ello se consideró conveniente hacer una prueba de elección entre los siguientes productos: Benomyl 50 %, Captan 75 %, Daconil 75 %, Difolatan 50 %, DEX 14 75 %, Euparen 50 %, Tecto 60 % y TN 80 50 %. Todos ellos se manejaron en forma de polvo.

Para llevar a cabo esta prueba se realizó lo siguiente:

1.- Semilla.- Se utilizó maíz (H-412), previamente desinfestado por congelación (-4 °C), durante siete días. Se ajustó el contenido de humedad a 14 %.

2.- Fungicidas.- Todos los fungicidas se utilizaron a una concentración de 750 ppm.

3.- Preparación de las muestras.- Se mezcló cada fungicida en 100 gr de maíz, homogeneizándolo. Posteriormente se repartió este maíz en 4 frascos conteniendo cada uno, 25 gr de éste. Se introdujeron 10 insectos (Sitophilus zeamais) por frasco, para la primera réplica. Se colocaron los frascos en cajas de plástico con una humedad relativa de 70 % (solu-

ción saturada de Na Cl), cada caja contenía los frascos correspondientes a un fungicida.

4.- Muestreo.- Se realizaron lecturas diarias, para obtener el porcentaje de mortalidad.

Para la segunda réplica, se llevó a cabo la misma metodología, variando solamente el número de insectos, que fue de 25 en este caso, y las lecturas se realizaron cada tres días.

De los resultados obtenidos, se eligió Benomyl 50%, ya que con éste se obtuvo el menor porcentaje de mortalidad. El cuadro de resultados se muestra en la sección correspondiente a resultados y discusión.

#### **PRUEBAS EXPERIMENTALES.**

##### **1) Tratamientos.**

Para llevar a cabo el presente trabajo, se plantearon los tratamientos siguientes, con cuatro repeticiones cada uno:

**Lote testigo:**

**A.- Maíz solo**

**Lotes experimentales:**

**B.- Maíz/Insectos**

**C.- Maíz/Insectos/Insecticidas**

**D.- Maíz/Hongos inoculados**

E.- Maíz/Hongos inoculados/Fungicida

F.- Maíz/Hongos inoculados/Insectos

G.- Maíz/Hongos inoculados/Insectos/Fungicida/Insecticida

## 2) Preparación de las muestras

### 1.- Contenido de humedad

- a) Se ajustó el contenido de humedad de la semilla a 14 %
- b) Se colocaron 350 gr de maíz en frascos de 250 ml de capacidad, con la boca recubierta de Fluon.

### 2.- Inoculación de hongos

Para aquellos tratamientos que requieren de la inoculación con hongos de almacén ( D,E,F y G), se utilizaron semillas de maíz completamente invadidas por Aspergillus, en cada frasco, agitando para distribuir el inóculo homogéneamente.

### 3.- Infestación con insectos

Para aquellos tratamientos que requieren infestación con insectos ( B, C, F y G), se introdujeron 10 insectos adultos en cada frasco elegidos al azar y sin sexar; éstos se eliminaron a los diez días, período suficiente para permitir la oviposición.

#### 4.- Tratamiento con insecticida

Para aquellos tratamientos que requieren la aplicación de insecticida ( C y G), se utilizó malatión en polvo al 4 % a una concentración de 40 ppm. (Comercialmente se usa 1 Kg/ton)

#### 5.- Tratamiento con fungicida

Para aquellos tratamientos que requieren la aplicación de fungicida ( F y G), se utilizó Benomyl 50 % a una concentración de 750 ppm.

#### 3) Almacenamiento de las muestras

a) Los frascos ya preparados se colocan al azar en cajas de plástico.

b) Se mantienen a una temperatura de 27 °C y una humedad relativa de 80 %, obtenida con una solución saturada de cloruro de potasio.

#### 4) Muestreos

Para determinar el daño causado por hongos e insectos se realizaron, cada 30 días, las pruebas correspondientes a:

Germinación.- Porcentaje de semillas germinadas

Contenido de humedad.- Porcentaje de contenido de humedad en las diferentes muestras.

Micoflora.- Porcentaje de semillas invadidas por hongos de almacén.

Población de insectos.- Se hizo el recuento de las poblacion

nes de insectos, eliminando los adultos hasta los diez días de iniciada la emergencia.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### PRUEBAS PRELIMINARES

#### ELECCION DE SUSTANCIAS FUNGICIDAS CON MENOR ACCION INSECTICIDA.

Esta prueba tuvo como finalidad conocer cual de los ocho fungicidas empleados, no afectaban el desarrollo de los insectos, al alimentarse éstos con el maíz tratado con el fungicida. Además de tener la certeza de que el fungicida empleado no causaba una mortalidad elevada; puesto que de lo contrario se tendría otra variable, dentro del tratamiento en el que se mezclaron granos e insectos.

Podemos observar que tres de los fungicidas: Benomyl, DPX 14 y Tecto, son los que provocan menor mortalidad en las poblaciones de insectos. En el primer muestreo estos fungicidas tienen un comportamiento muy semejante con respecto al testigo. El testigo tuvo 89 % de insectos vivos, Benomyl tuvo 98 %, DPX 14 el 60 % y Tecto el 82 %. En el segundo muestreo el comportamiento no es tan semejante, sin embargo los mismos productos son los que causan menor mortalidad.

El fungicida elegido fue Benomyl, ya que se sabe que ac



tía como un buen protector de las semillas almacenadas ante el ataque por hongos de almacén. En el caso del DPX 14, aún cuando no causa una gran mortalidad no se eligió debido a que estaba por retirarse del mercado. El fungicida Tecto provocó muy poca mortalidad en el primer muestreo, pero en el segundo muestreo sólo queda un 19 % de insectos vivos.

Todos los productos se emplearon en polvo a concentraciones de 750 ppm, puesto que a esta concentración han demostrado ser buenos protectores.

Resulta también muy interesante el hecho de que algunos productos como TN 80, Difolatan y Euparen provocan una alta mortalidad en las poblaciones de insectos, desde el primer muestreo. Comportándose de manera semejante en el segundo muestreo, en el cual además Captan muestra un comportamiento similar con un 2 % de insectos vivos. Este hecho es de suma importancia, pues podría pensarse en reducir el costo de almacenamiento de semillas al invertir solamente en un plaguicida, un fungicida, que tenga doble función: evitar el desarrollo de hongos durante el almacenamiento y hacer lo mismo con las plagas. Además de evitar una mayor contaminación como sucedería al emplear dos fungicidas. Los resultados de estas pruebas se muestran en el cuadro de la página siguiente.

PRUEBAS PRELIMINARES

ELECCION DE SUSTANCIAS FUNGICIDAS CON MENOR ACCION INSECTICIDA

$\bar{X}$  DE INSECTOS VIVOS (%)

F U N G I C I D A

		1o Muestreo	2o Muestreo	
Benomyl	50%	98.0	31.0	+
Captan	75%	14.0	2.0	
Daconil	75%	35.0	3.0	
Difolatan	50%	3.0	0.0	
DPX-14	75%	60.0	43.0	+
Euparen	50%	8.0	3.0	
Tecto	60%	82.0	19.0	+
TN-80	50%	0.0	0.0	
Testigo(sin fungicida)		89.0	70.0	

+ Fungicidas que presentan menor acción insecticida

Todos los fungicidas se utilizaron en polvo a concentraciones de 750 ppm.

### PRUEBAS EXPERIMENTALES

Para poder manejar la información obtenida en los siete tratamientos de los que constó el presente trabajo se elaboraron varios cuadros, los que se describen a continuación:

#### Mafz sin ningún tratamiento (testigo)

En el cuadro No.1, se muestran los resultados del tratamiento testigo, apreciándose de manera comparativa el comportamiento de la germinación, contenido de humedad y micoflora presente en semilla de maíz almacenada durante 150 días, bajo condiciones controladas de temperatura (27 °C) y humedad relativa (80 %). Los datos registrados en este tratamiento servirán de referencia para los demás tratamientos, ya que este no incluyó ninguna variable.

Se observa que no hubo una variación significativa en el porcentaje de germinación, siendo este de 98 a 94 %. El contenido de humedad se mantuvo entre 14 y 15,3 %. Este contenido de humedad en equilibrio con la humedad relativa de 80 %, permitió la presencia de algunas especies de hongos como Aspergillus tamaris, A. glaucus, A. ruber, A. restrictus y Penicillium spp, al finalizar el período de almacenamiento (Fig

Aún cuando hubo un alto porcentaje de semillas invadidas por Asper

gillus glaucus 30 % y Penicillium spp 60 %, esta invasión no fué lo suficientemente severa para reflejarse en un decremento de la germinación.

Es probable que el fuerte incremento en las poblaciones de Penicillium spp se deba a que las esporas de este hongo son hidrofóbicas y en el momento de la desinfección con la solución acuosa de cloro, no se ha ya logrado totalmente ésto, y en cambio sí se haya logrado una buena dispersión del hongo a todos los granos. Christensen y Mirocha ( ), encontraron que la desinfección superficial con hipoclorito, en ocasiones no es efectiva y éste puede ser el caso de encontrar un alto porcentaje de semillas que presentaron desarrollo de Penicillium, ya que el contenido de humedad de 15.5 %, no es lo suficientemente alto para favorecer un buen desarrollo de este hongo.

La invasión de Aspergillus glaucus, que es un hongo que sí puede desarrollarse a este contenido de humedad, no fué severa como para afectar la viabilidad de la semilla a los 150 días de almacenamiento.

CUADRO No. 1 Germinación, contenido de humedad y micoflora de semilla de maíz sin ningún tratamiento (testigo), almacenada durante 150 días en una humedad relativa de 80 % y a 27 °C.

TIEMPO (días)	GERMINA CION (%)	C. DE HUMEDAD (%)	SEMILLAS INVADIDAS POR HONGOS (%)					
			<u>Fusarium</u> spp	<u>Aspergillus</u> <u>tamarii</u>	<u>A.</u> <u>glaucus</u>	<u>A.</u> <u>ruber</u>	<u>A.</u> <u>restrictus</u>	<u>Penicillium</u> spp
0	98	14.0	62	0	0	0	0	0
30	98	14.3	41	0	0	0	0	0
60	96	14.4	26	0	0	0	0	0
90	96	15.3	33	10	0	0	0	0
120	97	14.4	24	10	1	0	0	0
150	94	15.1	40	4	30	1	8	60

Los datos de germinación son un promedio de 4 repeticiones de 100 semillas cada una.

