

0038113

2eq



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

MANEJO INTEGRADO DE LAS PLAGAS DEL MAIZ  
ALMACENADO A NIVEL RURAL EN EL ESTADO  
DE MORELOS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS  
(B I O L O G I A)

P R E S E N T A:

LUIS JORGE GUTIERREZ DIAZ

MEXICO, D.F.

1998

267067

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



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.



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

MANEJO INTEGRADO DE LAS PLAGAS DEL MAIZ  
ALMACENADO A NIVEL RURAL EN EL ESTADO  
DE MORELOS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE

DOCTOR EN CIENCIAS

(B I O L O G I A)

P R E S E N T A:

LUIS JORGE GUTIERREZ DIAZ

DIRECTOR DE TESIS: DR. ERNESTO MORENO MARTINEZ  
CODIRECTOR: DRA. JULIETA RAMOS ELORDUY

## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Ernesto Moreno Martínez y a la Dra. Julieta Ramos Elorduy, por la dirección del trabajo y por el continuo apoyo que me brindaron durante el desarrollo del mismo.

A los Doctores: Antonio Turrent Fernández y Alfonso Neri García Aldrete, por la supervisión del trabajo en sus diferentes etapas, por la revisión del manuscrito y por sus acertados consejos.

A los Doctores: Nora Galindo Miranda, Santiago Zaragoza Caballero, y Manuel Artemio Balcazar Lara, por el apoyo, consejos y recomendaciones que me brindaron.

A los Doctores: Rodrigo Aveldaño y Raúl Ovando, autoridades del INIFAP, por el apoyo y facilidades que me otorgaron para lograr concluir mis estudios doctorales.

Al M.C. Julian Cabrera y el Ing. José Avila, del Campo Experimental de Zacatepec, por las facilidades y el apoyo que me brindaron durante el desarrollo de la presente tesis.

Al Ing. Hugo Balandra, responsable de los Becarios de la Región Centro del INIFAP, por el apoyo que me brindo en diferentes trámites y además que gracias a él, logre la beca para desarrollar la tesis.

Al Ing. Rodolfo Vergara, por su invaluable apoyo en diferentes fases del trabajo.

Al CONACyT, en particular al Lic. Victoriano Pagoaga, por su apoyo y las atenciones que tuvo conmigo durante los diferentes trámites.

A la Dra. Michelle Poulenc, de la Universidad de Calgary, por el apoyo y las facilidades que me brindó en su laboratorio.

Al personal del Laboratorio de Química Orgánica del Postgrado de la Facultad de Química de la UNAM, por el apoyo y facilidades que me brindaron para la extracción e identificación de los volátiles del maíz. A la Dra. Marta Albores por la dirección del trabajo, a Elvia Reynoso y Javier Alfán por su ayuda y orientación, a Elba Rojas y Paty Elizalde por la fase de cromatografía, a la Dra Alicia Negrón, del I de Energía Nuclear, a Jaquelin Saenz por la realización de la tesis en la identificación de los volátiles.

Al Dr. Moshe Calderón, de la Universidad de Tel Aviv, por sus consejos y apoyo.

A todos los colegas del Instituto de Ecología y Sistemática de la Habana, por las facilidades y atenciones que me ofrecieron durante mi estancia en dicho Instituto, en especial a Ileana Fernández, Rosana, Nayla, Nereida, Marta, Naomi, Alfredo y mi paisano Hector.

Al Arq. Jorge Roman, y la MC. Cecilia Tortajada por la revisión del trabajo y por todo el apoyo brindado

Al Dr. Juan Antonio Sifuentes, Entomólogo del INIFAP, por todo su apoyo y palabras de aliento. Al Dr. Sergio Jiménez Ambríz por permitir utilizar datos en proceso de publicación.

A todos los compañeros del Campo Experimental de Zacatepec, trabajadores, administrativos, secretarias e investigadores por el incondicional apoyo que siempre me han brindado.

A los compañeros del laboratorio de Entomología de Campo Experimental de Zacatepec: Atala, Mariela, Martha, Genaro, Lupe y Amado, por el apoyo que siempre me han brindado, de igual forma al Ing. Artemio Campos por todo el apoyo en investigaciones que sirvieron de sustento al presente trabajo.

De manera especial a mi compañero de trabajo, Luis Ocampo Rogel, por su trabajo, amistad y lealtad.

## DEDICATORIA

A mi hijo, que le dio un significado especial a mi vida.

A mi familia:

José Guadalupe Gutiérrez Escobar  
Ana María Díaz Gómez

Rosa Elena y familia  
Luz María y familia  
José Gabriel y familia  
Antonio y familia  
José Carlos y familia  
Alejandra Olivia y familia  
José Manuel y familia  
Mario Alberto y familia  
Ana Guadalupe y familia

A mis ahijados:

Brenda y Mario Alberto.

A mis tías:

Mercedes y Herlinda.

A las mamás de mi hijo:

Lourdes y Claudia.

## CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	i
INDICE DE FIGURAS	ii
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
I. INTRODUCCIÓN	3
II. OBJETIVOS	5
III. ANTECEDENTES	6
3.1. LAS PLAGAS DE ALMACÉN	6
3.1.1. Tipos de plaga que dañan los granos	6
3.1.2. Vertebrados (Aves y Roedores)	6
3.1.3. Artrópodos	9
3.1.3.1. Ácaros	10
3.1.3.2. Insectos	11
3.1.4. Daños y pérdidas	13
3.1.4.1. Daños por pájaros	14
3.1.4.2. Daños por roedores	16
3.1.4.3. Daños por insectos	16
3.1.4.3.1. Clasificación de los insectos según el tipo de daño	17
3.1.4.3.1.1. Niveles de daño o jerarquías	18
3.1.4.3.1.2. Importancia según la región	18
3.1.4.3.1.3. Tipos de daños que causan los insectos	19
3.1.4.3.1.4. Factores para asignar importancia	20
3.1.4.3.1.5. Descripción de daño por especie	21
3.1.4.3.1.6. Tipos de pérdidas causados por insectos y su evaluación	23
3.1.4.4. Pérdidas poscosecha en México	25
3.1.4.5. Consideraciones sobre daños y pérdidas	27
3.1.5. Métodos de control	27
3.2. El maíz	39
3.2.1. Origen	39
3.2.2. Importancia	39
3.2.3. Factores que intervienen en la conservación	40
3.2.4. Almacenamiento del maíz	42
3.2.4.1. Almacenamiento hermético	45

	Página
3.3. El maíz y los insectos de almacén	45
3.3.1. Factores genéticos y la conservación del maíz	45
3.3.2. La fecha de siembra y los insectos de almacén	46
3.3.3. Manejo del cultivo y los insectos de almacén	46
3.3.4. Madurez fisiológica del maíz y los insectos de almacén	47
3.3.5. Secado de campo del maíz y los insectos de almacén	47
3.3.6. El secado en techo y los insectos de almacén	47
3.3.7. El desgrane y los insectos de almacén	48
3.3.8. La forma de almacenamiento y los insectos de almacén	48
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	49
4.1. Características de la región de estudio	49
4.1.1. Datos geográficos sobre el estado de Morelos	49
4.1.2. El maíz en el estado de Morelos	51
4.1.3. Prácticas precosecha en el estado de Morelos	52
4.1.4. Cosecha y pre-almacenamiento del maíz en Morelos	52
4.1.5. Almacenamiento rural del maíz en Morelos	53
4.1.6. Control de las plagas de almacén en Morelos	54
4.1.7. Problemática socioeconómica del maíz en Morelos	54
V. RESULTADOS (ARTÍCULOS)	55
5.1. Mecanismos de dispersión e infestación de los insectos que dañan el maíz almacenado en el estado de Morelos, México	56
5.2. Avances sobre la identificación de los volátiles del maíz y evaluación del efecto atrayente sobre <i>Sitophilus zeamais</i>	67
5.3. Efecto de las prácticas precosecha sobre la reducción de las pérdidas durante el almacenamiento del maíz	79
5.4. Efecto de la forma de secado de las mazorcas de maíz sobre los insectos de almacén	86
5.5. Evaluación de cinco variantes de almacenamiento de maíz a pequeña escala en el estado de Morelos, México	102
VI. DISCUSIÓN GENERAL	116
VII. CONCLUSIONES GENERALES	121
VIII. CONSIDERACIONES FINALES	123
IX. RECOMENDACIONES	125
X. LITERATURA CITADA (General)	126
XI. ANEXO	134

## INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Algunas de las especies de aves que causan daños en los cultivos de Norteamérica	6
Cuadro 2. Aves que causan daños a la agricultura en Argentina	7
Cuadro 3. Aves que causan daño a los granos en el estado de Morelos	8
Cuadro 4. Roedores que causan mayor daño a los granos almacenados en México	9
Cuadro 5. Grupos de artrópodos asociados a los granos almacenados.	10
Cuadro 6. Órdenes y familias de los insectos asociados a los productos de pre y poscosecha	11
Cuadro 7. México en comparación con los principales productores de maíz	40
Cuadro 8. Contenido de humedad de equilibrio del maíz	42
Cuadro 9. Tipos de graneros tradicionales de México	44
Cuadro 10. Producción de maíz de 1993 a 1997	51

## INDICE DE FIGURAS

	Página	
Figura 1.	Tipos de daño que causan los insectos en los granos almacenados	19
Figura 2.	Ubicación de la zona de estudio	50
Figura 3.	Aspecto de la cosecha tradicional "Pizca"	134
Figura 4.	Aspecto del maíz próximo a la cosecha	134
Figura 5.	Cosecha total, incluyendo las mazorcas pequeñas y/o muy dañadas (molquites)	135
Figura 6.	En primer plano el ápice de una mazorca con buena cobertura En segundo plano una mazorca con muy buena cobertura	135
Figura 7.	Maíz mostrando la práctica "zacateo"	136
Figura 8.	Mazorcas mostrando la práctica "dobla"	136
Figura 9.	Dispositivo utilizado para extraer los volátiles de los granos del maíz	137
Figura 10.	Garrafón de cristal utilizado en la extracción de los volátiles del maíz y como referencia en las pruebas de almacenamiento	137
Figura 11.	Aspecto de una de las pruebas utilizadas para la evaluación de los tipos de secado	138
Figura 12.	Equipo utilizado para moinitorear los factores ambientales durante las pruebas de secado	138
Figura 13.	Aspecto del bidón semi-hermético, utilizado durante los experimentos de almacenamiento	139
Figura 14.	Troje utilizada para observar los hábitos de vuelo de los insectos de almacén y para alojar el maíz encostalado	139
Figura 15.	Mazorcas dañadas por el pájaro denominado localmente "tordo o urraco"	140
Figura 16.	Vista lateral del "urraco" <i>Quiscalus mexicanus</i>	140
Figura 17.	Daño por el ratón casero <i>Mus musculus</i>	141
Figura 18.	Diferentes niveles de daño causado por insectos de almacén	141
Figura 19.	Apariencia general del gorgojo del maíz <i>Sitophilus zeamais</i>	142
Figura 20.	Detalle de la parte anterior de <i>Sitophilus zeamais</i>	142

## RESUMEN

En México no existe un consenso respecto a la magnitud de las mermas durante la poscosecha de granos; la FAO estima entre 10 y 25% de pérdidas para México. En el estado de Morelos durante el almacenamiento se pierde del 18 al 22% de granos por acción conjunta de plagas y patógenos, que además merman la calidad de los productos. Para evitar las pérdidas en maíz almacenado a nivel mundial se está trabajando en diversas áreas, la mayoría tendientes al establecimiento de sistemas integrados y a la reducción en el uso de plaguicidas.

El objetivo del trabajo fue analizar los factores que intervienen en la infestación del maíz almacenado, así como determinar el efecto que presentan las prácticas precosecha, la forma de secado y el tipo de almacenamiento sobre la reducción de las pérdidas.

El trabajo consistió en evaluar:

- a) mecanismos de dispersión-infestación de las plagas de almacén;
- b) efecto atrayente sobre *S. zeamais*, e identificación de los volátiles de los granos del maíz;
- c) prácticas precosecha;
- d) formas de secado rural de las mazorcas;
- e) almacenamiento hermético.

Los resultados muestran, que por deficiencias en la cosecha, se abandonan mazorcas en el campo, que además de representar una pérdida directa, funcionan como fuentes de propagación de las plagas. Se comprobó que los insectos de almacén, no infestan los granos de las mazorcas que no lograron la madurez fisiológica; cuando se expusieron mazorcas maduras ingresaron los insectos, incluso si las mazorcas se encontraban cubiertas por tela de color oscuro, lo cual demuestra que los insectos de almacén utilizan principalmente mecanismos "olfativos" para localizar y posteriormente infestar los granos de maíz. En los análisis de laboratorio, se encontró que los volátiles del maíz podían ser capturados en sílica gel y florisil, al exponer estos materiales con volátiles mostraron un efecto atrayente sobre *S. zeamais*; por medio de estudios de cromatografía de gases se lograron identificar compuestos como cariofileno, geranil acetona, geraniol, naftaleno, limoneno y octanol. Las prácticas precosecha presentaron un efecto sobre las pérdidas durante la etapa de almacenamiento, la "dobla" ayudó en la reducción de pérdidas y tuvo efectos positivos en la conservación de la calidad del grano, efecto que incrementa en mazorcas con cobertura completa. En la fase de secado se observó que las mazorcas asoleadas con brácteas presentaban mayor protección al daño por pájaros y se encontró que el tipo de base utilizado para el secado de las mazorcas influye sobre la infestación y calidad del grano, resultando el mejor tratamiento "asoleo sobre malla".

En la evaluación de almacenamiento, resultó ser el mejor tratamiento el "Bidón semi-hermético" superando ligeramente al "Granero subterráneo".

Las prácticas evaluadas son una alternativa para disminuir las pérdidas a nivel de pequeño productor, que además de ser baratas, son fáciles de adoptar, no se requiere de alta tecnología, ni de aplicación de insecticidas; la eficiencia se puede reforzar seleccionando para semilla sólo mazorcas con cobertura completa, realizar periódicamente cribado y quema de residuos, proteger y promover el incremento de los enemigos naturales de las plagas de almacén.

## ABSTRACT

Due to the increase of losses of stored maize world-wide, most attention has been given to the development of integral management systems and reduction in the use of pesticides. In Mexico, while there is no national consensus regarding post-harvest losses of grains, FAO calculates losses of 10-25% for the country. In the state of Morelos, 18-22% of grains are lost during their storage due to pathogens, which also affect severely the quality of the grains.

The objective of this research was to analyse the factors which affect the infestation of stored maize. The effect of the post-harvest practices, drying practices and effect of the type of storage on the reduction of losses was also studied.

The following issues were evaluated:

- a) different mechanisms of infestation of pest-stored grains;
- b) attraction effect on *S. zeamais*, and identification of the volatile agents of maize;
- c) pre-harvest practices;
- d) drying practices of rural-stored grains; and
- e) hermetic-type storage.

The results demonstrated that when ears are left behind in the field, they become reservoirs and means of transportation for pests. It was also shown that storage insects do not infest ears which are not mature from the physiological viewpoint, and that storage insects are guided to the ears by their smell.

Pre-harvest practices resulted in the reduction of losses during storage. "Bending", for example, helped to improve the quality of the grain, mainly when the ears have complete coverage. The way in which the grains were dried up also influenced the rate of infestation of the grains as well as its quality, being the best method, "sunny on mesh". During drying phase, ears with coverage were less damaged by birds.

At the rural level, the best storage-type was the "semi-hermetic container", in comparison with the "underground granary" already tested in this region of the country.

The results show that the timely application of pre-harvest practices and drying systems represent an alternative for small-scale producers to reduce significantly their losses. These practices are cheap and easy to apply. The efficiency of these methods can be improved if management practices are also implemented.

## I INTRODUCCIÓN

Según Arias (1995), en el ámbito mundial existe una tendencia generalizada a disminución del número de personas dedicadas a la agricultura. En los países tecnológicamente desarrollados el porcentaje de personas dedicadas a la agricultura se ha reducido al 7.52% y en Norteamérica al 2.48% mientras que en los países en desarrollo este porcentaje es alrededor del 55.38%. En los países desarrollados, aunque la población dedicada a la agricultura ha disminuido, la producción agrícola se ha incrementado lo suficiente como para suplir sus necesidades y para exportar excedentes y, de esa manera, controlar el mercado mundial de alimentos. Esta situación ha influido en gran medida en el desarrollo de la agricultura de los países en desarrollo; lo anterior, porque la producción local tiene que competir en un mercado que ha sido deformado por la influencia de los grandes exportadores de alimentos.

En el caso de los cereales, el 7.5% de la población de los países desarrollados produjo, en 1992, cerca de 837 millones de toneladas de granos, mientras que en los países en desarrollo, el 55.38% de la población produjo 1, 042 millones de toneladas, una cantidad ligeramente superior en forma global, pero marcadamente inferior por habitante. En general, se puede decir que todos los países de América Latina tienen capacidad insuficiente para almacenar su producción agrícola, aunque en Argentina y Brasil se reporte una capacidad global que excede los volúmenes de producción.

Al igual que en la producción, en el almacenamiento se pueden diferenciar dos grandes sectores, aquel que está destinado a almacenar grandes volúmenes de granos para abastecer a los centros urbanos, a la industria de alimentos, de las importaciones y exportaciones. Las estructuras de almacenamiento, por lo general, están constituidas por silos y bodegas que, en teoría son adecuadas para la conservación de los productos que se almacenan. Sin embargo en la realidad adolecen de algunas deficiencias en su construcción, equipamiento para movilizar y para beneficiar los granos. También hay falta de personal debidamente capacitado para la operación, administración y el control de plagas. En el caso de las instalaciones de carácter gubernamental, es común encontrar que algunas de ellas fueron construidas por razones políticas en lugares que muchas veces dificultan su operación.

A nivel del pequeño y mediano productor, los sistemas de almacenamiento se caracterizan por la poca capacidad para almacenar sus cosechas, por la diversidad de estructuras tradicionales que ofrecen poca protección a los granos y por el desconocimiento casi total de las tecnologías para secar, beneficiar y proteger sus cosechas de las plagas.

Los recientes cambios climáticos generados por el fenómeno del "niño" han repercutido dramáticamente en la producción de granos, pero independientemente del mencionado fenómeno, la producción de maíz en la última década ha sido errática y por lo regular deficiente, propiciando que la demanda nacional sea cubierta con grano barato pero de mala calidad. El problema tiene sus orígenes: además de la reducción de las áreas destinadas al cultivo, en el atraso que vivimos en cuanto a las técnicas de producción y conservación, lo cual repercute en altos costos de producción, lo que hace cada vez menos rentable el cultivo del maíz particularmente para los pequeños y medianos productores.

Entre los diversos motivos que provocan la baja rentabilidad del cultivo se encuentra la acción de las plagas que lo dañan durante la siembra, desarrollo y poscosecha, sufriendo fuertes pérdidas (15%) durante la etapa de llenado, por ataque de pájaros y mayor aún durante el almacenamiento donde comúnmente se pierde del 18 al 22% por acción conjunta de plagas y patógenos, que además merman la calidad de los productos.

Para evitar las pérdidas en maíz almacenado se han logrado importantes avances, como el desarrollo de diversos plaguicidas. En su momento éstos cumplieron el objetivo, e incluso actualmente se depende casi exclusivamente de ellos, pero lamentablemente el costo ecológico y sobre la salud humana ha sido muy alto, por lo que se están buscando nuevas alternativas que controlen las plagas sin dañar el ambiente y la salud humana. Se ha demostrado que existen variedades de maíz que son menos dañadas por las plagas, pero aún no existe alguna que resuelva plenamente el problema, de igual forma se ha determinado que al variar la fecha de siembra puede disminuir la infestación por insectos. Por otro lado, incluso en la actualidad se puede ver que productores de América Latina realizan prácticas precosecha con el fin de evitar problemas de pudrición de los granos. Respecto a la conservación, tradicionalmente se han utilizado hierbas y polvos naturales como cal, ceniza y chile quemado para evitar el daño por las plagas de almacén.

Actualmente en el ámbito mundial se experimenta activamente el uso de plantas silvestres para matar o repeler las plagas de almacén. De manera especial se pueden mencionar los esfuerzos que se realizan para utilizar los enemigos naturales y controlar las poblaciones de los insectos de almacén, tema que por intereses económicos o falta de visión durante un tiempo se evitó investigar.

Considerando la cantidad de insecticidas en el mercado y la magnitud de las alternativas de conservación, resulta evidente que ninguna por si sola resuelve el problema, por lo que diversos países están dirigiendo sus esfuerzos al combate integrado. Actualmente México recibe poco apoyo internacional para la implementación de proyectos tendientes a la conservación de los granos a nivel rural, y lamentablemente la mayor parte de los avances logrados en otros países se pueden aprovechar de manera limitada, principalmente por la gran diversidad de condiciones existentes en México, desde los puntos de vista ecológico, económico y sociocultural.

Otro problema, quizás el más importante, es que ante la apertura comercial, los productores mexicanos se ven en extrema desventaja para competir contra agriculturas altamente subsidiadas, factor que desestimulará tanto el proceso de producción como el interés por invertir recursos en la conservación de los granos.

## II OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL. Integrar métodos ecológicos tradicionales y tecnificados para evitar las pérdidas del maíz almacenado en el medio rural del estado de Morelos.

OBJETIVOS PARTICULARES:

- 1) Estudiar hábitos de vuelo de los insectos de almacén y factores que intervienen en el proceso de infestación.
- 2) Capturar los volátiles del maíz, evaluar su efecto atrayente sobre *Sitophilus zeamais* e identificar los compuestos involucrados.
- 3) Evaluar el efecto de las prácticas poscosecha sobre las pérdidas durante el almacenamiento.
- 4) Evaluar la influencia de la forma de secado sobre la infestación de las plagas de almacén y
- 5) Evaluar cinco métodos de almacenamiento hermético a pequeña escala.

### III ANTECEDENTES

#### 3.1 LAS PLAGAS DE ALMACÉN.

##### 3.1.1 TIPOS DE PLAGA QUE DAÑAN LOS GRANOS.

Según la Academia Nacional de Ciencias, de los Estados Unidos de Norte América, el "estado de plaga" es la situación que se presenta cuando la actividades de otros animales entran en conflicto con los intereses o bienestar del hombre. Aun cuando los insectos son las plagas más conocidas, cuando se hace referencia a plagas de almacén, se deben considerar otros factores como condiciones ambientales, deficiencias en el almacén y condiciones de manejo, que propician el establecimiento y proliferación de otro tipo de plagas como vertebrados. Por ejemplo roedores de las especies, *Rattus ratus*, *R. norvaegicus* y *Mus musculus*; aves como *Passerus domesticus*, *Agelaius phaenicius* y *Quiscalus mexicanus*; entre los artrópodos más comunes se encuentran ácaros de las especies *Acarus siro* y *Pyemotes ventricosus*; así como 50 especies de insectos que han sido detectados infestando granos durante el almacenamiento, entre los más importantes están *Sitophilus zeamais*, *Sitrotoga cerealella*, *Tribolium castaneum*, *Prostephanus truncatus* y *Rhyzopertha dominica* los cuales además por la actividad de alimentación, permiten el ingreso de patógenos que aumentan la magnitud y complejidad del problema sobre conservación de los granos.

##### 3.1.2 VERTEBRADOS (AVES Y ROEDORES).

Solas o en parvadas, las aves, luchando por sobrevivir, entran frecuentemente en conflicto con los humanos. Muchas de las interacciones adversas son provocadas por las actividades del hombre, por su inadvertida intromisión en los hábitats naturales. Los daños que causan las aves son variados y dependen de la especie, el sitio, la cantidad y producto que se trate (A pesar que existe poca información sobre daños y distribución a nivel mundial). A continuación se presentan datos sobre algunas especies que causan daños en Norteamérica:

CUADRO 1  
ALGUNAS DE LAS ESPECIES DE AVES QUE CAUSAN DAÑO  
EN LOS CULTIVOS DE NORTEAMÉRICA.

Nombre común	Nombre científico	Familia
Cuervo americano.	<i>Corvus brachyrhynchos.</i>	Corvidae.
Estornino.	<i>Sturnus vulgaris.</i>	Esturnidae.
Gorrión inglés.	<i>Passer domesticus.</i>	Ploceidae.
Pato de collar.	<i>Anas platyrhynchos.</i>	Anatidae.
Pato golondrino.	<i>Anas acuta.</i>	Anatidae.
Pichón.	<i>Columba livia.</i>	Columbidae.
Quiscal común.	<i>Quiscalus quicula.</i>	Icteridae.
Tordo charretero.	<i>Agelaius phoeniceus.</i>	Icteridae.
Tórtola gemidora.	<i>Zenaidura macroura.</i>	Columbidae.
Urraca.	<i>Pica spp.</i>	

Fuente: Academia Nacional de Ciencias (NAS, 1980).

Dentro del grupo de las aves, existen especies que son reportadas causando daño a hortalizas, y frutales. En el cuadro anterior se mencionan especies que en alguna etapa de su vida se alimentan de granos, ya sea en la etapa de llenado del grano, cuando están aún en el campo, o durante la etapa de poscosecha; es decir, en la etapa de secado, cribado o en la fase de almacenamiento.

En países de América Latina los daños por aves son importantes, aunque no existan reportes sobre éstos. En Argentina, que es un importante productor de granos, se reporta que las aves causan serios daños en cultivos hortícolas, frutales y granos.

Más de 900 especies de aves habitan el territorio argentino; muchas de ellas son útiles a la agricultura (se alimentan casi exclusivamente de insectos dañinos o comen arácnidos, crustáceos, moluscos y roedores) algunas son perjudiciales para las plantas cultivadas, algunas complementan su alimentación con granos e insectos y otras más no se alimentan en lo absoluto de los cultivos. En realidad sólo unas pocas especies son nocivas para el agro (Rizzo, 1978). A continuación se presentan las especies de aves y/o pájaros considerados como plagas importantes en la Argentina.

CUADRO 2  
AVES QUE CAUSAN DAÑO A LA AGRICULTURA EN ARGENTINA.

Nombre común	Nombre científico	Familia	Cultivos
Avutardas "cauquenes"	<i>Chloephaga picta</i> <i>C. poliocephala</i> <i>C. rubidiceps</i>	Anatidae	Trigo y avena
Cotorras	<i>Myiopsita monachus</i>	Psittacidae	Maíz y girasol
Gorrión	<i>Passer domesticus</i>	Ploceidae	Cereales, leguminosas y plantas de almácigos
Loro barranquero Loro choclero Loro de los palos Loro hablador	<i>Cyanoliseus patogenus</i> <i>Pionus maximiliani</i> <i>Aratinga acuticaudata</i> <i>Amazona aestiva</i>	Psittacidae	Maíz
Paloma manchada	<i>Columba maculosa</i>	Columbidae	Sorgo, mijo, maíz, trigo, maní, arroz.
P. turca o picazuró	<i>Columba picazuro</i>	Columbidae	Cereales y girasol
P. dorada o Torcaza	<i>Zenaidura macroura</i>	Columbidae	Sorgo y plántulas
Pato crestudo	<i>Sarkidiornis melanotos</i>	Anatidae	Granos y plántulas de arroz
Pato silvón	<i>Dendrocygna viduata</i>	Anatidae	
Sitirí	<i>D. bicolor</i>	Anatidae	
Tordo varillero o congo	<i>Agelaius ruficapillus</i>	Icteridae	Granos y plántulas de arroz

Fuente: (Rizzo, 1978)

Entre las especies equivalentes que se encuentran en México están las palomas. Estas son excelentes voladoras pero se caracterizan porque caminan pero no saltan ni corren, como ocurre en otras aves, y además de cereales y leguminosas, consumen semillas de malezas durante el invierno. En algunas regiones de Argentina, el incremento del cultivo de sorgo en la década pasada produjo un incremento en la población de estas aves; a la soya la dañan principalmente por comer los cotiledones poco después de germinados. La

paloma torcaza come granos del suelo después de efectuada la cosecha, pero el daño lo causa al ingerir granos de las plantas, especialmente del sorgo, pues al posarse en las panojas, las deforman.

En los tordos, el macho es azul negruzco lustroso con frente y parte superior de la cabeza, anterior del cuello y garganta de color canela; la hembra es negruzca con líneas castañas en la cabeza y en la región dorsal, mientras que en la región ventral del cuerpo el plumaje es más claro, los tordos o urracos mexicanos son de color negro lustros sin manchas distintivas. Esta especie ocasiona daños no sólo al comer el grano sino también al desperdiciar gran cantidad de los mismos cuando picotean afanosamente las plantas.

Los gorriones argentinos miden entre 15 y 16 centímetros de largo (los gorriones mexicanos son más pequeños), y aparentemente es el mismo que habita en los diferentes países del mundo. El macho posee plumaje pardo con las alas castañas, la parte superior de la cabeza es gris con lados castaños, flancos del cuello blancuzco, una línea negra debajo de cada ojo y una mancha también negra, en la garganta. El plumaje de la hembra es más homogéneo y no tiene la mancha negra en la garganta. Las alas en ambos sexos son anchas y cortas con la cola de tamaño medio. Los gorriones son en general vigorosos, cautos, astutos y muy inteligentes, tiene hábitos sedentarios, anidando en techos, cobertizos y menos frecuente en árboles y arbustos. El nido está someramente confeccionado con paja, pelos, plumas y otros materiales que ocasionalmente puede encontrar. Se reproduce varias veces por año, naciendo en cada una de ellas de tres a cinco crías.

En la República Mexicana los agricultores sufren año tras año grandes pérdidas económicas por causa de diferentes especies de pájaros; los cultivos que presentan daños son variados, lo mismo que las especies involucradas. En el estado de Veracruz, los productores de cítricos ven mermada la producción y la calidad de los frutos por el efecto de pájaros que dañan el producto antes de que logre su tamaño comercial. Los estados del norte como Chihuahua, Tamaulipas, Sinaloa y Sonora, que además de producir frutales, son importantes productores de granos, sufren fuertes pérdidas por el ataque de pájaros. Las especies que se presentan con mayor frecuencia y en ocasiones causan los daños más espectaculares, son los tordos o urracos y el tordo charretero; estas mismas especies así como otras se presentan en la mayor parte de México. El estado de Morelos a pesar de ser territorialmente de los más pequeños de la República, presenta una diversidad considerable de aves asociadas a los cultivos. Entre las especies que causan mayores pérdidas están las que se citan a continuación:

Cuadro 3  
Aves Que Causan Daño A Los Granos En Morelos, México.

Nombre común	Nombre científico	Familia	Cultivo
Gorrion común	<i>Passer domesticus</i>	Ploceidae	Arroz, sorgo
Gorrion	<i>Carpodacus mexicanus</i>	Ploceidae	Arroz, sorgo
Tórtola	<i>Columbina passerina</i>	Columbidae	Sorgo y arroz
Paloma	<i>Columba livia</i>	Columbidae	Arroz, sorgo
Tordo o urraco	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Icteridae	Maíz, sorgo, arroz
Tordo charretero	<i>Agelaius phoeniceus</i>	Icteridae	Sorgo, arroz, maíz
T. de ojos amarillos	<i>Euphagus cyanocephalus</i>	Icteridae	Arroz, sorgo, maíz

En el cultivo del arroz en el estado de Morelos, se observa que momentos antes de la cosecha el mayor daño es causado por aves, entre las que destacan el "zanate" o "urrao" *Quiscalus mexicanus*, el "charretero" *Agelaius phoeniceus* y el "tordo de ojos amarillos" *Euphagus cyanocephalus*, mismos que atacan en parvadas de manera periódica, dependiendo de la hora y la oportunidad que les dé el "pajarero".

La asociación de los roedores con el hombre es muy antigua, aprovechan los hábitos de los humanos, viven cómodamente de los desperdicios y muy frecuentemente de sus reservas. Las ratas y los ratones han acompañado al hombre a la mayor parte de los lugares donde éste se ha establecido, causándole daños al consumir sus alimentos en los campos, almacenes, molinos, restaurantes y hogares, además de contaminarlos con sus pelos, excrementos y orina, transmitiéndole graves enfermedades.

En el cuadro siguiente se presentan las especies más comunes de roedores en México, pero esas mismas especies están distribuidas prácticamente en todos los lugares del mundo donde hay comunidades humanas establecidas.

Cuadro 4  
Roedores Que Causan Mayor Daño A Granos Almacenados En México.

Nombre común	Nombre científico	Familia	Cultivo o producto
Ratón casero o ratón común	<i>Mus musculus</i>	Muridae	Maíz, arroz, sorgo, leguminosas, y derivados de cereales
Rata negra o trepadora	<i>Rattus rattus</i>	Muridae	Maíz, sorgo, trigo, son más importantes en almacenes rurales
Rata gris o de alcantarilla	<i>Rattus norvegicus</i>	Muridae	Cereales, leguminosas y sus derivados
Ardillas	Sin identificar	Esciuridae	Mazorcas de maíz en el campo y almacén y cacahuates

### 3.1.3 ARTRÓPODOS.

Además de pájaros y roedores, los cultivos son visitados comúnmente por otro tipo de organismos. Entre los más abundantes, diversos y difíciles de controlar se encuentran los artrópodos, cuyos representantes más conocidos son los insectos. Sin embargo también incluye un grupo cuya importancia y diversidad aún está en proceso de ser conocida, se trata de la Clase Acarida, cuyos integrantes son conocidos comúnmente como "ácaros". Tanto insectos como ácaros causan graves daños prácticamente en todos los cultivos, desde plantaciones forestales, pasando por floricultura, horticultura, y por supuesto los cultivos productores de granos donde las pérdidas suelen ser graves, año tras año. A continuación se presentan los grandes grupos de artrópodos asociados a los granos, ya sea como plagas o como enemigos naturales de las plagas:

CUADRO 5  
GRUPOS DE ARTRÓPODOS ASOCIADOS A LOS GRANOS ALMACENADOS.

Especies benéficas	Especies nocivas
<b>Clase Arachnida</b>	
Orden: Pseudoscorpionida	—
Orden: Araneida	—
<b>Clase Acárida</b>	
■ Orden: Acaridae	
<b>Clase Insecta</b>	
Orden: Hymenoptera	Orden: Thysanura
Orden: Coleoptera	Orden: Blattaria/Dictyoptera
Orden: Dermaptera	Orden: Psocoptera
Orden: Hemiptera	Orden: Coleoptera
Orden: Diptera	Orden: Lepidoptera

#### 3.1.4 ÁCAROS.

Todos los tipos de alimentos almacenados así como otros materiales orgánicos pueden ser infestados por los ácaros. Las plagas de ácaros son más abundantes en climas cálidos y húmedos, aunque son plaga en Inglaterra, Japón, Canadá, Polonia y Portugal entre otros. (Boczek, 1991).

Existe una estrecha relación entre los ácaros y los microorganismos que viven en productos almacenados deteriorados. La mayor parte del suplemento alimenticio de los ácaros es micelio de hongos. En especies como *Tyrophagus putrescentiae*, *Tyrollichus casei*, y *Lepidoglyphus destructor*, son capaces de comer y multiplicarse en muchos tipos de semillas con hongos, aunque son menos especializados que otros como *Carpoglyphus lactis*, que pueden hacer uso sólo de pocas especies de hongos. Algunas especies de ácaros se pueden encontrar en zonas templadas como *Acarus siro*, *Carpoglyphus lactis*, *Lardoglyphus konoii*, *T. putrescentiae*, *Gohieria fusca*, y *Glyciphagus domesticus*, estas especies viven y se reproducen en los mismos almacenes donde se dejan granos o desechos. Muchas otras especies como *Thyreophagus entomophagus*, *Lepidoglyphus destructor*, *Rhizoglyphus echinopus*, y *Cheyletus eruditus*, pueden infestar las cosechas desde el campo, aunque también pueden reproducirse en el almacén con éxito. Varias especies pueden tolerar bajas temperaturas. *Acarus siro*, *Acarus farris*, *R. echinopus*, *L. destructor*, y *C. lactis* pueden sobrevivir a temperaturas de 3 °C, siendo las especies dominantes en regiones frías. Algunas especies son menos tolerantes a las bajas temperaturas, entre ellas *Cheyletus eruditus* y *Thyrophagus putrescentiae* mueren a temperaturas menores a 8 °C; el umbral mínimo para *Caloglyphus berlesei* es de 16.5 °C, para *Aleuroglyphus ovatus* es de 22 °C. Los umbrales de sobrevivencia para la mayoría de los ácaros es superior a 30 °C, aunque muchos toleran temperaturas de - 18 °C. Los requerimientos de humedad para el desarrollo de los ácaros varía entre las diferentes especies, pero oscila entre 52 y 100%. El contenido de humedad de los granos afecta el potencial reproductivo de los ácaros (Boczek, 1991).

### 3.1.5 INSECTOS.

La clase Insecta presenta el mayor número de especies que causan daño a los granos. Existen numerosas especies que se alimentan de las plagas; por ejemplo, depredadores como "*Teretriosoma nigrescens*" (Coleoptera: Histeridae), y parasitoides como "*Anisopteromalus calandrae*" (Hymenoptera: Pteromalidae). En el siguiente cuadro se presentan los principales grupos asociados a los granos almacenados:

CUADRO 6  
ORDENES Y FAMILIAS DE LOS INSECTOS ASOCIADOS  
A LOS PRODUCTOS DE PRE Y POSCOSECHA.

Benéficos	Nocivos
Orden: Hemiptera	Orden: Thysanura
Familia: Anthocoridae	Familia: Lepismatidae
	Orden: Blattaria
	Familia: Blattellidae
	Blattidae
Orden: Diptera	Orden: Psocoptera
Familia: Scenopinidae	Familia: Psocidae
	Pseudocaecillidae
	Liposcelidae
	Trogidae
Orden: Hymenoptera	Orden: Coleoptera
Familia: Braconidae	Familia: Histeridae
Ichneumonidae	Dermestidae
Trichogrammatidae	Punidae
Pteromalidae	Anobiidae
Chalcididae	Bostrichidae
Scelionidae	Lycidae
Bethylidae	Trogositidae
Formicidae	Cleridae
	Nitidulidae
Orden: Coleoptera	Cucujidae
Familia: Cleridae	Erotylidae
Histeridae	Tenebrionidae
	Mycetophagidae
	Bruchidae
	Anthribidae
	Curculionidae
	Orden: Lepidoptera
	Familia: Pyralidae
	Tineidae
	Cosmopterigidae
	Gelechiidae

La literatura reporta 228 especies de insectos que infestan los granos y productos almacenados, los cuales se agrupan en 96 géneros, 27 familias y cinco órdenes. En cuanto a número de especies por orden, Coleoptera supera por mucho a los otros órdenes con 187 especies, en segundo lugar Lepidoptera con 23 especies, en tercer lugar Psocoptera con 13 especies, en cuarto a Blattaria (Blattodea o Dictyoptera) con tres especies y finalmente Thysanura con dos especies.

Especies de insectos que se reportan con mayor frecuencia en la literatura mexicana.

<b>Especie</b>	<b>Orden-Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Orden-Familia</b>
<i>Acanthoscelides obtectus</i>	Col: Bruchidae	<i>Latheticus oryzae</i>	Col: Tenebrionidae
<i>Ahasverus advena</i>	Col: Silvanidae	<i>Lepisma sacharina</i>	Thy: Lepismatidae
<i>Alphitobius diaperinus</i>	Col: Tenebrionidae	<i>Liposcelis entomophilus</i>	Pso: Liposcelidae
<i>Anthrenus flavipes</i>	Col: Dermestidae	<i>Lophocateres pusillus</i>	Col: Trogositidae
<i>Araecerus fasciculatus</i>	Col: Anthribidae	<i>Necrobia rufipes</i>	Col: Cleridae
<i>Attagenus picæus</i>	Col: Dermestidae	<i>Oryzaeophilus mercartor</i>	Col: Cucujidae
<i>Blatella germanica</i>	Blat: Battellidae	<i>Oryzaeophilus surinamensis</i>	Col: Cucujidae
<i>Bruchus pisorum</i>	Col: Bruchidae	<i>Palorus subdepressus</i>	Col: Tenebrionidae
<i>Callosobruchus maculatus</i>	Col: Bruchidae	<i>Periplaneta americana</i>	Blat: Blattidae
<i>Carpophilus dimidiatus</i>	Col: Nitidulidae	<i>Pharaxonotha kirschii</i>	Col: Languridae
<i>Carpophilus hemipterus</i>	Col: Nitidulidae	<i>Plodia interpunctella</i>	Lep: Pyralidae
<i>Caryedon serratus</i>	Col: Bruchidae	<i>Prostephanus truncatus</i>	Col: Bostrichidae
<i>Cathartus quadricollis</i>	Col: Cucujidae	<i>Rhyzopertha dominica</i>	Col: Bostrichidae
<i>Caulophilus oryzae</i>	Col: Curculionidae	<i>Sitophilus granarius</i>	Col: Curculionidae
<i>Cryptolestes ferrugineus</i>	Col: Cucujidae	<i>Sitophilus oryzae</i>	Col: Curculionidae
<i>Cryptolestes pusillus</i>	Col: Cucujidae	<i>Sitophilus zeamais</i>	Col: Curculionidae
<i>Cryptolestes turcicus</i>	Col: Cucujidae	<i>Sitotroga cerealella</i>	Lep: Gelechiidae
<i>Dermestes maculatus</i>	Col: Dermestidae	<i>Stegobium paniceum</i>	Col: Anobiidae
<i>Dinoderus minutus</i>	Col: Bostrichidae	<i>Tenebrio molitor</i>	Col: Tenebrionidae
<i>Ephestia cautella</i>	Lep: Pyralidae	<i>Tenebroides mauritanicus</i>	Col: Trogositidae
<i>Ephestia elutella</i>	Lep: Pyralidae	<i>Tribolium castaneum</i>	Col: Tenebrionidae
<i>Ephestia kuehniella</i>	Lep: Pyralidae	<i>Tribolium confusum</i>	Col: Tenebrionidae
<i>Gnathocerus cornutus</i>	Col: Tenebrionidae	<i>Trogoderma grassmani</i>	Col: Dermestidae
<i>Gnathocerus maxillosus</i>	Col: Tenebrionidae	<i>Typhaea stercorea</i>	Col: Mycetophagidae
<i>Lasioderma serricorne</i>	Col: Anobiidae	<i>Zabrotes subfasciatus</i>	Col: Bruchidae

En México se reportan alrededor de 50 especies de insectos que infestan los granos y productos almacenados, de las cuales, 14 son las que presentan mayor distribución, pero seis son las principales responsables del daño (como se mencionará en un apartado posterior). Algunas son importantes en los granos y otras en productos procesados.

### 3.1.6 DAÑOS Y PÉRDIDAS.

Los volúmenes de granos que se pierden o deterioran en su calidad por la acción de plagas y microorganismos en el almacén son muy elevados, la magnitud de las pérdidas varía de país a país, inclusive de región a región dentro de un país, dependiendo en gran medida de la situación geográfica del país, de su situación económica, de su nivel educativo y de su avance tecnológico (Guarino, 1983). Las pérdidas poscosecha, tanto por su naturaleza, como por la forma en que los granos se manejan, son difíciles de determinar con precisión; por lo que a nivel regional y mundial solo existen estimaciones.

Moreno (1995), menciona que según estimaciones de la FAO, se pierde un 5% de la cosecha mundial de granos antes de llegar al consumidor y dependiendo de las condiciones geográficas y tecnológicas de cada país, se presentan variaciones. En algunos países de Asia, América Latina y África, las pérdidas son del 30%. Sin embargo, De Lima (1987) estima que las pérdidas poscosecha en América Latina son entre el 25 y 40%.

Tanto a nivel rural como a nivel comercial los granos están continuamente expuestos a factores que propician su deterioro durante el período de almacenamiento. De acuerdo con la naturaleza de los granos, éstos pueden sufrir variaciones en su peso y/o calidad, debido a la acción de factores físicos como fricción y golpes durante el manejo o cambios drásticos de humedad y temperatura durante el secado y manejo en general; factores químicos como fungicidas, herbicidas, rodenticidas e insecticidas; y factores biológicos como bacterias, hongos, ácaros, insectos, pájaros y roedores. Los daños comúnmente se generan por la acción conjunta de estos factores; por ejemplo, si el grano es cosechado antes de tiempo, habrá muchos granos inmaduros y un elevado contenido de humedad. Si se almacenan en estas condiciones, en un lapso no mayor de tres días presentará infección por hongos y muy probablemente se generarán micotoxinas, al mismo tiempo que ingresarán plagas "terciarias" de almacén. Si el grano es secado bajo altas temperaturas, se generará un enorme porcentaje de granos fisurados, los cuales estarán en mayores posibilidades de ser infestados por plagas de almacén, además de la merma en el valor nutritivo.

Otro ejemplo que ilustra la interacción de varios factores, es la filtración de agua en los almacenes en un sitio determinado. En primer lugar se generará un gradiente de humedad en los granos, algunos absorberán suficiente agua para iniciar reacciones enzimáticas, que culminarán con la germinación en pocos días y la aparición de hongos. El metabolismo de los granos y de los hongos provocará incremento de la temperatura; una porción del "foco de calentamiento" prácticamente se quemará y otra porción entrará en un proceso de fermentación, generando compuestos volátiles que atraerán plagas terciarias.

Por otro lado, si la cosecha se realiza de manera tardía; al estar más tiempo el grano en el campo estará mayor tiempo expuesto al daño por pájaros, roedores y a la infestación por insectos típicos de almacén.

A nivel comercial, las mermas se determinan tomando en cuenta principalmente la humedad de entrada y de salida del grano y el porcentaje de humedad perdida, entre otros factores. En cálculos de este tipo no se toman en cuenta los posibles cambios en el valor nutritivo, poder de germinación, disminución de la calidad sanitaria, ni los que pudieran ocurrir en el sabor de los productos elaborados con los granos, sino únicamente la pérdida en peso bruto (Torreblanca, 1983). Es por lo tanto, importante considerar dentro de la evaluación y cuantificación de las pérdidas que se tienen en granos almacenados, el aspecto y la calidad del producto y no en forma única la pérdida en el peso bruto, la cual en cierta forma puede ser encubierta durante la comercialización.

### 3.1.6.1 DAÑOS Y PÉRDIDAS POR PÁJAROS.

El daño que causan las aves varía dependiendo de la época y a la especie del cultivo, así como a la zona o región. Se debe señalar que las especies que en un país causan graves daños, en otro pueden incluso ser apreciadas, como es el caso de algunos psitácidos, como las cotorras o catitas (*Myiopsita monachus*) de Argentina, que son consideradas como plagas importantes del maíz y del girasol; en México, Estados Unidos, como países de Europa son apreciadas como aves de ornato.

Es difícil obtener una cifra precisa de las pérdidas que ocasionan las aves. Las aves producen pérdidas considerables por la destrucción o contaminación de los alimentos o de las fibras. Las pérdidas económicas en la agricultura son difíciles de determinar porque en general los daños están concentrados en áreas limitadas o en una sola propiedad. Las grandes pérdidas son menos frecuentes. Un cálculo estimado de las pérdidas en las cosechas atribuibles a las aves en E.U., arroja valores de entre 50 y 100 millones de dólares anuales (Miller, 1967).

En países como Gran Bretaña se calcula que los pájaros consumen más de 400, 000 toneladas de productos alimenticios con valor de más de 50 millones de dólares. En Alemania las pérdidas anuales por pájaros son de aproximadamente de 2 millones de dólares. En Japón calcularon que en un año las palomas y los gorriones fueron responsables de la desaparición de 40 000 toneladas de granos.

En Marruecos, los gorriones que atacaron cultivos de trigo causaron pérdidas equivalentes a 2.6 millones de dólares en un año; en Pakistán, el tejedor rallado es responsable por pérdidas de 20% en la producción de arroz; y en África del Sur, el pájaro conocido "quelea" de pico rojo al saquear el sorgo y otros cultivos se ha ganado el calificativo del vertebrado más destructor del mundo (Lees, 1982).

En almacenes grandes, las ventanas rotas permiten la entrada de aves pasajeras y de nidada (gorriones caseros, estorninos, y palomas). Se producen pérdidas económicas cuando los artículos almacenados se estropean por causa de los excrementos o el material que se cae de los nidos, pero también por el consumo de grano que por el tamaño de las aves frecuentemente pasa desapercibido. Otro problema asociado a las aves plaga de los almacenes, es la propagación de ectoparásitos que pueden proliferar a tal grado, que suben al cuerpo del personal encargado de manejar el grano, causando fuertes irritaciones y la posibilidad de transmitir enfermedades, como la enfermedad respiratoria conocida como ornitosis (psitacosis). El excremento avícola puede contener *Salmonella*, bacterias que causan graves desarreglos intestinales. Esta enfermedad no solo afecta al hombre, sino que también puede provocar la muerte de grandes cantidades de aves destinadas al mercado (NAS, 1980).

En México no se conoce de manera precisa las pérdidas que ocasionan los pájaros en los cultivos ni el monto que este daño representa, pero año con año los productores comentan que se presentan pérdidas entre el 10 y el 20% del costo del cultivo ya sea por daño directo o por gastos en contratación de personal para que ahuyenten a los pájaros, conocidos localmente como "pajareros".

La mayor parte del sorgo cultivado en México es acopiado por las empresas avicultoras y por envasadoras de alimentos balanceados. Como consecuencia de los grandes volúmenes y a la rusticidad con que se maneja el cultivo, las mermas son cuantiosas; sin embargo, éstas son poco consideradas y en cierta medida descuidadas, al grado que se desconoce el valor real de las pérdidas. En el estado de Morelos se estima que las pérdidas en la etapa de postproducción de este cultivo son alrededor del 15% anuales. En el

campo los daños más espectaculares son causados por los pájaros que de permitirles libre acceso pueden consumir el total de los granos, situación que fue observada por Avila en 1992 (Gutiérrez, 1993).

Durante la cosecha de arroz se observaron sólo urracos, charreteros y tordo de ojos amarillos alimentándose de grano caído; durante la etapa de asoleo se observaron causando daño al "urrao" y al gorrión *Carpodacus mexicanus* y la paloma *Columba livia* (Gutiérrez y Kurokawa, 1992). En este estudio no se realizó una evaluación formal de pérdidas, pero se estimó que con pajarero fue por encima del 5% y sin pajarero alrededor del 15%, este dato no se puede generalizar, ya que en parcelas incluso sin pajarero el daño era menor al 5%; en una parcela abandonada se observó una pérdida casi total antes de la etapa de cosecha. Una de las razones de estas diferencias, es la abundancia de sitios de refugio como árboles y arbustos, además de la época y región, ya que en los lugares donde existe una mayor diversidad de cultivos en pie, los daños ocurren en diferentes lugares, cosa que no sucede en parcelas apartadas, particularmente cuando no hay otros cultivos que compartan el daño.

En el estado de Morelos, los pequeños productores de maíz acumulan las mazorcas en los patios o azoteas para permitir que disminuya el contenido de humedad, para poderlas desgranar y almacenar. Algunos productores acostumbran eliminar las brácteas "totomoxtle" desde el campo, mientras que otros las cosechan con totomoxtle. Para determinar cual de los dos métodos resulta más eficiente se colocaron mil mazorcas con hoja y mil sin hoja en una azotea, después de 14 semanas se observó que las "urracas o tordos" *Quiscalus mexicanus* habían causado el 100% de daño en las mazorcas sin brácteas y el 10% en las mazorcas con brácteas (Gutiérrez, 1990).

Durante la etapa de almacenamiento los pájaros causan daño tanto en las grandes bodegas o centros de acopio como en los almacenes rústicos de los productores. Las pérdidas son mayores en cantidad en las grandes bodegas, pero el impacto de las pérdidas es evidentemente mayor en los pequeños productores. En Morelos se han detectado causando daño en las bodegas arroceras, tanto de Cuautla, Puente de Ixtla como Jojutla, a diferentes especies de pájaros, entre las más comunes están: *Q. mexicanus*, *Columba livia*, *Columbina passerina*, y *Carpodacus mexicanus*. Estas especies causan daño por el consumo continuo de grano, por contaminación del producto con desechos fecales, plumas y por la proliferación de ectoparásitos que se desarrollan en sus cuerpos; cuando la población es alta, migran por las paredes en busca de nuevos hospederos, causando frecuentemente irritaciones en los trabajadores encargados del manejo del grano. La mayoría de las ocasiones, el personal asocia el malestar con el polvillo que desprende la cascarilla del arroz durante el beneficio, sin embargo este problema también se presenta en el sorgo almacenado; durante 1993 se observó en una industria de alimentos balanceados de Yautepec, Morelos; que las paredes presentaban miles de insectos del Orden Mallophaga, denominados localmente "corúcos" caminando por las paredes, posteriormente se encontró que la fuente de infestación eran los nidos de las palomas, que se encontraban en el techo del almacén. Cabe señalar que el término corúco o piojos de los pájaros, se aplica indistintamente a diferentes artrópodos parásitos de las aves, por ejemplo, ácaros de la familia *Dermanyssidae* (*Dermanyssus gallinae*).

### 3.1.6.2 DAÑOS POR ROEDORES.

Muchos tipos de pequeños mamíferos, sobretodo roedores, dañan los cultivos. Entre los mamíferos se encuentran varias ratas, ratones, ardillas, armadillos, tlacoaches, marmotas, tuzas y conejos (NAS, 1980). Los que causan mayores daños a los granos almacenados son particularmente los ratones, las ratas y algunas especies de ardillas.

Por evidencias en muestreos y declaraciones de los productores y almacenistas se sabe que el daño causado por los roedores en los granos almacenados es muy alto. Lamentablemente, por la naturaleza de sus hábitos es difícil calcular con precisión la magnitud de las pérdidas que causan. Otro problema importante respecto a los roedores es que aun cuando se calculara por diferencia de peso el grano consumido y dañado por los roedores, se podía dejar pasar por alto factores quizás más importantes como la contaminación física y biológica.

Los daños que causan los roedores además de la pérdida en peso y reducción del volumen almacenado, afectan desde el punto de vista calidad y sanitario, como se muestra a continuación.

- Por mordeduras en granos, costales, estructuras o instalaciones
- Contaminación por heces, en los granos, costales e instalaciones
- Contaminación por orina
- Contaminación por pelos
- Contaminación con parásitos y patógenos que transportan
- Merman la viabilidad de la semilla, por consumo directo del embrión o por contaminación

En el último punto además de transportar patógenos que dañan los granos y ser en ocasiones transporte de ácaros e insectos de almacén, pueden contaminar los granos con parásitos y patógenos de gran importancia para la salud del humano.

Durante el almacenamiento, otros factores diferentes a los cambios intrínsecos en las semillas mismas pueden reducir su viabilidad. Las semillas pueden ser atacadas por roedores, los que dañaran y consumirán parte del grano además de contaminarlo, disminuyendo su viabilidad (Duffus, 1985).

Barnet en 1960 informó del resultado de un proyecto, cuando liberó a ratas de la especie *Rattus rattus* en un almacén cerrado, concluyendo que las pérdidas en el peso del producto final por consumo de las ratas, era de 4.4% a 70.4%. El daño de los sacos destruidos fue de 18%. En Pakistán las pérdidas en trigo causadas por roedores y aves fueron de un 55% en arroz. En la India se pierde de 25 a 30% de alimentos durante el almacenaje, y no hay que olvidar sumar a esta cifra un 25% que se pierde entre el período de la poscosecha y el almacenaje. (Villa, 1998).

### 3.1.6.3 DAÑOS POR INSECTOS.

Debido a que en la literatura se citan con frecuencia los términos “pérdidas y daños” creando problemas de interpretación, dividiremos este apartado para fines prácticos en dos secciones: en la primera se tratarán los daños, considerando éstos, como cualquier tipo de rastro en los granos que implique la actividad de insectos. En la segunda sección se considerarán los rastros o evidencias de la actividad de los insectos susceptibles de

ser cuantificadas (pérdidas). En esta sección se mencionarán también evaluaciones realizadas en diferentes países.

El origen de la infestación de los granos por insectos inicia desde el campo, debido a huevecillos depositados durante la precosecha. Posteriormente la infestación se manifiesta durante el almacenamiento y el proceso de transformación de los granos y semillas, con toda la secuela de efectos negativos directos o indirectos que señalan Arias y Valladares (1994).

Ríos (1991) señalan que existe una relación directamente proporcional entre la infestación de campo, y el porcentaje de daño en el grano cuando está en el almacén. lo que indica que a mayor infestación del grano en el campo mayores daños y pérdidas en el producto terminal.

### 3.1.6.3.1 CLASIFICACIÓN DE LOS INSECTOS SEGÚN EL TIPO DE DAÑO.

Los daños que ocasionan los insectos a los granos son difíciles de agrupar o definir de manera global; así como clasificar a los insectos según el daño que ocasionan o son capaces de hacer. Al respecto se ha utilizado durante varias décadas la clasificación de plagas primarias, secundarias y terciarias (Ramayo, 1983). Estos conceptos han sido de gran utilidad sin embargo sería de gran ayuda que se complementaran, para que los involucrados en aspectos relacionados con almacenamiento, conservación, calidad sanitaria y nutricional de los granos, puedan contar con puntos de referencia que permitan hablar en los mismos términos y funcione como soporte de las normas de calidad. A continuación se menciona la clasificación de las plagas según su capacidad para dañar la testa del grano, conceptos que hasta el momento se utilizan:

Primarios. Son los que tienen aparato bucal masticador capaz de romper el pericarpio (larvas y/o adultos) para introducirse y alimentarse o para ovipositar, o a su vez iniciar el deterioro de los productos sanos, contaminando el grano con sus desechos, e incrementando el contenido de materias extrañas. Estos cambios favorecen la infestación de plagas secundarias. Recientemente se sugiere incluir la presencia del molino gástrico en la definición de plagas primarias.

Secundarios. Son los que se desarrollan o alimentan de los granos, después de que los insectos primarios los han deteriorado. No tienen la capacidad de romper el pericarpio y difícilmente se desarrollan en los granos limpios, sin embargo se pueden desarrollar en grano quebrado aún sin la participación de las plagas primarias.

Terciarios. Son aquellos que se alimentan de grano dañado por plagas primarias y secundarias, además de presentar un cierto grado de descomposición por levaduras, bacterias u hongos, e incluso algunos como *Typhaea stercorea* utilizan como complemento alimenticio estructuras fúngicas.

Algo que refuerza la necesidad de complementar o sustituir la clasificación, es que ciertos autores bajo su propia interpretación consideran que insectos como *Plodia interpunctella* y *Ephestia spp* son plagas secundarias para granos de maíz y trigo pero primarias para harinas y subproductos, lo cual aumenta la ambigüedad de la clasificación ya que, al parecer utilizan el concepto "plaga primaria o secundaria" como importancia del daño o preferencia por un producto.

Para disminuir problemas de confusión es necesario entre otras cosas generar un documento con la terminología de poscosecha utilizada en América Latina con sus variantes regionales y su equivalencia en inglés (Mora, comunicación personal, 1994).

### 3.1.6.3.1.1 NIVELES DE DAÑO O JERARQUÍAS.

La estandarización o acuerdo en los niveles de daño es un factor de suma importancia; siendo uno de los principales responsables de las divergencias entre las evaluaciones. Mientras para un evaluador un grano dañado por insectos, es aquel que presenta barrenaduras evidentes como las generadas por *Prostephanus truncatus*, para otro más exigente, considerará grano dañado desde el pequeño orificio causado por la hembra de *Sitophilus zeamais* para ovipositar.

Para poder comercializar los granos de manera justa, además de haber equivalencia en los términos y conceptos es necesario que coincida "el parámetro y las unidades" con las que se midan. Sería de gran utilidad que se contara con un manual donde por consenso general se decidiera el tipo de jerarquías o niveles de daño bajo términos como "bajo, medio, alto" o "ligero, regular, severo, muy severo" etc. Gutiérrez (1994), propone las jerarquías: muy ligero, ligero, regular, y severo, este número de niveles fue el mínimo necesario para poder asignar el justo valor económico al lote de grano que presente determinado porcentaje de cada jerarquía. El término, quizá no es tan importante como la necesidad de que cada escala o jerarquía represente lo mismo para cualquier lector de América Latina. (Lo cual puede resolverse utilizando fotografías de granos que muestren cada jerarquía, así como un esquema y una descripción).

### 3.1.6.3.1.2 IMPORTANCIA SEGÚN LA REGIÓN.

Aun cuando aparentemente la gran mayoría de los insectos que dañan los granos almacenados se distribuyen homogéneamente en América Latina, no tienen la misma importancia en una región que en otra, e incluso pueden asociarse a diferentes granos o productos. Un ejemplo es la asociación de *Plodia interpunctella* con semilla de ajo en Guanajuato (Aguilera, 1995) y esta misma especie es problema en las arroceras del estado de Morelos, donde infesta las harinas y demás subproductos con facilidad; otro ejemplo es la infestación de la raíz de yuca en países Africanos y en localidades de América del Sur con *Rhyzopertha dominica*.

La respuesta sencilla, puede ser que al tener un cultivo mayor importancia en la región y se produzca en mayor cantidad, sea el recurso más accesible para los insectos, sin embargo aún en una misma localidad, durante un año o ciclo agrícola, una especie puede causar grandes daños y al siguiente difícilmente se encuentra un insecto. A pesar de esto, cada especie muestra una capacidad innata asociada a las condiciones y características de cada región, misma que se muestra con cierta regularidad, con sus excepciones o "salto de ciclo". Esta capacidad innata asociada a cada región que le llamaremos (CIAR) es un perfil que cada país deberá conocer de su fauna asociada a los granos, lo cual servirá de base para la toma local de decisiones y estrategias de control, así como para medidas cuarentenarias y de restricción comercial.

En un trabajo que actualmente realizan Gutiérrez y Melgarejo, se sugiere que sería de gran utilidad que cada país contara con un documento donde resumiera la distribución de las plagas de los granos almacenados indicando su perfil de importancia o "CIAR".

### 3.1.6.3.1.3 TIPO DE DAÑOS QUE CAUSAN LOS INSECTOS EN LOS GRANOS.

Existen varias formas de agrupar los daños causados por insectos a los granos, una es: a) directos o cuantitativos: donde se pueden cuantificar los daños y asociarlos de manera directa a factores tangibles como peso, volumen o porcentaje y los b) indirectos o cualitativos: en los cuales no se puede asociar un número o valor de manera directa (ver figura 1) y sólo se puede considerar su presencia o en su caso magnitud, que generalmente resulta de una apreciación del observador o analizador. Un ejemplo es el olor secretado por los insectos para protegerse de posibles agresores, como *Tribolium castaneum*. El olor generado por estos insectos se impregna en los productos, dañando su calidad.

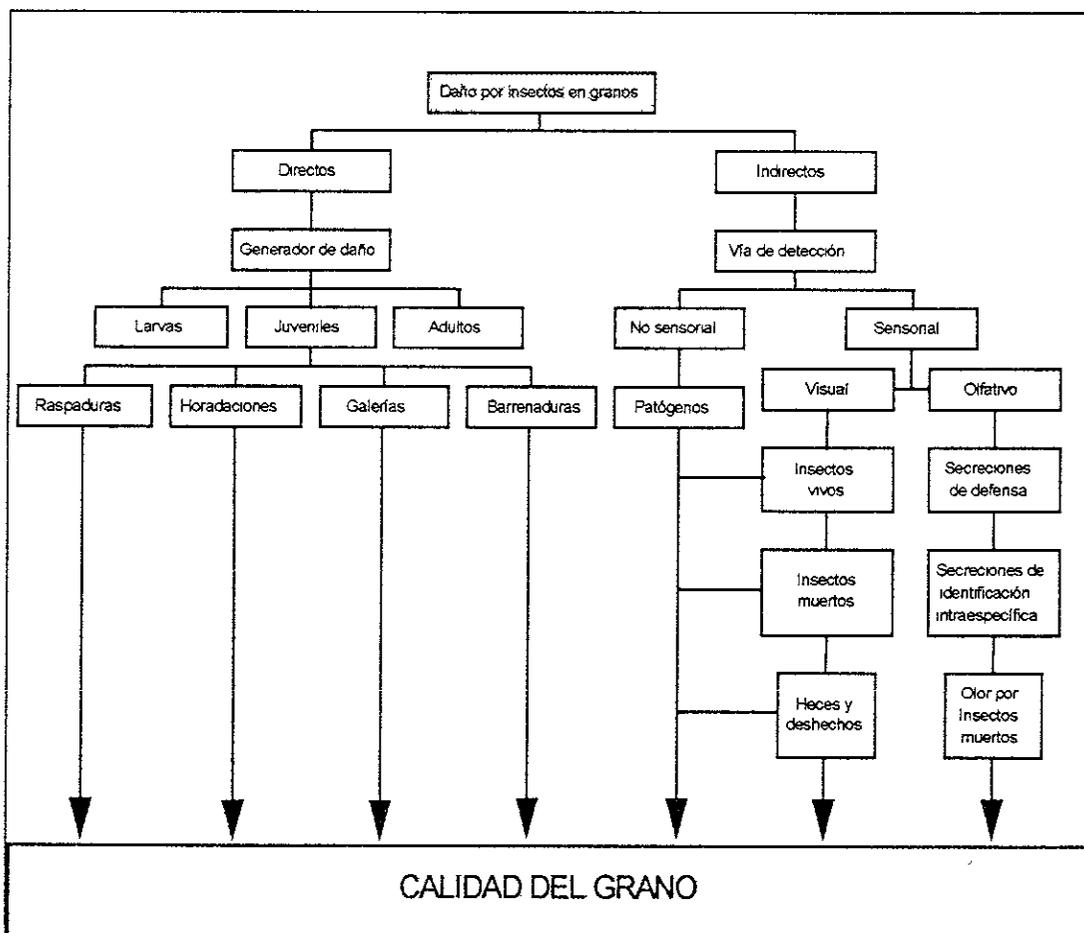


Figura 1. Tipos de daño que causan los insectos en los granos almacenados.

Bajo este esquema podemos agrupar y describir las peculiaridades de las principales plagas de los granos almacenados en México, mencionando básicamente los parámetros de los daños directos. En primer lugar se mencionarán definiciones de algunos términos manejados:

**Barrenadura:** orificios grandes de forma cilíndrica, de igual diámetro del principio al final. Son "túneles" con una o dos salidas, generados por la actividad alimenticia o para oviposición de los adultos de *Prostephanus truncatus* y *Rhyzopertha dominica*.

*Galerías*: orificios de forma más o menos cilíndrica, el diámetro es variable y va de menor a mayor, siempre son mucho más largas que su diámetro; comúnmente no se aprecian entradas o salidas, y son generadas por la acción alimenticia de larvas de los insectos denominados "plagas primarias", ejemplo: *Sitophilus spp*, *P. truncatus*, *R. dominica*, *Sitotroga cerealella*, *Caulophilus oryzae*, *Acanthoscelides obtectus* y *Zabrotes subfasciatus*.

*Galerías profundas*: desarrolladas por larvas posteriores al cuarto estadio larval

*Horadaciones*: hoyos o huecos en los granos de forma y tamaño variable, la profundidad es ligeramente mayor que su diámetro y solo tiene una salida.

*Microhoradaciones*: pequeños orificios generados por la incisión del pico o probóscis de las hembras de curculiónidos como *Sitophilus spp* o *Caulophilus oryzae*, con el fin de comer u ovipositar.

*Huecos de emergencia*: orificios por donde salen los adultos después de terminar su desarrollo en la cápsula pupal, el ejemplo más común son el de los brúquidos *Acanthoscelides obtectus* y *Zabrotes subfasciatus* en frijol, aunque *P. truncatus* como la mayoría de los denominados insectos primarios lo presenta.

*Ventana de emergencia*: mancha circular que se distingue por presentar un tono diferente al resto de la testa en las leguminosas y está constituida por una pequeña tapa en forma de disco, que es removida cuando emerge el insecto adulto. Esta estructura es observada de manera peculiar en brúquidos, como: *Zabrotes subfasciatus* y *Acanthoscelides obtectus*, aunque menos evidente se observa en maíz dañado por c) *Sitotroga cerealella*.

#### 3.1.6.3.1.4 FACTORES PARA ASIGNAR IMPORTANCIA DE LOS INSECTOS.

Antes de asignar un lugar o escala de importancia, es preciso recordar lo mencionado anteriormente, no se puede asignar arbitrariamente un valor de importancia a un insecto por el hecho de que "el que escribe" lo detectó o colectó muchas veces en su localidad, entidad o país. Sin embargo la información puede ser de gran utilidad si la jerarquización se hace tomando en cuenta otros datos, por ejemplo:

- La frecuencia de aparición, es decir el número de muestras en que se detecta
- Abundancia relativa, cantidad de insectos de una especie respecto a otra especie, dentro de la misma muestra
- Capacidad destructiva, es decir la magnitud del daño del que es responsable en una muestra respecto a las otras presentes y
- El número de especies de granos de importancia comercial que infestan comúnmente.

En México autores como, Aguilera, Ariza, Borboa, Cortés, Léos, McGregor, Rodríguez, Ríos, Pérez, Ramírez G, Ramírez M, Wong, han realizado aportaciones importantes sobre distribución y se tienen avances sobre la importancia de las especies que dañan los granos; se cuenta con muestras de insectos en alcohol al 70% colectados a partir de 1980 en diferentes regiones de la República., Gutiérrez y Jiménez (1989). Sobre la base de la distribución, frecuencia de aparición, la abundancia relativa y a la magnitud del daño del que fueron responsables en la muestra, se propone la siguiente jerarquización en importancia:

### **Insectos más importantes de los cereales almacenados**

*Sitophilus zeamais*, *Sitotroga cerealella*, *Tribolium castaneum*, *Prostephanus truncatus*, *Rhyzopertha dominica* *Plodia interpunctella*. Insectos de menor importancia pero que se encuentran con mucha frecuencia infestando el grano: *Cryptolestes ferrugineus*, *Oryzaephilus surinamensis* y *Cathartus quadricollis*.

*Carpophilus dimidiatus*, aun cuando se le encuentra frecuentemente durante la cosecha o en granos muy mal manejados, consideramos debe señalarse como insecto misceláneo y debe eliminarse como plaga, ya que se le puede encontrar prácticamente en cualquier fruto con cierto grado de fermentación y a los granos sólo llega cuando éstos ya no tiene valor comercial, de tal forma que realmente no causa daño; esto es importante dado que ciertas normas implican sanciones o no se recibe el lote de granos cuando presenta más de un insecto vivo.

### **Insectos más importantes de las leguminosas almacenadas**

*Zabrotes subfasciatus* y prácticamente con el mismo valor *Acanthoscelides obtectus*, el primero más frecuente en el Sur y el segundo más frecuente en el Centro Norte, aun cuando se llegan a coleccionar otras especies, generalmente son menos frecuentes y se restringen a ciertas zonas y/o productos.

#### **3.1.6.3.2 DESCRIPCIÓN DE DAÑO POR ESPECIE.**

Todos los insectos que infestan y se desarrollan en el grano consumen una parte de éste, las especies de infestación interna, incluyendo *Sitophilus spp.*, *Rhyzopertha dominica* y *Sitotroga cerealella*, comen principalmente el endospermo. Las larvas de *S. cerealella*, también requieren de una parte del embrión para completar su desarrollo (Pedersen, 1992).

•*Sitophilus zeamais*: Es el insecto que causa más daño en el ámbito nacional, considerando su distribución, frecuencia de aparición, capacidad destructiva, y abundancia relativa, infesta principalmente maíz, trigo, sorgo y arroz. En México el adulto llega al maíz cuando la mazorca se encuentra en estado lechoso-masoso, aunque oviposita hasta que el grano está masoso, para lo cual la hembra daña la testa (aún blanda) del grano, por medio del pico o probóscis, para después depositar los huevecillos. Cuando la mazorca es cosechada puede llevar algún insecto adulto, pero el daño verdadero se genera en el interior por acción de las larvas, aun cuando superficialmente no existe daño alguno. Las larvas van construyendo galerías que cada vez que mudan son de mayor diámetro, dejando atrás desechos que propician el ambiente para el desarrollo de patógenos. Cuando la población de insectos es muy grande o cuando hay poco grano, varias hembras pueden ovipositar en el mismo grano, lo cual implica que al completar el desarrollo postembrionario los insectos, el grano quede totalmente deteriorado.

White (1953) encontró que el gorgojo del arroz *S. oryzae* consume cerca del 30% del grano para terminar su desarrollo. La infestación interna también afecta la germinación de las semillas; en maíz el *Sitophilus oryzae* reduce la germinación a 33% después de la emergencia.

•*Sitotroga cerealella*: Es una plaga extremadamente importante para los granos almacenados en México, puede establecerse y dañar los granos ya sea a nivel del mar o incluso por encima de los 2,500 metros sobre el nivel del mar. Los adultos son palomillas frágiles que no causan daño directo a los granos, pero

causan daño indirecto por manchar los granos con escamas de color dorado, lo mismo con sus heces que son relativamente grandes y aparecen como salpicadas de líquido pardusco. Las hembras pueden depositar los huevecillos en las mazorcas cuando todavía están en el campo, o en los granos en el almacén. Después de eclosionar el huevecillo, las larvas penetran al grano lesionando la testa, continuando su desarrollo totalmente en el interior del grano, consumiendo y dañando el interior del mismo. Este insecto es considerado como plaga primaria, siendo las larvas responsables del daño directo al grano.

Las larvas de *S. cerealella*, además de consumir el endospermo del grano también requieren de una parte del embrión para completar su desarrollo (Pedersen, 1992). En este proceso puede reducir la germinación a 15% (Pedersen, 1992).

Los adultos para emerger mueven la “ventana de emergencia”, dejando al salir un orificio circular que se puede confundir con el hueco de emergencia de *S. zeamais*, sin embargo los de *S. cerealella* son generalmente más pequeño y se distinguen por las escamas doradas que deja al emerger. Cuando es detectado el daño causado por esta especie generalmente es muy tarde ya que el daño esta realizado. *S. cerealella* daña maíz, trigo, sorgo, arroz, pastas, chocolates, frutas secas y alimentos balanceados.

•*Tribolium castaneum*: Es una plaga muy importante por la frecuencia con que se detecta, por la abundancia de sus poblaciones, por la diversidad de granos y productos que puede infestar y en menor medida por la capacidad destructiva, aunque se ha comprobado que se puede comportar como plaga primaria, por lo tanto su daño puede ser severo además de permitir la entrada de otros insectos y algunos patógenos. Las larvas al igual que los adultos se pueden alimentar de cereales, harinas, pastas, frutas secas e incluso de chocolates. Por su movilidad, la abundancia de las poblaciones y el olor que produce, con frecuencia son responsables de problemas de comercialización, es decir, puede también ser importante por los daños indirectos o cualitativos que genera. La mayoría de tenebriónidos consumen primero el embrión y posteriormente el endospermo, eventualmente consumen la totalidad del grano.

•*Prostephanus truncatus*: Por lo espectacular de sus daños, se le ha considerado como una de las plagas más importantes. Físicamente es la plaga del maíz almacenado mejor dotada, pero afortunadamente sus infestaciones en México son oscilantes; sus poblaciones en cierta medida, se encuentran reguladas por enemigos naturales como *Teretriosoma nigrescens*; aunque en ocasiones suele causar pérdidas de 50% en almacenes rústicos en solo tres meses. Lo cual indica que tenemos que estar alerta por que un cambio drástico que disminuya las poblaciones de sus enemigos naturales podría representar un problema de dimensiones incalculables. *Prostephanus truncatus*, es una plaga primaria del maíz almacenado, los granos aun en la mazorca pueden ser atacados tanto antes como después de la cosecha. En Africa oriental se ha observado que causan pérdidas en peso del 34% en un rango entre 3 y 6 meses de almacenamiento (GASGA, 1987).

Lo espectacular del daño que causa *P. truncatus* su daño se debe principalmente a la necesidad que tienen las hembras de “barrenar” el grano para depositar los huevecillos en el interior del grano, así como por la sobresaliente actividad destructiva de las larvas durante su desarrollo, ya que, las larvas desde que eclosionan prácticamente son incapaces de sobrevivir fuera del grano; así como el daño por estos insectos se puede distinguir por la enorme cantidad de polvo o “harina” que generan. Como detalle curioso cabe señalar que dicho polvo aun cuando es húmedo al tacto, raramente se infecta con hongos, lo que puede sugerir la posibilidad de secreciones con actividad antifúngica. Por otro lado es importante señalar que *Rhizopertha dominica* insecto

de la misma familia Bostrichidae, suele infestar diferentes cereales y causar importantes daños en los molinos trigueros y arroceros, este insecto en 20 días consume en trigo el 9.5% en peso. Autores como Campbell y Sinha (1975) encontraron que *R. dominica* para completar su desarrollo generaba una pérdida en peso del 17% en trigo. La germinación es otro factor que afectan los insectos durante su desarrollo, *R. dominica* la reduce a 19% y *S. cerealella* a 15% (Pedersen, 1992). En México es una plaga importante únicamente del maíz, aunque puede dañar prácticamente cualquier estructura de madera, barrenando su interior. Tanto el adulto como la larva causan daño.

•*Plodia interpunctella* y *Ephestia spp*: Estas palomillas causan grandes daños en la industria harinera, arroceros y galletera, ya que las larvas tienen la peculiaridad de tolerar ruido y movimiento, por lo cual se pueden establecer en conductos, transportadores e incluso en las pulidoras del arroz. De no tener limpieza y mantenimiento constante, las larvas pueden ingresar por los conductos y caer en las envasadoras, lo cual puede representar la cancelación de un contrato y el rechazo del producto. En los granos enteros suele infestar solo esporádicamente sin prosperar demasiado rápido, a menos que el grano sea descuidado durante el almacenamiento. La seda que generan las larvas, como heces y desechos son un daño indirecto importante.

Las especies de infestación externa atacan primero el embrión, las larvas de *Plodia interpunctella*, consumen más del 40% del embrión del trigo para completar el desarrollo de huevecillo a pupa; cuando se restringe a un solo grano, la larva consume el embrión, luego el salvado y finalmente el 75% del endospermo (Madrid & Sinha, 1982)

•*Cryptolestes ferrugineus*, *Oryzaephilus surinamensis* y *Cathartus quadricollis*: Son plagas de poca importancia desde el punto de vista daño directo, pero suelen ser frecuentes en maíz, arroz, trigo, sorgo, cacahuate y productos procesados, su principal daño consiste en que la plaga es detectada hasta que las poblaciones son grandes ya que su tamaño es pequeño y sus hábitos escurridizos. Pueden transportar patógenos y dejar numerosos desechos y heces, por lo tanto son más importantes desde el punto de vista daño cualitativo o indirecto. Las larvas de *Cryptolestes*, comen parte del pericarpio y luego terminan su desarrollo consumiendo el embrión, esencialmente es un insecto de infestación interna. Los adultos de *C. quadricollis*, son una plaga de poca importancia en granos secos, pero son frecuentes en maíz recién cosechado.

### 3.1.6.3.3 TIPOS DE PÉRDIDAS CAUSADAS POR INSECTOS Y SU EVALUACIÓN.

Los daños y pérdidas en los cultivos mientras están en el campo son muy evidentes, pero los daños y pérdidas durante el almacenamiento no pueden ser detectadas a simple vista; los insectos son uno de los principales responsables; la actividad de estos organismos en el maíz almacenado puede causar varios tipos de pérdidas (Kossou *et al.*, 1992).

- Pérdidas en peso
- Pérdidas en calidad/valor comercial
- Promueven el desarrollo de patógenos
- Reducen la germinación de la semilla
- Reducen el valor nutricional.

### 3.1.6.3.3.1 PROBLEMÁTICA PARA LA EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS EN LOS GRANOS.

Numerosos autores han escrito sobre la dificultad de evaluar daños y la confusión que hay respecto a diversos términos, que a menudo se manejan como sinónimos: pérdida, merma, deterioro, grano picado, o simplemente dañado.

Ríos *et al* (1991) menciona que antes de proponer algún estudio sobre estimación, evaluación o cuantificación de pérdidas de granos en el almacén, causadas por insectos, debe de darse la mayor consideración a determinar la clase de estudios que se requiera, y sobre todo, el nivel de precisión necesario. Para tomar la decisión más adecuada, es necesario conocer las ventajas y desventajas para determinar si llena los requerimientos de los objetivos propuestos. Las fuentes de error más comunes empiezan a originarse en el muestreo, por que el tamaño de la muestra debe de modificarse según el decremento que se da por la cantidad de grano utilizado por los productores para consumo diario. Para evitar errores por las variaciones en el contenido de humedad, las estimaciones deben de basarse en peso seco o convertirlas a humedad estándar. Las pérdidas que ocurren en los almacenes rurales resultan más difíciles de cuantificar, debido en gran parte a la imprecisión y las limitaciones de los métodos sugeridos. Si a esto se agregan otros problemas específicos como el muestreo de mazorcas almacenadas en trojes, las tareas del investigador de manejo poscosecha en México y otros países se multiplican y dificultan en mayor proporción (Rodríguez, 1991), el mismo autor recomienda tres métodos básicos para cuantificar pérdidas en granos:

1. Determinación del peso de un volumen conocido de grano en muestras tomadas durante un período determinado.
2. Separación de granos dañados y aparentemente sanos para comparar su peso como porcentajes de la muestra completa.
3. Determinación del porcentaje de granos dañados por insectos y su conversión a pérdida en peso utilizando un factor predeterminado.