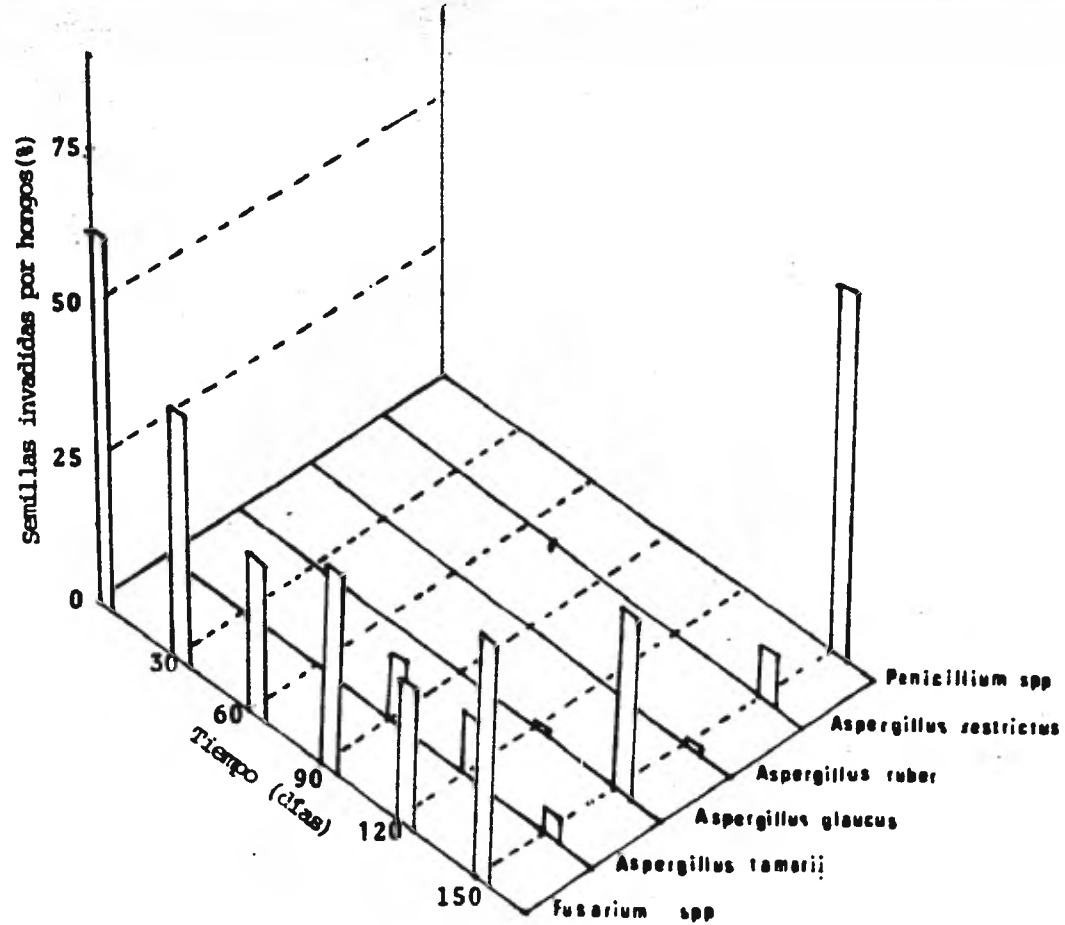


Fig. 1 Microflora presente en semilla de maíz almacenada durante 150 días en una humedad relativa de 80 % y 27 °C

Maíz infestado con Sitophilus zeamais

En el Cuadro No.2 , se muestran los resultados de este tratamiento, al compararlos con el tratamiento testigo (Cuadro No.1), se observa un notable decremento en el porcentaje de germinación, de 98 a 3 %, esto es atribuible a la presencia de los insectos, ya que como se sabe, estos causan un daño directo a la semilla al alimentarse del endospermo y del embrión. Las hembras de éstos, ovipositan en cualquier parte de la semilla, preferentemente en el perímetro o en el centro del embrión. Shariffi ( 32 ), calculó que el 21 % de los huevecillos son puestos en el perímetro del embrión y un 7 % en el centro de éste; lo que repercute directamente en la germinación de la semilla, siendo el estado larval de los insectos el que causa mayor daño.

En cuanto al contenido de humedad se presentó un incremento de un 5 % al finalizar el período de almacenamiento ( de 14 a 19.2 % ), siendo obvia la relación que existe entre el incremento del contenido de humedad y el de la población de insectos ( Fig. 8 ), que llegó a ser de 325 individuos en promedio, al finalizar el período de almacenamiento. En este caso no hay la menor duda de que los insectos son los responsables directos del aumento en el contenido de humedad, debido a la actividad metabólica de los insectos y tal vez a que las lesiones ocasionadas por ellos al grano, permitieron una mayor absorción de la humedad ambiental por el grano. Aunado al incremento en la población de insectos y el del contenido de humedad, se presentó un incremento en el por-

centaje de semillas invadidas por algunas de las especies de hongos de granos almacenados ( Fig.9 ), como Aspergillus tamarii, A. glaucus y Penicillium spp, sobre todo a partir de los 90 días de almacenamiento. Es importante señalar que en el caso de los hongos de almacén se van presentando otras especies, de acuerdo a la variación en el contenido de humedad, en este tratamiento se presentó el desarrollo de Aspergillus tamarii, que requiere contenidos de humedad superiores a los requeridos por A. glaucus.

El efecto que pudieran tener los hongos de almacén al presentarse en porcentajes altos como A. glaucus 25 %, se enmascara debido a la acción drástica de los insectos.



CUADRO No 2

Germinación, contenido de humedad, número de insectos y micoflora de semilla de maíz infestada con *Sitophilus zeamais*, almacenada durante 150 días en una humedad relativa de 80 % y a 27 °C.

TIEMPO (días)	GERMINA CION (%)	C. DE HUMEDAD (%)	NUMERO DE INSECTOS	SEMILLAS INVADIDAS POR HONGOS (%)			
				<u>Fusarium</u> spp	<u>Aspergillus</u> <u>tamarit</u>	<u>A.</u> <u>glauca</u>	<u>Penicillium</u> spp
0	98	14,0	10	62	0	0	0
30	96	14,9	142	39	0	0	0
60	94	14,7	176	39	10	3	0
90	80	15,8	226	50	10	0	0
120	38	16,6	169	31	4	1	0
150	3	19,2	425	12	9	25	2

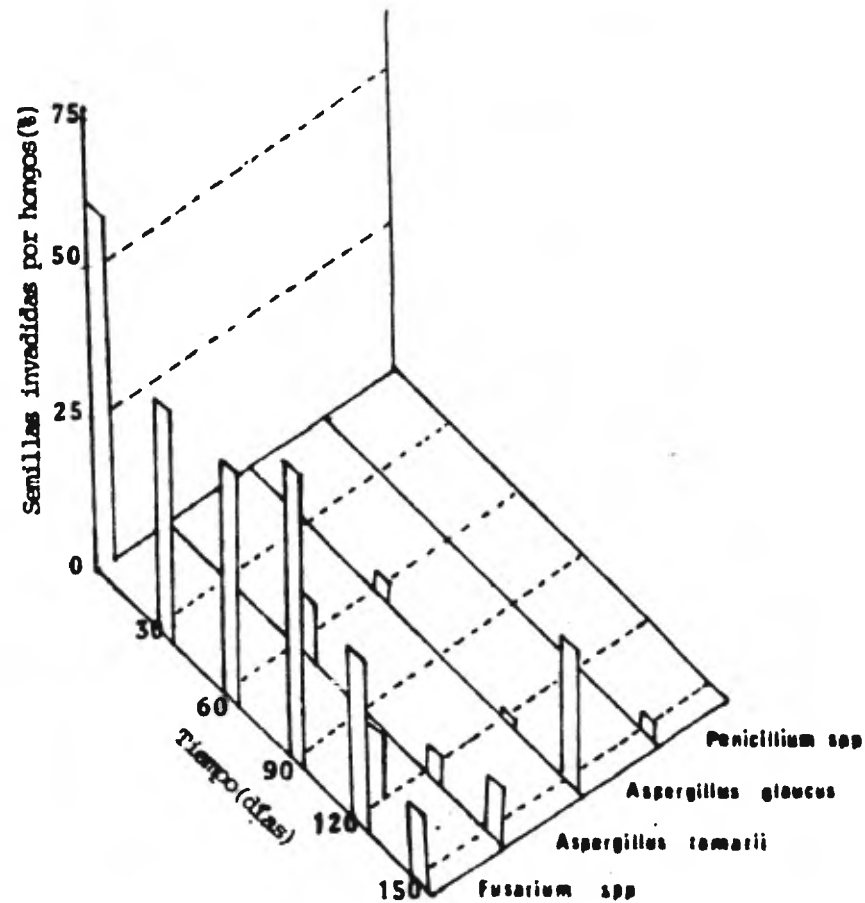


Fig. 2 Microflora presente en semilla de maíz infestada con Sitophilus zeamais, almacenada durante 150 días en una humedad relativa de 80 % y 27 °C

Maíz infestado con Sitophilus zeamais y tratado con "Malatión"

En el Cuadro No. 3 , se muestran los resultados de este tratamiento en comparación con el tratamiento testigo. Se observó una mayor disminución en el porcentaje de germinación, de 98 a 96 %, sin embargo este porcentaje de germinación no es significativamente diferente del que presenta el lote testigo, como lo muestra la prueba de Tukey para significancia. Esta disminución ocurre en principio por la presencia de los insectos que dañan directamente al embrión y al endospermo, pero como las poblaciones de insectos se vieron abatidas a los 60 días, éstos ya no actúan.

El "Malatión", aplicado a 40 ppm, resultó ser un buen protector de la semilla, eliminando rápidamente a los insectos adultos.

Al finalizar el período de almacenamiento y no existir insectos, la germinación sigue decreciendo probablemente por la acción de hongos de almacén como Aspergillus glaucus que invadió el 20 % de las semillas, así como el daño realizado por los insectos. (Fig 8 y 9).

En cuanto al contenido de humedad, el comportamiento que mostró fué similar al del testigo.

CUADRO No 3

Germinación, contenido de humedad, número de insectos y micoflora de semilla de maíz infestada con *Sitophilus zeamais* y tratada con "Malatión", almacenada durante 150 días en una humedad relativa de 80 % y a 27 °C.

TIEMPO (días)	GERMINA CIÓN (%)	C. DE HUME DAD (%)	NUMERO DE INSECTOS	SEMILLAS INVADIDAS POR HONGOS (%)					
				<u>Fusarium</u> spp	<u>Aspergillus</u> <u>restrictus</u>	<u>A.</u> <u>glaucaus</u>	<u>A.</u> <u>tamarii</u>	<u>A.</u> <u>ruber</u>	<u>Penicillium</u> spp
0	98	14.0	10	62	0	0	0	0	0
30	97	14.8	6	54	0	0	0	0	0
60	94	14.5	68	31	0	1	0	0	0
90	92	15.1	0	30	0	2	3	0	0
120	89	14.0	0	29	0	6	2	0	0
150	86	14.8	0	32	2	20	2	3	1

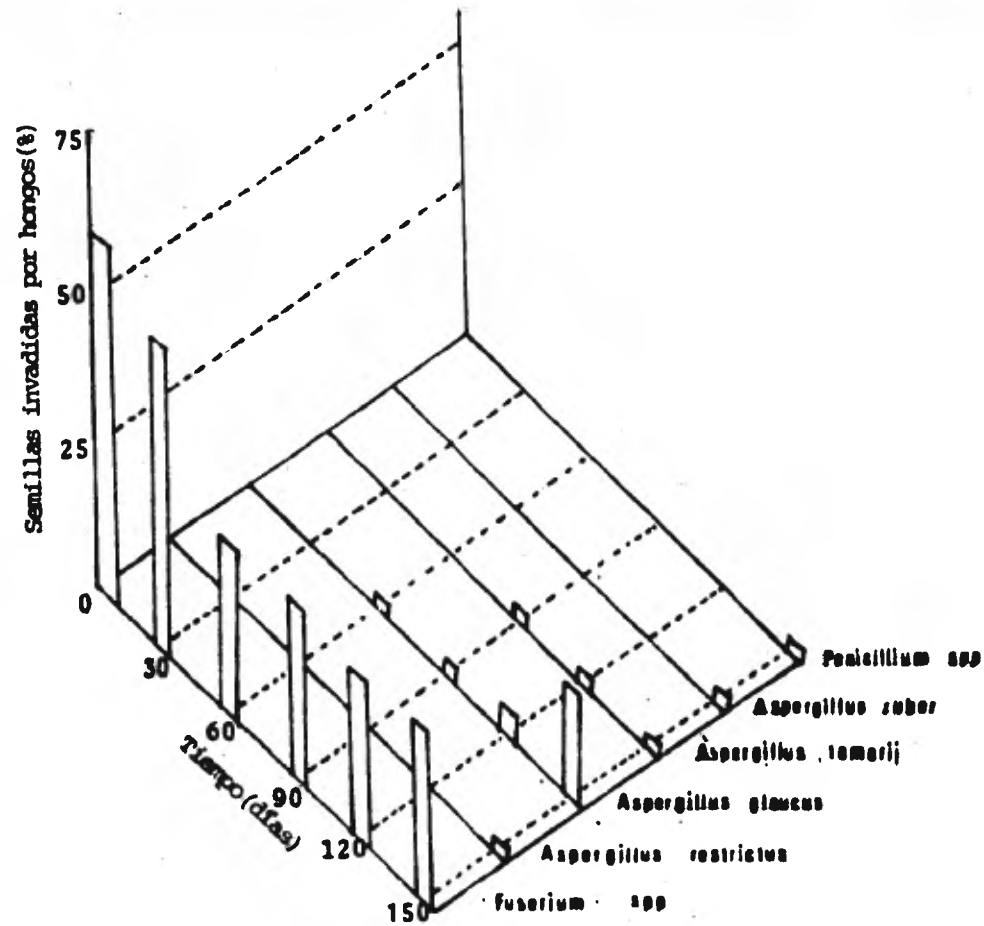


Fig. 3 Micoflora presente en semilla de maíz infestada con *Sitophilus zeamais* y tratada con Malatión, almacenada durante 150 días en una humedad relativa de 80 % y a 27 °C

Fig. 8 Relación entre la germinación de semilla de maíz (Testigo), semilla infestada con *Sitophilus zeamais* y semilla de maíz infestada con *Sitophilus zeamais* tratada con Malvación, así como el comportamiento de las poblaciones de *Sitophilus zeamais* en cada uno de estos tratamientos, después de 150 días de almacenamiento.

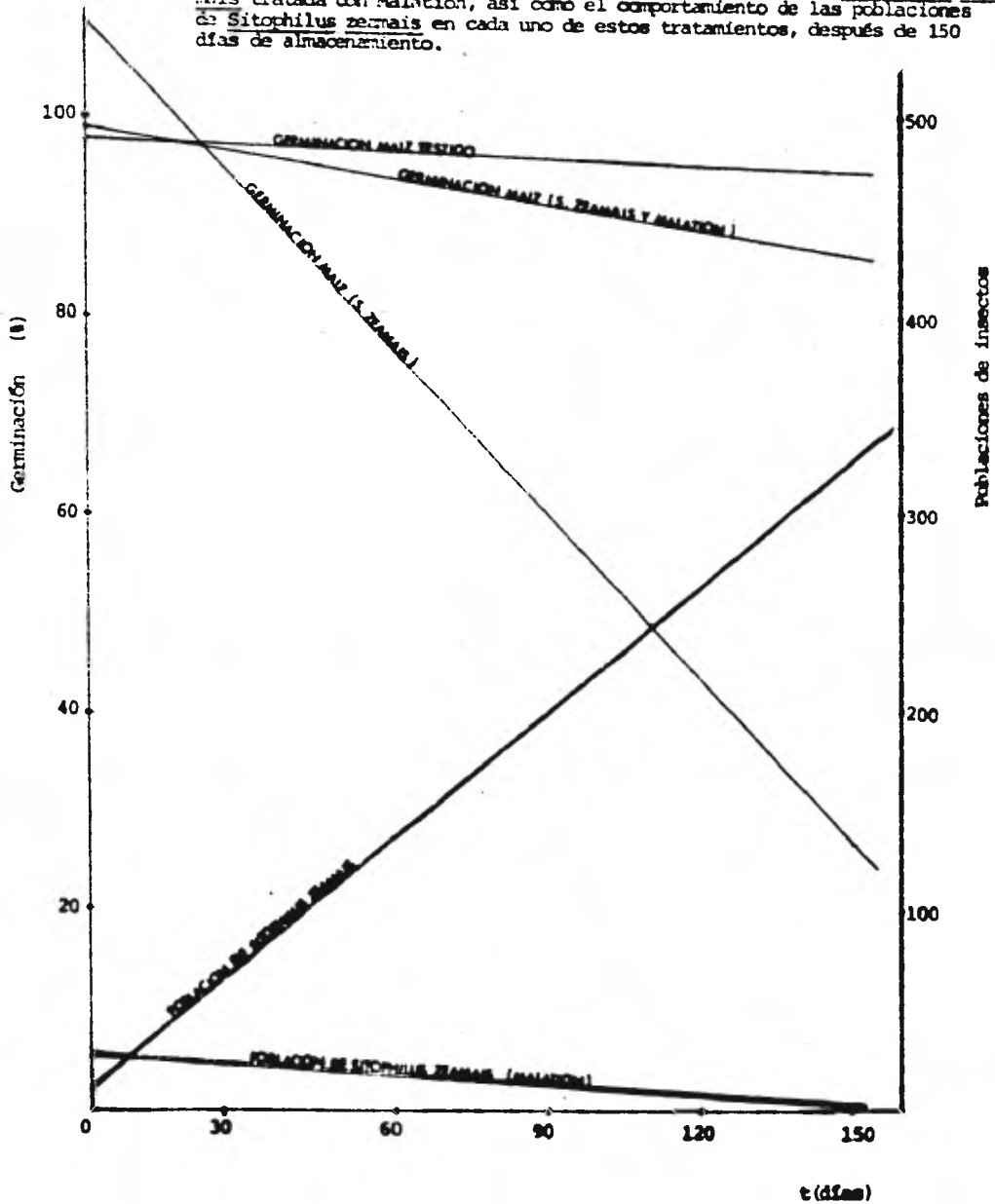
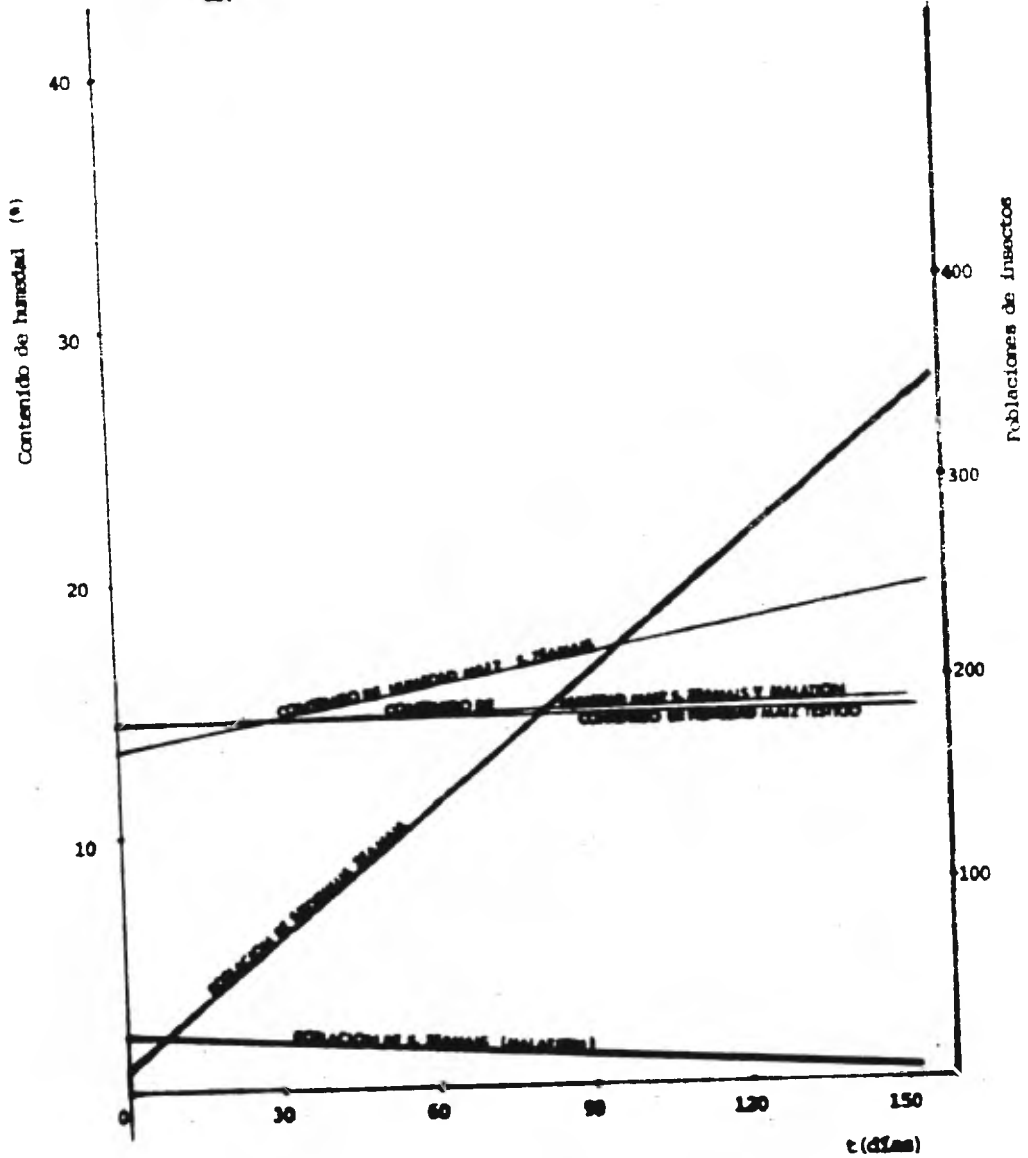


Fig. 9 Relación entre el contenido de humedad de semilla de maíz (Testigo), semilla infestada con *Sitophilus zeamais* y semilla de maíz infestada con *S. zeamais* tratada con Malatión, y el comportamiento de las poblaciones de *S. zeamais* en cada uno de estos tratamientos, después de 150 días de almacenamiento.