La USDA en 1965 estimó que las pérdidas anuales de granos en Estados Unidos entre 1951 y 1960 a causa de insectos fueron de 454.8 millones de dólares; adicionalmente hubo 8.8 millones de dólares de pérdidas en productos de cereales procesados. Laudani (1967) reporta que el Departamento de Defensa de E.U. gastó un millón de dólares por año en la conservación y manejo para evitar daños por dermatídeos en las prendas de lana y algodón. En algunos países las pérdidas son mucho menores, en Australia, donde el grano es estrechamente controlado por el gobierno, las pérdidas promedio entre 1961 y 1971 fueron de 0.2% (Pedersen, 1992).

Arias (1983) indica que durante un estudio en la República de Chile, se detectaron graves pérdidas económicas que ocurrían antes y después de la cosecha de granos, y una de las principales causas de las pérdidas resultaron ser los insectos de almacén. Estudiando métodos de almacenamiento rural en Honduras se determino que después de seis meses se perdía en promedio el 15.02% (Espinal, 1990). COZUDE (1993) reporta que en países como Honduras, Nicaragua, Guatemala y el Salvador se pierde principalmente en maíz el equivalente a 2 millones de dólares.

### 3.1.6.3.4 PÉRDIDAS POSCOSECHA EN MÉXICO.

En México no existe un consenso respecto a la magnitud de las mermas durante la poscosecha de granos: mientras los cálculos de algunos especialistas oscilan entre 20 y 30%, Almacenes Nacionales de Depósito (ANDSA), principal almacenadora a nivel nacional, sólo reconoce un 2% como mermas anuales en sus bodegas. Expertos de la FAO estiman entre 10 y 25% de pérdidas para México (Torres, 1995).

En México se han realizado estimaciones sobre pérdidas, siendo los resultados que se reportan substancialmente diferentes. Moreno (1995), menciona que los programas para la alimentación, han estimado que por deficiencias en la infraestructura y en los servicios para la recepción, acondicionamiento, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de los granos, se generan mermas del orden del 10% de las cosechas.

Con todo y que no existan cifras oficiales sistematizadas, que permitan captar la dimensión de las carencias en almacenamiento, se han logrado conjuntar datos que permiten una idea aproximada. Hasta 1984 la capacidad nacional de los almacenes de granos y semillas era de aproximadamente 20 millones de toneladas; ésto hace pensar que existía un déficit del 30% sólo para la producción interna, independientemente del volumen importado que en promedio representa 9 millones de toneladas anuales, diez años después esto se reduce un poco por la participación de los mismos empresarios agrícolas y las almacenadoras privadas (Torres, 1994).

Los problemas más importantes se pueden englobar en los aspectos siguientes:

- Heterogeneidad en las formas de almacenar que son en silos y bodegas mecanizadas pero sin el mantenimiento adecuado a sus instalaciones, almacenamientos rústicos no mejorados
- Insuficiente capacidad de almacenamiento, observable únicamente después de cada ciclo de producción
- Centros de acopio insuficientes, dispersos y sin infraestructura técnica
- Déficit y deterioro de las unidades de transporte requeridas para la cosecha (insuficiencia, deterioro y prácticas monopólicas en el transporte de carga, lentitud y fallas técnicas en barcos y furgones de ferrocarril)
- También se presentan fallas de tipo administrativo, escasez de personal capacitado, carencia de equipo e inadecuada difusión de la información técnica existente, nula incorporación del avance tecnológico a la conservación de alimentos entre otras (Torres 1994).

En el medio rural, los campesinos retienen entre el 30 y 40% de sus cosechas para autoconsumo, para semilla y para intercambio por otros productos y servicios, parte del grano lo pueden almacenar durante varios meses e incluso hasta la cosecha siguiente.

Las pérdidas que se presentan en este nivel son mayores por mucho, a las que se presentan en los centros de acopio, siendo en ocasiones mayores al 50%. Además hay que considerar que durante la etapa de llenado del grano los pájaros consumen en promedio el 15% del grano antes de la cosecha, siguiendo frecuentemente el daño durante la etapa de secado donde se suma el daño por insectos y roedores.

La naturaleza de la producción agropecuaria en México es estacional, es decir, los productos agrícolas abundan en la época de cosecha y escasean en las épocas inmediatamente anteriores, sin embargo el consumo es uniforme de mes en mes. Por otro lado las zonas de producción tienen distinta localización de los

centros de consumo, habiendo necesidad de transportar los granos a grandes distancias y de guardarlos el tiempo necesario para dar cumplimiento a las acciones de abasto (Carrillo, 1996).

Una de las razones por las no se podrá contar a corto plazo con una cifra oficial sobre las pérdidas poscosecha de granos en México, es que el país es muy extenso pero más que en superficie, en clima, flora, fauna, riqueza cultural, prácticas y costumbres, entre otras la forma de manejar y almacenar sus cosechas, y por lo tanto son diferentes los factores y las interacciones que se dan localmente, que son las que darán el monto de las pérdidas. Las pérdidas podrán ser típicas en una región determinada, pero diferentes a otras localidades; lo mismo que las variaciones estacionales podrán ser típicas a nivel local pero diferentes a otras localidades o poblados. Los estudios que se han realizado incluyendo los más completos desarrollados por el Instituto de Biología de la UNAM, -hace más de 20 años- y el realizado por el Colegio de Postgraduados, los niveles de muestreo no fueron lo suficiente precisos como para poder contar con un dato promedio que englobara los diferentes niveles que se dan en el país, esta situación no se puede considerar del todo como una deficiencia, ya que, para que pudiera considerarse suficiente la unidad de muestreo tendría que hacerse mínimo a nivel de ranchería, poblado, o incluso a una escala más pequeña, lo cual en la práctica sería imposible por el raquítico apoyo que reciben los centros e institutos de investigación. El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), y otras Instituciones han realizado evaluaciones en diferentes localidades de la República. La tónica en estos casos, generalmente es un estudio intensivo en localidades bien delimitadas, pero de extensión reducida como se muestra a continuación:

Tena (1985) realizó estudios con diferentes variedades de maíz en Tarímbaro, Michoacán encontrando en algunos muestreos daños por 36.1% del volumen total de granos, de los cuales un 22.8% correspondió a daño producido por insectos.

En el estado de Guerrero, Ariza (1993) encontró que en el maíz almacenado a nivel rural se pierde comúnmente alrededor del 10%, pero se pueden presentar frecuentemente pérdidas de hasta el 40%, mientras que en los grandes almacenes se pierde en promedio el 2%.

Aguilera (1993) reporta que en una encuesta entre los productores de diferentes localidades de Tabasco, cuando no se aplica algún protector del grano se pierde entre el 30 y 40%, cuando se aplica algún insecticida las pérdidas se reducen entre el 5 y 10%, también menciona que en almacenes a gran escala en la localidad de Balancán las pérdidas fueron de 28.10%, aunque en los almacenes de Villa Hermosa, fueron de 24.6%.

En una encuesta realizada por Ríos (1993) en el estado de México, encontró que las pérdidas en maíz causadas por insectos eran entre el 5-10%, de igual manera menciona que Ambriz y Vera en 1981 encontraron en el estado de Puebla pérdidas hasta del 41% cuando evaluaban daños en almacenes rústicos.

En un estudio realizado por la Compañía Nacional de Subsistencias Populares (CONASUPO) durante 1995, se certificaron 5,286 toneladas de maíz pertenecientes al ciclo de cosecha 94/95, se observó un promedio ponderado de 9.3 % de total de daños, correspondiendo el 3.3 % a daños ocasionados por insectos, siendo más severo el ataque en Campeche (13.0%) y el menor en el Estado de México (0.4 %). Cabe señalar que el tiempo de almacenamiento fue de tres meses en Campeche y seis meses en el estado de México.

En granos recién adquiridos por CONASUPO, que había sido almacenado durante siete meses en el estado de Tamaulipas, se evaluaron 142,223 toneladas de maíz cosecha 95/95, presentando en promedio 3.2 % de daños, correspondiendo a insectos el 0.1%. En contraparte, 11,056 toneladas de frijol nacional de la

cosecha 94/95 presentaron un promedio de 1.9 % de daños, no se observaron daños ocasionados por insectos. Cabe señalar que el frijol se encontraba almacenado en promedio durante siete meses en Chihuahua, Distrito Federal, Morelos y Zacatecas. (Melgarejo, comunicación personal)

Cuando se habla de pérdidas en lo único que coinciden los autores es en la falta de un consenso general sobre el monto de las mermas. El principal problema es querer globalizar dicho monto a nivel nacional, cuando aún a nivel estatal existen enormes diferencias. Para evidenciar más lo mencionado se ha observado en tres localidades del estado de Morelos, que las pérdidas en maíz almacenado a nivel rural son contrastantes, incluso la infestación y pérdida en la cosecha de un mismo productor varía año con año. En el poblado de Tlayacápan se encontró después de tres meses de almacenamiento una pérdida de 34.41%, en Ignacio Bastida de 11.33% y en Amatlipac fue de 2.73%.

#### **3.1.6.4 CONSIDERACIONES SOBRE DAÑOS Y PÉRDIDAS.**

En México como diversos países se han invertido enormes sumas de dinero para evaluar pérdidas, y desarrollar métodos más precisos para evaluar las pérdidas en los granos y semillas durante el almacenamiento, hasta la fecha no existe un método que sea aceptado internacionalmente como oficial, sin embargo, después de toda esta inversión de dinero y tiempo de notables científicos, no se ha aportado mayor cosa a los campesinos. Ellos ven como cotidiana la visita de "grandes científicos" nacionales y extranjeros, que toman muestras de sus mazorcas con el compromiso de regresar después de analizarlas detenidamente para encontrar el mejor método para evitar las pérdidas; cuando en el mejor de los casos los datos terminarán en un artículo que solo engrosará la lista de documentos que citan los problemas sin proponer soluciones. En estos momentos, al menos para México, es necesario dejar de preocuparnos por tratar de demostrar lo evidente y orientar los recursos a solucionar los diferentes problemas que implica el sistema poscosecha de granos.

#### **3.1.7 Métodos de control.**

Enormes cantidades de grano son almacenadas o transportadas bajo condiciones que requieren de prácticas que permitan mantener su calidad y prevenir pérdidas tanto en calidad como en cantidad. La reducción de las pérdidas poscosecha, especialmente en países en desarrollo es prioritaria (Paster, 1989).

Los métodos y prácticas para conservar la calidad de los granos son muy diversos, debido a la participación de numerosos factores. Entre los factores biológicos más conocidos y con frecuencia los más importantes se encuentran los insectos. La prevención de las pérdidas o el control de las poblaciones de los insectos se realiza mediante diferentes métodos. Para fines prácticos se propone agruparlos de la siguiente manera:

##### CONTROL FÍSICO AMBIENTAL

Se refiere a cualquier tipo de método que involucre modificaciones en el ambiente donde se almacena el grano, con el fin de matar los insectos o hacerlo hostil para los mismos, como la limpieza, asoleo del grano,

aireación, enfriamiento y atmósferas controladas. Este control de plagas, es posiblemente el método más antiguo y utilizado de manera consciente o empírica, principalmente por ser él más barato y no requerir de tecnología complicada.

Tradicionalmente la exposición al sol de las mazorcas y el grano ha sido utilizada para secar los granos y para eliminar insectos tanto en Africa como en los trópicos del Nuevo Mundo (Golob & Hodges, 1982). En 1970 McFarlane exploró la tolerancia térmica del barrenador mayor de los granos, encontrando que el 100% de mortandad, se lograba con una exposición de 50°C en un horno por una hora o por la simulación de radiación solar en una cabina en un intervalo entre 2 y 3 horas.

En el ámbito de las atmósferas controladas, Hyde *et al.* (1974) menciona que Bailey (1955), trabajando con *Sitophilus zeamais*, encontró una mortalidad muy pequeña de los gorgojos adultos en atmósferas de más de 3% de oxígeno, y también encontró que por debajo de 2% sucumbieron todos los insectos. Las formas inmaduras fueron más sensibles al efecto de la falta de oxígeno. De igual manera observó que en una atmósfera rica en oxígeno -de 15 a 21%-, el anhídrido carbónico tenía que alcanzar la proporción de 36% para que se logra una mortalidad considerable de gorgojos adultos; también indica que con una infestación fuerte de insectos en un grano seco, o cuando el grano esté muy húmedo, se produce una baja concentración de oxígeno en los recipientes herméticos al cabo de unos días, debido a la respiración de los insectos o de los hongos existentes en ellos, a no ser que la temperatura sea más baja (10-15°C), pero, si se trata de una infestación ligera y/o si el contenido de humedad es relativamente bajo (16-18%), el agotamiento de oxígeno puede resultar demasiado lento para eliminar las plagas en un plazo breve. Spratt (1979) menciona que después de continuas exposiciones de *Sitophilus zeamais*, a una mezcla de oxígeno, bióxido de carbono y nitrógeno en proporciones de 1:1:8 la media de longevidad de los machos se redujo de 59 a 49 días con la mezcla de gases mientras que las hembras de 75 a 63 días.

En el Laboratorio Central de Ciencias de Slough, Inglaterra, probaron tres tipos de atmósferas modificadas en granos con diferentes tamaños de contenedores, con mezclas de oxígeno y nitrógeno, utilizando insectos y ácaros; los resultados mostraron que a una concentración de 1% de oxígeno se eliminaban todos los organismos evaluados (Edwards, 1996).

Mora (1994) diseño y evaluó en Costa Rica, varios tipos de biogeneradores contruidos con recipientes de plástico con trozos de caña y otros residuos vegetales. Encontrando que era posible alcanzar altas concentraciones sobre 80% de CO<sub>2</sub> en los depósitos de grano y que las concentraciones de O<sub>2</sub> eran suficientemente bajas como para conseguir un buen control de insectos, mencionó además que el costo de los biogeneradores es bajo y la tecnología para hacerlos y utilizarlos es muy sencilla.

#### CONTROL FÍSICO DE ALTA TECNOLOGÍA

En este tipo de control de plagas se considera el uso de radiaciones gama, luz láser, luz infrarroja y magnetismo; En cuanto al control físico denominado de alta tecnología, en México se han desarrollado varios estudios para evaluar varios tipos de radiación sobre insectos de los granos almacenados. (Adem *et al.*, 1979) Expuso insectos a 2.7 krad/min de rayos gama, encontrando una total mortandad de *P. truncatus* a los 28 días de exposición. Cuando se expusieron los insectos a 15krad de rayos gama murieron el 100% a los 15 días;

sólo el 3.3% de hembras irradiadas pusieron huevecillos y únicamente el 1.5% de esos huevecillos eclosionaron (Ramírez y Ramos, 1980, citado por Markham *et al.*, 1991).

Ramos (1983) evaluó el efecto de la luz láser sobre insectos de almacén, encontrando que a los 180 días los insectos morían, pero observó que si los insectos estaban dentro del grano, éstos seguían vivos durante más tiempo. Otro de los métodos evaluados para determinar el efecto sobre los granos de almacén es el magnetismo. Urbán (1982) encontró que prolongando la exposición a un campo magnético uniforme en el barrenador mayor de los granos había un efecto negativo después de 90 días, encontrando un alto nivel de mortandad (Markham *et al.*, 1991). Los resultados más sorprendentes se lograron con el uso de una lámpara de luz infrarroja (250W) matando totalmente los insectos en sólo 38 segundos de exposición.

### CONTROL BIOLÓGICO DIRECTO

En este tipo de control intervienen microorganismos, parásitos, parasitoides y depredadores. Puede ser por propagación masiva y liberación y/o propiciando la conservación y el incremento de las poblaciones naturales.

Durante varias décadas se ha dependido casi exclusivamente de los insecticidas para controlar los insectos que dañan los granos almacenados, permitiendo conservar en buena medida los alimentos, sin embargo el costo ecológico sobre el medio ambiente y la salud humana ha sido alto, por lo cual diversas instituciones trabajan en el desarrollo de nuevas alternativas menos contaminantes, entre ellas se encuentra el control biológico.

Entre los insectos benéficos para los granos almacenados que más se han investigado se encuentra la chinche *Xylocoris flavipes*, Arbogast *et al.* (1970) describieron los estados de desarrollo de *X. flavipes*, indicando que las hembras miden 2.08 mm y los machos 1.93 mm. Jay *et al.* (1968) encontró bajo condiciones de laboratorio, que este insecto podía disminuir poblaciones de cuatro especies de insectos de almacén. El factor más importante del que depende el número de presas que consume *X. flavipes*, aparentemente es el tamaño de la presa; por ejemplo en el último estadio de *Plodia interpunctella* y de *Tribolium castaneum* las larvas son mucho más grandes que el adulto de *X. flavipes*, lo cual disminuye la posibilidad de atraparlas (LeCato *et al.*, 1973). Otro factor que afecta la efectividad depredadora de *X. flavipes*, es el tamaño de las partículas del medio donde se encuentra, este insecto penetra a mayor profundidad cuando se mueve libremente entre los granos y disminuye su efectividad cuando las partículas son finas (Press *et al.*, 1975). En experimentos de laboratorio, Arbogast (1976) encontró que después de una semana, cinco parejas de *X. flavipes* redujeron la población de 10 parejas de *Oryzaephilus surinamensis* hasta en un 95%; el nivel de control aumentó cuando el número de depredadores se incrementó a 10 parejas, pero el aumentar más la población de chinches no incrementó proporcionalmente el nivel de control. Cuando se mezclaron experimentalmente a *X. flavipes* y *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Pteromalidae) para controlar las poblaciones de *Plodia interpunctella*, se observó que *B. hebetor* fue más efectivo en la supresión de la población de la palomilla que *X. flavipes*; la combinación de ambos enemigos naturales resultó menos efectiva que *B. hebetor* sólo y mucho más efectivo que *X. flavipes* sola (Press *et al.*, 1973).

También se ha evaluado la interacción de dos parasitoides en la supresión de la palomilla *Ephesia cautella*, observaron que cuando *E. cautella* era expuesta sola a *B. hebetor*, la progenie del parasitoides

aumentaba tanto como el número de hospederos incrementaba; cuando se expuso *E. cautella* sola a *Nemeritis canescens* (Hymenoptera: Ichneumonidae) el número de parasitoides incrementaba hasta 19, pero al incrementar el número de hospederos, la población de parasitoides no aumentaba. Cuando la palomilla fue expuesta a ambos parasitoides, observaron que la población de *N. canescens*, era afectada por la presencia de *B. hebetor*, pero la población de *B. hebetor* no era afectada por la presencia de *N. canescens* (Press *et al.*, 1976).

Uno de los problemas que presenta el uso de los parasitoides en el combate de las plagas de almacén, es el tiempo tan reducido que viven los adultos, la longevidad se puede ver influenciada por el tipo y la disponibilidad de alimento. Lum (1977) menciona que las avispas utilizan la hemolinfa como reserva, pero la disponibilidad de otros nutrientes como la glucosa representa ventajas, ellos necesitan no desperdiciar sus alimentos de reserva, para no sacrificar el desarrollo de los oocitos al tiempo de la emergencia. El consumo de glucosa repercutió en un incremento del potencial reproductivo de *B. hebetor*. Los machos que emergieron de material colectado en el campo, vivieron de 6 a 7 días después de la emergencia, pero machos alimentados con glucosa, vivieron más de 21 días; cuando las hembras del mismo insecto eran alimentadas con agua y miel, vivían hasta tres meses.

Otro parasitoide que se localiza con frecuencia atacando plagas de los granos almacenados es *Anisopteromalus calandrae*, Khalafalla (1996) encontró que este parasitoide lograba su desarrollo total en 18.9 días a una temperatura de 26°C, el radio sexual observado fue de 2.1 machos por una hembra; el número de huevecillos depositados fue de 150.4 en 6.7 días a una temperatura de 26°C, la longevidad de las hembras y machos alimentados con miel 32.6 y 25.5 días a 26°C, respectivamente. Los porcentajes de parasitismo encontrados fueron de 69.5 en *Rhyzopertha dominica*, 43.3 en *Sitophilus granarius*, 30.1 en *Bruchus rufimanus*, 16.8 en *Trogoderma granarium* y nulo en *Oryzaephilus surinamensis*; el parasitoide fue activo de febrero a noviembre, encontrándose un pico en julio con 59.3% de parasitismo en *R. dominica*.

Actualmente el insecto benéfico que más se investiga es *Teretriosoma nigrescens* (Coleoptera: Histeridae) que actúa como depredador de *Prostephanus truncatus*. Richter (1996) en muestreos realizados sobre mazorcas de maíz almacenado de manera tradicional en Togo, encontró el 21.2% de granos dañados en presencia de *T. nigrescens*, comparado con 62% de daño sin el depredador, comentando que las pérdidas fueron reducidas hasta 81.2%.

*Sitophilus zeamais*, es una de las plagas más importante de los granos almacenados; su distribución es amplia lo mismo que la frecuencia con que se encuentra, hasta el momento se han detectado varios parasitoides y depredadores regulando las poblaciones en el interior de los almacenes, pero aparentemente ninguno resulta lo suficientemente efectivo para reducir significativamente sus poblaciones, lo que muestra la necesidad de buscar nuevas alternativas, entre otras el uso de patógenos. Adane *et al.* (1996) encontró, que el hongo *Bauveria bassiana* a una dosis de  $10^4$  conidios  $\text{ml}^{-1}$  causaba el 88% de mortalidad en ocho días; cuando se evaluó con 1 gramo de conidios secos en 25 gramos de grano, comparados con pirimiphos metil a 10 ppm, encontraron que se causaba micosis en *S. zeamais*, y el nivel de mortalidad de los adultos de *S. zeamais* no era diferente estadísticamente con el observado con el insecticida después de 14 días de almacenamiento, pero el insecticida mató a todos los insectos en 24 horas, y el patógeno necesitó 3 días para lograr el 100% de mortandad.

Entre los patógenos que presentan mayores posibilidades para su uso en el control de las plagas de los granos almacenados, se encuentra el *Bacillus thuringiensis* Berliner. Nwanze *et al.* (1975), en evaluaciones de laboratorio encontraron que dosis de 25 y 150 mm/kg. de *B. thuringiensis*, controlaron el primer estadio y larvas maduras de la palomilla *Plodia interpunctella*, y de *Cadra cautella*, en trigo; indicando que no se observaron diferencias en la susceptibilidad de las dos palomillas, la cual fue medida por la emergencia de adultos.

Los protozoarios son un grupo de organismos que pueden parasitar las plagas de almacén, existen pocos estudios al respecto y aun cuando aparentemente presentan dificultades para su posible uso comercial, representan una alternativa más. Marzke *et al.* (1958) encontraron en cultivos de *Trogoderma inclusum*, algunas larvas con síntomas de enfermedad, aislaron los organismos responsables y encontraron coccidias. Estos protozoarios fueron cultivados y evaluados sobre larvas de *T. inclusum*, observando que los protozoarios eran capaces de infectar mortalmente las larvas y estos podían ser transmitidos de larva a larva.

### CONTROL BIOLÓGICO INDIRECTO

Se refiere a la manipulación de machos estériles y el uso de reguladores del crecimiento; dentro de esta sección se está considerando a los reguladores del crecimiento y la técnica del macho estéril, este último presenta muy pocas posibilidades por el momento, ya que es necesario la liberación de una gran cantidad de machos estériles por cada insecto-plaga que se detecte y considerando que los machos estériles como base tienen que ser competitivos con los insectos locales esto indica que sólo se podría utilizar contra palomillas donde los adultos no causan daño directo a los granos.

El control de las plagas que dañan los productos almacenados mediante reguladores del crecimiento de los insectos (RsCI) las siglas en inglés (IGRs) fue propuesto en la década de los setenta, como una alternativa al uso de los insecticidas tradicionales. Inicialmente, los RsCI incluyeron compuestos miméticos de la hormona juvenil de los insectos; subsecuentemente, inhibidores de la síntesis de la quitina y ecdisteroides han sido adicionados a la lista disponible de RsCI. Se han realizado estudios extensivos sobre los efectos bioquímicos y fisiológicos de los reguladores sobre los insectos, sin embargo, se ha enfatizado poco sobre la aplicación práctica de esos materiales sobre los insectos de almacén (Oberlander *et al.*, 1997). Los reguladores del crecimiento que actúan como mimos de la hormona juvenil, trabajan sobre los estados inmaduros, aun cuando los organismos siguen comiendo, la metamorfosis y a menudo la reproducción es inhibida.

Vick *et al.* (1978) mostró que el metofreno era capaz de reducir 90% de emergencia de adultos de *Ephestia cautella* en cacahuate, posteriormente el metofreno fue utilizado para proteger tabaco contra *Lasioderma serricorne* y *E. cautella*, pero Harmon *et al.* (1995), encontró experimentalmente que el metofreno puede interactuar con los receptores "retinoide X" de los mamíferos, aunque no queda claro si esto sucede *in vivo*. Otros compuestos mimos de la hormona juvenil que han mostrado grandes posibilidades son el "fenoxicarb y el piriproxifen", por ejemplo, en aplicaciones tópicas de estos productos sobre las larvas de *Plodia interpunctella*, previnieron el desarrollo embrionario (Oberlander *et al.*, 1997).

Los ecdisteroides son una clase importante dentro de los RsCI, actúan directamente sobre los estados inmaduros por inhibición del crecimiento, interfiriendo con el proceso normal de la muda. Entre los ecdisteroides más conocidos están: RH 5849, tebufenozida, dibenzoil hidrazina; el primero de estos

compuestos fue denominado RH 5849, la acción de este producto en plagas de almacén fue demostrado por Silhacek *et al.* (1990) en *Plodia interpunctella* (Hübner) en experimentos *in vitro* y *in vivo*, encontró que el crecimiento de las larvas era inhibido a 5 ppm y se lograba una mortandad total cuando se exponían a 50 ppm.

Los inhibidores de la síntesis de la quitina (diflubenzuron, teflubenzuron y clorfluazuron) son otro tipo de compuestos, que aun cuando no son mímicos de la hormona juvenil, previenen el proceso normal de la muda en las larvas de los insectos, estos compuestos trabajan como inhibidores de la síntesis de la quitina, Oberlander y Leach (1974) demostraron el efecto del diflubenzuron sobre *P. interpunctella*. Los efectos del clorfluazuron fueron altamente específicos y interfirieron con la síntesis de la quitina sin afectar el depósito de la cutícula y epicutícula (Zimowska *et al.*, 1994), Desmarchelier y Allen (1992) mostraron que *S. oryzae* y *S. granarius* producían poca progenie cuando eran puestos en trigo con una dosis de 0.2 mg/kg. de diflubenzuron, la F1 que sobrevivió al tratamiento presentó problemas para producir la F2, estos resultados son importantes por que los mimos de la hormona juvenil presentan problemas para controlar especies de *Sitophilus* (Oberlander *et al.*, 1997).

### CONTROL ALTERNATIVO

Este tipo de control Incluye productos de origen natural de uso directo o procesadas de manera rústica (sin transformación química); partes de vegetales, como hojas, tallos, raíces o semillas, también partes o secreciones animales, ya sea molidas, en extractos o suspensiones. De igual manera se incluyen arenas o polvos naturales, como tierra de diatomeas, y ceniza de volcán. Los polvos inertes, particularmente los que están basados en sílica activada, últimamente incrementan su uso como protectores de los granos en las industrias almacenadoras. Estos materiales pueden ser clasificados en diferentes grupos dependiendo de su composición y tamaño de partículas.

Los polvos que no tienen como base la sílica, y en su lugar están compuestos por silicato de cuarzo, tales como caolín y arena, han sido utilizados por los productores de los países en desarrollo. Más recientemente, materiales como tierra de diatomeas y aereogel de sílice incrementan su uso para proteger los granos. Estos materiales han sido utilizados para controlar los insectos comunes que dañan los granos, los polvos son más efectivos en condiciones de baja humedad, por que inducen la mortalidad por efecto de disecación; los insectos pierden agua por que el polvo remueve la capa de cera de la cutícula del exoesqueleto (Golob, 1997).

Uno de los problemas que presentan los polvos inertes, es que disminuyen su efectividad cuando hay humedad relativa alta y por otro lado, pueden causar problemas de desgaste en la maquinaria utilizada para manejar o procesar el grano, sin embargo los polvos sintéticos como el dryacide, aún con los problemas de desgaste esta siendo utilizado ampliamente en Australia. Algunos polvos sintéticos han sido evaluados con buenos resultados en el control del barrenador mayor de los granos *Prostephanus truncatus*, el cual es una nueva e importante plaga en Africa. Los polvos inertes pueden desplazar a los insecticidas convencionales para proteger los granos almacenados en los países en desarrollo (Golob, 1997).

Otro método utilizado tradicionalmente por productores de diferentes partes del mundo, es el uso de plantas para matar o repeler las infestaciones de plagas en los granos. Entre las plantas más conocidas se encuentra en "Neem" la cual es procedente de la India, Jilani y Su (1982) evaluando polvos del rizoma de

*Curcuma longa*, hojas de *Azadirachta indica* y hojas de *Trigonella foeman-graecum*, frente a *Tribolium castaneum*, *Sitophilus granarius* y *Rhyzopertha dominica*, encontrando que el polvo de *C. longa* fueron más efectivos para controlar las tres especies, aunque el extracto de Neem con petróleo, tuvo mejor penetración en *R. dominica*. En una investigación de laboratorio donde inyectaron azaridactina en dosis de 0.01 a 10 µg. a *Tenebrio molitor*, encontrando que las diferentes dosis inhibían la ecdisis, observando que a dosis altas se impedía la secreción de la cutícula del adulto (Pascual *et al.*, 1990).

Su (1978) evaluó extractos con acetona de tres variedades de pimienta, (India-malabar, Indonesia-lampung y Brasileña) sobre *Sitophilus oryzae*, *Callosobruchus maculatus* y *Lasioderma serricorne*, siendo más efectiva la variedad "India-malabar" presentando toxicidad oral y de contacto. Todas las variedades fueron menos efectivas en *Lasioderma serricorne*.

En México, se han realizado numerosas investigaciones, donde se evaluaron cientos de plantas y diversos tipos de polvos inertes, procedentes de diferentes partes de la República Mexicana, principalmente de estado de México, Morelos, Oaxaca y Veracruz. Los principales insectos en que realizaron los estudios se encuentran: *Spodoptera frugiperda*, *Culex quinquefasciatus*, *Epilachna varivestis*, *Heliothis virescens*. Respecto a las plagas de almacén han realizado estudios con *Sitophilus zeamais*, *Sitotroga cerealella* y *Prostephanus truncatus*, y de 437 plantas pertenecientes a 86 familias, encontraron que 41 plantas resultaron prometedoras para el control de *Spodoptera frugiperda*, contra mosquito casero, *Culex quinquefasciatus* se probaron 389 plantas, pertenecientes a 70 familias, encontrando 7 plantas prometedoras, en el caso de *Epilachna varivestis*, resultaron prometedoras 2 plantas, y respecto a *Sitophilus zeamais*, se probaron 21 plantas y resultaron 2 plantas prometedoras, mencionando que contra este insecto resultó efectivo el polvo del volcán Chichonal. Las plantas que mostraron mejores resultados contra *S. zeamais*, fueron: *Hippocratea sp* (Familia: Hippocrateaceae), *Gnaphalium inortatum* (Familia: Compositae) y *Cestrum anagyris* (Familia: Solanaceae) (Lagunes, 1984)

### CONTROL QUÍMICO

En este bloque se incluyen los productos sintéticos como insecticidas de contacto y fumigantes; el control químico de los insectos, es el método que hasta la fecha ha sido utilizado con mayor frecuencia para controlar las plagas. Los gastos que se realizan para controlar plagas, malezas y enfermedades de los cultivos en el mundo son enormes, pero más preocupante es la cantidad de tóxicos que se vierten en la naturaleza; Pimentel (1991) menciona que se utilizan 2.3 millones de kilogramos de agroquímicos anualmente para controlar los problemas agrícolas.

Los insecticidas utilizados en el control de los insectos de almacén se pueden agrupar de la siguiente manera, (Comejo, 1998) :

- Por su naturaleza (origen natural u origen sintético)
- Por la forma en que los asimilan los organismos (estomacales, de contacto, fumigantes)
- Por su composición química (clorados, organofosforados, carbamatos, piretroides)
- Por su formulación (polvos, polvos diluidos, polvos humectables, líquidos, concentrados emulsionables)

Storey (1982) agrupa los métodos de control químico en Insecticidas de contacto y Fumigantes. Los insecticidas de contacto son preparados de cuatro formas:

- *Emulsiones concentradas*, las cuales son sustancias concentradas, diluidas en agua antes de la aplicación
- *Líquidos concentrados*, este término es usualmente aplicado a formulaciones para uso directo o con máquinas nebulizadores. Estas formulaciones generalmente consisten de un insecticida disuelto en aceite mineral
- *Polvos humectables*, éstas son formulaciones de polvo concentradas, las cuales son diluidas con agua antes de la aplicación. Los polvos concentrados usualmente contienen entre 20 y 80% de peso de ingrediente activo, estos productos a menudo contienen estabilizadores para asegurar que el polvo se fije después de la aspersion (Storey, 1982)
- *Polvos*, estos materiales están listos para ser aplicados directamente y no requieren dilución. La mayoría de polvos contienen entre 0.1 y 5% de ingrediente activo, el resto de material sirve solo como vehículo para la aplicación.

Usos de los insecticidas de contacto.

- Como medida de control preventivo, aplicado antes del almacenamiento en los contenedores
- Como protector del grano, aplicado a la masa de grano o en los bultos
- Asperjado como una capa, formando una barrera protectora para evitar el ingreso de las plagas
- Varias combinaciones de cada procedimiento, como parte integral de un programa de conservación.

Antes de los setenta se utilizaron insecticidas clorados —actualmente la mayoría están prohibidos en todo el mundo— entre los organoclorados se encuentran el metoxiclor, lindano, dieldrin, aldrin, heptaclor y toxafeno. Durante los setenta y ochenta se utilizaron ampliamente entre otros, los siguientes insecticidas para el control de las plagas de almacén: A) Organofosforados, Malatión, Pirimifos metil, Clorpirifos-metil, Diclorvos (DDVP), Bromofos, Fenitrotión, B) Carbamatos (Carbaril).

Entre los insecticidas que se utilizan actualmente con mayor frecuencia para el control de las plagas de almacén están el malatión y el pirimifos metil que son organofosforados, y la deltametrina que es un piretroide.

El malatión ha sido utilizado ampliamente para conservación de granos y actúa como insecticida tanto de contacto, como estomacal y químicamente no es muy estable ya que se descompone en ambientes alcalinos como sobre superficies encaladas o sobre el cemento, actualmente se reportan problemas de resistencia. El malatión esta siendo desplazado por el pirimifos metil (actellic) por su menor labilidad, menor persistencia y por no presentar problemas de resistencia. En evaluaciones desarrolladas por Tigar *et al.* (1996) encontraron que pirimifos metil en maíz con un contenido de humedad del 14%, almacenado a 25 ° C, con una humedad relativa de 70%, era más persistente que malatión, de igual forma el pirimifos metil resulto más efectivo que el malatión para controlar en menor tiempo poblaciones de *Typhaea stercorea*. Con la finalidad de detectar si existen problemas de resistencia a insecticidas en *Sitophilus zeamais*, en bodegas comerciales de maíz en México se evaluó la respuesta ante malatión, pirimifos metil y deltametrina en poblaciones de insectos de almacén, encontrando que no existen diferencias entre las poblaciones de laboratorio y las poblaciones de

almacén, concluyendo que los problemas de efectividad son ajenos a la resistencia de los insectos hacia los insecticidas (Segura *et al.*, 1994).

Otro grupo de insecticidas que adquiere más adeptos es el de los piretroides, éstos son compuestos derivados de la flor del crisantemo *Chrysanthemum cinerariaefolium*, los piretroides se dividen en fotolábiles y fotoestables, entre estos últimos se encuentra la deltametrina (K-Obiol). La deltametrina se aplica en aspersiones, "según la empresa formuladora", a razón de 2-4 litros por tonelada de grano, cuando es para semilla la dosis aumenta a 9-10 litros por tonelada.

Los fumigantes son agentes químicos que actúan a la temperatura ambiente en forma gaseosa. Estos productos ejercen su actividad tóxica penetrando a los tejidos del cuerpo por conducto del sistema respiratorio, debido a su forma gaseosa los fumigantes son capaces de penetrar en el espacio libre de los productos, así como por las hendiduras y grietas de las superficies del almacén, exterminando a los insectos presentes. Debido a esta ventaja resultan de gran utilidad para la desinfestación de almacenes, silos, bodegas, furgones de ferrocarril y bodegas de barcos. Una desventaja que presentan los fumigantes, es que no ejercen una protección duradera en el producto debido a su volatilidad, por lo que más bien actúan como medio corrector en el control de los insectos, no impidiendo una reinfestación inmediatamente después de la fumigación. Por la forma de acción de los fumigantes, por penetrar a través del sistema respiratorio, su efectividad dependerá del ritmo respiratorio de los insectos. Las temperaturas óptimas para la actividad de los insectos en la que el ritmo respiratorio es más elevado, ofrecen las condiciones más adecuadas para la fumigación. A medida que sea más baja la temperatura, mayor será la dosis necesaria y más largo será el tiempo de exposición. De esta forma los estados de desarrollo como huevecillo y pupa ofrecerán mayor resistencia a la acción de los fumigantes. Un buen fumigante además de la volatilidad y toxicidad otras características que debe reunir son el no ser residuales, que no manchen o deterioren el producto, no deben ser inflamables ni reaccionar con los productos o ser corrosivos (Cornejo, 1998). Una de las características básicas de los fumigantes es que actúan como gas y por lo tanto deben de ser utilizados en lugares cerrados o susceptibles de ser hermetizados.

Los fumigantes pueden clasificarse según su estado físico:

*Fumigantes líquidos*, como el bisulfuro de carbono, tetracloruro de carbono, dicloruro de etileno. Son líquidos a temperatura ambiente pero son capaces de volatilizarse actuando como tóxicos al estar en forma de gas.

*Fumigantes sólidos*, como el fosforo de aluminio y el cianuro de calcio

*Fumigantes gaseosos*, como el bromuro de metilo

La agrupación de acuerdo con su composición química

*Hidrocarburos halogenados*, como el tetracloruro de carbono y el bromuro de metilo

*Compuestos de azufre*, como el bióxido de azufre o el bisulfuro de carbono

*Cianuros*, como el ácido cianhídrico y el cianuro de calcio

*Compuestos inorgánicos*, como los gases ácidos y como el cloro

*Otros*, en este grupo se incluyen el benceno, la fosfina y el óxido de etileno.

Uno de los principales problemas a que se enfrentaron en el desarrollo de los fumigantes fue la residualidad. Vardell (1974) estudiando el efecto residual de múltiples fumigaciones del bromuro de metilo en harina, las temperaturas utilizadas fueron de 15.6, 21.1 y de 26.7°C, encontrando que a mayor temperatura

incrementaban los residuos inorgánicos de bromuro, de tal forma que, para evitar los residuos cuando se realizaban cinco fumigaciones era necesario efectuarlas a 15.6°C.

La efectividad de los fumigantes puede variar según el tipo de almacén o contenedor, la temperatura, humedad, el grano o producto a fumigar como el insecto que infesta. Leesch *et al.* (1974) en cacahuete almacenado en un contenedor experimental, le aplicaron bromuro de metilo a una dosis de 32 mg/litro, a una temperatura de 26°C, 80% de humedad relativa, durante 24 horas, encontrando que en estas condiciones fue suficiente para matar larvas y adultos de *Cadra cautella*, *Plodia interpunctella*, *Tribolium castaneum* y *Oryzaephilus mercator*, encontrando también que los cacahuates tenían un alto nivel de germinación.

Leesch *et al.* (1976) evaluaron la efectividad del bromuro de metilo y la fosfina para controlar el gorgojo de las nueces *Curculio caryae*, encontrando que el bromuro de metilo fue más efectivo que la fosfina. Sin embargo, Arthur (1996) indica que la fosfina es el fumigante más ampliamente utilizado en el control de insectos en los almacenes de los agricultores como en los almacenes comerciales en el mundo, de igual forma indica que se sigue trabajando alrededor de este fumigante, con nuevos sistemas de recirculación y sistemas para el control de las emisiones, así como nuevas formulaciones con la fosfina como base, por lo tanto, al parecer este producto es la mejor opción por el momento.

### CONTROL INTEGRADO

Según Glass (1975) puede ser definido como una estrategia de contención o refrenamiento de las plagas, la cual busca maximizar las fuerzas de control natural tales como parásitos y depredadores, utilizando otras prácticas cuando sea necesario y con un mínimo de perturbación en el medio ambiente.

El concepto de manejo integrado de plagas se ha ido modificando o complementando con el paso del tiempo, entre las definiciones que consideramos más adecuadas están:

- El manejo integrado de plagas es el empleo de una combinación de técnicas para el control de una amplia variedad de plagas que dañan los cultivos o que potencialmente pueden hacerlo, esto involucra la máxima confianza en el control natural de las poblaciones de las plagas, en una combinación de técnicas que puedan contribuir a la supresión de éstas, como métodos culturales, patógenos específicos, variedades resistentes, insectos estériles, atrayentes, parásitos, depredadores o productos químicos cuando sea necesario (Train *et al.*, 1972).