Maíz inoculado con Aspergillus spp

En el Cuadro No 4 , se aprecian los resultados de este tratamiento. El inóculo que se le añadió a la semilla prácticamente no tuvo ningún efecto sobre su germinación, debido a que se registro sólo una variación de 98 a 91 %, al finalizar el período de almacenamiento, siendo no significativa esta variación ( Fig 10 y 11)

El contenido de humedad se incrementó sólo un 1 % y los hongos presentes en este caso fueron Aspergillus tamaris, A. glaucus y Penicillium spp, además de Fusarium spp, que permanece invadiendo un 22 % de las semillas. Al igual que en el tratamiento testigo, en este tratamiento, se detectó Penicillium en un 24 % de las semillas, al final del período de almacenamiento. Se supone que también en este caso se debió a la inefectividad del desinfectante utilizado que fue hipoclorito de sodio.(Fig 4)



CUADRO No. 4 Germinación, contenido de humedad y micoflora de semilla de maíz inoculada con Aspergillus spp, almacenada durante 150 días en una humedad relativa de 80 % y a 27 °C.

TIEMPO (días)	GERMINACION (%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	SEMILLAS INVASIDAS POR HONGOS (%)			
			<u>Fusarium</u> spp	<u>Aspergillus</u> <u>tamarif</u>	<u>Aspergillus</u> <u>glaucus</u>	<u>Penicillium</u> spp
0	98	14.0	62	0	0	0
30	97	14.5	50	0	0	0
60	97	14.3	29	0	3	0
90	95	14.7	36	18	0	0
120	95	14.2	23	38	2	0
150	91	15.0	22	37	0	24

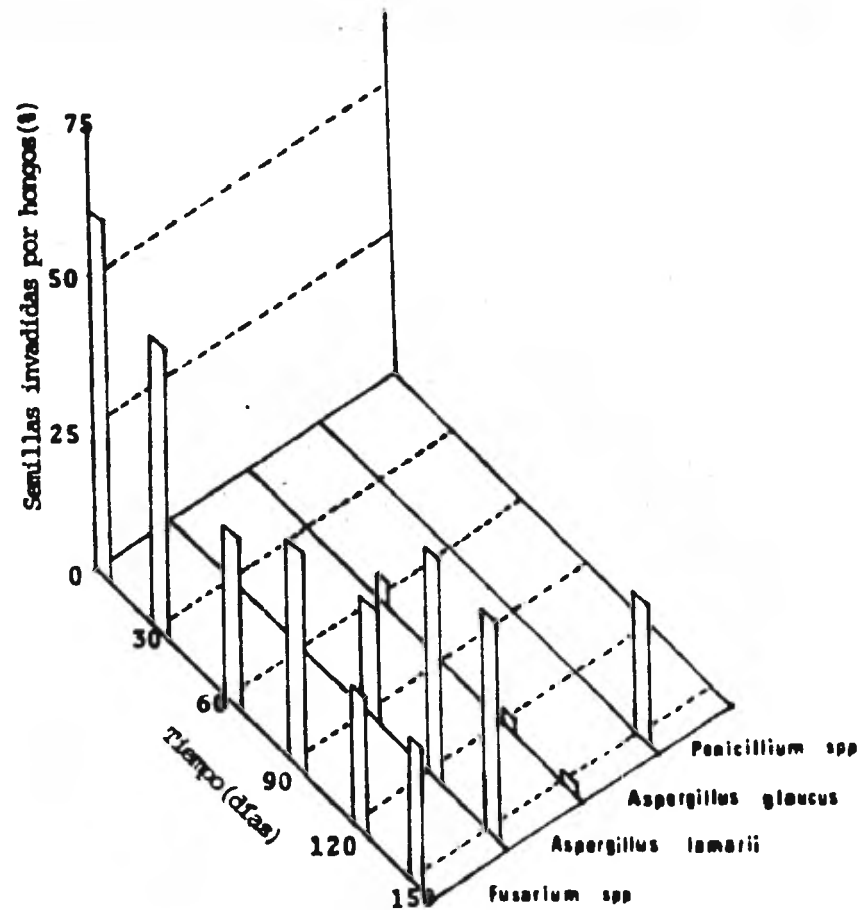


Fig. 4 Micoflora presente en semilla de maiz inoculada con Aspergillus spp, almacenada durante 150 días en una humedad relativa de 80 % y a 27 °C

Mafz inoculado con Aspergillus spp y tratado con "Benomyl"

El comportamiento de este tratamiento se muestra en el Cuadro No 5 , siendo muy semejante al del testigo y al del inoculado con Aspergillus spp.

En este tratamiento se observa la "aparente" acción que tuvo Benomyl como protector de la semilla contra el ataque por hongos de almacén. Se considera aparente porque actualmente no se cuenta con técnicas adecuadas para poder eliminar totalmente los fungicidas de la superficie de la semilla en el momento de "sembrarlas" en el medio de cultivo, lo cual inhibe el desarrollo de los hongos.

El efecto protector de Benomyl en esta prueba de almacenamiento quedó sin comprobarse, ya que la germinación en el tratamiento testigo (Cuadro No. 1 ), al igual que en el inoculado con hongos (Cuadro No 4 ), que no recibieron tratamiento con fungicida, fué igual que la del mafz tratado con fungicida.

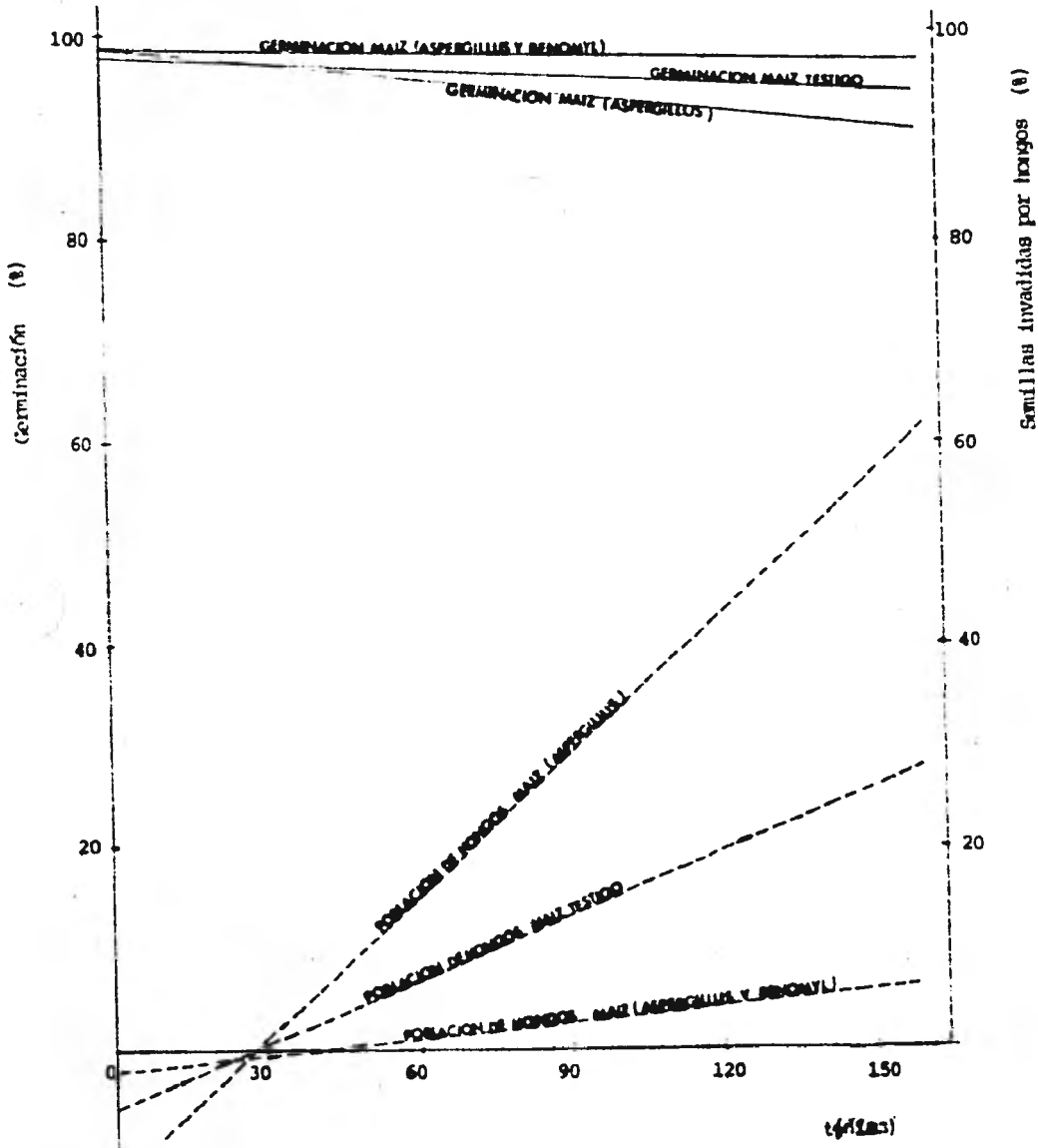
CUADRO No. 5 Germinación, contenido de humedad y micoflora de semilla de maíz inoculada con Aspergillus spp y tratada con "Benomyl", almacenada durante 150 días en una humedad relativa de 80 % y a 27 °C.

TIEMPO (días)	GERMINACION (%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	SEMILLAS INVADIDAS POR HONGOS (%)	
			<u>Fusarium</u> spp	<u>Aspergillus</u> <u>tanarii</u>
0	98	14,0	62	0
30	98	14,6	12	0
60	94	14,2	0	0
90	94	14,8	0	0
120	96	14,0	1	0
150	97	14,9	+	1

- 95 -

+ No se determinó

Fig. 10 Relación entre la germinación de semilla de maíz (Testigo), semilla inoculada con Aspergillus y semilla inoculada con Aspergillus y tratada con Benomil; y el comportamiento de las poblaciones de hongos de almacén en cada uno de estos tratamientos, después de 150 días de almacenamiento.



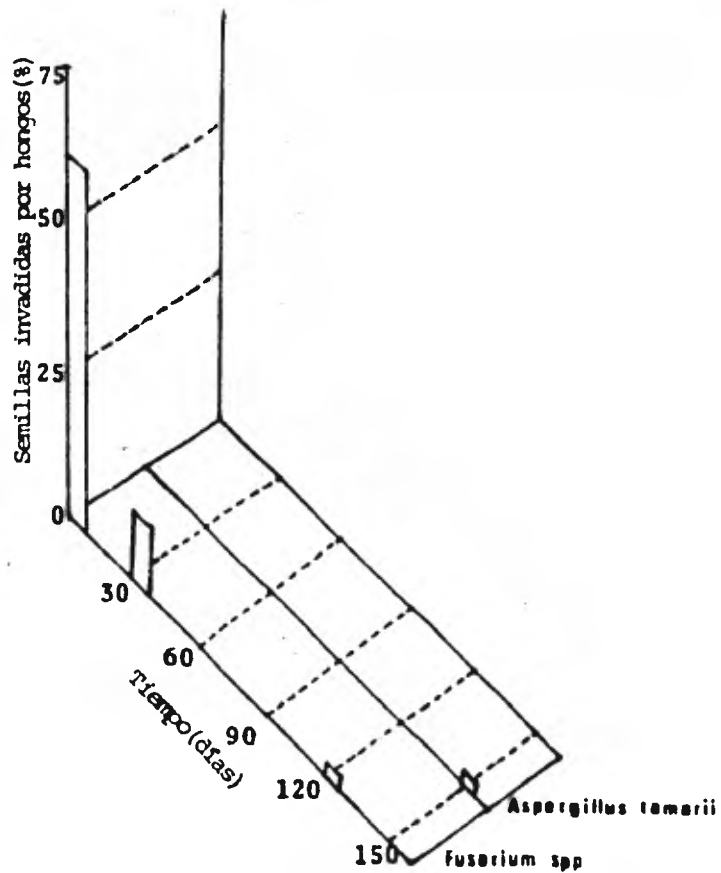
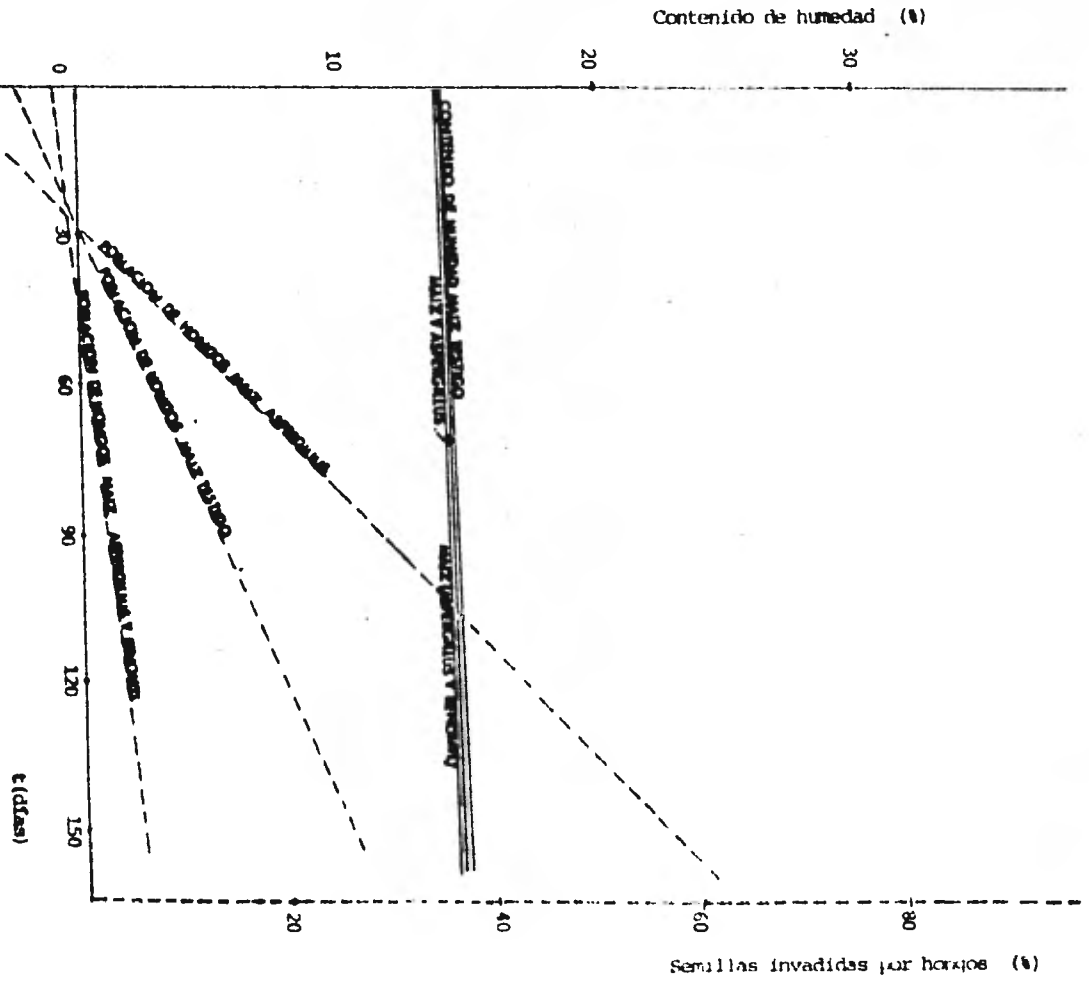


Fig. 5 Micoflora presente en semilla de maíz inoculada con *Aspergillus* spp y tratada con Benomyl almacenada durante 150 días en una humedad relativa de 80 % y a 27 °C

Fig. 11. Relación entre el contenido de humedad de semillas de maíz (Testigo), semillas inoculadas con *Aspergillus* y semillas inoculadas con *Aspergillus* tratadas con Benomyl; y el comportamiento de las poblaciones de hongos de almacenamiento en cada uno de estos tratamientos, después de 150 días de almacenamiento.



Maíz infestado con Sitophilus zeamais e inoculado con Aspergillus spp.

En el Cuadro No. 6 , se puede observar que cuando los hongos e insectos actúan de manera conjunta, el daño que presenta la semilla es más rápido y mayor que cuando actúa cada uno por separado, en este caso la germinación llega a 0 % a los 150 días de almacenamiento; el contenido de humedad se incrementa en un 8 %. La población de insectos también se incrementa llegando a un máximo (296 en promedio ) a los 60 días, manteniéndose casi uniforme a los 120 días y decreciendo a los 150 días (161 en promedio ).(Fig 12 )

La actividad de los insectos hizo que el contenido de humedad se incrementara rápidamente y llegara a niveles de humedad favorables para el desarrollo de Aspergillus tamarit. El hongo A. glaucus no se manifiesta sino hasta que las poblaciones de A. tamarit han disminuido al final de la prueba de almacenamiento. La población de A. tamarit, desaparece a los 150 días, posiblemente esto se encuentre relacionado con la baja de la población de insectos, pero esto no queda muy claro y merece una investigación posterior.(Fig 6 )

Sin duda alguna existe una estrecha relación entre la presencia de los insectos y de los hongos, ya que los insectos se alimentan de la semilla causándole un daño directo y en lo que se refiere a los hongos, van degradando poco a poco los componentes de la semilla haciéndola más



atractiva para los insectos. Sin embargo, llega un momento en que la ac  
tividad de los hongos es mayor que la de los insectos y éstos empiezan  
a morir ya que se establece entre ellos una competencia por el sustrato;  
el número de insectos disminuye y los hongos incrementan sus poblaciones  
tanto en número como en especies presentes.(Fig 13 )

CUADRO No 6

Germinación, contenido de humedad, número de insectos y micoflora de semilla de maíz infestada con Sitophilus zeamais e inoculada con Aspergillus spp, almacenada durante 150 días en una humedad relativa de 80 % y a 27 °C.

TIEMPO (días)	GERMINA CION (%)	C. DE HUME DAD (%)	NUMERO DE INSECTOS	SEMILLAS INVADIDAS POR HONGOS (%)			
				<u>Fusarium</u> spp	<u>Aspergillus</u> <u>tanarii</u>	<u>Aspergillus</u> <u>glaucus</u>	<u>Penicillium</u> spp
0	98	14.0	10	62	0	0	0
30	96	14.2	136	34	2	0	0
60	92	15.0	293	57	46	1	0
90	67	16.6	236	68	63	0	0
120	18	18.6	282	8	75	0	0
150	0	22.2	161	30	9	25	2