- El control integrado es la aplicación racional de una combinación de métodos biológicos, biotécnicos, químicos, culturales, variedades resistentes, por medio del cual el uso de la protección química de los cultivos es limitado al estricto mínimo necesario para mantener las poblaciones de las plagas por debajo de los niveles que causen inaceptables daños o pérdidas económicas (Unión Europea, 1991, citado por Scholler *et al.*, 1997).

- Un sistema de manejo integrado de plagas (IPM, en inglés o MIP, en español) en la protección de productos almacenados, comprende higiene, métodos tecnológicos o biotecnológicos, control físico, control biológico y control químico. Estos métodos tienen que armonizar y darle alta prioridad a la protección de la salud humana así como al ambiente. Por otra parte las políticas comerciales pueden ser elementos de MIP (Reichmut, 1996).

Un sistema de manejo integrado no es simplemente control biológico o el uso de cualquier técnica independiente, más bien es el uso de varios métodos de control, tomando en cuenta el papel que juegan las plagas en su medio ambiente, posibles interacciones entre plagas, así como otros factores (Train *et al.*, 1972).

Los componentes de un programa de control variará con el tipo de plaga, la naturaleza del cultivo-producto y el medio ambiente en que se desarrolla. Un ejemplo en las prácticas culturales, es cosechar tan pronto el cultivo madura, así como destruir las plantas enfermas o mazorcas evidentemente dañadas. Un ejemplo que ilustra las diferencias según la región, es la práctica precosecha conocida como "dobla" que se realiza en el trópico húmedo con el fin de evitar que el agua penetre entre las brácteas y aumente el contenido de humedad de los granos y por lo tanto incrementa la posibilidad de infección por hongos; en los sitios en que no llueve en la época de cosecha no es necesario aplicar esta práctica.

Aun cuando en muchos casos no se aplican insecticidas sintéticos durante un ciclo de cultivo, el propósito del MIP, no es eliminar los insecticidas, pero si para incrementar efectividad de las técnicas de control, por un tiempo prolongado. Los principales componentes de un programa de manejo integrado de plagas son: maximizar los factores de control natural existentes, predominando el uso de prácticas culturales para prevenir su desarrollo; monitoreando los niveles poblacionales de las plagas y los factores presentes de control natural, para determinar las medidas que se tienen que adicionar y usar las técnicas más apropiadas o la combinación de los métodos de supresión sólo cuando sea necesario para prevenir el daño económico en el cultivo. El sistema de manejo integrado de plagas, necesita no disminuir el rendimiento y la calidad de los productos.

Cuando se realiza un monitoreo adecuado a cada cultivo y plaga, los daños ecológicos pueden ser minimizados, por que los niveles de tolerancia a las plagas varía en cada cultivo; de tal forma que no se aplican insecticidas cuando no se superan los niveles de tolerancia del cultivo. Las medidas de control son necesarias cuando las poblaciones de las plagas incrementan rápidamente o se aproximan rápido al umbral económico, lo que indicaría que los mecanismos de control natural no pueden prevenir el daño. Únicamente a través de monitoreos y del conocimiento de los niveles de daño económico se puede tomar una decisión oportuna para aplicar el método de control adecuado.

El umbral económico se conoce para muchos cultivos, pero este umbral debe ser establecido para el cultivo y/o producto determinado, bajo las condiciones específicas de éste, las plagas y el ambiente; el umbral económico también puede variar según la etapa de desarrollo del cultivo y aun puede variar con las condiciones del manejo año con año. Para establecer el umbral económico del cultivo son necesarios los monitoreos, éstos se realizan mediante el uso de trampas de luz, o feromonas, así como mediante la exploración directa y sistemática del cultivo.

El desarrollo y aplicación del sistema de manejo integrado en las plagas de almacén es un tema relativamente reciente, sobretodo en los países en desarrollo; la mayor parte de las investigaciones tendientes a la aplicación de este tipo de sistemas de control están en proceso. Un buen ejemplo de los componentes que se pueden considerar para el manejo integrado de las plagas de los granos almacenados lo ilustran Scholler *et al.* (1997) quienes mencionan los siguientes:

*La higiene o medidas sanitarias;* son de gran importancia, los residuos del silo o almacén pueden tener granos infestados que contaminarán el grano nuevo.

*Métodos estructurales;* la estructura o diseño del almacén o granero, por ejemplo en los países industrializados, el diseño de los almacenes debe de contener las facilidades para la fumigación y la operación de los mismos.

*Métodos tecnológicos;* los daños por migraciones de humedad y generación de hongos pueden ser evitados con métodos de monitoreo como inspección por medio de rayos X, así como el uso de sensores para temperatura o humedad.

*Métodos biotecnológicos;* los monitoreos mediante trampas de feromonas y la aplicación de hongos y virus específicos en las trampas para controlar las plagas. De igual forma el uso de reguladores del crecimiento, como el metofreno pueden remplazar a los insecticidas clásicos.

*Métodos físicos;* el uso de calor, frío y microondas son alternativas prometedoras para ciertas áreas, lo mismo que la aplicación de polvos inertes basados en tierra de diatomeas.

*Control biológico;* el uso de antagonistas biológicos puede ser de ayuda para controlar las plagas, como depredadores y parasitoides.

*Métodos químicos;* los insecticidas sintéticos de contacto son hasta el momento los principales componentes del manejo integrado de las plagas. Efectivos métodos de aplicación, la reducción de las dosis y la reducción de la contaminación del medio ambiente por medio de la recaptura y reutilización de insecticidas. Por otro lado se puede utilizar las técnicas de atmósferas modificadas utilizando nitrógeno y bióxido de carbono.

*Políticas comerciales;* en los países industrializados, la producción de alimentos es controlada por altos estándares de calidad (ISO 9000). Las autoridades privadas y gubernamentales son responsables de apoyar a las industrias para que desarrollen buenas prácticas de manejo y penalizar el uso de prácticas inadecuadas.

Para el manejo integrado de las plagas de almacén en los países en desarrollo, evidentemente se evitan los componentes tecnificados sin embargo, varios de los componentes pueden ser adecuados a las condiciones de los productores de bajos recursos, Maredia y Mihm (1994) indican que las pérdidas poscosecha de granos alimenticios por causa de insectos, son una carga significativa a nivel nutricional y económico para los productores de subsistencia en los países en desarrollo. Un manejo integral de las plagas de los granos almacenados puede ser aprovechado basándose en el entendimiento y conocimiento de la biología, conducta y ecología de las plagas, lo que pudiera ser un sistema bioecotológico. En este sistema se pueden integrar componentes como las variedades resistentes a las plagas, técnicas sencillas de secado, técnicas sencillas para desinfestar el grano como los biogeneradores de CO<sub>2</sub>, y métodos como el uso de plantas, aceites, polvos inertes para repeler o controlar las plagas.

### CONTROL ECOLÓGICO

Considera la interacción de prácticas o métodos no contaminantes, de fácil acceso y aplicación. Representaría el manejo integrado sin la participación del control químico.

Se propone la inclusión de este método, como el inicio de una filosofía para la eliminación de los insecticidas sintéticos en el control de las plagas de almacén, lo cual en primera instancia puede parecer iluso, sin embargo, los resultados recientes obtenidos por científicos nacionales y extranjeros muestran que esta posibilidad no está muy remota, además de ser una alternativa barata, no presentaría efectos nocivos sobre el

medio ambiente, situación cada vez más preocupante en los países en desarrollo, como México. En general el control ecológico sería lo mismo que el manejo integrado pero sin incluir los insecticidas sintéticos.

## **3.2 EL MAÍZ.**

### **3.2.1 ORIGEN.**

La agricultura o el cultivo tecnificado de la tierra, no supera el siglo de desarrollo, sin embargo en diferentes sitios de la Tierra hay vestigios que datan de 40,000 años, o incluso más. En América se tienen registros de vestigios de domesticación de plantas, en las cuevas de Infiernillo en la Sierra de Tamaulipas, México, se encontraron restos de cerámica con frijol, chile y calabaza, presumiblemente con una antigüedad de 6,500 años. Respecto al maíz Mangelsdorf (1983) sustenta que el maíz se originó en México y que existe tal como lo conocemos hoy, desde 5,000 a.C. Durante este tiempo, antiguos pobladores de México han cultivado el maíz, seleccionando las mazorcas más grandes y con mejor grano para usarlas como semilla el siguiente año, de esta manera han realizado empíricamente mejoramiento genético, pero estas aportaciones no son las únicas, se puede observar en los diferentes códices, que tenían conocimiento de la época y condiciones favorables para sembrar así como aspectos sobre labranza, época para la cosecha y diversas formas para conservar el grano; al respecto podemos observar ejemplos a lo largo de la República Mexicana, entre otros el uso de "cal" y "chile quemado" para proteger al grano de los gorgojos así como el uso de estructuras especiales para guardar el grano o mazorcas; como las trojes, los silos, los graneros subterráneos en Veracruz, los sincolotes del estado de México, los tapancos de Michoacán, cuescomates de Morelos, etc.

### **3.2.2 IMPORTANCIA.**

Durante milenios, la historia del maíz y la del hombre corren paralelas en estas tierras, más que paralelas; están indisolublemente ligadas. El maíz es una planta humana, cultural en el sentido más profundo del término, porque no existe sin la intervención inteligente y oportuna de la mano; no es capaz de reproducirse por sí misma. Más que domesticada, la planta del maíz fue creada por el trabajo del humano. Al cultivar el maíz, el hombre también se cultivó.

Las grandes civilizaciones del pasado y la vida misma de millones de mexicanos del presente, tienen como raíz y fundamento el generoso maíz, ha sido un eje fundamental para la creatividad cultural de cientos de generaciones; exigió el desarrollo y perfeccionamiento continuo de innumerables técnicas para cultivarlo, almacenarlo y transformarlo (Bonfil, 1984).

Actualmente el maíz se cultiva en numerosos países del mundo. En 1980 la producción mundial de maíz ascendió a 400.6 millones de toneladas. De ellas, 88.2 millones fueron objeto de comercio internacional; el resto se consumió internamente en los países productores. Del total exportado, 64.8 millones (73.5%) correspondieron a Estados Unidos. (Bonfil, 1984). A continuación se presenta la producción de maíz en diferentes países.

CUADRO 7  
MÉXICO EN COMPARACIÓN CON LOS PRINCIPALES PRODUCTORES DE MAÍZ  
(MILLONES DE TONELADAS)

País	Año					Promedio	%
	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97		
E.U	240.72	160.95	256.62	187.31	260.06	216.33	40.64
China	95.38	102.70	99.28	112.00	117.00	105.27	19.78
Brasil	29.20	32.94	37.44	32.48	34.00	33.21	6.24
Unión E.	30.24	30.49	28.30	29.95	34.03	30.60	5.75
Otros	143.01	148.39	138.59	152.33	152.06	146.88	27.59
Mundial	538.55	475.47	560.23	514.07	573.15	532.29	100.00
México	16.93	18.00	18.20	18.30	18.40*	17.96	3.37

\*Estimado

Fuente: Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA).

### 3.2.3 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA CONSERVACIÓN DEL MAÍZ.

Cuando se hace referencia a los problemas de almacenamiento del maíz, se indican eventos y factores que suceden a partir de la cosecha, sin embargo, los problemas se generan desde el mismo momento en que seleccionamos la semilla que se utilizará, esto es, si se elige una semilla susceptible al daño por insectos de almacén, el grano que genere, indudablemente tendrá mayores problemas cuando se almacene; otros factores que están involucrados, son las prácticas durante el crecimiento de la planta, en algunas su efecto aún es discutido, como el efecto de permitir el crecimiento de hierbas cuando la planta ya superó la etapa de competencia con las mismas, algunos resultados indican que es benéfica la presencia de estas hierbas porque permiten el desarrollo de los enemigos naturales, además de que la gama de olores presentes descontrolan a los insectos de almacén, lo cual no se comprueba totalmente; en general se considera que la aplicación de buena limpieza y prácticas oportunas permite un mejor desarrollo de la planta y por lo tanto generan plantas, mazorcas y granos vigorosos, otro factor importante son las prácticas precosecha que se realizan en diferentes países de América Latina, incluyendo México, como la dobla, el zacateo, y el desespigue, la aplicación de estas prácticas es tan común y generalizada que indica que de alguna manera son útiles. La dobla es la práctica que muestra una razón clara ya que, la aplican en las zonas con altos índices de lluvia; al doblar la planta en el nudo inmediato inferior a la mazorca evitan que la lluvia entre por entre las brácteas, lo cual disminuye la posibilidad de infección por patógenos. El momento seleccionado para realizar la cosecha es otro factor de gran importancia, si las mazorcas se cosechan antes de que el grano logre la madurez fisiológica, por un lado el grano no adquirirá sus propiedades organolépticas, los nutrientes, el tamaño y el peso necesario, y por otro lado presentará un elevado contenido de humedad lo cual propiciara la proliferación de patógenos, pero si las mazorcas quedan demasiado tiempo en el campo con el fin de que pierdan humedad y puedan ser almacenadas, esto propiciará que los granos estén más tiempo expuestos a las plagas como insectos, pájaros y roedores, al mismo tiempo que los insectos de almacén tendrán más tiempo para depositar sus huevecillos, generando mayores problemas durante el almacenamiento. El manejo de las mazorcas después de la cosecha es un punto crucial para la conservación de la calidad de los granos; si las mazorcas son acumuladas con hoja (brácteas) después de la cosecha, esto puede disminuir el daño por pájaros y roedores, pero aun cuando se dejen sin secar tan sólo unas horas, los patógenos se desarrollarán y causarán daños irreversibles, como es el

caso de producción de micotoxinas. La limpieza, acondicionamiento y tipo de almacén elegido, son factores cuyo efecto es bien conocido sobre la conservación de la calidad de los granos.

### *EL SECADO DEL MAÍZ A NIVEL RURAL*

El tratamiento de granos compone una serie de operaciones unitarias, entre las que se destaca el secado. La falta de secado adecuado, es una de las principales fuentes de pérdidas en productos agrícolas. El secado se puede definir como el método universal de adecuar los granos, mediante la eliminación del agua hasta un nivel que prevenga el crecimiento de hongos y bacterias, de manera que se conserve el aspecto y la calidad nutritiva del grano como alimento o su viabilidad como semilla; el nivel de humedad seguro para el almacenamiento de granos se encuentra entre el 10 y el 13%, de humedad, para las principales especies, dadas las condiciones medias de temperatura y humedad relativa de América Latina (Marques, 1991). Por otro lado de Dios (1996), indica que como término general para los cereales, una humedad del 15% se considera el límite para estimarlo como "seco", pero este valor es relativo, pues depende de diversos factores. En un país con clima frío, un cereal como trigo puede conservarse a 15% de humedad, pero en un país con clima cálido, la humedad de conservación deberá ser de 12-13%.

Se han secado productos agrícolas desde los albores de la civilización. Al comienzo no había preocupación por el almacenamiento, y la disminución de la humedad se producía en el campo mismo. Era un "secado" que se realizaba en las condiciones naturales del ambiente, dictadas principalmente por la energía solar incidente y el movimiento del aire, es decir por el viento, posteriormente se intentó controlar parcialmente las condiciones de secado, y éste paso a realizarse en hornos especiales o recintos calentados. Entre la Primera y Segunda Guerras Mundiales se construyeron diversas unidades experimentales de secado. En aquella época sólo funcionaban algunas unidades comerciales, las que se destinaban fundamentalmente a la deshidratación de frutas, verduras, heno y al secado de semillas de maíz (FAO, 1991).

Las técnicas de secado y almacenamiento son ampliamente conocidas, no obstante, el mejor aludido puede verse limitado por algunos factores, entre los cuales, los más importantes son: a) el nivel de instrucción del usuario; b) el costo de la tecnología; c) el volumen de la producción por productor rural; d) la disponibilidad de energía eléctrica (Marques, 1991).

En América Latina, una parte importante de la producción de granos se seca todavía de forma primitiva, es decir se seca en el campo durante largos períodos. El uso de esta técnica acarrea elevadas pérdidas, puesto que los granos quedan expuestos, durante lapsos prolongados, a condiciones adversas (FAO, 1991). El contenido de humedad es afectado por la humedad relativa, por lo tanto resulta de gran importancia conocer la humedad de equilibrio para poder almacenar de manera segura el grano en las diferentes regiones sobretodo en el trópico.

CUADRO 8  
CONTENIDO DE HUMEDAD DE EQUILIBRIO DEL MAÍZ.

°C	Humedad relativa (%)												
	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
22	8.6	9.3	10	10.6	11.3	12.0	12.7	13.4	14.3	15.2	16.2	17.5	19.2
24	8.5	9.1	9.8	10.4	11.1	11.8	12.5	13.3	14.1	15.0	16.1	17.4	19.1
26	8.3	8.9	9.6	10.3	10.9	11.6	12.3	13.1	13.9	14.9	15.9	17.2	19.0
28	8.1	8.8	9.4	10.1	10.8	11.5	12.2	12.9	13.8	14.7	15.8	17.1	18.8
30	7.9	8.6	9.3	9.9	10.6	11.3	12.0	12.8	13.6	14.6	15.6	17.0	18.7
32	7.8	8.4	9.1	9.8	10.5	11.1	11.9	12.6	13.5	14.4	15.5	16.8	18.6

Fuente: FAO (1991).

Entre 1964 y 1965 el USDA, comprobó que de 1311 muestras de maíz el 2.3% contenía aflatoxinas. Lillehoj (1986) menciona que *A. flavus* necesita en promedio 17.5% de humedad para desarrollarse, sin embargo se ha comprobado que diferencias en el contenido de humedad del grano como 28% y 10% por efecto de histerésis, produce zonas con grano que presentan 14% y se ha observado el desarrollo de hongos y la producción de toxinas. Autores como Mora (1992) demostraron que las aflatoxinas producen principalmente en el momento inmediato a la cosecha, es decir, si después de cosechar se seca adecuadamente, parte del problema se elimina.

Se ha mencionado que por debajo del 13% de contenido de humedad disminuye drásticamente la posibilidad de infección por hongos y sus consecuencias, pero aun cuando se mencione este contenido de humedad sea el seguro para almacenar, en la práctica no resulta tan clara esta afirmación. Aunque a muchos insectos les perjudica una humedad reducida, el hecho de secar el grano hasta un contenido de humedad que resulte completamente aceptable para el almacenamiento, no impedirá por sí sólo que se produzca una infestación, a no ser que se enfríe el grano por debajo de 15 °C, temperatura que no resulta fácil obtener en la mayoría de los países tropicales (Hyde *et al.* 1974). Existen evidencias que muestran que *Prostephanus truncatus* y *Sitophilus zeamais* pueden infestar grano por debajo de 11% y varias especies del género *Trogoderma*, pueden desarrollarse eficientemente en grano con humedad menor de 10%, ésto tiene mucho que ver con el centro de origen de los insectos, pero esta afirmación no sólo tiene valor desde el punto de vista filogenético sino a nivel de cepas y razas ecológicas, ya que, se ha observado que muestras de *S. zeamais* colectadas en localidades con altitud de 2000 metros sobre el nivel del mar, tienen menos éxito si se tratan de cultivar en una localidad con menos 1000 metros sobre el nivel del mar, frente a los insectos locales. Esto nos lleva a pensar que las reglas generales son buenas como base pero es necesario considerar que las condiciones de manejo, entre ellas el secado, éste se deben adaptar a cada localidad o al menos a cada región ecológica, ya que cada región presenta un complejo particular de especies que infestan el grano y cada una presenta elasticidad genética diferente para la tolerancia a factores como la humedad y temperatura.

En México se usan básicamente tres formas para secar el grano, a) en el piso de la azotea o patio, b) sobre una armazón de madera, carrizo o bambú y algunos productores construyen c) jaulas tipo gallinero para guardar-secar su maíz.

### 3.2.4 ALMACENAMIENTO DEL MAÍZ.

El almacenamiento del maíz se realiza de diversas formas, mientras en algunos países desarrollados se almacena en bodegas con temperaturas e incluso con atmósferas controladas, en otros países se acumula en la azotea o en un rincón de la casa habitación. Desde el punto de vista tradicional las estructuras para almacenar el maíz dependerán de los materiales a que tenga acceso el campesino. Desde la más remota antigüedad, los habitantes del sur de Europa, el Cercano Oriente y Asia han almacenado su grano en unas simples fosas subterráneas, que ha descrito Doyere (1986). Esas fosas no siempre eran herméticas, pero estaban revestidas con paja, para absorber la humedad que puede filtrarse desde el suelo o por alguna grieta (Hyde *et al.*, 1974). En Nepal los productores almacenan sus granos en estructuras construidas con bambú y zacate de la región, de igual forma en Malawi los almacenes tradicionales están contruidos principalmente con troncos (Jepson, 1974). En el Este de Africa utilizan la cáscara seca de algunas cucurbitáceas *Langenarea cineraria* para almacenar pequeñas cantidades de grano (McFarlane, 1970). En Colombia los pequeños y medianos productores almacenan el maíz en sacos de una fibra denominada fique, cajones graneleros de 65 a 300 Kg. de capacidad y en recipientes llamados canecas (Ospina, 1995).

Hablar de almacenamiento de maíz en México, es hablar de las más profundas raíces y punto básico de identidad de este país, aunque existe poca información sobre estructuras que se utilizaron para almacenar este grano, se sabe que desde las primeras culturas existieron variantes en cuanto a los tipos y formas utilizadas.

A pesar de las similitudes culturales existentes entre las poblaciones indígenas de México, el desarrollo de las estructuras de almacenamiento siguió diversas líneas. La diversificación en los tipos e graneros fue el resultado de diferencias en clima, diferencias de materiales disponibles para su construcción, c) rasgos culturales especiales de la sociedad, y de la variación del nivel cultural (Hernández, 1985). A continuación se presentan algunos de los tipos de almacén y estructuras para almacenar el maíz en México, en la etapa considerada como moderna.

CUADRO 9.  
TIPOS DE GRANEROS TRADICIONALES DE MÉXICO.

Tipo de granero.	Grupo indígena.	Distribución.
Graneros familiares de maíz.		
Estructuras cilíndricas de piedra y enjarre.	Tarahumara.	Sonora y Chihuahua.
Cuezcumatl, vasiforme de zacate y enjarre.	Tlaxcalteca. Náhuatl.	Tlaxcala. Norte de Morelos.
Cabaña de troncos de la zona de altura.	Tarahumara. Mixteco.	Sonora y Chihuahua . NO de Oaxaca.
Cabaña de maderos tipo Yanhuitlán.	Mixteco.	Yanhuitlán, Oaxaca.
Cabaña de maderos de las zonas bajas.		Guerrero.
Cincalli, criba de altura cincalote, zincalothli..	Otomí. Náhuatl.	Estado de México. Sur de Morelos.
Completamente cilíndrico con postes erectos.	Amuzgos.	SE de Guerrero.
Cabaña de maguey.		SO de Puebla.
Troje, estructura de enjarre sellada.	Cuiclatecos.	Oeste de Guerrero.
Estructuras cilíndricas abiertas de enjarre.	Mixtecos.	Guerrero, Oaxaca, Puebla.
Criba tropical.	Maya. Totonaco.	Yucatán, Tabasco. Veracruz y Oaxaca.
Graneros dentro de la casa.	Maya. Totonaco. Zapoteco.	Tabasco . Norte de Veracruz. Este de Oaxaca.
Métodos temporales de almacenamiento.		
Tapanco, piso elevado al interior de la casa.	Tarasco. Zapoteco. Totonaco. Maya.	Michoacán. Este de Oaxaca. Norte de Veracruz. Sur de México. Guerrero y Jalisco.
Enramada.	Cuiclatecos.	Oeste de Guerrero.
Ziricua.	Náhuatl.	Norte de Guerrero.
Estructuras no Especializadas.		Jalisco, Guerrero, Oaxaca.

Fuente: Hernández, X (1985)

La mayor parte de las estructuras tradicionales para almacenar maíz, parecen estructuras improvisadas, que se utilizan como la única alternativa para acumular su grano, sin embargo algunas muestran un profundo conocimiento sobre conservación, y están adaptadas a las condiciones climáticas del lugar, como

el caso de cuescomate elaborados con barro y "zacate de monte" en Puebla y Morelos así como los sincolotes del estado de México, los cuales están contruidos con rajadas de árbol alternadas, de tal forma que permite la circulación del aire y facilita el secado de las mazorcas.

### 3.2.5 ALMACENAMIENTO HERMÉTICO.

La conservación de los granos de maíz no depende exclusivamente del tipo de almacén, pero si debe considerarse como el punto medular para conservar su calidad, entre los métodos más prometedores para conservar la calidad de los granos está el almacenamiento hermético. Al respecto la literatura nacional e internacional presenta numerosos ejemplos, donde se comprueba la utilidad y eficiencia de este sistema.

McFarlane (1970) comprobó que sacos de polietileno con espesor no menor de 0.1 mm son eficientes para almacenar grano herméticamente. En un experimento con bidónes de acero, Ozburns *et al.* (1960) comprobaron que se podía conservar sorgo a 10% de humedad durante 30 meses. Velázco (1987) trabajando en Oaxaca, México comprobó que almacenando maíz en silos metálicos se eliminaba la infestación de insectos. Oxley (1957) en Kenia con un recipiente contruido con malla metálica revestido con cemento y yeso, pudo conservar 10 toneladas de grano durante varios meses. En Veracruz, México. Gutiérrez *et al.* (1990) desarrollaron un método subterráneo para almacenar maíz, observando en el "granero subterráneo" un daño de 4.7% contra 75% en el testigo.

## 3.3 EL MAÍZ Y LOS INSECTOS DE ALMACÉN.

### 3.3.1 FACTORES GENÉTICOS Y LA CONSERVACIÓN DE LOS GRANOS DEL MAÍZ.

Otro factor importante a considerar, es el hecho de que existen variedades que son más dañadas que otras.

La resistencia varietal, representa la más simple alternativa para el control de las plagas de almacén, si se encuentran adecuados niveles de resistencia, ésta puede servir sola o como el principal componente del manejo integrado. Desafortunadamente el desarrollo de variedades resistentes se orientó principalmente al incremento de los rendimientos y al control de las plagas de campo. La resistencia para plagas de almacén ha sido poco atendida, resultando en un incremento de los problemas de almacenamiento por que las variedades tradicionales fueron sustituidas por variedades más susceptibles (Maredia, 1994).

En trabajos iniciados desde 1987 por el Centro Internacional para el Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT), en México, determinaron que los principales factores responsables de la resistencia en las semillas a las plagas de almacén son: dureza del grano, contenido de azúcares y compuestos fenólicos en la capa de aleurona. Los resultados mostraron también que los granos con mayor contenido nutritivo o mejor calidad proteica eran más susceptibles que los que presentaban menor calidad. Otro factor importante resulta la cobertura de la mazorca (longitud y características de las brácteas) (Maredia, 1994).

Villasis (1971) reportó, que para *Sitotroga cerealella* los maíces dulces y amilosos mostraron cierta resistencia al daño posiblemente por el alto contenido de azúcares, proteínas y grasas, siendo corroborada esta observación por Ortega y colaboradores en 1983. Por otro lado Díaz (1972) evaluando 61 genotipos de maíz colombiano, encontró que el tamaño del grano influía en el desarrollo de *Sitotroga cerealella*. En 1977, Shires

trabajando con *Prostephanus truncatus* encontró que este insecto es capaz de alimentarse sólo de maíz y que la habilidad de éste, se ve afectada por la dureza del grano. Estudiando fuentes de resistencia de maíz dentado Widstrom *et al.* (1983) encontraron que el factor más importante de resistencia es el pericarpio. Barahona *et al.* (1994) realizando una evaluación con siete genotipos de maíz al ataque de *Sitophilus zeamais*, encontraron que después de 100 días almacenamiento, el H-3 presentaba un daño de 2.3% y el H-53 tenía sólo el 1.36%, en contraste con el H-57 que mostraba un daño de 14.13%.

Como consecuencia de diversos estudios realizados por científicos mexicanos se tiene algunos genotipos de maíz que han mostrado menor susceptibilidad al daño por plagas de almacén entre los cuales se encuentran: Tamps-39, V-522 y H-503 detectados por Aguilera (1990). Evaluando 23 genotipos de maíz frente a *Sitotroga cerealella*, Güemes y Cabrera (1990) encontraron que los mejores materiales fueron Tamps-39, V-522 y el H-503. Por otro lado, Segura y Mihm (1991) reportan como los mejores genotipos el Poza Rica 8671 y el 589345Q.

Una vez que se utiliza la variedad menos susceptible, que además presente buenas cualidades agronómicas, así como se siembre en la época más oportuna, lo que procede es dar un manejo adecuado en el campo y protegerlo contra aves y roedores, ya que cualquier tipo de lesión en las brácteas que cubren la hoja propicia la entrada de las plagas de almacén.

### 3.3.2 LA FECHA DE SIEMBRA Y LOS INSECTOS DE ALMACÉN.

Si consideramos que los insectos de almacén no están presentes en el campo todo el tiempo, y que la presencia depende básicamente de dos factores, estado fisiológico del maíz y clima, podemos suponer que al variar la fecha de siembra se puede esperar que los insectos se vean afectados por el momento en que alcanza la madurez fisiológica el grano. Como lo demuestra Güemes (1990) al evaluar 12 fechas de siembra bajo riego en Zacatepec, Morelos, encontrando que cuando se sembró el 25 de octubre y se cosechó el primero de abril, no hubo insectos de almacén ni daño, así como cuando se sembró el 2 de junio y se cosechó el 19 de octubre; y la fecha con mayor daño fue: siembra 22 de febrero, cosecha 23 de julio.

### 3.3.3. MANEJO DEL CULTIVO Y LOS INSECTOS DE ALMACÉN.

Las actividades que se realicen durante el desarrollo del cultivo repercuten de manera determinante en la cantidad y la calidad de los granos que se obtengan. En el caso del maíz la fertilización oportuna y la eliminación de malezas colaborarán para obtener mazorcas sanas y de buen tamaño, de igual forma el control oportuno de plagas y enfermedades de campo influirá de manera significativa en la calidad y aspecto de las mazorcas, Gutiérrez (1991), encontró una estrecha asociación entre el daño mecánico causado por granizadas, el daño causado por ortópteros o lepidópteros como *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) con las plagas secundarias y terciarias como *Cathartus quadricollis* (Guerin-Meneville) y *Carpophilus dimidiatus* F.

### 3.3.4 MADUREZ FISIOLÓGICA DEL MAÍZ Y LOS INSECTOS DE ALMACÉN.

En relación a las plagas que dañan los granos almacenados, por tradición se tratan de controlar cuando las poblaciones de insectos son muy evidentes, y por lo tanto el daño está hecho, recordemos que la mayor parte de las especies que dañan los granos almacenados, ingresan desde el campo incluso antes de que logre la madurez fisiológica, y cuando el grano llega al almacén contiene huevecillos y larvas en desarrollo, que emergerán alrededor de 30 días después de que las hembras depositaron los huevecillos en las mazorcas, cuando aún estaban en el campo, lo cual sucede a las pocas semanas o incluso días de que ingresan al almacén.

El factor daño unido a la inminente contaminación de los granos con residuos tóxicos, nos lleva a reflexionar sobre la necesidad de modificar la táctica de control, dirigiendo nuestra atención hacia eventos previos al ingreso de las plagas en la mazorca. **El punto de partida para atacar el problema de la conservación de granos, aunque parezca irónico inicia desde el momento de la siembra.** Como ya se mencionó, las plagas de almacén ingresan desde el campo, sin embargo es necesario situar en que época ingresan dichas plagas.

Ríos (1986) reportó la presencia en campo de *Sitotroga cerealella*, *Prostephanus truncatus* y *Sitophilus zeamais*, cuando el maíz está cerca de la madurez fisiológica, presentando un contenido de humedad del grano entre 25 y 46 %. Gutiérrez (1992) cita que en Zacatepec, Morelos, se observó a *S. zeamais* desde el momento en que el maíz se encontraba en estado lechoso, pero sólo en aparente actitud de consumo de secreciones o líquido en las oquedades de las hojas.

### 3.3.5 SECADO DE CAMPO Y LOS INSECTOS DE ALMACÉN.

Otro factor básico es la cosecha oportuna, ésta se determina en función al momento en que el maíz logra la madurez, la razón es que a mayor tiempo de secado en el campo mayor tiempo de exposición a los insectos y por lo tanto mayor posibilidad para que ovipositen los insectos. Sin embargo es necesario considerar que en muchas ocasiones las condiciones climáticas y estado del suelo (anegado) no permiten la cosecha.

### 3.3.6 EL SECADO EN TECHO Y LOS INSECTOS DE ALMACÉN.

La siguiente fase crítica a considerar, es el proceso de asoleo-almacenamiento de las mazorcas; al respecto Gutiérrez (1991) encontró que la forma más adecuada para propiciar la disminución del contenido de humedad del grano en Zacatepec, Morelos, es asolear las mazorcas sin eliminar brácteas (totomoxtle), extendiéndolas lo más posible en el patio u azotea, tratando que el grosor de la capa sea no mayor de tres mazorcas, con lo cual los rayos solares incrementarán la temperatura del grano hasta 45 °C eliminando huevecillos y larvas de los primeros estadios en unas cuantas horas de exposición, mermando significativamente las poblaciones de insectos.

### 3.3.7 EL DESGRANE Y LOS INSECTOS DE ALMACÉN.

El momento óptimo para detener el asoleo-almacenamiento e iniciar el desgrane, es cuando el grano presenta un contenido de humedad entre 18 y 20%, en esta fase es necesario que al terminar se cribe el grano y quemem los residuos, con el fin de evitar la propagación de las plagas o la reinfestación del grano considerando que pueden ir incluidos huevecillos, larvas e insectos adultos. Por otro lado, Zeledón (comunicación personal) menciona la utilidad de realizar cribados periódicos con el fin de eliminar los insectos presentes.

### 3.3.8 FORMA DE ALMACENAMIENTO Y LOS INSECTOS DE ALMACÉN.

El tipo de almacén, es un factor importante en la conservación de los granos o mazorcas del maíz. Si agrupamos los almacenes rústicos en subterráneos y aéreos o sobre la superficie del suelo, en los subterráneos puede haber las variantes de pozo rústico, pozo con enjarre de lodo y pozo con repellado de cemento, cal y arena granero subterráneo "GS"; en el primer y segundo tipo, los daños por pájaros son eliminados, el daño por insectos dependerá el manejo que se le proporcionó previamente al grano y el daño por roedores es posible. En el caso del GS, los daños por pájaros y roedores se eliminan completamente, el daño por insectos es reducido.

En los almacenes aéreos o contruidos sobre la superficie del suelo, existe aún en la actualidad una enorme variedad de tipos, como un ejemplo de la relación de los insectos con el tipo de almacén es el caso de *Prostephanus truncatus*, el cual infesta preferentemente mazorcas, el maíz desgranado también pero es evidente su preferencia sobre las mazorcas, independientemente si tienen o no brácteas. Los almacenes de madera son más visitados por *P. truncatus*, y comúnmente barrena tanto las mazorcas como la madera de la cual está construido el almacén. Las plagas secundarias como *Cathartus quadricollis*, prefieren el maíz almacenado como mazorca en trojes rústicas, enramadas o chozas, preferiblemente si se encuentran con un alto contenido de humedad.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo consistió en evaluar de manera simultánea métodos tradicionales y tecnificados para evitar las pérdidas durante el almacenamiento del maíz a nivel rural en el estado de Morelos, entre los cuales se consideró:

- a) la selección de la semilla;
- b) manejo del cultivo (deshierbe, materiales repelentes para pájaros);
- c) manejo precosecha (desespigue, zacateo y dobla);
- d) secado natural con y sin "hojas";
- e) métodos de secado natural (sobre malla, sobre madera y sobre el piso);
- f) secadora solar rústica;
- g) los volátiles del maíz en la atracción de las plagas;
- h) almacenamiento hermético (el granero subterráneo y bidón o tinaco de polietileno);

Cabe señalar que para fines de la tesis, se presentan artículos de cinco de los tópicos mencionados, de igual manera, se aclara que los diferentes componentes se expusieron a las condiciones más drásticas, para determinar los límites de tolerancia de los mismos.

La metodología, parámetros evaluados y literatura citada se incluyen en cada uno de los artículos que se presentan en un apartado posterior, aunque al final se presenta la literatura citada de manera general en el trabajo.

### 4.1 CARACTERÍSTICAS DE LA REGIÓN DE ESTUDIO.

#### 4.1.1 ASPECTOS GEOGRÁFICOS DEL ESTADO DE MORELOS.

En México, el estado de Morelos está situado entre los paralelos  $18^{\circ} 22'$  y  $19^{\circ} 07'$  de longitud norte de la línea del Ecuador, y los meridianos  $98^{\circ} 37'$  y  $99^{\circ} 30'$  de longitud oeste. De manera global se puede decir que los límites del estado son: al norte la sierra del Ajusco, que separa a Morelos del valle de México. hacia el noreste, la sierra del Popocatepetl, llamada sierra nevada, se interpone entre los estados de México, Puebla y Morelos, la misma sierra Nevada se prolonga hacia el sur del Popocatepetl y, hacia el este, los límites con los valles de Puebla y Atlixco. Un límite oriental más definido la forma el río Nexapa, al poniente, la sierra de Huitzilac, prolongada en las sierras de Chalma, Zempoala, Ocuila, y Miacatlán, lo separan del valle de Tenancingo, en el estado de México, al sur, las sierras de Cacahuamilpa, san Gabriel y Huautla interrumpen, en partes, el descenso de Morelos hacia la depresión del Balsas la cual definirá la formación territorial del estado de Guerrero.

Encajonado por serranías, Morelos resulta ser uno de los más pequeños del territorio nacional: su extensión es de  $4,941 \text{ km}^2$ , que representa el 0.25% de la superficie de la república mexicana (de la Peña, 1982). Si definimos región fisiográfica como una porción físicamente homogénea de territorio, es posible distinguir tres regiones: la sierra o zona alta, el pie de monte o zona intermedia y los valles o zona baja. La zona alta, esta situada sobre toda la franja norte del estado entre los dos mil y los cuatro mil metros de altitud,

comprende los Municipios de Huitzilac, y Tetela del Volcán. La zona intermedia y alta son parte de las formaciones volcánicas de la sierra volcánica transversal, se sitúan en una altitud entre los 2000 y generalmente por encima de los 1300 msnm; Cuernavaca, capital del Estado, se asienta entre esta zona y la llanura. La parte baja tiene una altitud media de 1000 msnm, la mayoría de tierras de esta región son negras, arcillosas, muchas de origen basáltico; otras son calizas de origen marino. En el sudeste de esta zona se encuentra la localidad de estudio Zacatepec, que presenta una altitud de 900 msnm.

## República Mexicana



Figura 3. Ubicación de la zona de estudio (estado de Morelos).

Morelos, está formado por 239 ejidos y comunidades, tiene una superficie de 383 519,860 hectáreas, de las cuales 175 587.810 están parceladas y 207 932,050 están sin parcelar (INEGI, 1993), está constituido por 33 municipios y cuenta con una área cultivable de 179,657 ha. Su clima es subhúmedo cálido en el sur, pero a medida que es mayor la altitud hacia el norte se vuelve semicálido y después templado en las laderas de la sierra del Ajusto (García, 1981). En Morelos se cultiva maíz, caña de azúcar, hortalizas, arroz, frijol, cebolla, cacahuete, y algunos frutales. Los principales granos que se producen son: maíz, arroz, frijol, sorgo.

#### 4.2 EL MAÍZ EN EL ESTADO DE MORELOS.

Morelos, a pesar de ser un Estado pequeño, es uno de los más ricos en cuanto a diversidad de estructuras para almacenar granos de maíz, en su gran mayoría, las prácticas de cultivo y almacenamiento son tradicionales y debido al fraccionamiento de la tierra, la producción es básicamente de autoconsumo, siendo por lo regular insuficiente. El consumo actual es muy por encima de 120 000.00 toneladas y el promedio de producción de los últimos 10 años es de 105 030.00 toneladas, por lo cual es necesario comprar grano al estado de México, Guerrero, Puebla o Chiapas.

CUADRO 10  
PRODUCCIÓN DE MAÍZ DE 1993 A 1997.

Producto	1993	1994	1996	1997
Maíz	94898.00	148710.60	110191.40	99510.00

Fuente: Cálculos obtenidos con base en datos del Distrito de Desarrollo Rural del estado de Morelos (Vázquez, 1993, y DDR, 1998).