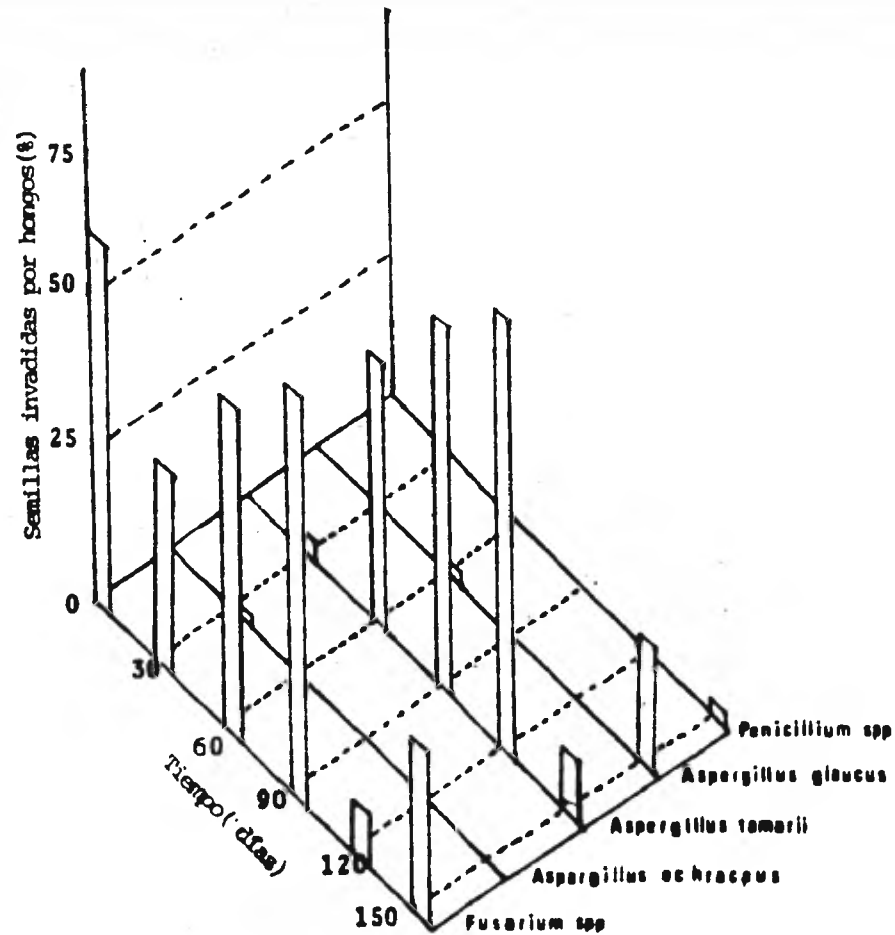
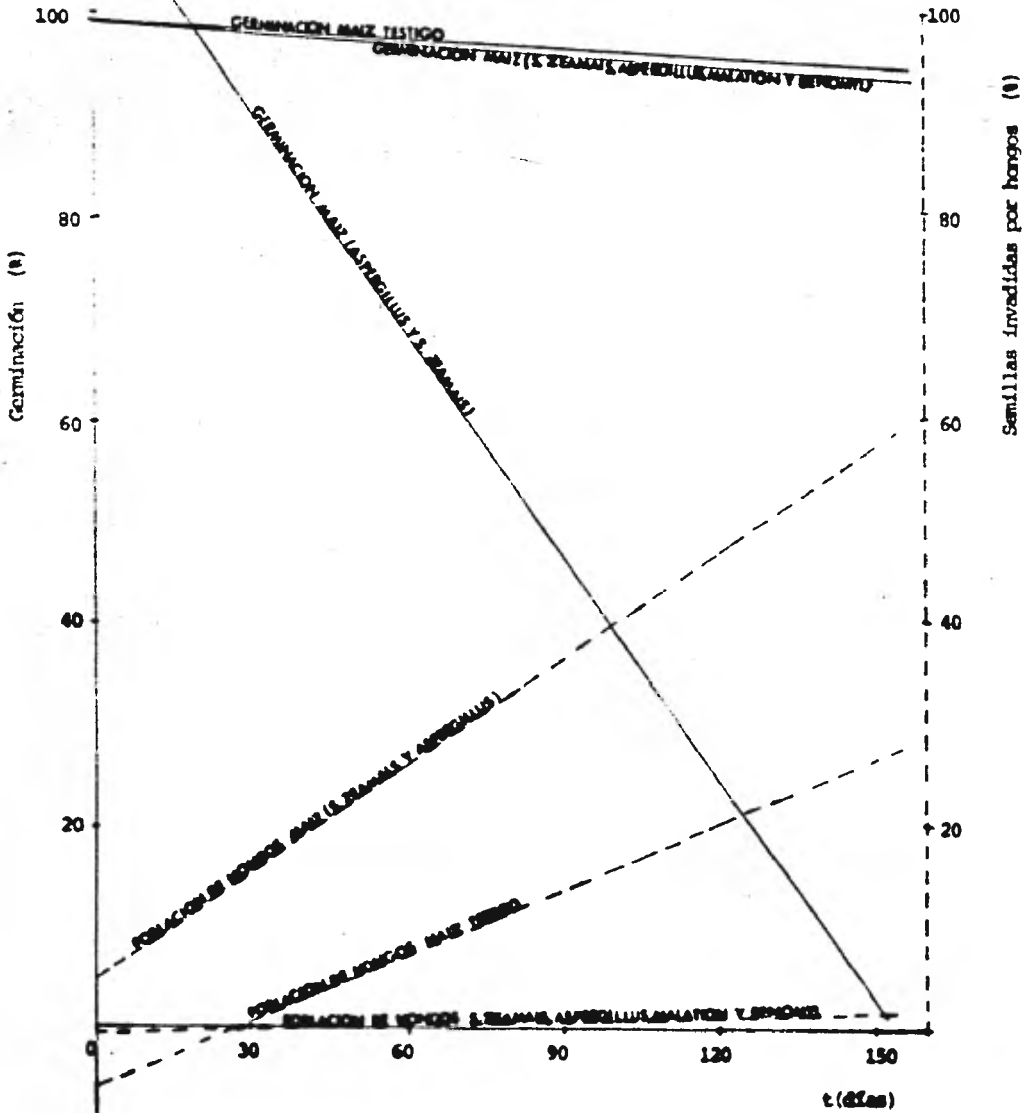


Fig. 6

Micoflora presente en semilla de maíz infestada con *Sitophilus zeamais* e inoculada con *Aspergillus* spp; almacenada durante 150 días en una humedad relativa de 80 % y a 27 °C,

Fig. 12 Relación entre la germinación de semilla de maíz (Testigo), semilla infestada con *Sitophilus zeamais* e inoculada con *Aspergillus* y semilla infestada con *S. zeamais* e inoculada con *Aspergillus*, tratada con Malatión y Benomyl; y el comportamiento de las poblaciones de hongos de almacén, después de 150 días de almacenamiento.



Maíz infestado con Sitophilus zeamais, inoculado con Aspergillus spp y tratado con "Malatión" y "Benomyl".

En el Cuadro No 7 , se observa el comportamiento de este tratamiento, el cual es muy similar al tratamiento testigo, al de maíz inoculado con hongos y al de maíz inoculado con hongos y tratado con Benomyl en lo referente a germinación y contenido de humedad.

Por otra parte la población de insectos disminuye a los 30 días, eleva su número a los 90 días y a los 150 días llega a cero. La micoflora presente estuvo constituida por Aspergillus glaucus, que se presentó a los 150 días en un porcentaje de 3. (Fig 7 y 12 )

En este tratamiento se observa la acción del Malatión como protector de la semilla ante el ataque de insectos, demostrando su efectividad bajo estas condiciones. En el caso de Benomyl como ya se señaló anteriormente, su posible efecto protector quedó sin comprobarse, ya que las condiciones de humedad y el período de almacenamiento no fueron favorables para el desarrollo de los hongos de almacén.

CUADRO No. 7

Germinación, contenido de humedad, número de insectos y micoflora de semilla de maíz infestada con *Sitophilus zeamais*, inoculada con *Aspergillus* spp y tratada con "Malatión" y "Benomyl", almacenada durante 150 días en una humedad relativa de 80 % y a 27 °C.

TIEMPO (días)	GERMINACION (%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	NUMERO DE INSECTOS	SEMILLAS INVADIDAS POR HONGOS (%)	
				<i>Fusarium</i> spp	<i>Aspergillus glaucus</i>
0	98	14.0	10	62	0
30	98	14.3	1	10	0
60	98	13.8	6	1	0
90	96	14.6	14	1	0
120	95	13.7	11	5	0
150	95	14.7	0	+	3

+ No se determinó

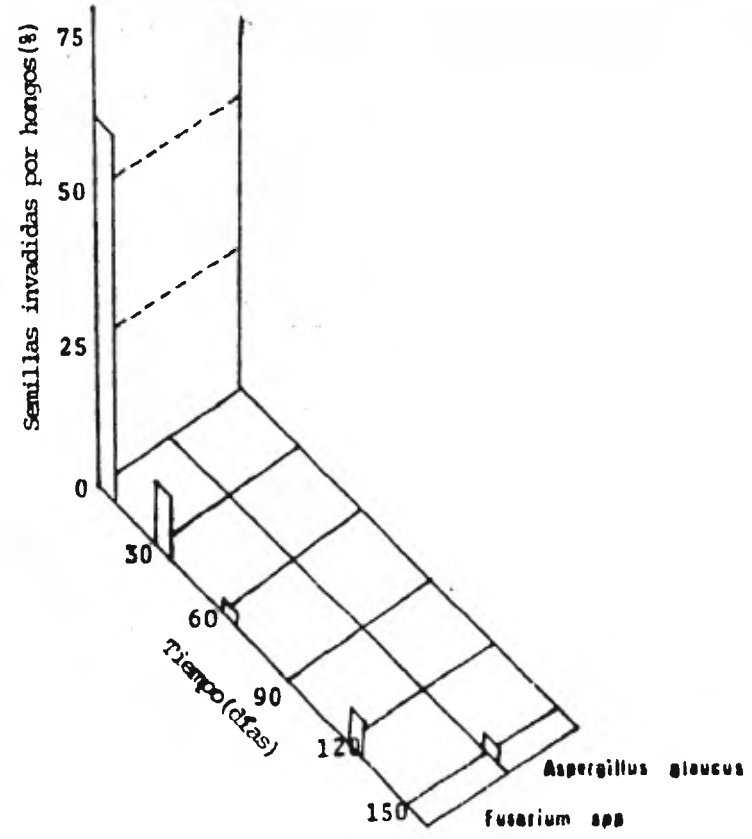


Fig. 7 . Micoflora presente en semilla de maíz infestada con *Sitophilus zeamais*, inoculada con *Aspergillus* spp y tratada con Malatión y Benomyl, almacenada durante 150 días en una humedad relativa de 80 % y a 27 °C.

Fig 13 Relación entre la germinación de semilla de maíz (Testigo), semilla de maíz infestada con *Sitophilus zeamais* e inoculada con *Aspergillus* spp y semilla de maíz infestada con *S. zeamais* e inoculada con *Aspergillus* spp, tratada con Malatión y Benzoyl, y el comportamiento de las poblaciones de insectos en cada uno de los tratamientos, después de 150 días de almacenamiento.

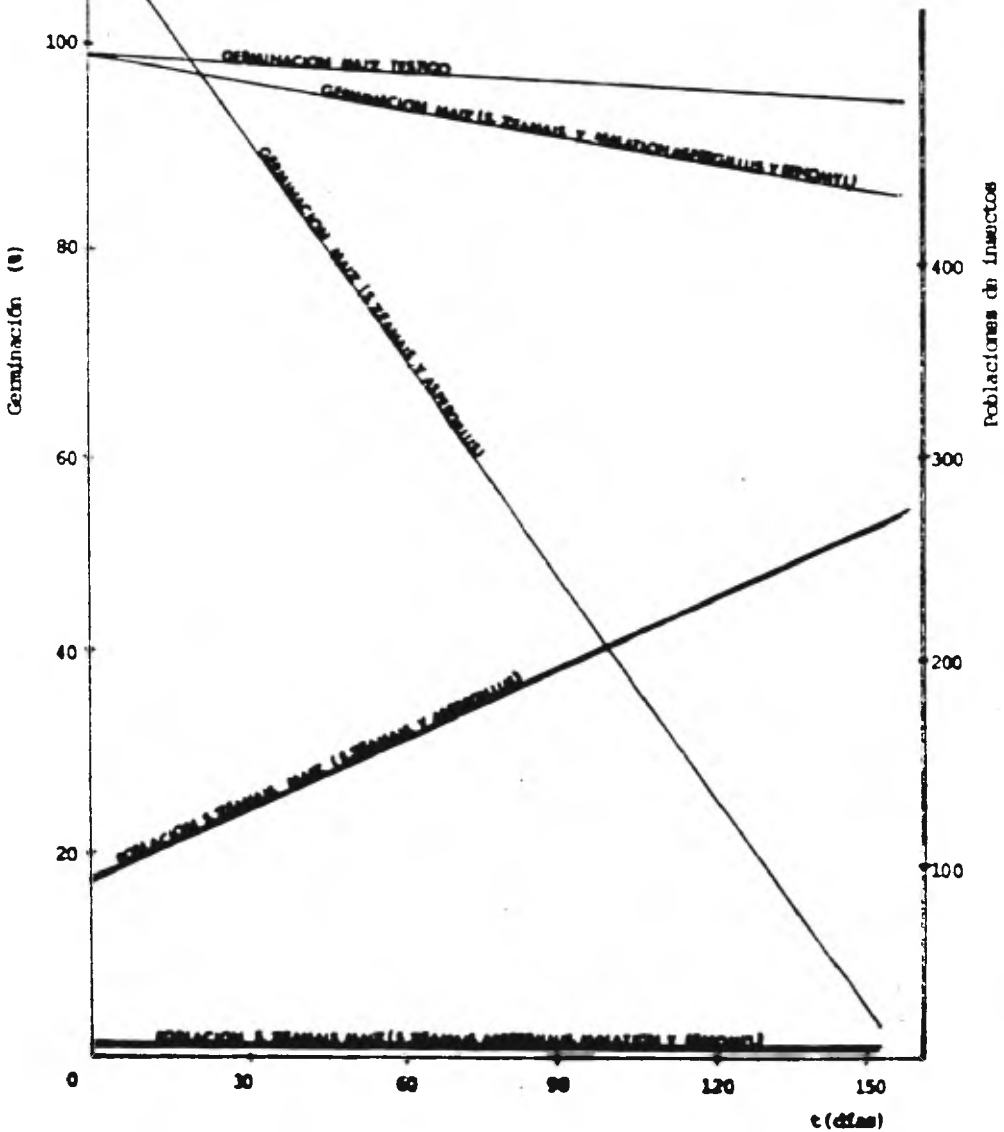




Fig 14 Relación entre el contenido de humedad de semilla de maíz (Testigo), se milla infestada con *Sitophilus zeamais* e inoculada con *Aspergillus* spp tratada con Malatión y Benomyl; y el comportamiento de las poblaciones de insectos en cada uno de los tratamientos, después de 150 días de almacenamiento.