En una investigación desarrollada por Güemes, Cabrera y Vázquez durante en 1990, se encuestaron 246 productores de maíz, 117 en la zona alta del Estado de Morelos (1900-2200 msnm) que está compuesta por los municipios de Huitzilac, Cuemavaca, Tepoztlán, Tlalnepantla, Tlayacápan, Totolápan, Atlatlahucan, Ocuituco y Tetela del Volcán. En la zona intermedia, (1300-1900 msnm) se encuestaron 10 productores de los municipios de Yecapixtla, Jiutepec, Cuautla, Emiliano Zapata, Temoac y Zacualpan. En la zona baja, (800-1300 msnm) se encuestaron 59 productores de los municipios de Coatlán del Río, Miacatlán, Mazatepec, Amacuzac, Xochitepec, Puente de Ixtla, Zacatepec, Jojutla, Tlaltizapán, Tlaquiltenango, Cd. Ayala, Tepalcingo, Jantetelco y Axochiapan.

Las encuestas citadas determinaron que desde el punto de vista de tenencia de la tierra en la parte alta existe el 14% de comuneros, 59.5% de ejidatarios y 25.6% de pequeña propiedad. En la parte media 69.2% ejidatarios y 30.8% de pequeña propiedad. En la parte baja, el 78.7% son ejidatarios y 21.3% de pequeña propiedad, sólo el 22% del total anterior solicita crédito para el cultivo del maíz.

De la semilla que utilizan para la siembra el 42, es criolla, 45.8% utiliza variedades mejoradas y el 10.8% ambas; el 32.1% lo desinfectan y el 67% no lo hace. Los genotipos más utilizados son los tipos de maíz: ancho, criollo, costeño, tehuacán, híbrido, elotero, cuarenteño, H-526, delgado, V-412, H-510, arriveño,

pozolero blanco y negro. También se utiliza la V-454 por ser menos susceptible al daño por *Spodoptera frugiperda*. El manejo que dan a la semilla antes de la siembra es muy limitado, sólo el 32.1% de productores la desinfectan. Los productores destinan para el cultivo de maíz (temporal) 1.6 ha/productor en la zona alta, 1.0 ha/productor en la zona media y 1.8 ha/productor en la zona baja.

Las siembras en las áreas temporales se realizan en diferentes épocas y esto se relaciona con el establecimiento de las lluvias, la humedad residual y la interacción con otros cultivos, alrededor del 90% la realizan en el mes de junio, aun cuando en la zona alta del estado el 6.5% de los productores siembra desde el mes de mayo, en la zona baja sólo el 2.1% siembra en mayo y en la zona media es menor la cantidad de productores que siembran en este mes.

Desde el momento de la siembra los productores sufren pérdidas por pájaros, roedores y hormigas que extraen la semilla, cuando emerge la plántula, las hormigas del género *Atta* cortan las puntas de la planta, pero el problema más importante en las tres zonas es el insecto denominado gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), que se alimenta de las hojas que están en formación, denominado coloquialmente "cogollo" de la planta, retrasando el desarrollo y en ocasiones matándola.

#### **4.2.1 PRÁCTICAS PRECOSECHA EN EL ESTADO DE MORELOS.**

La etapa que comprende entre el llenado del grano, madurez fisiológica y pérdida de humedad de la mazorca, es una de las más críticas para los productores maiceros, ya que en esta etapa, el maíz suele ser atacado por pájaros e insectos que favorecen el ingreso de patógenos, así como los insectos típicos de almacén. En estados como Chiapas y Veracruz se realiza la "dobla", que es una práctica tradicional que consiste en doblar la planta en el nudo inmediato inferior a la mazorca, o simplemente doblar la mazorca hacia abajo para evitar que el agua de la lluvia entre y propicie el establecimiento de hongos. En el estado de Morelos se practica principalmente el "zacateo" que consiste en eliminar las hojas de la planta para alimentar a los animales de carga, al mismo tiempo que acelera el secado de la mazorca.

#### **4.2.2 COSECHA Y MANEJO PRE-ALMACENAMIENTO DEL MAÍZ EN MORELOS.**

La cosecha del maíz en el estado de Morelos se realiza de manera manual y la denominan "pizca", que consiste en coleccionar las mazorcas y colocarlas en una canasta o un costal atado al cuerpo, algunos la cortan con hoja y otros sin hoja, el 85% lo hacen planta en pie. Para decidir el momento de la cosecha lo realizan en base a la coloración de las brácteas o "hojas" (amarillo paja) o cuando de la mazorca se pueden separar algunos granos aplicando poca presión.

Las cosechas en la zona denominada baja, se inician a principios del mes de octubre; en la zona alta y media en la segunda quincena, las últimas cosechas se efectúan a finales del mes de febrero en la zona alta, a mediados de diciembre en la zona media y finales de noviembre en la zona baja. Las labores de cosecha requieren de tres a cuatro días, según la superficie, pero está condicionada a la mano de obra requerida, el 40% se limita a la mano de obra familiar. El máximo rendimiento de maíz que obtienen los productores de Morelos es de 2,250 kg./ha. El cálculo directo del rendimiento en el estado de Morelos es relativamente difícil, ya que, la medida que se maneja comúnmente en dicho estado es la "carga", que consiste en dos costales de

ixtle o polietileno repletos de mazorca (inexplicablemente a cada uno de los costales se les llama tercios), que pesan "aproximadamente" 150 Kg. y la unidad de área es la tarea, que consiste en 1,000 m<sup>2</sup>.

El transporte de las mazorcas de maíz de la parcela a la finca es por medio de equinos, los cuales llevan en promedio dos costales (carga). Al llegar a casa, comúnmente colocan las mazorcas en la azotea o patio para que continúe el secado del grano; esta etapa es en extremo importante, ya que de un buen asoleo o secado en esta fase, dependerá la velocidad de infestación por insectos de almacén. Mora (1993), demostró que en esta etapa se originan o incrementan de manera importante las aflatoxinas.

Algunos productores seleccionan las mazorcas al llegar a casa con el fin de separar grano para alimento familiar, para venta y para alimento de los animales domésticos; en la zona alta lo seleccionan el 66.7% en la parte media, el 53.8% y en la baja, el 80.4%.

Después de un tiempo variable de asolear las mazorcas se realiza el desgrane que en su mayoría lo efectúan manualmente y algunos con ayuda de «olotera», que consiste en un grupo de olotes unidos con un alambre, dando la forma de un cilindro. De la totalidad de la cosecha se destina entre el 80 y 90% al consumo familiar, entre el 9 y 12% a la venta y el grano picado se mezcla con grano limpio y se ofrece a los animales domésticos. La extracción de grano para el consumo familiar varía en función al número de integrantes, pero en su mayoría extraen diario de uno a tres cuartillos, una porción de la población saca cada tres días de cuatro a seis "cuartillos" (o más), cada cuartillo contiene en teoría 1.5 Kg.

#### **4.2.3 ALMACENAMIENTO RURAL DEL MAÍZ EN MORELOS.**

El almacenamiento del maíz en el estado, se realiza principalmente a granel (43.3%) amontonado en una parte de la casa, algunos lo guardan en grupos de mazorcas (parte alta), el 23.9% conserva el grano encostalado; una parte importante de la población posee almacenes tradicionales. La mayor parte de los productores cuentan con un sólo almacén, aunque en la zona alta el 7.1% tiene hasta cuatro almacenes.

El tiempo de uso de los almacenes depende del tipo de material y características de los almacenes; el 58.9% tiene de 7 a 10 años, el 30% es de 11 a 30 años y en la parte alta se encuentran almacenes con más de 100 años de uso. La capacidad de los almacenes es muy variada, se pueden observar desde canastas de carrizo para almacenar de 50 a 60 Kg, bidones de 150 a 200 Kg, trojes de 500 a 1,500 Kg, cuescomates de 500 a 1,500 Kg, sincolotes de 500 a 1,500 Kg, y cuartos de mampostería con capacidad de 1,000 hasta 4,000 Kg, éstos últimos son poco comunes.

El tiempo de almacenamiento varía, entre otros factores por destino del grano (venta, trueque o consumo), la humedad de almacenamiento y los niveles de infestación. El contenido de humedad a la que se almacena el grano es muy importante para una buena conservación; en Morelos varía el contenido de humedad al cual almacenan los productores, en la parte alta; más de la mitad asegura almacenar su grano con una humedad baja pero el 20% menciona que almacena con un nivel alto de humedad, en la parte media; 7.7%, en la parte baja 11.6%, sin embargo, en muestreos realizados durante 1993, se encontró que en promedio el contenido de humedad al que inician el almacenamiento en la parte baja es de 14% y después del primer mes disminuye hasta 12.5%.

Además del contenido de humedad del grano al momento de iniciar el almacenamiento es importante la limpieza del almacén y cómo llega el grano del campo. En la zona alta, el grano llega del campo con 4% de

daño por insectos y 12% de granos con daño diverso, en la parte media, 1% de grano picado y 7% de daños diversos, y en la parte baja el 2% picado y 9% de otros daños (Güemes, 1990).

#### **4.2.4 CONTROL DE LAS PLAGAS DE ALMACÉN EN MORELOS.**

En Morelos el 79.3% de los productores limpia su almacén para prevenir daños y el 64.1% utiliza además algún tipo de protección contra las plagas. El método de prevención y combate más utilizado es el uso de pastillas de fosforo de aluminio (fumigante), al parecer por su precio, facilidad de aplicación y eficiencia; sin embargo, las dosis utilizadas por los agricultores varían aun en la misma zona, siendo frecuente encontrar que utilizan de 3 a 4 pastillas por carga, incluso en costalera dentro de casa, pero también se detectaron casos de productores que aplican una pastilla por "bidón" (de 200 litros) con buenos resultados.

#### **4.2.5 PROBLEMÁTICA SOCIOECONÓMICA DEL MAÍZ EN MORELOS.**

El sistema poscosecha actual de maíz en el estado de Morelos es deficiente, la principal razón es que no ha evolucionado a la par de los cambios socioeconómicos que se han venido dando. El problema, aun cuando presenta componentes técnicos, es básicamente socioeconómico e incluso político.

Debido a la cercanía con el Distrito Federal se urbaniza aceleradamente, reduciéndose cada vez más las áreas de cultivo, viviendo en la actualidad una etapa crítica de transición donde cada vez, incluyendo las áreas rurales se incrementan los alimentos procesados, un ejemplo es la secuencia que se da con relación a la tortilla, primero el establecimiento de molinos de masa, luego la introducción de tortillerías e incluso actualmente se pueden observar en los mercados locales tortillas envasadas, lo que hace menos rentable la producción de maíz y disminuye el interés de invertir tiempo y dinero en la conservación, dando como consecuencia un sistemático incremento en las pérdidas y cada vez menor calidad de los granos y sus productos.

## V. RESULTADOS

Debido que este trabajo conjunta varios experimentos, los resultados se presentarán en forma de artículos:

- 5.1. Mecanismos de dispersión e infestación de los insectos que dañan el maíz almacenado en el estado de Morelos.
- 5.2. Avances sobre la identificación de los volátiles del maíz y evaluación del efecto atrayente sobre *Sitophilus zeamais*.
- 5.3. Efecto de las prácticas precosecha sobre la reducción de las pérdidas durante el almacenamiento del maíz.
- 5.4. Efecto de la forma de secado de las mazorcas de maíz sobre los insectos de almacén.
- 5.5. Evaluación de cinco variantes de almacenamiento de maíz a pequeña escala en el estado de Morelos.

## 5.1 MECANISMOS DE DISPERSIÓN E INFESTACIÓN DE LOS INSECTOS QUE DAÑAN EL MAÍZ ALMACENADO EN EL ESTADO DE MORELOS, MÉXICO.

### RESUMEN.

Una de las razones por las que no se logra controlar eficientemente las plagas de almacén, es que aún se desconocen muchos aspectos sobre su biología y hábitos, incluyendo las variaciones que se dan a nivel local en los diferentes países. En este trabajo se estudiaron algunos factores que intervienen en la dispersión e infestación de los insectos que dañan el maíz almacenado, así como determinar la importancia que representan las mazorcas abandonadas en el campo como fuentes de infestación, así como determinar la influencia del estado fisiológico de los granos del maíz sobre la infestación, y realizar observaciones sobre los hábitos de vuelo e infestación de los insectos de almacén. Para determinar el impacto de las mazorcas abandonadas; en una superficie de 2000 m<sup>2</sup> se colectaron todas éstas, se desgranaron y colocaron en frascos entomológicos, y después de un mes se revisaron colectando e identificando los insectos presentes. Para la relación del estado fisiológico del maíz y la infestación se utilizaron tanto mazorcas que habían logrado su madurez fisiológica como mazorcas inmaduras, se colocaron en bolsas de *organdí* y se dejaron suspendidas a un metro de altura para que disminuyeran su humedad, sin que fueran dañadas por roedores, se muestrearon periódicamente y se colectaron e identificaron los insectos presentes. Las observaciones de hábitos de vuelo se realizaron en mazorcas colocadas en bolsas de *organdí*, y en mazorcas acumuladas en una traje experimental. Los resultados mostraron, que después de la cosecha el productor abandonó 18 mazorcas, las cuales después de la incubación presentaron varios insectos de las especies *Sitotroga cerealella*, *Tribolium castaneum* y *Sitophilus zeamais*, los cuales se encuentran entre las cuatro más importantes de México. Por otro lado en las mazorcas que habían logrado su madurez fisiológica no fueron infestadas por insectos incluso después de seis meses de exposición, en contraste con las mazorcas maduras las cuales se les encontraron insectos terciarios, secundarios y primarios. Respecto a los hábitos de vuelo, se pudieron observar ingresando en la mayoría de los casos, tanto a *Cathartus quadricollis* como a *Carpophilus* spp. A *Prostephanus truncatus*, no se le pudo observar ingresando salvo en una ocasión, dado que a *P. truncatus* aun cuando se visito el sitio de estudio antes de las siete de la mañana, y ya se encontraba entre los pliegues de las bolsas; se determinó que sus vuelos de ingreso son preferentemente después del ocaso, también se lograron detectar diferencias en la forma de ingreso y las estrategias que utilizan estos insectos para iniciar la infestación de las mazorcas.

*Palabras clave:* Maíz, insectos de almacén, hábitos, dispersión, infestación.

### INTRODUCCIÓN.

Aun cuando el maíz es muy importante, nuestro conocimiento sobre su historia evolutiva es muy reducida (Benz, 1997), Anclada a esta historia evolutiva se encuentran los insectos que dañan al maíz, de los cuales faltan muchas cosas por entender, entre otras los mecanismos que utilizan para detectar y seleccionar el grano que infestarán. Muchas de las plagas mayores del maíz almacenado, infestan el maíz desde el campo. *Sitophilus zeamais*, *Prostephanus truncatus* y *Sitotroga cerealella*, pueden infestar el maíz antes de la cosecha, pero las plagas menores *Rhyzopertha dominica* y *Dinoderus* spp. son de poca importancia en el campo

(Kossou, 1994). Dentro de la complicada red de factores involucrados en el proceso de dispersión e infestación, la habilidad de los insectos para volar es determinante, esta actividad está regulada por la interacción de factores ambientales; entre otros la temperatura y la luz (Lewis, 1964); aunque también se han señalado otros factores como la humedad relativa, la presión barométrica y la velocidad del viento (Léos, 1989).

Léos (1989) encontró que *Rhyzopertha dominica* vuela preferentemente durante el día, aun cuando observó un pico durante el alba y otro durante el ocaso, en cuanto a *Tribolium castaneum* presentó un corto período de actividad que empezó en el ocaso y terminó para la media noche, *Cryptolestes ferrugineus* fue más activo entre las 16:00 y las 18:00 hrs, en cambio *Oryzaephilus surinamensis* se mostró como un insecto de hábitos nocturnos. La palomilla *Plodia interpunctella* presentó actividad relacionada con la búsqueda de pareja de los machos en el alba y con mayor actividad de oviposición en el ocaso, pero también observó esta actividad en el alba.

## JUSTIFICACIÓN.

Hasta el momento los métodos utilizados para controlar las plagas del maíz almacenado han sido insuficientes, incluyendo los insecticidas, con las inevitables consecuencias sobre el ambiente y la salud. Actualmente existe abundante información sobre diferentes tópicos relacionados con los insectos que dañan este cereal, desde taxonomía hasta ingeniería genética, lamentablemente aun cuando dichos insectos presentan patrones básicos, éstos pueden variar significativamente tanto a nivel regional como a nivel local, para México en el caso del maíz, las variantes son más profundas dada la tradición de uso como alimento y la consecuente diversidad de prácticas de manejo y almacenamiento. Para poder desarrollar o adaptar un método para controlar las plagas de almacén, es necesario iniciar por conocer cuales son los insectos que causan mayores daños, cuando llegan y de donde vienen, siendo uno de los factores más importantes pero más complicados ¿qué factores del maíz atraen a los insectos y que factores los repele?. Con el fin de responder en lo posible estas preguntas se realizaron varios experimentos en diferentes localidades del estado de Morelos, México; la forma en que se realizaron y los resultados se presentan a continuación.

## OBJETIVOS.

- 1.- Determinar la importancia que presentan las mazorcas abandonadas en el campo como fuentes de infestación.
- 2.- Determinar la relación que existe entre el estado fisiológico de los granos del maíz y el nivel de infestación por insectos de almacén.
- 3.- Conocer los horarios de vuelo y aspectos sobre el proceso de infestación de algunos insectos que infestan el maíz durante el almacenamiento.

## MATERIALES Y MÉTODOS.

Debido a que en este trabajo se reportan varios experimentos, se presenta de manera sintética y por separado la metodología y los resultados:

## IMPORTANCIA DE LAS MAZORCAS ABANDONADAS EN EL CAMPO COMO FUENTE DE INFESTACIÓN.

La literatura menciona que los insectos que infestan los granos, pueden provenir de un almacén cercano con residuos de la cosecha anterior con un alto nivel de infestación, de una parcela cercana, de hospederos silvestres o bien de residuos que permanecieron en el campo y sirvieron de reservorio temporal de las plagas. Considerando que en el estado de Morelos actualmente se está practicando la reincorporación de residuos agrícolas al suelo, en este trabajo se evaluó la importancia de las mazorcas que permanecen en el campo, como fuente de infestación.

Las observaciones se realizaron en Zacatepec, Morelos, en una superficie de 2000 m<sup>2</sup> con la variedad de maíz V-454. El trabajo consistió en coleccionar todas las mazorcas que fueron olvidadas en el campo, o abandonadas intencionalmente por el productor, por ser muy pequeñas o estar muy dañadas, a las cuales les denominan localmente "molquites". El material se transportó al laboratorio donde se contaron y midieron las mazorcas, se desgranaron y pesó la cantidad total de grano, posteriormente se depositaron en frascos con la tapa acondicionada con malla de bronce para permitir el paso del aire y evitar la salida o entrada de insectos, se dejaron durante un mes para permitir la emergencia de insectos.

El total de mazorcas coleccionadas fueron 18, de las cuales cuatro estaban totalmente sanas, el tamaño y peso fue variable, la mazorca más larga fue de 20.2 cm, la más pequeña midió 7.3 cm, la mazorca con mayor número de granos presentó 771, y la menor 21 granos, el peso total de grano fue de 1 262.87 g. Después del período de incubación se observó que habían emergido 10 insectos de la especie *Sitotroga cerealella* (Olivier), ocho insectos de *Tribolium castaneum* (Herbst) y 12 de *Sitophilus zeamais* Motschulsky, estas especies están consideradas entre las cuatro plagas de granos más importantes tanto para el estado de Morelos, como en general para la República Mexicana; las cuales además de infestar el maíz, causan daños en los granos del arroz, sorgo, trigo y sus derivados.

## RELACIÓN DEL ESTADO FISIOLÓGICO DE LOS GRANOS DEL MAÍZ Y EL INGRESO DE LOS INSECTOS.

### *Maíz en estado lechoso "elote"*

El 21 de septiembre de 1991 se coleccionaron 168 mazorcas en estado lechoso, etapa que se conoce tradicionalmente como "elote", de las localidades: Miacatlán, Ignacio Bastida, Michapa, Yecapixtla, Tlayacápan, Tlalnepantla y Atlatlahucan, Morelos. Las muestras "elotes" se colocaron en grupos de tres, en bolsas de *organdí* suspendidas por medio de un cordón de nylon de 0.1 cm. de diámetro, a dos metros sobre el nivel del piso para favorecer el secado, tratar de controlar la salida y entrada de insectos y evitar el daño por roedores; cada semana se revisaron las muestras para contar e identificar los insectos presentes, permaneciendo en esta condición durante seis meses, después de ese tiempo se eliminaron las bolsas, utilizando las brácteas para atarlas al cordón y mantenerlas suspendidas con los granos expuestos a los insectos.

Los resultados fueron determinantes, ya que no se encontraron insectos típicos de almacén a excepción de una plaga terciaria de la especie *Carpophilus dimidiatus* coleccionada en "Atlatlahucan", cabe señalar que repetidas veces se ha detectado a *Cathartus quadricollis* en los campos maiceros de Morelos, Oaxaca, Guerrero, y Veracruz, en este último se observó alimentándose de la savia de hojas dañadas por larvas *Spodoptera frugiperda*, pero en esta ocasión no se coleccionaron individuos de esta especie.

Los granos del maíz conforme perdieron humedad disminuyeron su volumen y se "colapsaron" dando una apariencia arrugada, y aún después de los seis meses de muestreo no presentaron daño ni insectos asociados, incluyendo el tiempo en que estuvieron totalmente expuestos.

*Maíz después de la madurez fisiológica.*

Considerando que las plagas de almacén fueron incapaces de infestar el grano cuando éste no había logrado la madurez fisiológica, se presentaba la incógnita ¿por qué?, para lo cual durante 1991 y 1992 se realizaron experimentos para determinar el tipo y cantidad de insectos de almacén que infestaban los granos del maíz H-311, después de lograr la madurez fisiológica, así como observar si de alguna manera impedía o dificultaba el ingreso de los insectos la malla tipo invernadero de color negro, y la tela de *organdí*. Cuando el grano presentaba un contenido de humedad ligeramente superior al 27%, de cada una de las localidades mencionadas en el experimento anterior, se colectaron cinco mazorcas y se colocaron en bolsas de *organdí*, bajo un módulo cubierto con malla (70% de sombra), anexas se colocaron en una bolsa mazorcas de diferentes localidades con el fin de poder hacer un muestreo para determinar el contenido de humedad, cuando las muestras alcanzaron el 14% se extrajeron y desgranaron, se aislaron los insectos presentes, mismos que fueron identificados en vivo, a nivel de tipo de plaga (sin ubicar especie) y posteriormente se colocaron junto con el maíz en frascos de 2775 ml. de capacidad; los frascos se dejaron en un cuarto adaptado rústicamente con una temperatura entre 24 y 32°C y entre 60 y 65% de humedad relativa.

Después de cuatro meses, se muestrearon los frascos y se aislaron los insectos en frascos con alcohol etílico al 70%, las diferentes especies se identificaron y cuantificaron, como muestran los cuadros 1 y 2.

CUADRO 1

NÚMERO DE PLAGAS DETECTADAS EN LA COSECHA Y DESPUÉS DE CUATRO MESES EN MAZORCAS DE MAÍZ, EN LOCALIDADES CON DIFERENTE ALTITUD EN MORELOS (1991-1992).

Localidad	msnm	Tipo de plaga (04-12-91)			Tipo de plaga (04-04-92)		
		1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>
Miacatián	1100	11.4	1.8	1.8	730.6	243.2	10.0
Michapa	1100	0.4	3.2	4.0	13.0	112.8	5.4
I. Bastida	1250	0.6	5.2	3.8	137.6	24.0	30.6
Yecapixtla	1500	0.4	1.0	1.8	60.4	186.8	2.0
Tlayacápan	1600	0.0	1.2	10.0	10.2	0.0	11.4
Tlalnepantla	1700	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0
Atlatlahucan	1800	0.0	0.4	22.8	0.0	18.2	20.4

CUADRO 2

ESPECIES DE INSECTOS PRIMARIOS, SECUNDARIOS Y TERCIARIOS QUE SE DETECTARON INFESTANDO EL MAÍZ EN DIFERENTES LOCALIDADES DEL ESTADO DE MORELOS, MÉXICO (1991-1992)

Localidad	Tipo de plaga		
	1ª.	2ª.	3ª.
Miacatlán	<i>Sitophilus zeamais</i> , <i>Sitotroga cerealella</i>	<i>Tribolium castaneum</i> , <i>Cathartus quadricollis</i>	<i>Carpophilus dimidiatus</i> , <i>Cryptolestes pusillus</i> .
I. Bastida	<i>S. zeamais</i> , <i>P. truncatus</i> , <i>S. cerealella</i>	<i>C. quadricollis</i>	<i>C. dimidiatus</i>
Michapa	<i>S. zeamais</i> , <i>P. truncatus</i>	<i>C. quadricollis</i>	<i>C. dimidiatus</i> , <i>C. pusillus</i>
Yecapixtla	<i>P. truncatus</i>	<i>C. quadricollis</i>	<i>C. dimidiatus</i>
Tlayacápan	<i>P. truncatus</i> , <i>S. zeamais</i>	<i>C. quadricollis</i> , <i>C. pusillus</i>	<i>C. dimidiatus</i>
Tlalnepantla		<i>C. quadricollis</i>	
Atlatlahucan		<i>C. quadricollis</i>	<i>C. dimidiatus</i>

#### HORARIO DE VUELO Y ASPECTOS SOBRE EL PROCESO DE INFESTACIÓN DE ALGUNOS INSECTOS QUE INFESTAN EL MAÍZ.

Durante 1991 se colocaron 24 bolsas de *organdí* de 25X40 cm con cuatro mazorcas del maíz H-311 en el interior, suspendidas bajo un módulo o túnel cubierto con malla de nylon con un 70% de sombra. El objetivo de este trabajo, fue observar la forma de ingresar y las actividades que realizaron al llegar a las bolsas con maíz: *Prostephanus truncatus*, *Cathartus quadricollis* y *Carpophilus dimidiatus*. Las observaciones se realizaron cada tercer día, a diferentes horas, los resultados se presentan en el siguiente cuadro.

CUADRO 3

VARIACIÓN EN LA CANTIDAD DE INSECTOS (DE TRES ESPECIES ESTUDIADAS) ATRAÍDAS POR MAZORCAS DE MAÍZ SUSPENDIDAS EN BOLSAS DE *ORGANDÍ* A DIFERENTES HORAS, DURANTE NOVIEMBRE Y DICIEMBRE DE 1991, ZACATEPEC, MORELOS MÉXICO.

Fecha	Hora	<i>P. truncatus</i>	<i>C. quadricollis</i>	<i>Carpophilus spp.</i>
25-11-91	10:30	0	0	0
27-11-91	11:00	5/3	1/1	0
29-11-91	09:00	1/0	17/2	0
02-12-91	08:00	3/3	34/11	0
03-12-91	07:30	2/1	20/6	0
05-12-91	07:30	2/2	20/6	0
08-12-91	08:00	2/1	10/6	0
10-12-91	08:00	0	0	150/2
12-12-91	08:00	0	0	30/5
12-12-91	17:00	0	0	180/4
15-12-91	12:00	0	0	1/0
17-12-91	18:00	0	5/2	200/2
20-12-91	17:00	0	0	150/4
23-12-91	17:00	0	0	120/2

Nota: La fracción superior indica el número de insectos y la inferior indica el número de bolsas sobre las que se encontraron los insectos.

Al tercer día después de iniciar el experimento, se encontró un adulto de la especie *Prostephanus truncatus* entre los pliegues de la bolsa, al siguiente día se observaron 17 insectos de la especie *Cathartus*

*quadricollis* repartidos en dos bolsas, y hasta el día 10 de diciembre se observaron 150 insectos del complejo *Carpophilus dimidiatus*, esto se debió probablemente, a que aun cuando las muestras estaban húmedas, no había ninguna en proceso de fermentación, o al menos, no en la magnitud suficiente para atraer a este insecto, y es notorio que cuando ingresaron fue masivamente y sobre una sola bolsa.

En cuanto a la forma de ingresar y la actividad desarrollada en estos momentos, se observaron diferencias marcadas en las tres especies estudiadas; *P. truncatus* solo se pudo observar en una ocasión a las 11:00 su vuelo de ingreso fue más o menos recto, pero al entrar al túnel ya estando cerca de las muestras, su vuelo fue errático e incluso un tanto torpe, con la región abdominal muy inclinada casi vertical, en varias ocasiones se pudo observar que algunos de los insectos refugiados entre los pliegues de la bolsa, al incrementar la temperatura salieron del refugio, caminando lentamente durante aproximadamente dos minutos, después desplegaron repetidas veces las alas (4-5 veces), finalmente volaron pero en repetidas ocasiones chocaron con las barras del túnel o con la malla precipitándose al piso, cuando lograron llegar a la bolsa con las mazorcas la primera actividad fue de aparente reposo o revisión del material en el que se posaron, después de poco más de un minuto iniciaron un recorrido en aparente búsqueda más bien de algo "apetecible" que de un sitio por donde penetrar, ya que, la fibra de la bolsa no ofrece resistencia alguna para este insecto, situación que se pudo comprobar posteriormente, tardando unos minutos para tener parte del pronoto dentro del grano seleccionado, durante el experimento no se observaron copulando insectos de esta especie, lo que indica que este proceso se había desarrollado previamente.

El vuelo de "ingreso" de *Cathartus quadricollis* al túnel fue diferente y en cierto sentido más lento que el observado en *P. truncatus*, en el caso de este insecto fue "suspendiéndose" en el aire formando arcos poco pronunciados, como si flotara sin tanta prisa para posarse sobre algún lugar, incluso estando a milímetros de una muestra cambiaba de dirección y seguía "flotando" hacia otro sitio, al posarse sobre alguna muestra, la situación varió totalmente ya que después de unos segundos se movía ágilmente, dada su condición de plaga secundaria, la búsqueda de un sitio para penetrar se prolongó más de una hora; dicha búsqueda fue muy probablemente por alimento o sitio para ovipositar, más que por pareja ya que, aun cuando sobre la bolsa había numerosos insectos no se observaron acoplamientos, sólo en una ocasión se observaron actividades de aparente cortejo. El vuelo de ingreso de los insectos del complejo *Carpophilus dimidiatus* fue más rápido que el de los anteriores, en ocasiones su vuelo fue "flotante" como el de *C. quadricollis* pero los arcos de vuelo eran más amplios; al posarse sobre la bolsa, durante unos segundos quedaban sin movimiento, pero inmediatamente después, definían una trayectoria circundando sobre un sitio determinado, en aparente búsqueda de un hueco para penetrar, las muestras elegidas invariablemente tenían granos dañados por hongos y con cierto proceso de fermentación; cabe señalar que en esta especie se observó repetidas veces actividad de cortejo y cópula, sobre todo cuando la población era abundante, siendo más frecuente entre las 17:00 y las 18:00 horas.

Durante 1992, se continuaron las observaciones sobre los hábitos de vuelo y el proceso de infestación, en esta ocasión se utilizaron 15 bolsas de *organdí* y 15 bolsas de algodón de color negro de 25X40 cm. En cada una se colocaron tres mazorcas de maíz V-454, cultivadas en Zacatepec, Morelos, las observaciones se realizaron cada tercer día, entre las 9:00 y las 12:00 horas, del 7 de julio al 30 de noviembre, a partir del 25 de agosto se hicieron más distantes las fechas de muestreo por falta de insectos, los resultados se presentan en el siguiente cuadro:

CUADRO 4  
 VARIACIÓN EN LA CANTIDAD DE INSECTOS QUE FUERON ATRAÍDOS  
 POR MAZORCAS DE MAÍZ V-454 SUSPENDIDAS EN BOLSAS DE *ORGANDÍ* DURANTE JULIO Y OCTUBRE DE  
 1992 EN ZACATEPEC, MORELOS, MÉXICO.

Fecha	Hora	<i>P. truncatus</i>	<i>C. quadricollis</i>	<i>Carpophilus spp.</i>
07-07-92	09:00	0	2/1	3/1
08-07-92	08:00	0	0	1/1
11-07-92	09:00	0	0	2/1
14-07-92	09:00	0	1/1	0
17-07-92	10:00	0	1/1	0
21-07-92	09:00	0	0	2/1
24-07-92	09:00	0	1/1	1/1
27-07-92	09:00	0	2/1	0
02-08-92	09:00	0	1/1	1/1
05-08-92	09:00	0	2/2	1/1
09-08-92	09:00	0	1/1	1/1
13-08-92	09:30	0	1/1	1/1
18-08-92	12:00	0	1/	0
21-08-92	10:00	0	1/	0
25-08-92	09:00	0	1/1	0
28-09-92	09:00	0	0	0
30-08-09	09:00	0	0	0
03-09-92	09:00	0	0	0
06-08-92	09:00	0	0	0
15-09-92	09:00	0	0	0
25-09-92	09:00	0	0	0
10-10-92	09:00	0	0	0
20-10-92	09:00	0	0	0

Durante las observaciones de 1991, el primer insecto en ingresar fue *P. truncatus*, en este caso desde el primer día de observaciones se detectó tanto a *C. quadricollis* como a *dimidiatus*, pero en baja abundancia. El número total de insectos de la especie *Cathartus quadricollis*, que se observaron durante los muestreos fue de 15, de *Carpophilus dimidiatus* fue de 13 y cero de *Prostephanus truncatus*; los primeros insectos llegaron a las bolsas de *organdí*, lo que nos indicaba una aparente preferencia, pero después del primer muestreo no se observaron diferencias en cuanto al tipo de bolsa, lo cual indica que el principal estímulo que utilizan los insectos de almacén para detectar los granos del maíz es "olfativo". Durante 1993 se realizaron observaciones en una troje rústica construida en las instalaciones del Campo Experimental de Zacatepec, por el Instituto Internacional de Agricultura Tropical IITA de Bennis, Africa, para realizar experimentos y observaciones sobre *Prostephanus truncatus*, mismos que formaron parte de la tesis doctoral de la Bióloga Jan Hirabayashi, de la universidad de California, Berkeley, asesorada por el Dr. Richard Markham, esta misma troje se aprovecho para hacer observaciones sobre los hábitos de vuelo de los insectos de almacén bajo condiciones semejantes a las que utilizan los productores de la región. La troje contenía 250 Kg. de mazorcas de maíz "costeño", sin brácteas, con un contenido de humedad de 12.5% sin insecticida, seleccionadas para uso doméstico por un productor de Xoxocotla, Morelos (población que mantiene el almacenamiento tradicional), las observaciones se realizaron tratando de tener al menos dos observaciones por mes, de las 17:30 a las 19:30 hrs., cuantificando el número de insectos por tipo de plaga.

CUADRO 5  
 VARIACIÓN EN LA CANTIDAD DE PLAGAS ATRAÍDAS POR MAZORCAS DE MAÍZ COSTEÑO, ALMACENADAS EN  
 UNA TROJE RÚSTICA DURANTE 1993, ZACATEPEC, MORELOS, MÉXICO.

Fecha	Número y tipo de plaga		
	1ª.	2ª.	3ª.
04-2-93	9	20	7
17-2-93	14	42	0
01-3-93	21	11	0
11-3-93	2	4	0
30-3-93	3	2	0
03-4-93	9	6	0
05-4-93	7	6	0
14-4-93	1	0	0
17-4-93	13	5	0
21-4-93	39	7	0
24-4-93	99	7	0
26-4-93	15	6	0
29-4-93	14	0	0
03-5-93	3	2	0
06-5-93	16	8	0
11-5-93	13	14	0
14-5-93	9	33	0
17-5-93	11	9	0
20-5-93	13	12	0
24-5-93	11	24	0
27-5-93	14	18	0
06-6-93	4	10	0
20-6-93	13	11	0
24-6-93	23	50	0
14-7-93	46	33	0
17-8-93	58	52	0
11-9-93	99	52	0
17-9-93	9	80	0

El total de plagas observadas fue 1033, de las cuales 564 fueron primarias, 462 fueron plagas secundarias y 7 terciarias. A partir del primer muestreo las plagas primarias se siguieron presentando, con oscilaciones numéricas en cada fecha, en el caso de las plagas secundarias durante los primeros dos muestreos se observaron 20 y 11 insectos respectivamente, a partir de este momento y hasta el muestreo número 16 ingresaron menos de 9 insectos por fecha, oscilando posteriormente las poblaciones pero con un evidente incremento, no siendo así en las plagas terciarias donde a excepción del primer muestreo no se volvieron a observar. De manera sobresaliente, se menciona que durante el décimo muestreo a la hora del ocaso se percibió un marcado incremento en la intensidad del olor típico del maíz, lo cual coincidió con el mayor ingreso de insectos, principalmente de tipo primario.

CUADRO 6  
 ESPECIES QUE INGRESARON EN UNA TROJE RÚSTICA CON MAÍZ COSTEÑO  
 ENTRE LAS 17:30 Y 19:30 HRS, ZACATEPEC, MORELOS, MÉXICO 1993.

Tipo de plaga		
1 <sup>a</sup> .	2 <sup>a</sup> .	3 <sup>a</sup> .
<i>Sitotroga cerealella</i>	<i>Cathartus quadricollis</i>	<i>Cryptolestes ferrugineus</i>
<i>Sitophilus zeamais</i>	<i>Tribolium castaneum</i>	<i>Carpophilus dimidiatus</i>
<i>Prostephanus truncatus</i>	<i>Plodia interpunctella</i>	<i>Cryptolestes pusillus</i>
<i>Rhyzopertha dominica</i>	<i>Ephestia kuehniella</i>	

Nota: Citadas en orden de aparición

## DISCUSIÓN.

La cantidad de mazorcas olvidadas por el productor en una parcela de 2000 m<sup>2</sup> fue de 18, esta cantidad aparentemente es baja; si consideramos la superficie que se cultiva en México, la cantidad resulta significativa, pero resulta de mayor importancia el hecho de haber detectado infestándolas insectos como *Sitotroga cerealella*, *Tribolium castaneum* y *Sitophilus zeamais*, los cuales están entre las cuatro plagas de granos más importantes tanto en el estado de Morelos como de la República Mexicana. Diversos autores mencionan que las plagas de almacén ingresan desde el campo, autores como Kossou y Bosque-Pérez (1994) mencionan que los insectos inician la infestación cuando el grano tiene un contenido de humedad alrededor de 30%, y que esto está relacionado con compuestos químicos que se generan después de la madurez fisiológica, los resultados obtenidos coinciden con esta propuesta ya que no se observaron insectos infestando el grano incluso después de seis meses, incluso cuando las mazorcas permanecieron totalmente expuestas, estos resultados nos pueden indicar dos posibles alternativas: la primera, que los insectos no encontraron los nutrientes necesarios para asegurar el desarrollo de su progenie, y la otra: que no se generaron en la cantidad suficiente los compuestos volátiles que los insectos utilizan como guía para detectar el alimento, al parecer ambas pueden estar involucradas, pero la segunda con mayor peso, ya que, no se observaron insectos sobre las bolsas o sobre el grano en ningún momento, en cambio cuando las colectas se realizaron en maíz después de la madurez fisiológica, se colectaron plagas primarias, secundarias y terciarias, sobresaliendo el hecho de que a altitudes mayores de 1700 msnm, no se presentaron plagas primarias y muy pocas secundarias.

Durante los experimentos para observar los hábitos de vuelo y el proceso de infestación en noviembre y diciembre de 1991, se encontró que desde el tercer día ya había insectos de la especie *Prostephanus truncatus*, los cuales aún a las once de la mañana mostraban poca actividad, lo cual indicaba que habían ingresado el día anterior, este insecto se siguió observando en pequeñas cantidades en los siguientes cinco muestreos, pero a partir del 10 de diciembre ya no se presentaron; el vuelo de *P. truncatus* fue más o menos recto al ingresar al "módulo" pero al estar cerca de las bolsas con las mazorcas, fue errático e incluso tórpe, al posarse sobre las bolsas, sus movimientos fueron lentos pero una vez elegido el grano penetró con facilidad, estos eventos indican la posibilidad de que *P. truncatus*, siga principalmente "rutas" de olor para llegar al grano, incrementando el uso de estímulos visuales cuando está muy cerca, o incluso posado sobre el grano; no se les observó copulando ni en actividad de cortejo, lo cual indica que este proceso se había efectuado previamente, en el caso de *Cathartus quadricollis*, se detectó un insecto desde el mismo día que *P. truncatus*, incrementando

la cantidad en los siguientes seis muestreos, cabe señalar que desde las 7:30 de la mañana se les observó en actividad, la forma del vuelo era lenta, aparentemente flotando, pero al posarse sobre las bolsas se movían activamente y aun cuando la población fuera alta no se les observó copulando.

*Carpophilus dimidiatus* ingresó hasta el octavo muestreo, pero la población de este insecto fue muy alta en la mayoría de las ocasiones, observándose 200 insectos a las 18 horas del 17 de diciembre, el vuelo de ingreso fue más rápido y en cierta manera con una dirección más definida que los anteriores insectos, en este caso se observó en repetidas ocasiones actividad de cortejo y cópula. Durante las observaciones entre julio y octubre de 1992, la situación varió drásticamente ya que no se detectó ningún insecto de la especie *Prostephanus truncatus*; a *Cathartus quadricollis* se le observó durante 12 muestreos, pero la cantidad fue siempre menor de tres insectos, lo mismo sucedió en el caso del complejo *Carpophilus*, se debe señalar que el horario fue diferente que en el experimento de 1991, de cualquier manera los resultados muestran que las poblaciones pueden variar dramáticamente año con año, aspecto que se reafirma con las observaciones realizadas durante 1993, en la troje rústica, en donde se detectaron ingresando plagas primarias y secundarias, incluyendo a *P. truncatus* y *Cathartus quadricollis*, desde el cuatro de febrero, con oscilaciones pero presentes durante casi todos los muestreos, en tanto que las poblaciones de plagas terciarias a excepción del primer muestreo no se volvieron a observar, situación que se puede explicar ya que las mazorcas fueron seleccionadas. Durante los diferentes experimentos se trató de observar el efecto que presentaban barreras translúcidas sobre la atracción de las mazorcas y poder determinar cual era el principal estímulo que utilizan los insectos para detectar el maíz, observándose que las mallas no representaron impedimento alguno para que los insectos ingresaran, incluso en el caso de las bolsas de algodón negro, lo cual indica que el principal estímulo es el "olfativo", cabe señalar que accidentalmente durante el décimo muestreo en la troje rústica se percibió un notable incremento del olor típico del maíz al momento de ocaso, coincidiendo con la hora del día en que se observó el mayor número de insectos, particularmente primarios.

## CONCLUSIONES.

En la localidad estudiada se observaron deficiencias en la cosecha, permaneciendo en el campo mazorcas sanas, que además de representar una pérdida directa, pueden funcionar como fuentes de propagación de las plagas de almacén.

- Los insectos de almacén no infestaron el maíz en el estado lechoso denominado tradicionalmente "elote" es decir no habían logrado la madurez fisiológica, incluso después de seis meses de exposición.

- El maíz después de la madurez fisiológica fue infestado por plagas primarias, secundarias y terciarias, mostrando un decremento conforme aumentó la altitud de las localidades muestreadas.

- Los insectos de almacén fueron atraídos por mazorcas incluso cuando la cobertura o bolsa era negra, lo cual implica que el principal estímulo que utilizan los insectos de almacén para detectar el maíz es de tipo "olfativo". Las observaciones realizadas muestran que las poblaciones varían año con año, tanto específica como cuantitativamente. El horario y forma de vuelo de *Prostephanus truncatus*, *Cathartus quadricollis* y *Carpophilus dimidiatus*, fue diferente, mostrando marcadas deficiencias *P. truncatus*, el cual se mostró incluso torpe en su vuelo, chocando con diferentes obstáculos, incluyendo la malla de color negro.

**LITERATURA CITADA**

Benz, F. B. 1997. Diversidad y distribución prehispánica del maíz mexicano. *Arqueología Mexicana*. Consejo Nacional Para la Cultura y las Artes Instituto Nacional e Antropología e Historia (INAH). Ed. Raíces 5 (25):17.

Kossou, D. K. & Bosque-Pérez, N. A. 1994. Insect pest of maize in storage: biology and control. Research Guide No. 32. IITA. Bennin, Africa. 19p.

Léos, M. J. 1989. Periodicidad de vuelo de insectos de productos almacenados. *En: Memorias del Primer Simposio Nacional de Entomología de Granos Almacenados*. Soc. Mex. Entom. pp:92-106.

Lewis, T. and Taylor, R. L.. 1964. Diurnal periodicity of flight by insect. *Trans. R. Ent. Soc. Lond.* 116 (15):393-476.

## 5.2 AVANCES SOBRE LA IDENTIFICACIÓN DE LOS VOLÁTILES DEL MAÍZ Y EVALUACIÓN DEL EFECTO ATRAYENTE SOBRE *Sitophilus zeamais* Motschulsky.

### RESUMEN.

Dentro de los factores que afectan el controlar plenamente las plagas de almacén, es que falta mucho por entender diversos factores sobre hábitos y biología de los insectos involucrados. Las estrategias que utilizan los insectos de almacén para ingresar a los granos aún no se conocen totalmente. En experimentos realizados en Zacatepec, Morelos se detectó que durante el ocaso se percibía con mayor intensidad el olor del maíz almacenado en una troje experimental, sobresaliendo este hecho, por que el ingreso de los insectos incrementó de igual manera. El objetivo de este trabajo fue aislar los volátiles de los granos de maíz, evaluar diferentes materiales para retenerlos, evaluar su acción atrayente sobre el gorgojo del maíz (*S. zeamais*) e identificar la composición química de éstos. Para atrapar los volátiles se introdujeron 10 kg. de maíz en un recipiente de cristal; en ambos extremos se conectaron "cartuchos" de material absorbente, en uno de los extremos se colocó una bomba para generar una corriente de aire, de tal forma que los "cartuchos" conectados a la bomba servirían para limpiar el aire y los cartuchos del extremo opuesto atraparían los volátiles. Después de varios ensayos con diferentes materiales se eligieron el florisil, la sílica gel y el carbón activado para atrapar los volátiles. Los cartuchos con el material absorbente se manejaron a diferentes tiempos de exposición, el material absorbente con los volátiles se puso en un olfatómetro tipo "Rauscher" y se evaluó la acción atrayente sobre insectos adultos del gorgojo del maíz. Para la identificación de los volátiles se utilizó la cromatografía de gases. Los resultados mostraron que el aislamiento de los volátiles de los granos del maíz se logró mediante la adsorción en sílica gel, florisil y carbón activado, en las pruebas de atracción se observaron mejores resultados en sílica gel y florisil. El cromatograma obtenido de los granos de maíz presentó 12 picos muy representativos y con mayor abundancia, de los cuales seis se lograron identificar por coinyección, tres por medio de una extrapolación de índices de Kóvats y los últimos tres no se lograron identificar; los compuestos identificados fueron: cariofileno, geranil acetona, geraniol, naftaleno, limoneno y octanol.

*Palabras clave:* Volátiles, maíz, atracción, insectos de almacén.

### INTRODUCCION.

Los organismos no existen solos en la naturaleza, varias o muchas especies pueden ser afectadas por la presencia o ausencia de alguna otra, pero en algunos casos dos o más especies pueden interactuar, las interacciones de las especies pueden ser positivas o negativas, entre las negativas se encuentra la competencia y la depredación. Los herbívoros son animales que consumen plantas o alguna de sus partes, y la herbivoría es un tipo especial de depredación (Krebs, 1978).

Las plantas pueden evitar a los herbívoros por adaptaciones estructurales o fisiológicas, como espinas y sustancias gomosas con las cuales evitan ser consumidas por los animales, pero también pueden contener una variedad de químicos para defenderse, dichos químicos se encuentran en unas plantas y en otras no; estos han sido denominados "compuestos secundarios". Actualmente estos compuestos que participan en la interacción de los organismos son ampliamente estudiados en insectos y se sitúan dentro de un grupo denominado semioquímicos.

Los patrones de comportamiento de los insectos, caracterizados por atracción, repelencia, estimulación e impedimento (disuasivo) son mediados por compuestos químicos del sistema exócrino de los individuos que interactúan. Estos son llamados semioquímicos -del vocablo griego *Simeón* que significa marca o signo-; son compuestos orgánicos producidos por animales y plantas que median interacciones entre organismos (Law y Regnier, 1971). Los semioquímicos están divididos en feromonas: compuestos que median comunicaciones entre individuos de la misma especie, y en aleloquímicos: sustancias que median comunicaciones entre individuos de diferentes especies (Jiménez, comunicación personal).

Entre los aleloquímicos se encuentran las alomonas, que son un tipo de aleloquímico que benefician al organismo que las produce y perjudica al organismo que las recibe (Nordlund, 1981). La mayoría de alomonas tienen un papel repelente y son consideradas como un componente fundamental de no preferencia y antibiosis exhibida por varias plantas hacia diferentes especies de insectos. La contraparte de las alomonas son los atrayentes alimenticios.

Los atrayentes químicos son sustancias producidas por los organismos como consecuencia de su actividad metabólica y son detectados y aprovechados por sus depredadores.

Según Jiménez (comunicación personal), se han realizado varias investigaciones relacionadas con el aislamiento e identificación de compuestos químicos de alimentos, los cuales son atractivos a diferentes especies de insectos de granos almacenados. Actualmente se han identificado varios componentes volátiles de aceite de germen de trigo causante de iniciar la actividad de agregación de la especie *Trogoderma glabrum* (Nara et al., 1981). Se ha reportado que extractos de levadura de cerveza, harina y germen de trigo han sido probados en la agregación y respuesta alimenticia de *T. confusum* (Loschiavo, 1965). Finalmente, compuestos triglicéridos del germen de trigo ocasionaron un comportamiento de agregación en *T. confusum* (Tamaki, et al., 1971), y se observó que ciertos ácidos grasos son atractivos a *T. castaneum* y *Trogoderma granarium* Everts (Cohen et al., 1974).

Los métodos utilizados para capturar y analizar los volátiles pueden seguir diferentes caminos, Albores (1991) menciona que generalmente se hace una extracción simultánea con una trampa a un arrastre de vapor y se analizan los compuestos extraídos por cromatografía de gases-masas. Los volátiles de plantas de maíz en el campo han sido estudiados previamente, Thompson (1974) identificó 59 compuestos en el aceite esencial de brotes de maíz y la relación entre el aceite esencial de los "pelos de elote" y el insecto *Heliothis zea*, fue estudiado por Flath et al. (1978). Buttery (1980) por otro lado, estudió la acción atrayente del aceite esencial de maíz tierno al mismo insecto. El aislamiento de los componentes del aceite esencial del maíz se llevó a cabo mediante destilación por arrastre con vapor. Los componentes principales del aceite esencial fueron fenilacetatos de metilo y etilo nonanal, heptanal y decanal. Los volátiles son cualitativamente similares en las diferentes partes de la planta de maíz estudiadas, aunque hay diferencias cuantitativas.

Los nuevos métodos para el aislamiento de volátiles permiten absorberlos en una columna de carbón activado, gel de sílice o un polímero poroso como el Ténax.

Buttery (1980) y Stockel (1987) usaron este método que tiene la ventaja de que se pueden tratar grandes cantidades del material vegetal durante períodos largos de tiempo. El Ténax por una desorción posterior ya sea con un eluyente o mediante calentamiento permite la inyección directa al cromatógrafo de gases y generalmente se aíslan componentes volátiles que de otra manera no se pueden retener. Además, se evita la descomposición o alteración oxidativa de los componentes del aceite esencial. La identificación de los

componentes del extracto puede hacerse con un aparato de cromatografía de gases acoplado a un espectrómetro de masas, aunque la complejidad de las mezclas hace necesaria generalmente una separación cromatográfica previa, que se puede llevar a cabo mediante cromatografía de líquidos de alta presión.

Durante muestreos realizados en una troje en Zacatepec, Morelos, México, se detectó que a la hora del ocaso se desprendía con mayor intensidad el olor del maíz almacenado y esto coincidía con la mayor incidencia de los insectos típicos de almacén (Gutiérrez, 1993).

En observaciones posteriores (sin publicar) se detectó que en maíz altamente infestado, los insectos de almacén se acercaban pero no ingresaban, lo que indicaba la posible existencia de señales que indicaban que el recurso se encontraba saturado; la literatura menciona que al incrementar las poblaciones de insectos, las concentraciones de feromonas incrementan a tal grado que su efecto atrayente se invierte y funciona como repelente, sin embargo existe la posibilidad de que el efecto repelente se deba a la combinación de los olores del grano deteriorado y los olores desprendidos por los insectos, independientemente de la razón, este fenómeno puede ser utilizado para generar un repelente, por un lado atrapando este olor en un material que lo desprenda lentamente y proteja el grano sano, o por otro lado diluirlo en un aceite comestible que además de formar una barrera física pueda repeler los insectos. El camino para poder utilizar estos elementos es aún largo, primero demostrar que efectivamente los compuestos volátiles desprendidos por el maíz son los responsables de la atracción de los insectos, en segundo lugar identificar los compuestos volátiles responsables de la atracción, después determinar si el efecto repelente es por alta concentración de feromonas y/o por factores mezclados, una línea que puede dar resultados a mediano plazo, es seleccionar variedades que además de presentar buenas cualidades agronómicas, presenten las menores concentraciones de los compuestos responsables de la atracción. En este trabajo que representa la fase inicial se tienen los siguientes objetivos:

#### **OBJETIVOS.**

- Aislar los compuestos volátiles de los granos del maíz V-454
- Determinar la eficiencia de la sílica gel y el carbón activado para retener los compuestos volátiles del maíz
- Determinar si existe acción atrayente de los volátiles del maíz sobre la plaga más importante de los granos almacenados en México ( *S. zeamais* ).
- Determinar la composición química, de los volátiles extraídos de los granos de maíz.

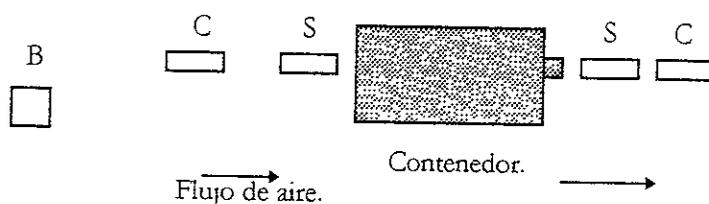
#### **MATERIALES Y MÉTODOS (Primera etapa).**

El trabajo se desarrolló en dos etapas, en la primera se realizaron diversas pruebas para determinar la metodología más adecuada para acumular los volátiles, extraer y evaluar el efecto atrayente de los compuestos sobre el gorgojo del maíz.

### Aislamiento de volátiles.

Para la extracción de los volátiles se perforó la base de un garrafón de vidrio de 15 litros de capacidad por medio de un taladro de uso doméstico, el diámetro del orificio fue de 5 mm. Una vez perforado se lavó de manera profunda, se escurrió hasta que estuviera perfectamente seco y se colocaron 10 kg de maíz libre de insecticidas, al cual se le habían eliminado los insectos presentes y granos con daño evidente por insectos, roedores y hongos. Al momento de introducir el grano contenía 12% de humedad (obtenida mediante el determinador de humedad tipo Steynlite).

El aparato para extraer los volátiles se puede ilustrar de la siguiente manera: La bomba genera un flujo de aire que es filtrado cuando pasa entre las partículas de carbón después pasa a través de la sílica gel, donde son atrapados los contaminantes que no se filtraron al pasar por el carbón, finalmente el aire ya limpio ingresa al contenedor con el grano y arrastra los volátiles presentes, los cuales al pasar por el carbón deposita un determinado tipo, lo mismo sucede al pasar por la columna de sílica gel, donde se espera depositen otro tipo de volátiles (véase figura 1).



Donde:

B= Bomba marca Elite modelo 801.

C= Tubo de vidrio de 1.5 cm de diámetro con 10 gr de carbón activado

S= Tubo de vidrio de 1.5 cm de diámetro con 10 gr de sílica gel.

Figura 1.

En una segunda etapa se adaptó al mismo frasco de cristal con maíz, un sistema absorbente en tres columnas llenas de Florisil, gel de sílice y carbón activado respectivamente. Se hizo pasar aire seco por el frasco con el maíz mediante una bomba de marca Elite 801 durante 14 días, se reunió el absorbente de cada columna y se llevaron a cabo los bioensayos con los volátiles por calentamiento para determinar la actividad de cada columna.

Se usaron dos métodos para el aislamiento de los volátiles: la absorción-desorción en Florisil con diclorometano y la extracción a presión, absorción en carbón activado y sílica gel e inyección directa en el cromatógrafo de gases con un sistema de "head-space".

### Análisis por cromatografía de gases espectroscopia de masas.

Se llevó a cabo la cromatografía de gases de cada uno de los cartuchos que contenían los volátiles para lograr su separación y posterior identificación. El mejor método fue la desorción de una precolumina y la programación de la temperatura de la columna de 60 a 280°C, con un intervalo de 50 por minuto.

### *Insectos para efectuar los bioensayos:*

Durante la cosecha del maíz en Xoxocotla, comunidad rural de Morelos se recolectaron mazorcas infestadas, se desgranaron y se colectaron los insectos adultos de *Sitophilus zeamais*. Se aisló grano sano y se colocaron los insectos en frascos entomológicos a razón de 100 por kg de maíz V-454 con un contenido de humedad de 13% y se colocaron en un cuarto de cría, después de 45 días se colectaron los adultos que emergieron y con ellos se realizaron las pruebas.

### *Bioensayos de actividad.*

Para los experimentos se utilizaron 20 insectos adultos por repetición (cinco repeticiones por tratamiento) los tratamientos fueron en la primera etapa dos, sílica gel y carbón activado en la segunda etapa se utilizó además el florisil (todos de 60 mallas). Las variables manejadas fueron dos por tratamiento: con volátiles y sin volátiles. La cantidad de material experimental fue: 1 ml de sílica gel, 1 ml de florisil y 1 ml de carbón. Los testigos experimentales (sílica gel, florisil y carbón sin volátiles) se les colocó 1 ml de material. Se probó la atracción con un olfatómetro tipo Rauscher.

## **RESULTADOS.**

### *Primera etapa:*

En esta primera etapa se invirtió mucho tiempo en la selección del método a utilizar, elaborar parte del equipo para trabajar y lograr el apoyo de especialistas para analizar los volátiles.

La acumulación y captura de los compuestos volátiles se logró mediante la perforación de la base de un garrafón (para uso doméstico), en segundo lugar la adaptación de los dispositivos para purificar el aire y capturar los volátiles; se realizaron varios intentos, resultando varios dispositivos de cristal entre ellos uno denominado dedo frío, utilizado para la captura directa de los volátiles, manteniendo el "dedo frío" inmerso en hielo seco con acetona para mantener una temperatura por debajo de (-10°C) intento fallido ya que se capturaba demasiada agua, en este sentido resultó el método más adecuado: cortar la base de tubos de ensaye y llenar unos con carbón activado y otros con sílica gel (en la segunda se utilizó además florisil). Los resultados de la primera etapa se limitan a la evaluación de la capacidad para retener los volátiles tanto en el carbón activado como en la sílica gel y la evaluación del efecto atrayente sobre el gorgojo del maíz. Los resultados logrados en esta etapa respecto al análisis de los volátiles fueron en extremo pobres, logrando determinar que existían entre los volátiles del maíz tanto compuestos polares como no polares, por un lado por que nos encontrábamos aún en proceso de selección del método químico para la separación de los volátiles capturados en el carbón y la sílica gel, y por otro lado mi escasa o mejor dicho la nula experiencia que tenía en este sentido. Después de varios intentos y aún con el apoyo de especialistas en el uso del equipo utilizado (cromatógrafos y espectrómetro de masas) se optó por involucrar a la Química en Alimentos Jaqueline Saenz Chuc, para que realizara su tesis profesional en el tema —resultados que se reportarán en la segunda etapa—. Los primeros resultados se presentan a continuación:

CUADRO 1  
INSECTOS ATRAÍDOS POR SÍLICA GEL CON Y SIN VOLÁTILES  
A LOS GRANOS DE MAÍZ V-454 (9/05/95).

Hora	13:00	13:10	13:20	13:30	13:40	13:50	14:00	16:00
Sílica gel con volátiles	0	1	6	8	8	8	8	9
Sílica gel sin volátiles	1	3	4	4	4	5	6	4

CUADRO 2  
INSECTOS ATRAÍDOS POR UN GRAMO DE SÍLICA GEL CON Y SIN VOLÁTILES  
A LOS GRANOS DE MAÍZ V-454 (19/10/95).

Hora	13:20	13:40	13:50	14:00	14:10	14:20	14:30	14:40
Sílica gel con volátiles	0	3	3	3	5	7	7	7
Sílica gel sin volátiles	1	5	5	5	5	7	12	12

Como se puede observar en los cuadros anteriores, los resultados en esta fase no fueron claros; mientras en el primer cuadro se observa un promedio de 8.76 insectos atraídos hacia la sílica gel con volátiles contra 3.87 en el testigo, y en el segundo cuadro se observan más insectos en el testigo, se puede apreciar también que hay variaciones en las diferentes horas del día, lo que hace suponer que existe interferencia de los factores ambientales, como luz y temperatura.

CUADRO 3  
INSECTOS ATRAÍDOS POR SÍLICA GEL CON Y SIN VOLÁTILES  
A LOS GRANOS DE MAÍZ V-454 (19/10/95).

Hora	16:30	16:40	16:50	17:00	17:10	17:20	17:30	17:40
Sílica gel con volátiles	3	5	5	6	9	9	9	9
Sílica gel sin volátiles	2	3	3	3	5	5	5	5

CUADRO 4  
INSECTOS ATRAÍDOS POR CARBÓN ACTIVADO CON Y SIN VOLÁTILES  
A LOS GRANOS DE MAÍZ V-454 (19/10/95).

Hora	19:40	19:50	20:00	20:10	20:20	20:30	20:40
Carbón con volátiles	0	7	8	8	10	10	10
Carbón sin volátiles	3	7	7	5	7	5	5

CUADRO 5  
INSECTOS ATRAÍDOS POR CARBÓN ACTIVADO CON Y SIN VOLÁTILES  
A LOS GRANOS DE MAÍZ V-454 (20/10/95).

Hora	11:00	11:20	11:30	11:40	11:50	12:00
Carbón con volátiles	0	5	7	8	8	8
Carbón sin volátiles	1	4	6	8	9	10

Nota: En todas las pruebas se utilizaron 20 insectos; los insectos que no se definieron por uno de los dos túneles se eliminaron del conteo.

En los cuadros tres y cuatro se puede notar una mayor definición en cuanto al efecto atrayente de los volátiles contenidos en la sílica gel; en el caso del carbón activado no se observa el efecto atrayente.

*Segunda etapa:*

Los análisis de Cromatografía de gases de los cartuchos de los volátiles aislados tuvieron las siguientes actividades:

CUADRO 6  
ATRACCIÓN DE *SITOPHILUS ZEAMAI*S HACIA LOS CARTUCHOS  
QUE CONTENÍAN SÍLICA GEL CON Y SIN VOLÁTILES.

		Número de insectos en cada rama					
Fecha		Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3	Experimento 4	Experimento 5	Promedio
22-01-96	Base	3	3	1	2	1	4.4± 1
	Volátiles	10	9	15	13	16	12.6± 3
	Blanco	7	8	4	5	3	5.4± 2
26-02-96		Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3	Experimento 4	Experimento 5	
	Base	4	2	3	2	1	2.4± 1
	Volátiles	10	15	12	16	17	14± 3
	Blanco	6	3	5	2	2	3.6± 2
29-04-96		Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3	Experimento 4	Experimento 5	
	Base	4	4	2	3	4	3.4± 8
	Volátiles	10	9	10	10	12	10.2± 1
	Blanco	6	7	8	7	4	8.4± 1

Base: insectos que se quedaron en la base del olfatómetro

Volátiles: insectos que se dirigieron a la rama del olfatómetro que contenía volátiles.

Blanco: insectos que se dirigieron a la rama del olfatómetro sin volátiles.

La atracción de los insectos hacia los cartuchos que contienen sílica gel con los volátiles, es oscilante, sin embargo es marcada la diferencia respecto a la cantidad de insectos que se dirigieron a los cartuchos sin volátiles. La diferencia más marcada se observó en los bioensayos del día 22 de febrero de 1996, donde ingresaron 14 insectos a la rama del olfatómetro que contenía los volátiles, contra 3.6 insectos en la rama sin volátiles. En los bioensayos del 29 de abril, la diferencia fue mínima, 10.2 con volátiles, contra 8.4 sin volátiles.

CUADRO 7  
 ATRACCIÓN DE *SITOPHILUS ZEAMAEIS* HACIA LOS CARTUCHOS QUE CONTENÍAN  
 FLORISIL CON Y SIN VOLÁTILES.

		Número de insectos en cada rama					
Fecha		Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3	Experimento 4	Experimento 5	Promedio
22-01-96	Base	1	2	6	7	6	4.4±3
	Volátiles	15	13	10	9	9	11.2±2
	Blanco	4	5	4	4	5	4.4±0.5
26-02-96		Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3	Experimento 4	Experimento 5	
	Base	9	6	2	4	3	4.8±3
	Volátiles	8	12	14	11	13	11.6±2
	Blanco	3	2	4	5	4	3.6±1
29-04-96		Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3	Experimento 4	Experimento 5	
	Base	1	3	4	2	1	2.2±1
	Volátiles	17	13	14	15	12	14.2±2
	Blanco	2	4	2	3	7	3±2

En el caso de los cartuchos que contenían florisil con volátiles, nuevamente se puede observar que la cantidad de insectos que son atraídos hacia los cartuchos con volátiles, es mayor que en los cartuchos que no tienen volátiles, observándose la mayor diferencia en los bioensayos realizados el día 29 de abril de 1996, donde 14.2 insectos ingresaron a la rama del olfatómetro que contenía florisil con volátiles, contra 3 insectos que ingresaron a la rama del olfatómetro que contenía florisil sin volátiles.

Cuadro 8  
 ATRACCIÓN DE *SITOPHILUS ZEAMAEIS* HACIA LOS CARTUCHOS QUE CONTENÍAN  
 CARBÓN ACTIVADO CON Y SIN VOLÁTILES.

		Número de insectos en cada rama					
Fecha		Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3	Experimento 4	Experimento 5	Promedio
22-01-96	Base	2	5	8	5	7	5.4±2
	Volátiles	11	12	9	9	10	10.2±1
	Blanco	7	3	3	6	3	4.4±2
26-02-96		Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3	Experimento 4	Experimento 5	
	Base	4	10	9	8	8	7.8±2
	Volátiles	10	5	8	7	10	8±2
	Blanco	6	5	3	5	2	4.2±1
29-04-96		Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3	Experimento 4	Experimento 5	
	Base	6	5	2	4	7	4.6±2
	Volátiles	10	10	12	13	11	11.2±1
	Blanco	4	5	6	3	2	4±2



Los volátiles retenidos en sílica gel en los dos primeros experimentos muestran cromatogramas muy similares, con una gran proporción de compuestos con tiempos de retención hasta de 4 minutos.

Los picos están bien separados y simétricos; el mayor tiempo de retención de los compuestos volátiles es de 11 minutos. El cromatograma del tercer experimento, en cambio, muestra menor concentración de volátiles; desaparecen del cromatograma los componentes más volátiles, estos resultados pueden explicar la menor actividad del cartucho de sílica gel en los bioensayos con insectos.

Los cromatogramas de los volátiles retenidos en florisil en los tres experimentos son equivalentes (1:3) con un gran porcentaje (87%) de componentes con tiempos de retención de hasta 2 minutos. El carbón activado, por otro lado presenta sólo un pico con un tiempo de retención de 2.04 minutos.

Un intento de acoplar el detector de masas a la salida del cromatógrafo mostró que la cantidad de volátiles que pasó por el detector no fue suficiente para producir los espectros de masas, por lo que la identificación directa por gases-masas no se logró.

En otro experimento se optó por aislar directamente del maíz los compuestos solubles en una mezcla de  $\text{CH}_2\text{Cl}_2/\text{CH}_3\text{OH}$  (diclorometano-metanol) 50/50, tratando de identificar los compuestos de la mezcla de volátiles. 100 gr de maíz molido se mantuvo a reflujo y con agitación constante por 24 hrs a temperatura ambiente, realizando posteriormente la destilación de los disolventes obteniéndose 2 ml de extracto concentrado.

Por coinyección de los estándares con la mezcla de compuestos extraídos con cloroformo-metanol se identificaron seis componentes de este extracto.

Cuadro 9  
Compuestos volátiles del maíz V-454 que se lograron identificar.

Compuesto	Tiempo de retención (min.)	Porcentaje de área
Limoneno	4.857	0.62440
Octanol	5.367	0.79070
Geraniol	6.150	0.66600
Naftaleno	7.416	2.07158
Geranil acetona	8.849	0.45380
Cariofileno	9.791	0.28320

Buttery (1979) utilizando cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas logró identificar los componentes volátiles de maíz, mismos que se mencionan en el siguiente cuadro.

Cuadro 10  
Volátiles Del Maíz Identificados Por Buttery (1979).

Aldehídos	Alcoholes	Aldehídos con dos dobles ligaduras	Terpenos	Aromáticos
Hexanal	Hexanol	2-Hexanal	$\alpha$ -Pinenos	2-Pentifurano
Heptanal	Heptanol	2-Heptanal	Mirceno	1,2-Dimetoxi benceno
Octanal	Octanol	2-Octanal	Limoneno	Benzaldehído
Nonanal	Nonanol	2-Decanal	Geranil	Xileno
Decanal	Decan-2-ol	2-Undecanal	$\alpha$ -Langaneno	Fenilacetaldehído
	Undecan-2-ol		Cariofileno	Naftaleno
			Geranil-acetona	
			$\beta$ -Ionona	
			Timol	
			Carvacrol	

## DISCUSIÓN.

En general la cromatografía de gases para los componentes absorbidos en florisil y gel de sílice presentaron componentes parecidos, pero el florisil mostró una menor concentración que el gel de sílice.

En el cromatograma del carbón activado hay un sólo pico a un tiempo de retención de 1.9 minutos, detectable también en florisil y sílica gel. En esta segunda etapa la actividad atrayente de los diferentes cartuchos con los volátiles fue más clara, siendo menor en el carbón activado.

Como aparentemente los mismos compuestos existen en sílica gel y florisil la falta de actividad de este último pudiera deberse a que no se pudo desorber a la temperatura experimental (35°C) o que los volátiles estaban en una concentración muy baja.

La actividad en el carbón activado hace prever que se podrá identificar fácilmente uno de los componentes activos de la mezcla de los volátiles. Para identificar los demás componentes activos, se fraccionará la mezcla.

## CONCLUSIONES:

- Se logró el aislamiento de los volátiles del maíz mediante la absorción en sílica gel, florisil y carbón activado.
- Se observó actividad de atracción de los volátiles absorbidos en sílica gel, carbón activado y florisil hacia el gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais*.
- Los cromatogramas de los cartuchos muestran picos cromatográficos semejantes, simétricos y con una buena resolución, mostrando tiempos de retención hasta 18.133 minutos.
- El cromatograma del maíz presentó 12 picos muy representativos y con mayor abundancia, de los cuales seis se lograron identificar por coinyección, mediante una extrapolación de índices de Kóvats siendo una identificación tentativa que necesita ser corroborada y los demás compuestos no se lograron identificar. Los compuestos identificados mediante coinyección de estándares por cromatografía de gases fueron: geranil-acetona, geraniol, naftaleno, limoneno y octanol. Sólo se logró identificar el naftaleno por medio de cromatografía de gases-espectroscopía de masas.

## LITERATURA CITADA.

- Albores-Velasco, M., L. Sánchez. y F. Del Río. 1991. Volátiles of *Sargentia greguii*. *Phytochemistry*. 30 (6): 1915-1916.
- Buttery, R.G. 1979. Volátiles of corn tassels: posible corn ear worm attractans. *J. Agric. Food Chem.* 28 (4): 771-777.
- Flath, R.A., R.R. Forrey, and B.G. Ghan. 1980. Volátiles of corn. *J. Agric. Food Chem.* 28: 771.
- Gutiérrez, D.L.J. 1993. Informe técnico del programa de poscosecha. Campo Experimental de Zacatepec. CIR-Centro INIFAP-SARH. México.
- Jiménez, A. S. (Comunicación personal).
- Krebs, J. C. 1978. *Ecology, the experimental analysis of distribution and abundance*. Harper & Row. Pub. 678 p.
- Saenz, C.J. 1997. Identificación de los volátiles del maíz. Prospectivas de uso en el manejo integrado de las plagas de almacén. Tesis profesional de Química de Alimentos. Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 39 p.
- Saenz C. J., Gutiérrez, D.L.J. y Albores, M. 1997. A partial strategy to avoid stored grain infestation. *Memorias del V Congreso Químico de América del Norte. Am. Chem. Soc.* 5:37-38.
- Stockel, B.M. and J.N. Boidron. 1987. Methodological approach to identify chemical oviposition stimulans from maize for european corn borer. *Journal of Chemical Ecology*. 13 (3):389-391.
- Thompson, A.C., P.A. Heding, R.C. Gueldner and F.M. Davis. 1974. Corn bud essential oil. *Phytochemistry*. (82): 21-23 .

### 5.3 EFECTO DE LAS PRÁCTICAS DE PRECOSECHA SOBRE LA REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS DURANTE EL ALMACENAMIENTO DEL MAÍZ.

#### RESUMEN.

Se manejaron tres tratamientos o prácticas precosecha y un testigo, los tratamientos fueron: Desespigue, zacateo y dobla, los trabajos se desarrollaron en el poblado de Zacatepec, Morelos; el desespigue se realizó a los 60 días de la siembra, la dobla y el zacateo se efectuaron a los 104 días de la siembra. Para evaluar el efecto de las prácticas precosecha se colectaron cinco mazorcas de cada tratamiento, al momento de la cosecha y después de 54 días de asoleo, se desgranaron y cuantificaron los granos con daño físico, daño por roedores, daño por hongos, daño por calentamiento y daño por insectos, de estos parámetros se derivó la utilidad del grano como alimento humano, con utilidad como alimento animal y sin utilidad o desecho. Los resultados muestran que los granos analizados de la dobla presentaron el 8% de daño, los del desespigue 11.2%, el testigo 16% y los del zacateo 39.8%; respecto al porcentaje de grano con utilidad como alimento humano, la dobla presentó el 93.2%, los del desespigue 91%, los del testigo 86.6% y los del zacateo 75%. La práctica precosecha denominada zacateo, que es la más utilizada en Morelos resultó ser la menos adecuada y se realiza principalmente para ofrecer alimento a los animales de trabajo y en segundo término para facilitar el secado de las mazorcas, considerando lo anterior se recomienda aplicar la dobla, al mismo tiempo que se eliminan algunas hojas para alimentar a los animales de carga, con lo cual no se afectarán significativamente los hábitos de trabajo de los productores, se seguirán aprovechando los recursos y se ganará calidad en los granos cosechados, disminuyendo además la intensidad de las infestaciones durante la etapa de almacenamiento.

*Palabras clave:* Maíz, prácticas precosecha, infestación, insectos de almacén.

#### INTRODUCCIÓN.

Las pérdidas poscosecha representan un problema de amplias dimensiones; en el nivel internacional se considera normal una pérdida del 5% anual, aunque este porcentaje sólo puede ser representativo de aquellos países con una infraestructura agrícola muy desarrollada, ya que en la India y algunos países sudamericanos, tales pérdidas alcanzan hasta 30%. En México no existe un consenso al respecto: mientras el cálculo de algunos especialistas oscila entre el 20 y el 30%, expertos de la FAO estiman el 10 y el 25% de pérdidas totales para México (Torres, 1995).

Las pérdidas cualitativas y cuantitativas de la cosecha se inician, en el campo, desde que el grano alcanza su madurez fisiológica, y es en este momento cuando prácticamente se inicia el almacenamiento. La magnitud y la rapidez con que dicha pérdida ocurre, dependen de la manera en que los granos son manejados después de que éstos están listos para ser cosechados. En el caso del maíz, éste puede ser cosechado cuando el grano tiene una humedad del 30 al 35%, lo cual implica secar inmediatamente el grano (Moreno, 1995). Son muchos los factores que afectan la decisión de los agricultores para cosechar el maíz, incluyendo las condiciones climáticas, presupuesto y disponibilidad de espacio. En las regiones del trópico húmedo el maíz queda en el campo durante la época de lluvias, lo cual requiere de un tiempo considerable para que seque el grano, esto incrementa el daño por insectos, pájaros y roedores (Kossou, 1994).

Durante mucho tiempo para evitar los daños y pérdidas se han utilizado diversos agroquímicos, incluso actualmente se depende casi exclusivamente de ellos. Debido a las consecuencias secundarias que éstos generan, se está trabajando activamente para disminuir el impacto sobre el ambiente y la salud humana, entre las alternativas más viables se encuentra el manejo integrado de las plagas (MIP). El Grupo Consultivo Internacional de Investigación Agrícola (CGIAR, 1997) dentro de la definición de manejo integrado, considera como parte fundamental el uso de prácticas de control cultural para la disminución de pérdidas. En México tradicionalmente se han utilizado "hierbas" y polvos naturales como cal, ceniza y chile quemado para evitar el daño por las plagas de almacén. Por otro lado, aún en la actualidad se puede ver en diversos países de América Latina que utilizan eficientemente prácticas autóctonas como la dobla de las mazorcas para evitar la pudrición de los granos.

México recibe poco apoyo internacional para proyectos tendientes a la conservación de los granos en el ámbito rural, y lamentablemente la mayor parte de los avances logrados en otros países se pueden aprovechar aquí sólo de manera limitada, principalmente por causa de la gran diversidad de condiciones ecológicas, económicas y socioculturales existentes; por lo cual es necesario desarrollar alternativas acordes con la realidad del campo mexicano, donde indudablemente es necesaria la inversión en componentes de alta tecnología, pero resulta más práctico y económico analizar, adecuar y aplicar los conocimientos empíricos de los campesinos mexicanos adquiridos, utilizados y eficientizados durante siglos, tomando en cuenta que con ellos se evitarían los conocidos problemas de la transferencia de tecnología que es uno de los "cuellos de botella" de la agricultura mexicana.

#### **OBJETIVO.**

Determinar el efecto de tres tipos de prácticas precosecha sobre la pérdida de humedad y el daño por plagas.

#### **MATERIALES Y MÉTODOS.**

El trabajo consistió en evaluar las prácticas de manejo precosecha a) el desespigue, el cual consiste en eliminar las espigas cuando el elote ya está formado, se efectúan con dos fines, por un lado para ofrecer alimento a los animales de carga y con la pretensión de que el fruto aproveche más nutrientes, b) el zacateo, que consiste en eliminar las hojas de la planta para utilizarlas para alimento de los animales de carga y aumentar la velocidad del secado de la mazorca y c) la dobla, que consiste en doblar la planta en el nudo inmediato inferior a la mazorca con el fin de evitar que penetre el agua a la mazorca, como testigo se dejó una parcela sin manejo precosecha. Se utilizaron 18 Kg de semilla de maíz de la variedad V-454, considerando la época crítica de almacenamiento, la siembra se realizó el 15 de junio de 1994.

El experimento se desarrolló dentro del Campo Experimental de Zacatepec y consistió de 10 000 m<sup>2</sup> de terreno, éste se dividió en bloques de 2 500 m<sup>2</sup> para cada tratamiento, la siembra se realizó el 12 de julio, el desespigue se aplicó el día 12 de septiembre, el 26 de octubre se realizó la dobla y el zacateo, colectándose al azar cinco mazorcas de cada bloque. Aun cuando la cosecha se realiza en la región en el mes de noviembre, se decidió cosechar hasta diciembre, con el fin de enfatizar que a mayor tiempo en el campo, mayor infestación, así como poder en menor tiempo observar diferencias entre los tratamientos.

El 2 de diciembre se efectuó la cosecha encostando las mazorcas y separándolas por tratamiento. La evaluación de los daños se efectuó mediante el método EVIDAMO (Gutiérrez, 1995) que consiste en desgranar

cinco mazorcas, mezclar los granos y colocarlos en una bolsa de polietileno, dicha bolsa se coloca en un congelador al menos durante una hora, con el fin de matar a los insectos presentes, luego se saca del congelador y se mueve la muestra para homogeneizarla, se inclina a la bolsa y se dejan salir al azar una cantidad que sea de 500 granos, los cuales se reúnen en grupos de 100, en primer lugar, se recolectan los insectos presentes y se colocan en frascos con alcohol etílico al 70%, etiquetados con los datos correspondientes y guardándolos para su posterior identificación. En cada grupo, se cuantifica el número de granos con: a) daño físico (producto de golpes, fricciones, cambios de temperatura, etc.), b) daño por roedores, c) calentamiento, se considera en este parámetro a granos con coloración pardusca (sin presentar daño directo por hongos) adquirida por altas temperaturas generadas por procesos de fermentación-pudrición en granos infectados por microorganismos, este fenómeno se puede presentar tanto en el campo como en el almacén, d) daño por hongos, y e) daño por insectos. Estos parámetros presentan subniveles y a cada uno de los cuales se les asigna un factor de utilidad; (H) para los granos que por sus características pueden ser utilizados como alimento humano, (A) para los granos que no pueden ser utilizados como alimento humano pero si pueden ser utilizados como alimento animal, y (D) para los granos que por su grado de daño representan un riesgo incluso para la salud de los animales, por lo tanto se consideran sin utilidad o de desecho. Estos parámetros, se logran sumando los valores obtenidos de los diferentes niveles de daño, los cuales para su identificación se colocaron en el lado derecho las letras correspondientes, como se observa en el cuadro 5.

Con el fin de contar con un punto de referencia al momento de la cosecha se realizaron mediciones de longitud de 10 mazorcas, peso del grano, porcentaje de mazorcas con cobertura completa, contenido de humedad de los granos, daño por pájaros y número de insectos.