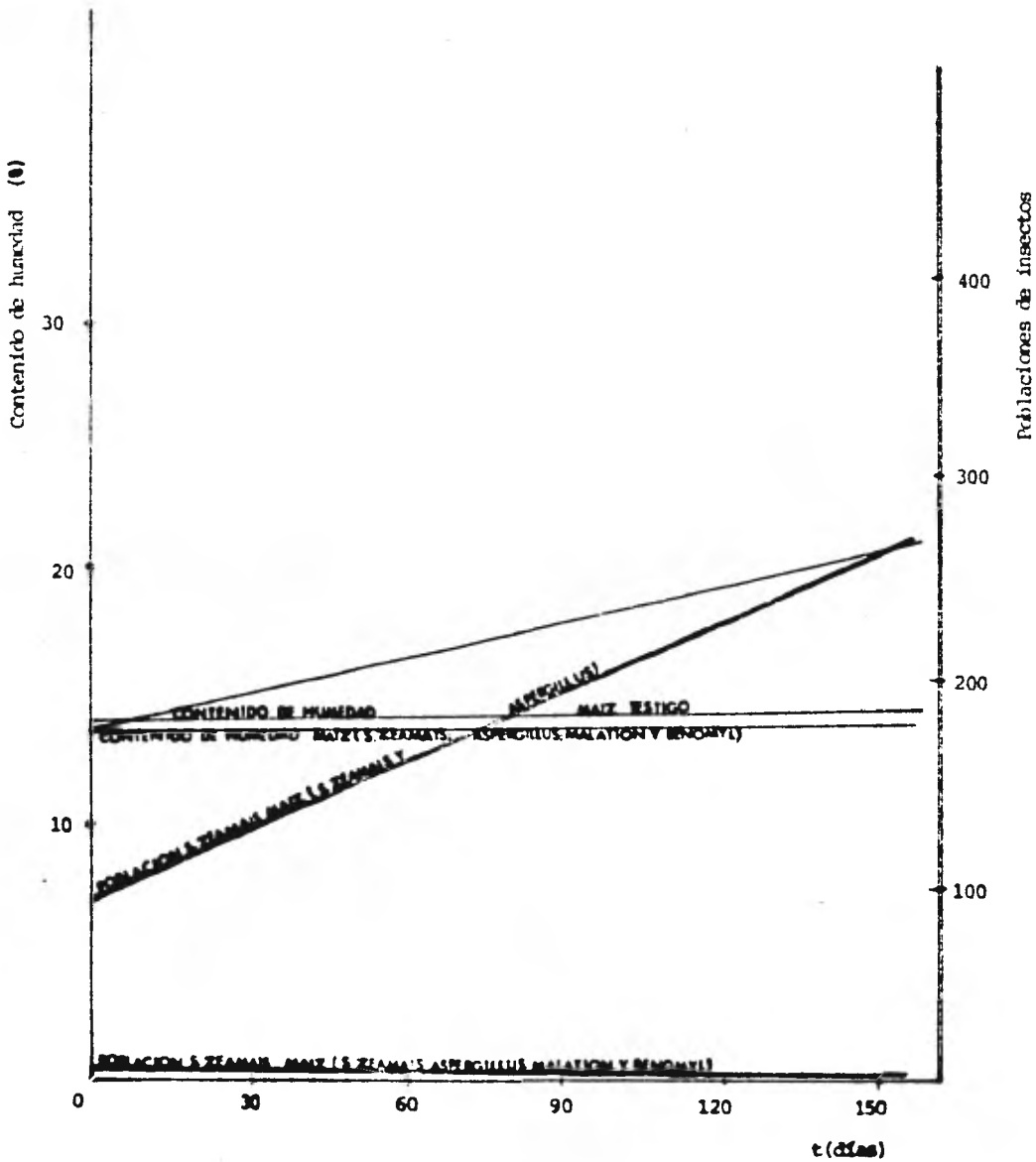
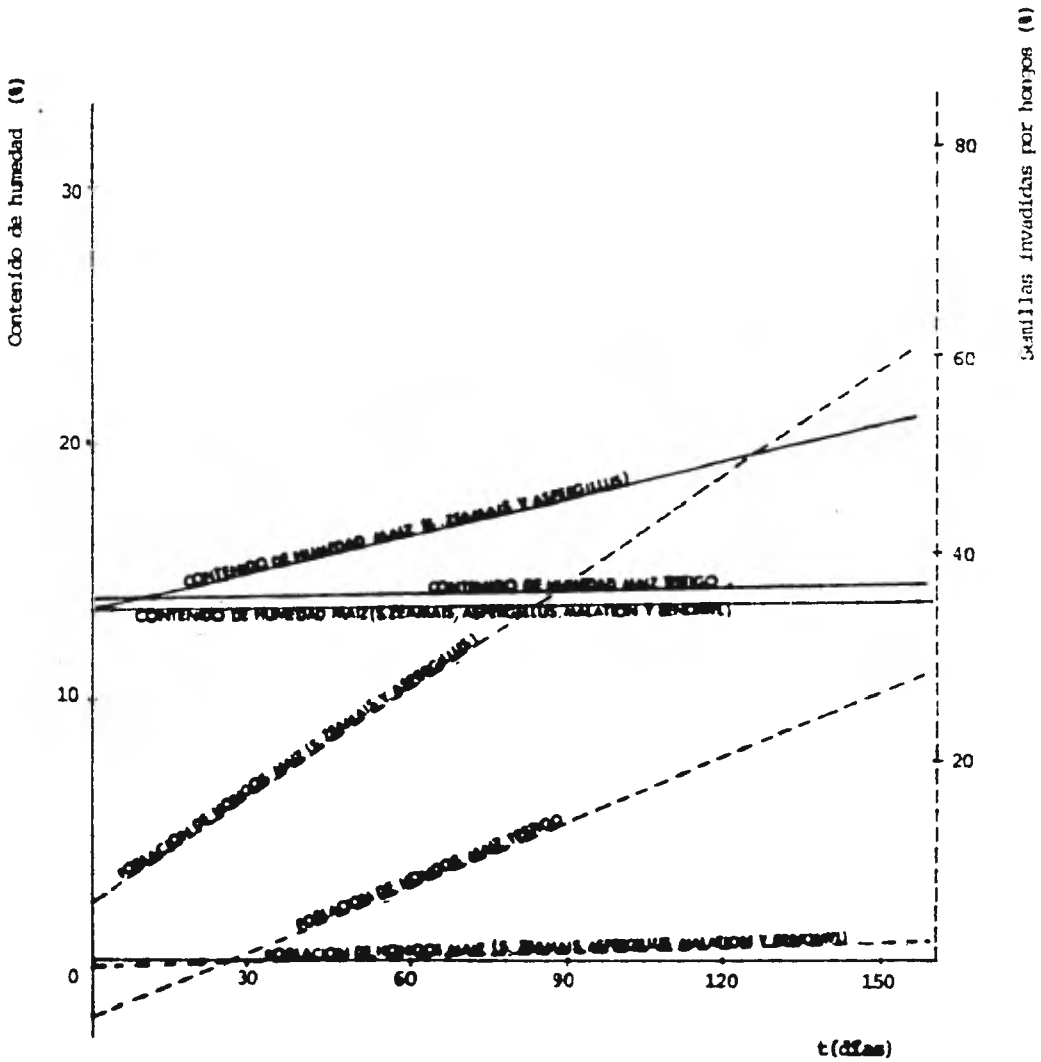


Fig. 15 Relación entre el contenido de humedad de semilla de maíz (Testigo), semilla infestada con *Sitophilus zeamais* e inoculada con *Aspergillus* spp y semilla infestada con *S. zeamais* e inoculada con *Aspergillus*, tratada con Malatión y Benzoyl; y el comportamiento de las poblaciones de hongos de almacén en cada uno de los tratamientos, después de 150 días de almacenamiento.



## CONCLUSIONES

Por los resultados obtenidos en este trabajo se puede concluir para los diferentes tratamientos:

Testigo.- Bajo las condiciones experimentales empleadas se obtuvo un buen almacenamiento del maíz durante 150 días.

Maíz infestado con Sitophilus zeamais M.- La presencia del gorgojo del maíz produjo un grave deterioro de la semilla, ya que la germinación disminuyó hasta un 3 %, haciéndola inadecuada para la siembra, no solamente por el daño directo sino también por su acción favorable para el desarrollo de los hongos de almacén.

Maíz inoculado con hongos del grupo Aspergillus.- Las poblaciones de hongos inoculados provocaron solamente un leve deterioro de la semilla, debido a las condiciones de almacenamiento, un contenido de humedad relativamente bajo y corto período de almacenamiento.

Maíz infestado con Sitophilus zeamais e inoculado con hongos del grupo Aspergillus.- La acción conjunta de hongos e insectos provocó un deterioro más rápido y drástico de la semilla, que en aquellos tratamientos en donde se tuvieron hongos e insectos por separado. Ambos organismos provocaron una disminución de la germinación hasta 0 % y un aumento del contenido de humedad hasta 22.2 %, condiciones que llevaron a la

semilla a un completo deterioro. En este caso se observó más claramente el efecto de los insectos sobre el desarrollo de los hongos de almacén.

Maíz infestado con *Sitophilus zeamais* y tratado con "Malatión".- El efecto del "Malatión" a una concentración de 40 ppm, impidió un buen desarrollo de las poblaciones de insectos, por lo que este tratamiento se comportó como el tratamiento testigo.

Maíz inoculado con hongos del grupo *Aspergillus* y tratado con "Benomyl".- Las poblaciones de hongos de almacén se vieron fuertemente inhibidas por la acción de "Benomyl" a una concentración de 750 ppm. Por lo tanto, este tratamiento también se comportó como el tratamiento testigo.