## RESULTADOS.

Hasta el momento ha existido duda sobre la utilidad de las prácticas tradicionales de precosecha, algunos investigadores comentan que se trata de sólo costumbres que han heredado los campesinos y la realizan sin un objetivo en particular, otros mencionan que las prácticas precosecha se realizan con un objetivo diferente al de prevención de daños, por ejemplo el zacateo en Morelos, donde cortan las hojas para darle de comer a los animales de carga. Los resultados que se presentan a continuación muestran datos que indican claramente efecto sobre los niveles de infestación por insectos

CUADRO 1  
CARACTERÍSTICAS PROMEDIO DE LAS MAZORCAS DE MAÍZ  
(V-454) AL MOMENTO DE LA COSECHA (2-12-94).

Factor.	Diámetro de mazorca.	Longitud de mazorca.	Número de líneas.	Número de granos.	Peso de granos.	Peso del olote.
Media (100 mazorcas).	4.69	16.93	14.25	470.3	1319.64	296.95

CUADRO 2  
COBERTURA Y CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MAÍZ AL MOMENTO DE LA COSECHA  
MANEJADO BAJO TRES TIPOS DE PRÁCTICA PRECOSECHA, (2-12-94).

Práctica.	Coberturas de mazorca.	Contenido de humedad.
Dobla	7.00	20.20
Desespigue	6.00	18.40
Testigo	6.50	18.20
Zacateo	6.00	15.30
Media	6.37	18.00

La cobertura de la mazorca significa básicamente dos cosas, por un lado la longitud de las brácteas (hojas o totomoxtle) y la rigidez con la cual se unen en la punta de la mazorca, de tal forma que una mazorca que tenga brácteas largas y que se unan rígidamente en la región apical serán las que se consideren con buena cobertura. La cobertura de la mazorca evidentemente depende de componentes hereditarios más que del tipo de manejo precosecha que se aplique, sin embargo, el contenido de humedad de las mazorcas aun cuando no hay mucha información al respecto, se observan diferencias importantes, mostrando el valor más alto la práctica conocida como dobla y el valor más bajo el zacateo, práctica muy popular entre los campesinos de Morelos.

CUADRO 3  
PORCENTAJE DE DAÑO EN MAÍZ REGISTRADO AL MOMENTO DE LA COSECHA (2-12-94)  
CON COBERTURA COMPLETA E INCOMPLETA.

Práctica.	Dobla.		Desespigue.		Testigo.		Zacateo.	
	Completa	Incompleta	Completa	Incompleta	Completa	Incompleta	Completa	Incompleta
Daño por pájaros.	2	4	4	4	4	3	3	5
insectos.	10	28	26	36	29	37	40	40

CUADRO 4  
CONTENIDO DE HUMEDAD, NUMERO DE INSECTOS POR ESPECIE  
Y TIPO PLAGA, ASOCIADOS A CADA TRATAMIENTO DESPUÉS DE 40 DÍAS DE LA COSECHA (12-01-95).

Práctica	Contenido de humedad	Número de insectos por especie	Tipo de plaga
Zacateo	15.49	3 <i>P. truncatus</i> 3 <i>S. zeamais</i>	1ª.
Dobla	16.93	1 <i>C. quadricollis</i>	2ª.
Desespigue	17.91	1 <i>C. quadricollis</i>	2ª.
Testigo	17.38	1 <i>P. truncatus</i>	1ª.
		1 <i>S. zeamais</i>	1ª.
		2 <i>P. truncatus</i>	1ª.
		2 <i>T. castaneum</i>	2ª.

El efecto de las prácticas precosecha sobre el contenido de humedad fue evidente desde el momento de la cosecha, después de cuarenta días la diferencia en cuanto al contenido de humedad siguió siendo diferente aunque las diferencias fueron muy ligeras, observándose los niveles más altos en el testigo y en el tratamiento desespigue. En cuanto al tipo y cantidad de insectos que se registraron en los tratamientos, se pudieron observar importantes diferencias; el tratamiento *zacateo* presentó tres insectos adultos de *Prostephanus truncatus* y tres adultos de *Sitophilus zeamais*, ambas consideradas plagas primarias, en el tratamiento *dobla* se colectó sólo un adulto de *Cathartus quadricollis*, considerado plaga secundaria, en el tratamiento *desespigue* se registró un insecto adulto de *C. quadricollis* y uno de *P. truncatus*, en el testigo se observó un insecto adulto de *S. zeamais*, dos de *P. truncatus* y dos de *Tribolium castaneum*, este último considerado como plaga secundaria.

CUADRO 5  
PROMEDIO DE DAÑOS, PERDIDAS Y UTILIDAD DEL MAÍZ BAJO TRES FORMAS DE MANEJO PRECOSECHA,  
DESPUÉS DE 54 DÍAS DE ASOLEO (26-01-95).

Factor evaluado	Utilidad	Tratamientos					
		Dobla	Desespigue	Testigo	Zacateo	Suma	Media
<b>DAÑO FÍSICO</b>							
Ligero regular	H	1.0	2.2	2.0	3.0	8.2	2.05
Severo	A	0.0	0.2	0.0	0.0	0.2	0.04
<b>DAÑO ROEDOR</b>							
Ligero regular	A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Severo	D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>CALENTAMIENTO</b>	A	2.2	7.4	7.4	0.0	17.0	4.25
<b>HONGOS</b>							
Muy ligero	A	0.4	0.2	0.2	1.8	2.6	0.65
Ligero severo	D	4.0	0.6	1.8	5.2	11.6	2.9
<b>INSECTOS</b>							
Muy ligero	H	0.2	0.0	0.0	2.8	3.0	0.75
Ligero	A	0.0	0.0	0.2	7.8	8.0	2.0
Regular	A	0.2	0.2	2.8	10.6	13.8	3.45
Severo	D	0.0	0.4	1.6	6.0	8.0	2.0
Total de daño		8.0	11.2	16.0	39.8	60.6	15.15
Total sano	H	92.0	88.0	84.0	60.2	325.0	81.25

Después de 54 días de la cosecha se presentan diferencias marcadas en los distintos tratamientos. En cuanto al daño total, el tratamiento denominado *dobla* presentó el 8% de daño, el tratamiento *desespigue* mostró el 11.2%, en el testigo se registró el 16%. Finalmente en el tratamiento *zacateo* se encontró el 39.8%, el cual fue el mayor daño observado. Analizando el nivel "daño severo por insectos" la *dobla* mostró el 0%, el *desespigue* 0.4%, el testigo 1.6% y el *zacateo* 6%. Como se puede observar el peor tratamiento fue nuevamente el *zacateo*, que es la práctica más utilizada en el estado de Morelos.

CUADRO 6  
 PROMEDIO DE LA UTILIDAD DEL MAÍZ BAJO TRES FORMAS DE MANEJO PRECOSECHA  
 DESPUÉS DE 54 DÍAS DE ASOLEO (26-01-95).

Factor	Práctica					
	Dobla	Desespigue	Testigo	Zacateo	Suma	Promedio
Granos dañados	8.0	11.2	16.0	39.8	75.0	10.75
Granos sanos	92.0	88.8	84.0	60.2	325.0	81.25
UTILIDAD						
Alimento humano (H)	93.2	91.0	86.6	65.8	336.6	84.15
Alimento animal (A)	28.0	8.0	10.0	22.2	43.0	10.75
Desecho (D)	4.0	1.0	3.4	11.8	20.25	5.05

## DISCUSIÓN.

En México se realizan diversas prácticas precosecha, en determinadas regiones la utilidad de éstas no resultan tan claras, en este trabajo se evaluaron tres variantes, utilizando el maíz V-454, el cual presenta buenas características agronómicas así como una buena tolerancia al daño de plagas de campo, como *Spodoptera frugiperda*, que suele ser la plaga de campo más importante para el maíz en Morelos. Como se puede ver en el cuadro 2, se consideró anexamente el efecto de la cobertura de la mazorca y su relación con el contenido de humedad (C.H) al momento de la cosecha; respecto al C.H se notan diferencias drásticas, mientras el tratamiento *zacateo* presenta 15.3%, las mazorcas que fueron manejadas con la *dobla* presentaron 20.2%, en cuanto a la cobertura se observa que más de la mitad de las mazorcas presentan brácteas largas y con ápices apretados, siendo el promedio 6.37%. Aun cuando la mayoría de agricultores utilizan la *dobla* para reducir la "putrefacción de la mazorca" en el cuadro 3 se observa que en la combinación *dobla-cobertura completa* el daño por pájaros se reduce a 2%, datos que confirman las observaciones de Brauer y Ramírez (1960), resultando el mayor daño en el *zacateo-cobertura incompleta* con 5%, de igual forma se nota un buen resultado en la *dobla-cobertura completa* con sólo 10 insectos, en comparación con el *zacateo* que presentó 40; durante las visitas de campo se pudo determinar que los pájaros *Quiscalus mexicanus* podían dañar con mayor facilidad las mazorcas que permanecían erectas, particularmente en las *zacateadas* en contraste con las mazorcas dobladas, donde la punta de la mazorca está invertida y el pájaro de igual manera necesitaba invertir la posición de su cuerpo, teniendo más problemas para tragar el grano, evidentemente aumenta la dificultad cuando se sumaba el factor buena cobertura.

El secado de las mazorcas, es sin duda una de las prioridades del agricultor después de la cosecha; cuando se asocia el efecto del asoleo a las prácticas precosecha (véase cuadro 4) se observa que las mazorcas provenientes del tratamiento *zacateo* presentan el contenido de humedad más bajo (15.49) después de los 40 días de asoleo, seguido por el tratamiento *dobla* con 16.93%, resultando el mayor contenido de humedad en el tratamiento *desespigue* con 17.91%; es importante señalar que a las mazorcas de la *dobla* presentó un adulto de *Cathartus quadricollis*, que es una plaga secundaria con bajo potencial de daño en el almacén, en contraste con las mazorcas *zacateadas* que presentaron tres adultos de *Prostephanus truncatus* y tres de la especie *Sitophilus zeamais*, ambas plagas primarias con un gran potencial de daño en el almacén. En

el Cuadro 6 se observa que a los 54 días de la cosecha el mayor daño lo presenta el *zacateo* con 39.8%, y el menor la *dobla* con el 8%.

Las exigencias de calidad que demandan las distintas aplicaciones que puedan tener los granos son muy distintas, no es lo mismo un grano de maíz destinado como semilla que uno destinado para forraje o como alimento humano (Alberto de Dios, 1996). Respecto a los granos como alimento humano, el mejor tratamiento resultó la *dobla* con 93.2%, muy cerca el tratamiento *desespigue* con 91%, manteniendo la menor cantidad de granos útiles como alimento humano el tratamiento *zacateo* con 65.8%.

## CONCLUSIONES.

- Las prácticas de precosecha presentan un efecto sobre las pérdidas en el maíz durante la cosecha y la etapa de *asoleo-almacenamiento*.
- La práctica precosecha conocida como *dobla* ayudó en la reducción de las pérdidas y presentó efectos positivos en la conservación de la calidad de los granos después de 54 días de la cosecha, (etapa de *asoleo-almacenamiento*) sobretodo cuando se encuentra asociada a mazorcas con cobertura completa.
- La práctica precosecha conocida como *zacateo* presentó efectos negativos en la conservación de la calidad del maíz, mostrando el mayor nivel de daños tanto en la cosecha como durante la etapa de *asoleo-almacenamiento*.
- Considerando que el *zacateo* es la práctica más difundida en el estado de Morelos, es necesario implementar estrategias para sustituirlo por la *dobla*.

## LITERATURA CITADA.

- Alberto de Dios, C. 1996. Secado de granos y secadoras. Serie Tecnología de Poscosecha. Of. Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Chile. 11, pag. 256.
- Brauer, H. O. y Ramírez, G. M. 1960. El "totomoxtle" como protector de la mazorca. Agricultura Técnica en México. Oficina de Estudios Especiales. SAG. 7: 39-40.
- CGIAR, 1997. Policy statement on integrated pest management. Consultative Group on International Agriculture Research (CGIAR-NEWS) 4(2):9
- Gutiérrez, D. L. J. 1994. EVIDAMO Un método para evaluar pérdidas económicas en base a deterioro morfológico. En: Memorias de la III Reunión Nacional de la Problemática de Poscosecha de Granos y Semillas, y del Taller de Evaluación de Pérdidas Poscosecha de Granos Básicos. UNAM-UNISON. pp: 178-179.
- Kossou, D. K. & Bosque-Pérez, N. A. 1994. Insect pest of maize in storage: biology and control. Research Guide 32. IITA. 19 p.
- Moreno, M. E. 1995. Almacenamiento y conservación de los granos en el medio rural. En: El Sistema Poscosecha de Granos en el Nivel Rural; Problemática y Propuestas. PUAL-UNAM. 249 p.
- Torres, T. F. 1995. Almacenamiento y conservación de los granos en el medio rural. En El Sistema Poscosecha de Granos en el Nivel Rural; Problemática y Propuestas. PUAL-UNAM. 182p.

## 5.4. EFECTO DE LA FORMA DE SECADO DE LAS MAZORCAS DE MAÍZ SOBRE LOS INSECTOS DE ALMACÉN.

### RESUMEN.

El secado es una fase vital en el manejo poscosecha de los granos, en México los productores secan el grano en el piso de la azotea o patio, sobre una armazón de madera, o construyen jaulas tipo gallinero para guardar-secar el maíz. En este trabajo se buscó determinar el efecto que presentan el secado de mazorcas sobre tres tipos de sustrato, sobre malla de alambre, sobre madera y sobre el piso, en relación con la infestación por los insectos típicos de almacén. Durante los experimentos se midieron las variables ambientales: temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, periódicamente se colectaron tres mazorcas de cada tratamiento y se determinó el contenido de humedad por el método de estufa así como diferentes tipos de daño. Después de 15 días de asoleo la diferencia en daños fue muy ligera en los tres tratamientos observando que los granos que fueron secados sobre malla presentaban 0.8% de daño por insectos, los que fueron secados sobre madera 1% y sobre piso 0.33%. De las muestras que fueron conservadas en frascos entomológicos durante cinco meses, se observó que el tratamiento sobre malla presentó el 4% de daño por insectos, sobre madera el 2.2% y sobre piso el 34.4%; aparentemente el mejor tratamiento es sobre madera, pero al considerar los cuadros 12 y 13 en las muestras colectadas el día siete de diciembre, el tratamiento "sobre malla" el incrementó en la escala "daño severo por insecto" únicamente el 0.2%, el tratamiento sobre madera, incremento 4.6%, respecto al tratamiento sobre piso, los roedores ya se habían llevado todo el grano, lo cual revela como mejor alternativa el *secado sobre malla de alambre*.

*Palabras clave:* Maíz, secado, asoleo, infestación, plagas de almacén.

### INTRODUCCION.

El secado, se puede definir como el método universal de adecuar los granos, mediante la eliminación del agua hasta un nivel que prevenga el crecimiento de hongos y bacterias, de manera que se conserve el aspecto y la calidad nutritiva del grano como alimento, o su viabilidad como semilla. El nivel de humedad seguro para el almacenamiento de granos se encuentra entre el 10 y el 13%, de humedad, para las principales especies, dadas las condiciones medias de temperatura y humedad relativa de América Latina (Marques y Marcal de Queiroz, 1991).

Las técnicas de secado y almacenamiento son ampliamente conocidas, no obstante, el mejor aludido puede verse limitado por algunos factores entre los cuales los más importantes son: a) el nivel de instrucción del usuario; b) el costo de la tecnología; c) el volumen de la producción por productor rural; d) la disponibilidad de energía eléctrica (Marques, 1991).

En América Latina, una parte importante de la producción de granos se seca todavía en forma primitiva, es decir se seca en el campo durante largos períodos. El uso de esta técnica acarrea elevadas pérdidas, puesto que los granos quedan expuestos, durante lapsos prolongados, a condiciones adversas y a la acción de plagas. (FAO, 1992). Entre 1964 y 1965 el USDA, comprobó que de 1311 muestras de maíz el 2.3% contenía aflatoxinas. Lillehoj (1986), menciona que *A. flavus* necesita en promedio 17.5% de humedad para desarrollarse. Autores como Mora (1992) demostraron que las aflatoxinas producen principalmente en el

momento inmediato a la cosecha, es decir, si después de cosechar se seca adecuadamente, parte del problema se elimina.

Se ha mencionado que por debajo del 13% de contenido de humedad, disminuye drásticamente la posibilidad de infección por hongos y sus consecuencias, pero aun cuando se mencione este contenido de humedad sea el seguro para almacenar, en la práctica no resulta tan clara esta afirmación. Aunque a muchos insectos les perjudica una humedad reducida, el hecho de secar el grano hasta un contenido de humedad que resulte completamente aceptable para el almacenamiento no impedirá por sí sólo que se produzca una infestación, a no ser que se enfríe el grano por debajo de 15°C, temperatura que no resulta fácil obtener en la mayoría de los países tropicales (Hyde *et al.* 1974). *Prostephanus truncatus* y *Sitophilus zeamais* pueden infestar grano por debajo de 11% y varias especies del genero *Trogoderma* logran desarrollarse eficientemente en grano con humedad menor de 10%, lo que tiene mucho que ver con el centro de origen de los insectos, pero esta afirmación no solo tiene valor desde el punto de vista filogenético sino a nivel de cepas y razas ecológicas, ya que se ha observado que muestras de *S. zeamais* colectados en localidades con altitud de 2000 msnm, tienen menos éxito frente a los insectos locales, si se tratan de cultivar experimentalmente en una localidad con menos 1000 msnm de altitud.

Esto lleva a pensar que las reglas generales son buenas como base, pero es necesario considerar que las condiciones de manejo, entre ellas el secado se deben adaptar a cada localidad o al menos a cada región ecológica, ya que cada región presenta un complejo particular de especies que infestan el grano y cada una presenta diferente tolerancia a factores como la humedad y temperatura.

Dado que por el momento en México, es difícil pensar como solución en el equipamiento del medio rural para el secado del maíz, resulta necesario analizar los métodos que se utilizan actualmente, con el fin de seleccionar el más eficiente, tecnificarlo en la medida de lo posible y mejorar las condiciones de manejo, tomando en cuenta la velocidad e intensidad de secado, entendiéndose ésto como la temperatura de exposición y el movimiento del grano; considerando el efecto que estos factores tengan sobre la mortandad de insectos y la calidad del grano.

En México se usan básicamente tres formas para secar el grano, a) en el piso de la azotea o patio, b) sobre una armazón de madera, y algunos productores construyen c) jaulas tipo gallinero para guardar-secar el maíz.

## OBJETIVO.

- Determinar el efecto que presenta el secado de las mazorcas de maíz, sobre tres tipos de estructuras:
  - a) malla de alambre
  - b) madera
  - c) piso

## MATERIALES Y METODOS.

Para la evaluación se utilizaron 159 mazorcas (cultivadas en Zacatepec, Morelos durante el temporal de 1995) de la variedad de maíz V-454 las cuales se dividieron en tres grupos o tratamientos de 53 mazorcas: 1) sobre malla (tipo gallinero) 2) sobre madera y 3) sobre concreto (piso). Durante el experimento se midieron mediante sensores conectados a una computadora las variables ambientales: a) temperatura b) humedad relativa c) velocidad del viento y d) dirección del viento, periódicamente se colectaron tres mazorcas (tratando de que se

realizara a las 3 PM) a las cuales se les eliminaron las brácteas, se desgranaron y colocaron en bolsas de polietileno para posteriormente determinar el contenido de humedad mediante el método de estufa recomendado por el International Seed Testing Association (ISTA, 1976).

Para determinar el efecto de los tratamientos sobre la infestación y daños se utilizó el método EVIDAMO (Gutiérrez, 1994), donde se consideran: daño físico, daño por germinación prematura, daño por calentamiento, daño por roedores, daño por hongos y daño por insectos; además durante cada muestreo se cuantificó el número de mazorcas que presentaron daño por roedores y/o pájaros.

## RESULTADOS.

El contenido de humedad así como los factores ambientales se presentan en el siguiente cuadro.

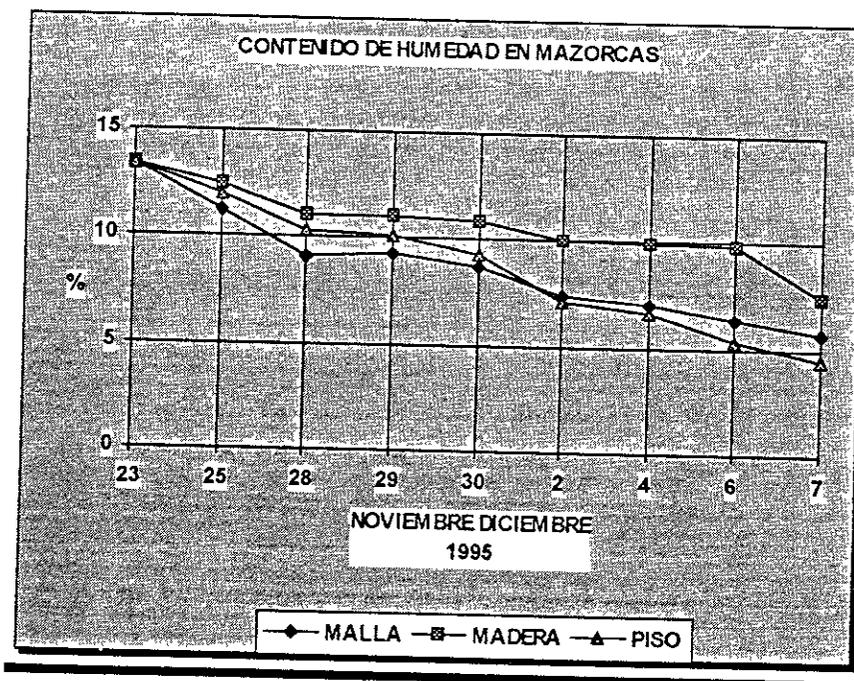
CUADRO 1  
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL GRANO Y FACTORES AMBIENTALES  
DETERMINADOS DURANTE EL EXPERIMENTO.

Fecha	Contenido de humedad (%)					Factores ambientales	
	Malla	Madera	Piso	T °C	HR (%)	Vel. Viento m/s	Dirección
25-10-95*	30.7	30.7	30.7				
10-11-95	20	20	20	26.71	49.92	0.2	N-EN
11-11-95				25.07	50.79	0.19	NW
12-11-95				26.42	51.67	0.19	N-NW
13-11-95				26.25	47.7	0.13	N-NW
14-11-95				25.88	49.82	0.22	N-NW
15-11-95	18.63	18.63	18.63	25.54	41.49	0.21	N-NW
16-11-95				24.77	43.46	0.19	N-NW
17-11-95				26.12	49.94	0.2	N-NW
18-11-95	17.25	17.25	17.25	25.28	57.51	0.12	N-NW
19-11-95				24.49	55.85	0.24	N-NW
20-11-95				22.22	67.23	0.14	N-NW
21-11-95	15.3	15.3	15.3	20.95	67.53	0.04	EN-WN
22-11-95				21.15	70.85	0.14	WNW
23-11-95				21.79	67.46	0.14	WNW
24-11-95	13.36	13.36	13.36	23.13	52.71	0.19	EN
25-11-95				24.88	44.89	0.29	N-NW
26-11-95	11.25	12.49	12.03	22.86	43.24	0.21	N
27-11-95				21.17	43.86	0.25	N-EN
28-11-95				21.53	44.19	0.25	N-EN
29-11-95	9.28	11.1	10.31	26.2	46.45	0.22	N

\* Contenido de humedad del grano cuando se practicó la dobla (en campo).

CUADRO 2  
 VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN MAZORCAS DE  
 MAÍZ ASOLEADAS BAJO TRES VARIANTES TRADICIONALES.

Fecha	Contenido de humedad (%)			
	Malla	Madera	Piso	Media
23-11-95	13.36	13.36	13.36	13.36
25-11-95	11.25	12.49	12.01	11.92
28-11-95	9.07	11.10	10.31	10.16
29-11-95	9.28	11.08	10.12	10.16
30-11-95	8.76	10.83	9.28	9.62
02-12-95	7.40	10.00	7.15	8.18
04-12-95	7.02	9.91	6.64	7.91
06-12-95	6.37	9.83	5.36	7.19
07-12-95	5.74	7.42	4.51	5.89



CUADRO 3

EVALUACIÓN DE DAÑOS EN MAÍZ V-454  
AL INICIO DEL EXPERIMENTO (23-11-95).

Factor evaluado	Repeticiones					
	1	2	3	4	5	Media
FRACCIONES DE DAÑO						
DAÑO FISICO						
Ligero	H	1	0	0	0	0
Regular – severo	A	0	0	1	0	0
DAÑO POR CALENTAMIENTO						
Ligero	H	0	0	0	0	0
Regular – severo	A	0	0	0	0	0
Germinación prematura	A	0	0	1	0	0
Daño por hongos						
Muy ligero	A	0	1	0	0	0
Ligero – severo	D	0	0	0	0	0
DAÑO POR INSECTOS						
Ligero	H	0	0	0	0	0
Regular	A	0	0	0	0	0
Severo	A	0	1*	0	1*	1*
Muy severo	D	0	0	1*	0	0
II., TOTALES						
Daño por insectos		0	0	1	1	0
Total dañados		1	2	3	1	1
Total sanos (H)		99	98	97	99	99
III. CALIDAD SEGÚN UTILIDAD						
(H) ALIMENTO HUMANO		100	98	97	99	99
(A) ALIMENTO ANIMAL		0	2	2	1	1
(D) DESECHO		0	0	1	0	0

Para realizar el experimento se seleccionaron las mazorcas, eliminando aquellas que presentaran daño evidente por insectos, roedores o patógenos, con el fin de reducir el error experimental; el promedio de daño por insectos fue de 0.4%, el total 1.6%, además el de granos con utilidad como alimento humano 98.60%

En el cuadro 3 se presentan los resultados de la evaluación de daños obtenidos del grano en su estado inicial, mediante la aplicación del método EVIDAMO. En este método se cuantifican los diferentes daños que presenta regularmente las muestras de maíz, como se puede observar en los diferentes factores hay niveles de daño, la razón es además de lograr una ubicación precisa de los daños es poder asignar un valor desde el punto de vista calidad, por ejemplo, se puede observar que el factor "daño físico" presenta dos niveles, el primero que es ligero presentará a su derecha la letra "H" lo cual significa que puede ser utilizado como alimento humano, ya que estos granos no ponen en peligro la salud humana, pero los granos que tienen un daño de regular a severo, presentan la "A" lo cual indica que no pueden ser utilizados para alimento humano, pero si tienen una utilidad como alimento animal. En el caso de daño por hongos se presentan rangos o niveles diferentes "muy ligero y de ligero a severo", la razón es que la simple sospecha de hongos nos impide que puedan ser utilizados por el humano y sólo puedan tener una utilidad para uso animal, todos los granos con

daño de ligero a severo no tendrán utilidad y se considerarán como desecho "D". Los valores que se obtengan de la suma de los diferentes niveles nos darán los montos del apartado III Calidad según su utilidad. Por ejemplo si consideramos la primera repetición, podemos observar que sólo se presenta el uno por ciento de granos con daño físico muy ligero, al hacer la suma de total de daño, nos dará el uno por ciento, en el rango de granos sanos nos dará el 99%, pero en el apartado de calidad según su utilidad nos dará 100 % ya que, el nivel ligero de daño físico tiene asociada la "H" lo cual le da utilidad como alimento humano. Otra ventaja que presenta este método es que se puede asignar un valor monetario al lote de granos que se evalúa. Para lograrlo se necesita conocer el precio del kilogramo o tonelada de maíz que se vaya a comercializar o se quiera asignar un valor comercial. Lo primero que hay que asumir es que el precio que tiene el grano es por la venta de grano sano al cual se le dará el valor de 100%, si tenemos que después del análisis de las muestras nos indican que hay un 80% de granos con utilidad como alimento humano el monto que hay que cubrir es sólo el 80% de valor, pero si tenemos que hay un 10% de granos con utilidad como alimento animal, esto nos indicará que hay que incrementar un porcentaje al valor del lote. Dado que este grano no es del todo sano pero tampoco es desecho se puede asignar un valor de compensación de tal forma que al multiplicar 10 por 0.70 nos dará 7 este valor se suma al 80% y tendremos 87%, si el precio por tonelada es de \$1000 entonces se pagarán \$870 por cada tonelada.

CUADRO 4  
EVALUACIÓN DE DAÑOS EN MAÍZ V-454, AL TERMINAR LA FASE  
DE ASOLEO DE MAZORCAS SOBRE MALLA DE ALAMBRE (7-12-95).

Factor evaluado	Repeticiones						Σ	Media
	1	2	3	4	5			
FRACCIONES DE DAÑOS								
DAÑO FÍSICO								
Ligero	H	1	0	1	1	0		
Regular - severo	A	0	0	1	0	0		
DAÑO CALENTAMIENTO								
Ligero	H	0	0	0	0	0		
Regular - severo	A	0	0	0	0	0		
Germinación prematura	A	0	0	1	0	0		
Daño por hongos								
Muy ligero	A	0	1	1	0	1		
Ligero - severo	D	0	0	0	0	0		
DAÑO POR INSECTOS								
Ligero	H	0	0	0	1	0		
Regular	A	0	0	0	0	0		
Severo	A	0	0	1	0	0		
Muy severo	D	0	1	0	1	0		
II., TOTALES								
Daño por insectos		0	1	1	2	0	4	0.8
Total dañados		2	2	3	3	1	11	1.8
Total sanos (H)		98	98	97	97	99	489	98.2
III. CALIDAD SEGÚN UTILIDAD								
(H) ALIMENTO HUMANO		99	98	98	99	99	493	98.6
(A) ALIMENTO ANIMAL		1	1	1	0	1	4	0.8
(D) DESECHO		0	1	1	1	0	3	0.6

Las diferencias de este tratamiento respecto a estado inicial del grano son muy pequeñas, 0.2% en total de granos dañados, 0.4% en el total de granos sanos, siendo exactamente igual respecto al porcentaje de granos útiles como alimento humano.

CUADRO 5  
EVALUACIÓN DE DAÑOS EN MAÍZ V-454, AL TERMINAR LA FASE  
DE ASOLEO SOBRE MADERA (7-12-95).

Factor evaluado	Repeticiones							Σ	Media
	1	2	3	4	5				
FRACCIONES DE DAÑOS									
DAÑO FÍSICO									
Ligero	H	0	0	0	2	1			
Regular - severo	A	1	0	1	0	0			
DAÑO CALENTAMIENTO									
Ligero	H	0	0	0	0	0			
Regular - severo	A	0	0	0	0	0			
Germinación prematura	A	0	0	1	0	0			
Daño por hongos									
Muy ligero	A	0	1	0	0	0			
Ligero - severo	D	0	0	0	0	0			
DAÑO POR INSECTOS									
Ligero	H	0	0	0	0	0			
Regular	A	1	1	0	0	0			
Severo	A	0	0	0	1	0			
Muy severo	D	0	0	1	0	0			
II. TOTALES									
Daño por insectos		1	1	1	1	1	5	1	
Total dañados		2	2	2	3	3	12	2.4	
Total sanos (H)		98	98	98	97	97	488	97.6	
III. CALIDAD SEGÚN UTILIDAD									
(H) ALIMENTO HUMANO		98	98	98	99	99	492	98.4	
(A) ALIMENTO ANIMAL		2	2	1	1	1	7	1.4	
(D) DESECHO		0	0	1	0	0	1	0.2	

El incremento del daño, aun cuando es ligero en el tratamiento "sobre madera" es mayor al observado en el tratamiento "sobre malla". En la suma total de daño muestra un incremento de 0.8%, el total de granos sanos se redujo en 1%, pero en el total de granos con utilidad como alimento humano sólo perdió el 0.2%. La razón de que aparentemente exista un decremento en la cantidad de granos sanos, y esto no se refleje en la cantidad de granos con utilidad como alimento humano, es que aumentó la cantidad de granos con utilidad como alimento animal, pero no incrementaron los granos sin utilidad o desecho.

CUADRO 6  
EVALUACIÓN DE DAÑOS EN MAÍZ V-454, AL TERMINAR LA FASE  
DE ASOLEO DE MAZORCAS SOBRE PISO (7-12-95).

Factor evaluado	Repeticiones					Σ	Media
	1	2	3	4	5		
FRACCIONES DE DAÑOS							
DAÑO FÍSICO					*		
Ligero	H	5	1	4	*		
Regular - severo	A	18	7	0	*		
DAÑO CALENTAMIENTO					x		
Ligero	H	0	0	0	*		
Regular - severo	A	0	0	0	*		
Germinación prematura	A	0	0	0	x		
Daño por hongos					*		
Muy ligero	A	1	0	0	x		
Ligero - severo	D	0	0	0	x		
DAÑO POR INSECTOS					*		
Ligero	H	0	0	0	x		
Regular	A	0	0	0	*		
Severo	A	0	1	0	x		
Muy severo	D	0	0	1	x		
II. TOTALES					*		
Daño por insectos		0	0	1	*		
Total dañados		24	9	5	*	38	12.67
Total sanos (H)		76	91	95	*	262	87.33
III. CALIDAD SEGÚN UTILIDAD							
(H) ALIMENTO HUMANO		81	92	99	*	272	90.66
(A) ALIMENTO ANIMAL		19	7	1	*	27	9.0
(D) DESECHO		0	1	0	*	1	0.33

\* A partir de este muestreo ya no hay material suficiente para evaluar cinco repeticiones

Los resultados observados en el tratamiento "sobre piso" son sobresalientes por varios aspectos, por un lado es notorio el incremento del daño físico, recordemos que el concreto incrementa la temperatura varios grados por encima que la del ambiente, en ocasiones se ha observado que en esta localidad incrementa hasta 47 ° C, factor que parece benéfico por que elimina rápidamente la humedad del grano, pero la velocidad es tal que termina dañando el grano por que se generan fisuras. Por otro lado cabe señalar que las mazorcas manejadas en este tratamiento fueron dañadas por roedores (ardillas) razón por la cual el total de daños incrementó 11.06% respecto al estado inicial del grano, el total de granos con utilidad como alimento humano se redujo en 7.94%, siendo éste, un dato conservador ya que no hubo grano suficiente para realizar el total de las repeticiones, debido a que los roedores se lo habían llevado las mazorcas restantes.

CUADRO 7  
INCREMENTO DEL DAÑO POR INSECTOS DE ALMACÉN Y DAÑO TOTAL EN MAÍZ  
DESPUÉS DE 15 DÍAS DE EXPOSICIÓN, BAJO TRES FORMAS DE ASOLEO.

Factor/Fecha	Tratamientos		
	S/MALLA	S/MADERA	S/PISO
23-11-95 (inicio)			
DAÑO POR INSECTOS	0.4	0.4	0.4
TOTAL DE DAÑO	1.6	1.6	1.6
7-12-95 (final)			
DAÑO POR INSECTOS	0.8	1	0.33
TOTAL DE DAÑO	1.8	2.4	12.67

El incremento de daño por insectos después de los primeros 15 días fue ligero y muy semejante en los tres tratamientos, pero en el rango "daño total" es muy evidente la diferencia en el tratamiento "sobre piso" con 12.67%, este daño responde básicamente a la actividad de ardillas, cuya especie desconocemos hasta la fecha.

CUADRO 8  
VARIACIÓN EN LA CALIDAD DEL MAÍZ DESPUÉS DE 15 DÍAS DE EXPOSICIÓN  
BAJO TRES FORMAS DE ASOLEO TRADICIONAL.

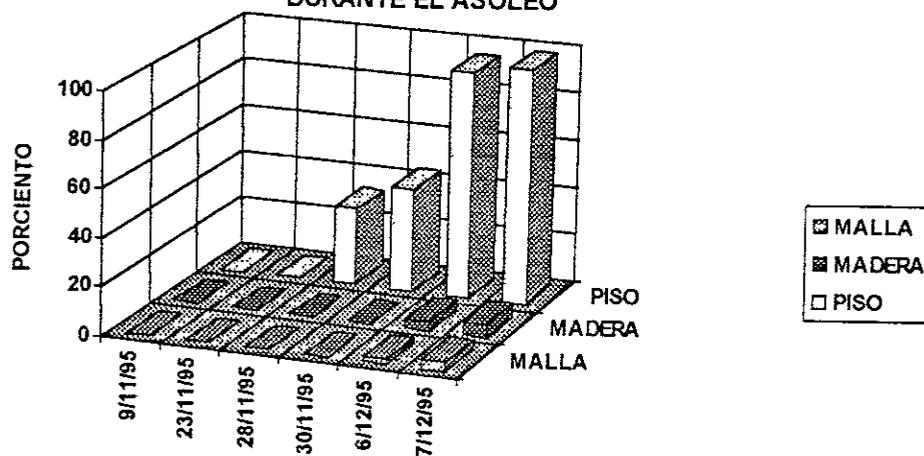
Factor/Fecha	Tratamientos		
	Sobre malla	Sobre madera	Sobre piso
23-11-95 (inicio)			
UTIL COMO ALIMENTO HUMANO	98.60	98.60	98.60
ALIMENTO ANIMAL	1.20	1.20	1.20
SIN UTILIDAD	0.2	0.2	0.2
7-12-95 (final)			
UTIL COMO ALIMENTO HUMANO	98.6	98.4	90.67
ALIMENTO ANIMAL	0.8	1.4	9.0
SIN UTILIDAD	0.6	0.2	0.33

El porcentaje de granos que conservaron su utilidad como alimento humano, al igual que en el cuadro anterior, fue prácticamente igual en los tratamientos "sobre malla" y "sobre madera", conservando menor cantidad de granos con utilidad como alimento humano el tratamiento "sobre piso" con 90.67%, alrededor de 8% menos que en los otros tratamientos.

CUADRO 9  
VARIACIÓN EN EL DAÑO POR AVES Y ROEDORES EN MAZORCAS,  
BAJO TRES VARIANTES DE ASOLEO.

Tipo de daño/Fecha	Evaluación al momento de la cosecha 7-9-11-95		
	Sobre malla	Sobre madera	Sobre piso
Daño aves	1	1	1
Daño roedores	0	0	0
Limpieza y depuración del material experimental 23-11-95			
Daño aves	0	0	0
Daño roedores	0	0	0
24-11-95			
Daño aves	0	0	0
28-11-95			
Daño aves	0	0	0
Daño roedores	0	0	32.08
29-11-95			
Daño aves	0	0	0
Daño roedores	0	0	32.08
30-11-95			
Daño aves	0	0	0
Daño roedores	0	0	43.39
6-12-95			
Daño aves	0	0	0
Daño roedores	1.89	3.77	94.33
7-12-95			
Daño aves	3.77	5.60	0
Daño roedores	3.77	15.60	98.11

VARIACION EN EL DAÑO POR ROEDORES EN MAZORCAS  
DURANTE EL ASOLEO



CUADRO 10  
INCREMENTO DEL DAÑO POR INSECTOS EN MUESTRAS DE MAÍZ  
CINCO MESES DESPUÉS DE HABER SIDO COLECTADAS (16-05-96).

Fecha de colecta	% Daño ligero	% Daño severo	% Granos sanos	Número de insectos
28-11-95	1.0	4.0	95.0	0.0
28-11-95	0.0	3.0	97.0	0.0
28-11-95	1.0	4.0	95.0	1.0
28-11-95	0.0	4.0	96.0	1.0
28-11-95	1.0	2.0	97.0	0.0
Promedio sobre malla	0.6	3.4	96	0.2
28-11-95	1.0	1.0	98.0	0.0
28-11-95	0.0	4.0	96.0	0.0
28-11-95	0.0	1.0	99.0	0.0
28-11-95	0.0	2.0	98.0	0.0
28-11-95	0.0	2.0	98.0	1.0
Promedio sobre madera	0.2	2	97.8	0.2
28-11-95	0.0	32	68.0	10.0
28-11-95	5.0	28	67.0	7.0
28-11-95	6.0	35	59.0	6.0
28-11-95	1.0	34	65.0	6.0
28-11-95	3.0	28	69.0	7.0
Promedio sobre piso	3	31.4	65.6	7.2

Durante el experimento se colectaron muestras periódicamente, para conservarlas en frascos entomológicos durante cinco meses; en el cuadro anterior presenta los resultados en las muestras que fueron colectadas el 28 de noviembre de 1996. Los resultados presentan diferencias entre los tratamientos, resultando con menor daño el tratamiento "sobre madera" con 2.2% de daño total por insectos, el tratamiento "sobre malla" 4% de daño total por insectos, presentando el mayor daño las muestras del tratamiento "sobre piso" con 34.4%. Cabe señalar que el número de insectos registrados en el tratamiento "sobre piso" fue muy superior a los otros tratamientos.

CUADRO 11  
INCREMENTO DEL DAÑO POR INSECTOS EN MUESTRAS  
CINCO MESES DESPUÉS DE HABER SIDO COLECTADAS (16-05-95).