Maíz infestado con *Sitophilus zeamais*, inoculado con hongos del grupo *Aspergillus*, tratado con "Malatión" y "Benomyl".- En este tratamiento se encontró una probable acción sinérgica del fungicida y del insecticida, ya que se inhibió casi por completo el desarrollo de las poblaciones de hongos e insectos. Este tratamiento es semejante al tratamiento testigo.

En las pruebas preliminares realizadas se encontró que los fungicidas: Captan, Clorotalonil (daconil), Euparen, Captafol (difolatán y TN 80), aplicados a 750 ppa también tienen acción insecticida, ya que causaron mortalidad en las poblaciones de *Sitophilus zeamais* cuando se

alimentaron con maíz tratado con estas sustancias.

Los resultados obtenidos comprueban las hipótesis planteadas para este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Alexopoulos, J.C. y C.W. Mims. 1979. Introductory micology. Third Ed. J. Wiley and sons. N. York.
- 2) Agrawal, N.S., C.M. Christensen and A.C. Hodson. 1957. Grain storage fungi associated with the granary weevil. Jour. of Econ. Entom. Vol 50 #5. Oct.
- 3) Calles, L.H. 1977. Pérdidas de productos agrícolas. G.T.S.T. 27/01
- 4) Christensen, C.M. 1957. Deterioration of stored grain by fungi. Bot. Rev. 23:108-134.
- 5) ————— y L.C. López. 1962. Daños que causan en México los hongos de granos almacenados. INIA. SAG. Folleto técnico # 44. México.
- 6) ————— 1964. Effect of moisture content and length of storage period upon germination percentage of seeds of corn, wheat and barley free of storage fungi. Phytopatol. 54:1464-1466.
- 7) ————— y H. Kaufmann. 1969. Contaminación por hongos en granos almacenados. Ed' Pax. México.
- 8) —————. 1974. Storage of cereal grains and their products. Microflora. 2ª Ed. Chapman y Hall.
- 9) —————. 1978. Fungi and seed quality. Outlook on Agriculture. 9(5): 205-213.
- 10) Cotton, R.T. and H.E. Gray. Preservation of grains and cereal products in storage from insect attack. Cap. 3

- 11) Cotton, R.T., H.H. Walkden, G.D. White and D.A. Wilburg. 1953. Causes of outbreaks of stored grain insects. Kansas. Exp. Stat. Tech. Bull. No 359
- 12) Coutiño de M., B., E. Moreno y M. Zenteno. 1970. Efecto de ciertas condiciones de almacenamiento sobre la viabilidad de la semilla de cebolla y coliflor. Rev. Lat. Amer. Microbiol. 12:109-114.
- 13) De Luca, Y. and J.P. Deuse. 1978. The concept of loss and its definition. Tropical Products Information TPI No 36
- 14) Dirección General de Economía Agrícola. 1980. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México.
- 15) Halstead, D.G. 1973. The rice weevil Sitophilus oryzae (L) and S. zeamais (M), Identification and synonymy. Trop. Stor. Prod. Inf. TPI (5):177-179.
- 16) Harris, K.L. 1978. Situations where losses occur. Trop. Stor. Inf. TPI. No. 36
- 17) Henderson, L.S. and C.M. Christensen. 1961. Post harvest control of insects and fungi seeds. USDA. Yearbook of Agric. 348-356.
- 18) Howe, R.W. 1952. The biology of the rice weevil Calandra oryzae (L) The annals of Applied biology. Vol 39 No. 2:168-180.
- 19) Jamieson, M. y P. Jobber. 1975. Manejo de los alimentos. Vol I-III. Ed. Pax. Mex.
- 20) Johnson, A.G. The role of fungi in the deterioration of grain

in storage Cap 7.

- 21) Kuschel, G. 1961. On problems on synonymy in the Sitophilus oryzae complex (30 Th contribution. Col: Curculionidae). Centro de investigaciones zoológicas. Univ. de Chile. A.M.N.H. Ser 13 Vol 4.
- 22) Moreno, E. M. y C.M. Christensen. 1970. Efecto de la humedad y hongos sobre la viabilidad del maíz almacenado. Rev. Lat. Amer. Microbiol. 12:115-121.
- 23) Munro, J.W. 1966. Pests of stored products. Hutchinson and Co. Publ. London.
- 24) Neergard, P. 1977. Seed pathology. MacMillan, London Vol I.
- 25) Oxley, T.A. The reduction of losses in grain by control of water content. Cap. 8.
- 16) Papavizas, G.C. and C.M. Christensen. 1957. Effect of invasion by stored fungi upon germination of wheat seed and upon development of sick wheat. Grain storage studies XXV. Serial Chemistry 34:350-59.
- 27) Proctor D.L. 1971. An additional aedeagal character for distinguishing Sitophilus zeamais M. from S. oryzae L. Col: Curculionidae. Jour. Stor. Prod. Res. Vol 6 351-352.
- 28) Qaen, S.A. and C.M. Christensen. 1958. Influence of the moisture content, temperature and time on the deterioration of stored corn by fungi. Phytopat. 48:544-549.



- 29) Qasem, S.A. and C.M. Christensen. 1960. Influence of various factors on the deterioration of stored corn by fungi. *Phytopath.* 50:703-709.
- 30) Ramirez, G.M. 1974. Almacenamiento y conservación de granos y semillas. 2ª Impresión. Ed. C.E.C.S.A. México.
- 31) Raper, K.B. and D.I. Fenell. 1965. The genus Aspergillus. The Williams and Dickins Co. Baltimore.
- 32) Shariffi, S. and R.B. Mills. 1971. Radiographic studies of Sitophilus zeamais M. in wheat kernels. *Jour. Stor. Prod. Res.* Vol 7:195-206.
- 33) Sifuentes, S.A. 1977. Plagas de los granos almacenados y su control. INIA. SARH. Folleto de divulgación técnica N.68.
- 34) Sifuentes, S.A. 1979. Pérdidas causadas por insectos en los granos almacenados. *Panagfa.* Vol 7 N.68: 44- 45
- 35) Sikorowsky, P.P. 1964. Interrelation of fungi and insects to deterioration of stored grains. *Whas, St. Univ. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull.* 42:1-35.
- 36) Sinha, R.M. 1961. Insects and mites associated with the hot spots in farm stored grain. *The Canadian Entomol.* Vol XCIII. N.8:609-621.
- 37) —————. 1979. Ecology of microflora in stored grain. *Ann. Technol. Agric.* 28(2):191-209.
- 38) Storey, C.L. and L.A. Bulla. Controlling insects pests in stored grain. *Farm Chemicals* No. , 86-92.
- 39) —————, R.D. Speirs and L.S. Henderson. 1979. Insect con-

trol in farm stored grain. USDA .Farmers Bull.22  
69.

- 40) Tuibe, J.F. y C.M. Christensen. 1957. Grain storage studies XXIII.  
Time of invasion of wheat seed by various spp  
of Aspergillus responsible for deterioration of  
stored grain and source of inoculum of these fun  
gi. Phytopat. N. 47:265-268.
- 41) ----- 1957. Grain storage studies XXIV  
Moisture contet for wheat seed in relation to  
invasion of seed by spp of the Aspergillus glau  
cus group, and effect of invasion upon germina  
tion of the seed. Phytopat.
- 42) U.S. Department of Agriculture. 1965. Stored grain pests. USDA. Far  
mers. Bull. No. 1260:1-45.
- 43) -----, 1978. Stored grain pests. USDA. Agriculture  
handbook No. 500.

## APENDICE

Después de realizar los experimentos relativos a este trabajo, surgió la inquietud de conocer cuál era la significancia de los resultados, para conseguirlo se realizó la Prueba de Tukey.

Esta prueba es aplicable a dos muestras independientes y sirve para indicar si los datos de ambas variables no son iguales o bien si se encuentran distribuidos idénticamente.

Esta prueba ayuda a delimitar el rango de significancia y se considera mejor que otras pruebas debido a que aún cuando incrementa el número de tratamientos, brinda un nivel de protección casi constante.

La fórmula para realizar esta prueba es:

$$S_{\bar{X}} = \sqrt{\frac{Q_m}{r}}$$

$Q_m$  = cuadrado medio del error

$r$  = grados de libertad

Posteriormente se obtiene el mínimo rango de significancia.

$$MRS_{(T)} = \frac{S_{\bar{X}}}{X} R$$

$R$  = valor obtenido en las tablas de Tukey

Número de insectos

TRATAMIENTO	MEDIA	GRUPO
INSECTOS	320.50	A
HONGOS + INSECTOS	219.50	A
TESTIGO	0.0	B
HONGOS	0.0	B
HONGOS + FUNGICIDA	10.0	B
INSECTOS + INSECTICIDA	0.0	B
HONGOS, INSECTOS, FUNGICIDA, INSECTICIDA	0.0	B

$$RES_{(T)} = \sqrt{\frac{3390}{4}} = 29.11$$

$$MRS_{(T)} = (4.62) (29.11) = 134.48$$

Micoflora presente

TRATAMIENTO	MEDIA	GRUPO
HONGOS	73.00	A
HONGOS + INSECTOS	68.00	A
TESTIGO	43.00	A
INSECTOS + INSECTICIDA	27.00	A
INSECTOS	13.00	A
HONGOS, INSECTOS, FUNGICIDA, INSECTICIDA	3.00	B
HONGOS + FUNGICIDA	1.00	B

$$RES_{(T)} = \sqrt{\frac{730.286}{4}} = 13.511$$

$$MRS_{(T)} = (4.62) (13.511) = 622.42$$

Después de realizar las pruebas de Tukey se encontró para Germinación:

TRATAMIENTO	MEDIA	GRUPO
HONGOS + FUNGICIDA	96.75	A
HONGOS, INSECTOS, FUNGICIDA, INSECTICIDA	95.25	A
TESTIGO	94.25	A
HONGOS	91.00	A
INSECTOS + INSECTICIDA	86.25	A
INSECTOS	22.75	B
HONGOS + INSECTOS	0.75	B

$$RES_{(T)} = \sqrt{\frac{226.9761}{4}} = 7.532$$

$$MRS_{(T)} = (4.62) (7.532) = 34.79$$

Lo que significa que todos los tratamientos que pertenecen al grupo A son significativamente diferentes de los grupos B, en todos los casos

#### CONTENIDO DE HUMEDAD

TRATAMIENTO	MEDIA	GRUPO
HONGOS + INSECTOS	22.17	A
INSECTOS	20.97	A
TESTIGO	15.17	B
HONGOS	15.0	B
HONGOS + FUNGICIDA	14.95	B
INSECTOS + INSECTICIDA	14.82	B
HONGOS, FUNGICIDA, INSECTOS, INSECTICIDA	14.72	B

$$RES_{(T)} = \sqrt{\frac{2.1327}{4}} = 0.730$$

$$MRS_{(T)} = (4.62) (0.730) = 3.372$$