Fecha de colecta	% Daño ligero	% Daño severo	% Granos sanos	Número de insectos
30-11-95	1	2	97	0
30-11-95	1	1	98	0
30-11-95	1	2	97	0
30-11-95	1	3	96	2
30-11-95	0	2	98	0
Promedio sobre malla	0.8	2	97.2	0.4
30-11-95	0	2	98	1

CUADRO 11  
(CONTINUACIÓN)

Fecha de colecta	% Daño ligero	% Daño severo	% Granos sanos	Número de insectos
30-11-95	0	3	97	1
30-11-95	0	3	97	0
30-11-95	0	3	97	0
30-11-95	0	1	99	1
Promedio sobre madera	0	2.4	97.6	0.6
30-11-95	4	51	45	4
30-11-95	11	50	39	8
30-11-95	8	52	40	3
30-11-95	3	53	44	8
30-11-95	4	51	45	6
Promedio sobre piso	6	51.4	42.6	5.8

En las muestras colectadas el 30 de noviembre, y conservadas durante cinco meses, sobresale el marcado incremento en el daño total por insectos, en el tratamiento "sobre piso" con 57.4%, en cambio en el tratamiento "sobre malla" y sobre madera presentan variaciones muy pequeñas. El tratamiento "sobre malla" muestra incluso un decremento, en este caso 2.8%, y en cuanto al tratamiento "sobre madera" se observó el 2.4%.

CUADRO 12  
INCREMENTO DE DAÑO POR INSECTOS EN MUESTRAS DE MAÍZ,  
CINCO MESES DESPUÉS DE HABER SIDO COLECTADAS 16-05-96.

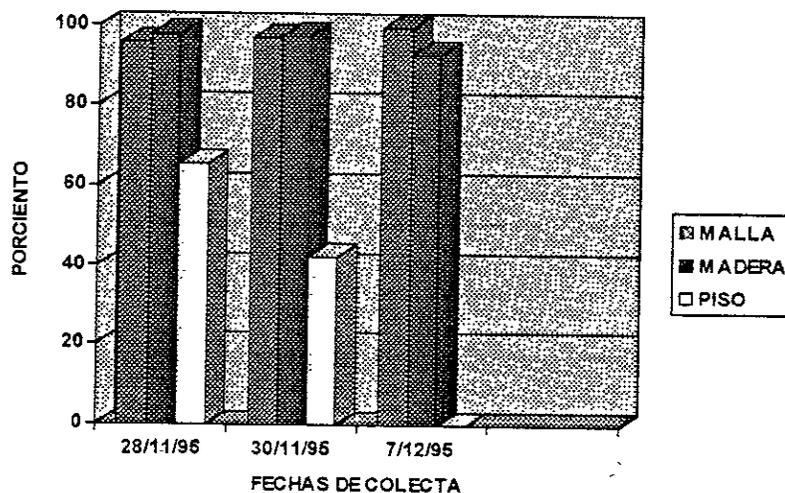
Fecha de colecta	% Daño ligero	% Daño severo	% Granos sanos	Número de insectos
7-12-95	0	0	100	0
7-12-95	0	0	100	0
7-12-95	1	0	99	0
7-12-95	0	0	100	0
7-12-95	0	1	99	0
Promedio sobre malla	0.2	0.2	99.6	0
7-12-95	1	5	94	1
7-12-95	4	7	89	2
7-12-95	0	4	96	0
7-12-95	0	7	93	0
7-12-95	0	5	93	0
Promedio sobre madera	1.2	4.6	93	0.4
7-12-95	-	-	-	-
7-12-95	-	-	-	-
7-12-95	-	-	-	-
7-12-95	-	-	-	-
Promedio sobre piso	-	-	-	-

En las muestras colectadas el 7 de diciembre de 1996, se observan diferencias sobresalientes. El tratamiento "sobre malla" presentó el 2.2% de daño total por insectos, el tratamiento "sobre madera" en este caso incrementó hasta 5.8% de daño total por insectos; el tratamiento "sobre piso" presentó una pérdida total, y no hubo material suficiente para realizar la evaluación. Es importante señalar que el incremento fuerte en el tratamiento "sobre madera" fue en el nivel de daño severo por insectos, lo cual manifiesta una desventaja respecto al tratamiento "sobre malla".

CUADRO 13  
PROMEDIOS DEL INCREMENTO DE DAÑO EN MUESTRAS DE MAÍZ ASOLEADAS  
BAJO TRES DIFERENTES FORMAS (16 15-96)

Fecha de colecta	% Daño ligero	% Daño severo	% Granos sanos	Numero de insectos
28-11-95				
Malla	0.6	3.4	96	0.2
Madera	0.2	2	97.8	0.2
Piso	3	31.4	65.6	7.2
30-11-95				
Malla	0.8	2	97.2	0.4
MADERA	0	2.4	97.6	0.6
Piso	6	51.4	42.6	5.8
7-12-95				
Malla	0.2	0.2	99.6	0
Madera	1.2	4.6	93	0.4

PROMEDIO DE GRANO SANO EN MUESTRAS DE MAÍZ  
DESPUÉS DE CINCO MESES



## DISCUSIÓN.

Se utilizó la variedad V-454, cultivada durante el temporal de 1995, en la localidad de Zacatepec, Morelos. El amarillamiento de las hojas que indican que el cultivo alcanzó la madurez fisiológica se observó el día 25 de octubre de 1995, presentando en este momento el grano 30.7% de contenido de humedad; el material utilizado para el presente trabajo se cosechó el 9 de noviembre, cuando el grano tenía un contenido de humedad de 20%.

Al iniciar el experimento la temperatura ambiental promedio fue de 26.71°C, la humedad relativa fue de 49.92%, se presentaron rachas de viento de 0.2 m<sup>3</sup> /s con una dirección dominante de N-NE.

En la gráfica 1 se puede observar que la temperatura varió desde 20.95°C hasta 26.71°C, mostrando una varianza de 5.76°C, la máxima humedad relativa fue de 70.85% presentándose el 21 de noviembre, siendo la mínima de 41.49% el día 14 de noviembre, con una oscilación de 29.36%, las variaciones del viento fueron prácticamente nulas, siendo la máxima de 0.29 m/s con dirección dominante N-NW.

El contenido de humedad del maíz al finalizar el experimento fue distinto en los tres tratamientos, observándose el porcentaje más bajo en las mazorcas asoleadas en el piso (4.5%), siguiendo el asoleo sobre malla (5.74%), y finalmente el maíz asoleado sobre madera, con un contenido de humedad final de 7.42%; viendo superficialmente los datos podría parecer que el mejor tratamiento resultó ser sobre piso, pero en este tratamiento el 7 de diciembre los roedores habían consumido el maíz casi en su totalidad.

En el cuadro 1 donde se muestra la interacción de los factores climáticos y el contenido de humedad de los granos, sobresale el hecho de que en los primeros días, la humedad relativa no afectó de manera significativa la velocidad de secado. A partir del 27 de noviembre se puede distinguir con facilidad la diferencia entre los tratamientos, donde coincide un incremento de la temperatura y la disminución de la humedad relativa.

Los datos mostrados en el cuadro 13, son importantes para la interpretación de los resultados, ya que, nos permite seleccionar de manera determinante el mejor tratamiento; si nos basamos exclusivamente en la velocidad de secado o en el contenido de humedad final, pensaríamos que el mejor tratamiento fue asoleo sobre piso, e incluso después de considerar el daño por roedores quedaría la duda, si al poner barreras anti-ratas este tratamiento se pudiera convertir en la mejor opción, pero considerando el daño que causaron los insectos al maíz cinco meses después de la colecta, esta duda queda resuelta. En la muestra de maíz colectada el 28 de noviembre del tratamiento asoleo sobre malla, se observó un incremento en la escala de daño severo por insectos de 3.4%; en el tratamiento sobre madera incremento 2%, y en el tratamiento sobre piso incrementó 31.4%, desde este momento se puede eliminar como alternativa el tratamiento sobre piso. En las muestras colectadas el 30 de noviembre, se puede observar que los tratamientos sobre malla y sobre madera mantienen un incremento de daño bajo y muy semejante (2 y 2.4%, respectivamente) en cuanto al tratamiento sobre piso el daño por insectos incrementó hasta 51.4%. En las muestras colectadas el día 7 de diciembre se observan los resultados más sobresalientes, el tratamiento asoleo sobre malla incrementó en la escala de daño severo por insectos únicamente 0.2%, el tratamiento sobre madera incrementó 4.6% respecto al tratamiento sobre piso, donde los roedores ya se habían llevado todo el grano.

Estos resultados indican en primer lugar, que existe un claro efecto del secado de las mazorcas sobre los niveles de infestación por insectos cuando el maíz es almacenado; de igual manera se puede ver que la forma de secado influye sobre la infestación y calidad del grano, en este último rubro cabe señalar que la

muestra colectada de la modalidad de asoleo sobre malla presentó el 96.6% de grano sano cinco meses después de haber sido colectada, es necesario resaltar que de alguna forma se sabe que un buen secado de los granos a nivel rural influye sobre la sanidad del grano, pero los datos expuestos nos indican por un lado que el secado por parte de los productores, es la parte medular para mejorar la calidad del maíz tanto para autoconsumo como para el que es vendido a los centros de acopio debido a que, si el grano no es secado oportunamente y de manera adecuada esto implicara la enorme posibilidad de que el grano que entreguen los productores a los centros de acopio lleven ya micotoxinas e insectos desarrollándose en su interior, listos para emerger en los siguientes 30 días o menos si las condiciones ambientales son estables, situación bastante común al menos durante seis meses en la mayor parte del país.

Si bien los resultados nos muestran lo importante que es la etapa de secado, resulta más importante el hecho de que muestra una alternativa para disminuir significativamente las pérdidas a nivel pequeño productor, que además de ser barato, es de fácil adopción, por ser un método conocido por los productores, no se requiere de alta tecnología ni de aplicación de insecticidas; es importante señalar que la eficiencia de este método se puede reforzar si se incluyen otros elementos de manejo como el cribado y quema de residuos así como el posterior almacenamiento del grano en un sistema hermético.

## CONCLUSIONES.

- El secado del grano es determinante sobre el nivel de infestación por insectos durante la etapa de almacenamiento, influyendo las condiciones y tipo de secado.
- Bajo las condiciones experimentales se pudo observar que las variaciones de la humedad relativa no influyeron significativamente sobre el contenido de humedad de los granos.
- En la localidad experimental, durante el tiempo en que se desarrollaron las observaciones, la acción del viento en el secado de las mazorcas fue prácticamente nulo, siendo responsable del secado principalmente la temperatura.
- El contenido de humedad más bajo al finalizar el experimento, fue en el tratamiento asoleo sobre piso, sin embargo al considerar el efecto sobre la infestación por insectos de almacén y la calidad del grano, el mejor tratamiento fue el asoleo sobre malla de alambre, seguido por el tratamiento sobre madera y finalmente sobre piso.
- El daño por insectos (categoría muy severo) en muestras conservadas cinco meses después de la colecta fue: sobre malla 0.2%, sobre madera 4.6% y sobre piso (ya no había grano a causa de roedores). Los granos sanos fueron 97.2, 93 y 0% respectivamente.
- Aun cuando las autoridades entienden la importancia estratégica que representa la conservación del maíz, no han podido tomar decisiones concretas al respecto debido a lo complejo que es todo el sistema poscosecha.

Sin temor a equivocación podemos asegurar que ya es posible iniciar la implementación de estrategias, aprovechando las técnicas desarrolladas por Universidades y Centros de investigación, iniciando por el apoyo de los productores con información y asistencia técnica para secar adecuadamente los granos del maíz, con lo cual se podrá disminuir drásticamente las pérdidas ocasionadas por insectos de almacén y la contaminación por micotoxinas.

## AGRADECIMIENTOS.

Al doctor Jaime Cervantes de Gortari, por sus atenciones y las facilidades brindadas; al doctor Isaac Pilatowsky, quien facilitó las instalaciones del laboratorio de termodinámica, para realizar las determinaciones de humedad y evaluación de daños en el maíz; al doctor Claudio Estrada por permitirnos utilizar la plataforma experimental a su cargo así como facilitarnos el equipo de cómputo y sensores para determinar las condiciones climáticas bajo las que se desarrolló el experimento, al M. en C. Rodolfo Domínguez por apoyarnos con el manejo y captura de los datos climáticos; Eréndira Degante por su continuo apoyo; Berta A por la captura de la información, y de manera especial al doctor Roberto Best con quien se realizó la mayor parte del trabajo.

## LITERATURA CITADA.

- Aguirre R. y Peske. S. T. 1992. Manual de beneficio de semillas. 2a. edición. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) pag. 21
- FAO. 1991. *Secado de granos: natural, solar y a bajas temperaturas*. Serie: Tecnología Poscosecha 9. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. pag. 1
- Gutiérrez, D. L. J. 1994. EVIDAMO Un método para evaluar pérdidas económicas en base a deterioro morfológico. *En: Memorias del Taller de Evaluación de Pérdidas Poscosecha de Granos Básicos*. Asociación Mexicana de Poscosecha de Granos y Semillas, A.C. (AMEXPOGRASE), México. pp: 178-189.
- Hyde M., Baker A., Ross C. y López C. 1974. *El almacenamiento hermético de los cereales*. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO. Roma. pag. 2.
- Lillehoj E. B. 1986. *The aflatoxin-in-maize problem: The historical perspective*. In. Aflatoxin in maize. A proceedings of the Workshop. CIMMYT, UNDP and USAID. El Batán, México. pp. 17-18.
- Marques P. J. A. 1991. *Principios de secado de granos, psicometría, higroscopía*. Serie Tecnología Poscosecha 8. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. pp. 1-2.
- Mora E. N. 1992. *Manejo integrado del maíz en las fincas de la República de Costa Rica*. CIARAS. pag. 20-22.
- Moreno M. E. 1984. *Análisis físico y biológico de las semillas agrícolas*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 261-264.

## 5.5 EVALUACIÓN DE CINCO VARIANTES DE ALMACENAMIENTO DE MAÍZ A PEQUEÑA ESCALA EN EL ESTADO DE MORELOS, MÉXICO.

### RESUMEN.

Como parte del desarrollo de un paquete tecnológico sin insecticidas, para el manejo integrado de las plagas del maíz almacenado a nivel rural en Morelos; se evaluaron cuatro formas de almacenamiento para pequeña escala: a) Bidón hermético, b) bidón semi-hermético, c) granero subterráneo y d) costal; como referencia óptima de conservación se utilizó un garrafón de cristal; en los diferentes tratamientos se utilizó maíz V-454. La evaluación consistió en medir periódicamente daños físicos, daño por hongos, daño por insectos y la variación de la utilidad del grano como alimento humano durante el almacenamiento. Los resultados mostraron que los mejores tratamientos fueron el garrafón de cristal con 98.4%, y el bidón semi-hermético con 93.6%, el peor tratamiento fue el maíz encostalado. Si consideramos que anualmente en el estado de Morelos se aprovecha menos del 83% de las cosechas, se puede concluir que tanto el bidón en sus dos modalidades, como el granero subterráneo pueden ser una alternativa viable para conservar el maíz en la región considerada, aumentando su eficiencia si se incluyen en un sistema de manejo integrado.

*Palabras clave:* Maíz, almacenamiento, hermético, pequeña escala.

### INTRODUCCION.

En México no existe un consenso respecto a las pérdidas poscosecha de granos, mientras el cálculo de algunos especialistas oscila entre el 20 y el 30% expertos de la FAO estiman el 10 y el 25% de pérdidas totales para México (Torres, 1995). Las pérdidas están dadas por una compleja red de interacciones entre el medio ambiente, granos, plagas y microorganismos, sobresaliendo los insectos. El origen de la infestación de los granos inicia desde el campo, debido a huevecillos ovipositados durante la precosecha, posteriormente la infestación se manifiesta durante el almacenamiento (Arias, 1994). En la República Mexicana se han utilizado de manera tradicional numerosas estructuras para almacenar el maíz, siendo en muchas ocasiones la única alternativa para los campesinos, actualmente existen alternativas para conservar adecuadamente los granos, algunas de las cuales como el almacenamiento hermético se utilizan desde hace varios siglos, este tipo de almacenamiento presenta varias ventajas en comparación con otras modalidades de conservación de cereales: sencillez, eliminación de plagas sin necesidad de recurrir a productos químicos (Hyde, *et al.*, 1974). En un recipiente hermético los insectos mueren cuando la mayor parte del oxígeno ha sido consumido por su propia respiración (Dendy, 1918). En sistemas herméticos se ha demostrado que se pueden conservar semillas por un período largo manteniendo los niveles de germinación por encima del 97% (Hindmarsh, 1977).

Los recientes cambios climáticos por causa del fenómeno conocido como "el niño", han incrementado la ya difícil situación sobre producción de maíz, además si consideramos que gran parte de la producción queda en manos de los productores, los cuales generalmente carecen de los recursos y el conocimiento para conservar adecuadamente sus cosechas, este hecho nos muestra la urgencia que existe por desarrollar estrategias para entrenar a los productores y dotarlos de los recursos para evitar que el maíz sea aprovechado por plagas y microorganismos en lugar de la creciente población nacional.

## OBJETIVO.

Evaluar cinco variantes de almacenamiento para maíz a pequeña escala, tres de los cuales se presentan como alternativas de manejo.

## MATERIALES Y METODOS.

En el presente experimento se evaluó el granero subterráneo, el bidón semi-hermético, el bidón hermético, maíz encostalado y de manera complementaria se utilizó un recipiente de cristal con 10 Kg de maíz;. En las diferentes variantes se utilizó la variedad de maíz V-454, cultivada en Zacatepec, Morelos.

El 15 de diciembre de 1995 se colocó en el interior de un recipiente de polietileno de 1000 litros de capacidad que denominamos *bidón hermético*, con una rampa de cemento en su interior para facilitar la extracción del grano, después se colocaron 150 Kg de maíz con un contenido de humedad del 11% y finalmente se sellaron con plastilina todas las perforaciones y los bordes de la tapa, este tratamiento sólo se muestreo al principio y siete meses y medio después. El 16-de diciembre se instaló un segundo "tinaco" *bidón semi-hermético* en el cual se colocaron 231 Kg de maíz con un contenido de humedad de 11.9%, una humedad relativa en el interior del tinaco de 25 %, y una temperatura de 37.3 ° C, tanto los tinacos como el granero subterráneo se dejaron a cielo abierto para exponerlo a las condiciones más drásticas. El mismo 16 de diciembre se acondicionó un *granero subterráneo* (80 cm de diámetro por 180 cm de profundidad) en el interior se colocaron 244 Kg de maíz, se cerro la bolsa y únicamente se le puso una tapa de cemento para facilitar la extracción (a diferencia del tradicional que se cubre con 40 cm de tierra o suelo). Como testigo se utilizó un costal con 60 Kg de maíz , bajo una estructura protegida con malla de alambre y techo, que cubría el 95% de la superficie para simular la protección que le dan comúnmente los productores. De manera complementaria se utilizó un *garrafón de cristal* con 10 Kg de maíz, el cual se manejó de manera óptima: grano fresco cosechado 15 días antes, el cual se limpió con una criba y quemaron los residuos, también se asoleo para uniformizar el contenido de humedad (11%), posteriormente durante dos días se dejó en reposo bajo techo, para que se que se equilibrara la temperatura, finalmente se introdujo al recipiente, dejándolo cerrado durante 210 días.

La evaluación de los daños se efectuó mediante el método EVIDAMO (Gutiérrez, 1994) que consiste en desgranar cinco mazorcas, mezclar los granos en una bolsa de polietileno, la bolsa con los granos se coloca en un congelador al menos durante una hora con el fin de matar a los insectos presentes, se saca y se mueve la muestra para homogeneizar, se inclina la bolsa y deja salir al azar una cantidad que sea igual-mayor de 500 granos, los cuales se reúnen en grupos de 100, en primer lugar se colectan los insectos presentes y se colocan en frascos con alcohol etílico al 70%, guardándolos para su posterior identificación, en cada grupo se cuantifica el número de granos con: a) daño físico (producto de golpes o cambios de temperatura, etc.), b) daño por roedores, c) calentamiento, se considera en este parámetro a granos con coloración pardusca (sin presentar daño directo por hongos) adquirida por altas temperaturas generadas por procesos de fermentación-pudrición, d) daño por hongos, y e) daño por insectos. Los parámetros presentan subniveles, cada uno de los cuales se les asigna un factor de utilidad; (H) para los granos que por sus características pueden ser utilizados como alimento humano, (A) para los granos que no pueden ser utilizados como alimento humano pero sí pueden ser utilizados como alimento animal, y (D) para los granos que por su grado de daño representan un riesgo incluso para la salud de los animales, por lo tanto se consideran sin utilidad o desecho.

CUADRO 1  
EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL MAÍZ V-454 AL INICIAR LA FASE EXPERIMENTAL DE ALMACENAMIENTO 15-12-95.

Factor evaluado	Utilidad	Promedio porcentual (repeticiones)					
		R1	R2	R3	R4	R5	Media
<b>I. Deterioro</b>							
Daño mecánico.							
Ligero-regular.	H	1	0	0	0	0	0.2
Severo.	A	0	0	0	0	0	0.0
Daño por roedores.							
Ligero a regular	A	0	0	0	0	0	0.0
Severo.	D	0	0	0	0	0	0.0
Calentamiento.	A	1	0	0	0	0	0.2
Hongos.							
Muy ligero.	A	0	0	0	0	0	0.0
Ligero a severo.	D	0	1	1	0	0	0.4
Insectos.							
Muy ligero.	H	0	0	1	0	0	0.2
Ligero.	A	0	0	0	0	0	0.0
Regular.	A	0	0	0	0	0	0.0
Severo.	D	0	0	0	0	0	0.0
<b>II Totales (Resumen porcentual).</b>							
Total dañados por insectos.		0	0	1	0	0	0.2
Total dañados.		2	1	2	0	0	1.0
Total sanos (H).		98	99	98	100	100	99.0
<b>III. Utilidad (suma de factores).</b>							
H Útiles como alimento humano.		99	99	99	100	100	99.4
A Útiles como alimento animal.		1	0	0	0	0	0.2
D Sin utilidad.		0	1	1	0	0	0.4

Como se puede notar en el cuadro anterior, el daño con el que iniciaron las mazorcas fue mínimo, presentando un porcentaje de granos con utilidad como alimento humano por encima del 99%.

CUADRO 2  
 PROMEDIO DE LOS DAÑOS, PERDIDAS Y UTILIDAD DEL MAÍZ V-454  
 AL INICIO Y DESPUÉS DE UN MES DE ALMACENAMIENTO EN  
 BIDÓN SEMI-HERMÉTICO Y EN GRANERO SUBTERRÁNEO, (15-01-96).

Factor evaluado	Utilidad.	Promedio porcentual		
		Estado inicial.	Bidón semi-hermético.	Granero subterráneo.
<b>I. Deterioro</b>				
Daño mecánico.				
Ligero-regular.	H	0.2	0.0	0.0
Severo.	A	0.0	0.2	0.2
Daño por roedores.				
Ligero a regular	A	0.0	0.0	0.0
Severo.	D	0.0	0.0	0.0
Calentamiento.	A	0.2	0.2	0.2
Hongos.				
Muy ligero.	A	0.0	0.2	0.2
Ligero a severo.	D	0.4	0.8	0.6
Insectos.				
Muy ligero.	H	0.2	0.0	0.6
Ligero.	A	0.0	0.0	0.0
Regular.	A	0.0	0.4	0.4
Severo.	D	0.0	0.4	0.0
<b>II Totales (Resumen porcentual).</b>				
Total dañados por insectos.		0.2	0.8	1.0
Total dañados.		1.0	2.2	2.0
Total sanos (H).		99.0	97.8	98.0
<b>III. Utilidad (suma de factores).</b>				
H Útiles como alimento humano.		99.4	97.8	98.6
A Útiles como alimento animal.		0.2	1.0	1.0
D Sin utilidad.		0.4	1.0	0.4

El incremento de daños después del primer mes fue muy ligero, de manera singular se puede observar que fue ligeramente mayor en el bidón, al parecer la temperatura fue el principal factor responsable de dicho incremento ya que, el bidón estaba en campo abierto, es decir, expuesto a los rayos del sol, lo cual incrementaba la actividad de los insectos que se encontraban en desarrollo en el interior de los granos.

## CUADRO 3

PROMEDIO DE LOS DAÑOS, PERDIDAS Y UTILIDAD DEL MAIZ V-454  
 DESPUÉS DE 46 DÍAS DE ALMACENAMIENTO EN BIDÓN  
 SEMI-HERMÉTICO EN GRANERO SUBTERRÁNEO  
 Y ENCOSTALADO BAJO TECHO (6-02-96).

Factor evaluado	Utilidad.	Promedio porcentual		
		Encosta- lado bajo techo	Bidón semi-hermético.	Granero subterráneo.
<b>I. Deterioro</b>				
Daño mecánico.				
Ligero-regular.	H	0.0	0.2	0.2
Severo.	A	0.2	0.0	0.2
Daño por roedores.				
Ligero a regular	A	0.0	0.0	0.0
Severo.	D	0.0	0.0	0.0
Calentamiento.	A	0.0	0.0	0.0
Hongos.				
Muy ligero.	A	1.0	0.8	0.8
Ligero a severo.	D	1.6	2.6	0.6
Insectos.				
Muy ligero.	H	0.0	0.0	0.2
Ligero.	A	0.0	0.0	0.2
Regular.	A	0.4	0.0	0.4
Severo.	D	0.0	0.0	0.0
<b>II Totales (Resumen porcentual).</b>				
Total dañados por insectos.		0.4	0.0	0.8
Total dañados.		3.2	4.0	2.8
Total sanos (H).		96.8	96.0	97.2
<b>III. Utilidad (suma de factores).</b>				
H Útiles como alimento humano.		96.8	96.2	97.6
A Útiles como alimento animal.		1.6	0.8	1.8
D Sin utilidad.		1.6	3.0	0.6

Después de 46 días el daño fue más evidente, en este caso, los principales responsables del daño fueron hongos, particularmente en el bidón, durante la discusión del presente documento se abundará sobre las causas del incremento del daño, sin embargo de manera general se puede mencionar que fue por deficiencias en el manejo y por el hecho de estar expuesto a los rayos del sol, lo cual propiciaba la concentración de humedad en zonas específicas del interior del recipiente.

CUADRO 4

PROMEDIO DE LOS DAÑOS, PERDIDAS Y UTILIDAD DEL MAÍZ V-454  
 DESPUÉS DE TRES MESES DE ALMACENAMIENTO EN BIDÓN  
 SEMI-HERMÉTICO, EN GRANERO SUBTERRÁNEO  
 Y ENCOSTALADO BAJO TECHO (15-03-96).

Factor evaluado	Utilidad.	Promedio porcentual		
		Encosta- lado bajo techo	Bidón semi-hermético.	Granero subterráneo.
<b>I. Deterioro</b>				
Daño mecánico.				
Ligero-regular.	H	1.2	0.0	0.0
Severo.	A	0.2	0.2	1.6
Daño por roedores.				
Ligero a regular	A	8.6	0.0	0.0
Severo.	D	56.2	0.0	0.0
Calentamiento.	A	0.8	0.0	0.0
Hongos.				
Muy ligero.	A	1.6	1.8	0.6
Ligero a severo.	D	0.8	1.0	0.2
Insectos.				
Muy ligero.	H	0.2	0.0	1.6
Ligero.	A	1.4	0.0	0.0
Regular.	A	1.0	0.0	0.0
Severo.	D	4.2	1.0	1.4
<b>II Totales</b>				
<b>(Resumen porcentual).</b>				
Total dañados		6.8	1.0	3.0
por insectos.				
Total dañados.		76.2	4.0	5.4
Total sanos (H).		23.8	96.0	94.6
<b>III. Utilidad</b>				
<b>(suma de factores).</b>				
H Útiles como		25.2	96.0	96.2
alimento humano.				
A Útiles como		13.6	2.0	2.2
alimento animal.				
D Sin utilidad.		61.2	2.0	1.6

CUADRO 5  
 PROMEDIO DE LOS DAÑOS, PERDIDAS Y UTILIDAD DEL MAÍZ V-454  
 DESPUÉS DE CUATRO MESES DE ALMACENAMIENTO EN BIDÓN  
 SEMI-HERMÉTICO, EN GRANERO SUBTERRÁNEO  
 Y ENCOSTALADO BAJO TECHO (15-04-96).

Factor evaluado	Utilidad.	Promedio porcentual		
		Encosta- lado bajo techo	Bidón semi-hermético.	Granero subterráneo.
<b>I. Deterioro</b>				
Daño mecánico.				
Ligero-regular.	H	0.0	0.0	0.0
Severo.	A	0.0	0.4	1.6
Daño por roedores.				
Ligero a regular	A	0.0	0.0	0.0
Severo.	D	0.0	0.0	0.0
Calentamiento.	A	0.0	0.4	0.0
Hongos.				
Muy ligero.	A	0.0	1.0	0.6
Ligero a severo.	D	0.0	3.0	0.2
Insectos.				
Muy ligero.	H	0.0	0.6	1.6
Ligero.	A	0.0	0.2	0.0
Regular.	A	2.0	0.4	0.0
Severo.	D	0.0	0.2	1.4
<b>II Totales (Resumen porcentual).</b>				
Total dañados por insectos.		2.0	1.4	2.0
Total dañados.		100	6.2	6.0
Total sanos (H).		0.0	93.8	94.0
<b>III. Utilidad (suma de factores).</b>				
H Útiles como alimento humano.		0.0	94.4	94.0
A Útiles como alimento animal.		2.0	2.4	3.2
D Sin utilidad.		100	3.2	2.8

CUADRO 6  
 PROMEDIO DE LOS DAÑOS, PERDIDAS Y UTILIDAD DEL MAÍZ V-454  
 DESPUÉS DE CINCO MESES DE ALMACENAMIENTO EN BIDÓN  
 SEMI-HERMÉTICO, EN GRANERO SUBTERRÁNEO  
 Y ENCOSTALADO BAJO TECHO (15-05-96).

Factor evaluado	Utilidad.	Promedio porcentual		
		Encosta- lado bajo techo	Bidón semi-hermético.	Granero subterráneo.
<b>I. Deterioro</b>				
Daño mecánico.				
Ligero-regular.	H	**	0.0	0.0
Severo.	A	**	2.0	0.4
Daño por roedores.				
Ligero a regular	A	**	0.0	0.0
Severo.	D	**	0.0	0.0
Calentamiento.	A	**	0.0	0.0
Hongos.				
Muy ligero.	A	**	1.6	1.2
Ligero a severo.	D	**	2.4	1.8
Insectos.				
Muy ligero.	H	**	0.8	0.4
Ligero.	A	**	0.0	0.0
Regular.	A	**	0.8	1.6
Severo.	D	**	0.8	0.2
<b>II Totales (Resumen porcentual).</b>				
Total dañados por insectos.		**	2.4	2.2
Total dañados.		100	8.4	6.0
Total sanos (H).		**	91.6	94.0
<b>III. Utilidad (suma de factores).</b>				
H Útiles como alimento humano.		**	92.4	94.4
A Útiles como alimento animal.		**	3.2	3.6
D Sin utilidad.		**	4.4	2.0

La diferencia del daño en los tratamientos después del quinto mes se hace más evidente, 6.0 en el granero subterráneo, 8.4% en el bidón semi-hermético y se hace notar de manera especial que el testigo presentó una pérdida total a partir de este momento, los principales responsables de las pérdidas en el caso del testigo fueron los pájaros y los roedores.

CUADRO 7  
 PROMEDIO DE LOS DAÑOS, PERDIDAS Y UTILIDAD DEL MAÍZ V-454  
 DESPUÉS DE SEIS MESES DE ALMACENAMIENTO EN BIDÓN  
 SEMI-HERMÉTICO, EN GRANERO SUBTERRÁNEO  
 Y ENCOSTALADO BAJO TECHO (15-06-96).

Factor evaluado	Utilidad.	Promedio porcentual		
		Encosta- lado bajo techo	<i>Bidón</i> <i>semi-hermético.</i>	<i>Granero</i> <i>subterráneo.</i>
<b>I. Deterioro</b>				
Daño mecánico.				
Ligero-regular.	H	**	0.6	0.2
Severo.	A	**	0.2	0.0
Daño por roedores.				
Ligero a regular	A	**	0.0	0.0
Severo.	D	**	0.0	0.0
Calentamiento.	A	**	0.0	0.0
Hongos.				
Muy ligero.	A	**	1.8	1.8
Ligero a severo.	D	**	2.8	1.4
Insectos.				
Muy ligero.	H	**	0.8	0.0
Ligero.	A	**	0.0	0.8
Regular.	A	**	1.0	2.6
Severo.	D	**	0.8	0.8
<b>II Totales</b>				
<b>(Resumen porcentual).</b>				
Total dañados por insectos.		**	2.4	4.2
Total dañados.		100	7.8	7.6
Total sanos (H).		**	92.2	92.4
<b>III. Utilidad</b>				
<b>(suma de factores).</b>				
H Útiles como alimento humano.		**	93.6	92.6
A Útiles como alimento animal.		**	2.8	5.2
D Sin utilidad.		**	3.6	2.2

CUADRO 8  
 PROMEDIO DE LOS DAÑOS, PERDIDAS Y UTILIDAD DEL MAÍZ V-454  
 DESPUÉS DE OCHO MESES DE ALMACENAMIENTO EN BIDÓN  
 SEMI-HERMÉTICO, EN GRANERO SUBTERRÁNEO  
 Y ENCOSTALADO BAJO TECHO (01-08-96).

Factor evaluado	Utilidad.	Promedio porcentual		
		Encosta- lado bajo techo	Bidón semi-hermético.	Garrafón de cristal
<b>I. Deterioro</b>				
Daño mecánico.				
Ligero-regular.	H	**	0.6	0.0
Severo.	A	**	0.2	0.2
Daño por roedores.				
Ligero a regular	A	**	0.0	0.0
Severo.	D	**	0.0	0.0
Calentamiento.	A	**	0.0	0.0
Hongos.			0.6	
Muy ligero.	A	**	3.2	0.8
Ligero a severo.	D	**		0.0
Insectos.				
Muy ligero.	H	**	0.2	0.0
Ligero.	A	**	0.0	0.4
Regular.	A	**	0.8	0.0
Severo.	D	**	1.4	0.2
<b>II Totales (Resumen porcentual).</b>				
Total dañados por insectos.		**	2.4	0.6
Total dañados.		100	7.4	1.6
Total sanos (H).		**	92.6	98.4
<b>III. Utilidad (suma de factores).</b>				
H Útiles como alimento humano.		**	93.4	98.4
A Útiles como alimento animal.		**	2.0	1.4
D Sin utilidad.		**	4.6	0.2

CUADRO 9  
 PROMEDIOS DE GRANOS SANOS, DAÑADOS Y UTILIDAD DEL MAÍZ DURANTE  
 LOS MUESTREOS EN CINCO FORMAS DE ALMACENAMIENTO.

	Costal	Bidón semi-hermético	Bidón hermético	Granero subterráneo	Garrafón de cristal
15-12-95					
Dañados	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Sanos	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0
Util alimento H	99.4	99.4	99.4	99.4	99.4
Util alimento A	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Sin utilidad	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
15-01-96					
Dañados	3.0	2.2	----	2.0	----
Sanos	97.0	97.8	----	98.0	----
Util alimento H	97.2	97.8	----	98.6	----
Util alimento A	1.0	1.0	----	1.0	----
Sin utilidad	1.8	1.0	----	0.4	----
06-02-96					
Dañados	3.2	4.0	----	2.8	----
Sanos	96.8	96.0	----	97.2	----
Util alimento H	96.8	96.2	----	97.6	----
Util alimento A	1.6	0.8	----	1.8	----
Sin utilidad	1.6	3.0	----	0.6	----
15-03-96					
Dañados	76.2	4.0	----	5.4	----
Sanos	23.8	96.0	----	94.6	----
Util alimento H	25.2	96.0	----	96.2	----
Util alimento A	13.6	2.0	----	2.2	----
Sin utilidad	61.2	2.0	----	1.6	----
15-04-96					
Dañados	100	6.2	----	6.0	----
Sanos	0.0	93.8	----	94.0	----
Util alimento H	0.0	94.4	----	94.0	----
Util alimento A	2.0	2.4	----	3.2	----
Sin utilidad	98.0	3.2	----	2.8	----
15-05-96					
Dañados	----	8.4	----	6.0	----
Sanos	----	91.6	----	94.0	----
Util alimento H	----	92.4	----	94.4	----
Util alimento A	----	3.2	----	3.6	----
Sin utilidad	----	4.4	----	2.0	----
15-06-96					
Dañados	----	7.8	----	7.6	----
Sanos	----	92.2	----	92.4	----
Util alimento H	----	93.6	----	92.6	----
Util alimento A	----	2.8	----	5.2	----
Sin utilidad	----	3.6	----	2.2	----
1-08-96					
Dañados	----	----	7.4	----	1.6
Sanos	----	----	92.6	----	98.4
Util alimento H	----	----	93.4	----	98.4
Util alimento A	----	----	2.0	----	1.4
Sin utilidad	----	----	4.6	----	0.2

CUADRO 10  
OSCILACIÓN DE DAÑOS CAUSADOS POR INSECTOS EN EL MAÍZ V-454,  
BAJO CINCO FORMAS DE ALMACENAMIENTO.

Fecha	Tratamiento				
	Bidón semi-hermético	Bidón hermético	Granero subterráneo	Garrafón de cristal	Testigo
15-12-95	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
15-01-96	0.8	---	1.0	---	---
06-02-96	0.4	---	2.1	---	1.2
15-03-96	1.0	---	3.0	---	6.8
15-04-96	1.4	---	2.0	---	---
15-05-96	2.4	---	2.2	---	---
14-06-96	2.4	---	4.2	---	---
01-08-96	---	2.4	---	0.8	---

El factor daño por insectos incrementó de manera diferente incluso en el tratamiento totalmente hermético, sin embargo es evidente que después de 7.5 meses de almacenamiento en el garrafón el daño es mínimo.

#### DISCUSIÓN.

La conservación de los granos después de la cosecha depende de una serie de factores que interactúan de una manera compleja y con frecuencia aleatoria. Entre los más importantes se encuentra la eficiencia del secado del grano, sin embargo están involucrados desde el tipo de semilla que se utiliza (resistente o susceptible) hasta la forma y características de la estructura para almacenar, así como el efecto que tengan los factores ambientales sobre dicha estructura. La magnitud del efecto del clima sobre el grano, varía en principio si el almacén se encuentra sobre o bajo el suelo, así como la hermeticidad del mismo.

Se evaluaron cuatro sistemas con un determinado grado de hermeticidad, y uno abierto, observando que el que presentó el mayor incremento de daño por hongos después de ocho meses de almacenamiento fue el bidón hermético con 4.6%, cabe señalar que este tratamiento se dejó expuesto al sol y a la lluvia. El tratamiento que presentó menor daño fue el garrafón de cristal con 0.8%, el maíz encostalado presentó un nivel aparentemente bajo (2.4%) pero esto se debe a que a partir del tercer mes existía una pérdida total por ataque de pájaros y de roedores. En cuanto al daño por insectos el mayor nivel lo presentó el maíz encostalado, con 6.8% desde el tercer y último muestreo, mostrando el menor daño el garrafón de cristal con 0.6%, seguido del "BH" y el "BS" ambos con 2.4%. Si consideramos el factor "daño total", de igual manera el mejor tratamiento fue el Garrafón de cristal con 1.6%, lo que indica un incremento de daño respecto a la condición inicial de 0.6%, presentando el mayor daño el tratamiento "CO" con el 100% de daño antes de terminar el experimento. Evidentemente el garrafón de cristal es un recipiente impráctico como recomendación para los productores, pero el valor de este tratamiento es que nos muestra de manera clara que es posible conservar el grano, y esto depende básicamente del cuidado con que éste se maneje, lo que indica que el grano almacenado tanto en los bidones como en el granero subterráneo hubo un manejo deficiente, probablemente por que penetró agua o el secado fue inadecuado, si observamos los muestreos de abril y mayo

en el granero subterráneo, se puede observar que el daño fue superior en abril que mayo, lo cual indica dos posibilidades o se muestreo mal o existían zonas con mayor humedad y por lo tanto mayor susceptibilidad al daño por hongos. Por observaciones directas durante el muestreo se pudo detectar que se trató de la segunda opción y estaba directamente relacionada con filtraciones de agua por mala hermeticidad en la tapa. Considerando que el objetivo final del almacenamiento del grano es conservar en lo posible sus cualidades; según los resultados obtenidos, el mejor tratamiento resultó ser el "GF" con 98.4%, seguido por el "BH" con 93.4%, el "GS" y "BS" ambos con 93.6%, resultando el peor tratamiento el "CO" con cero granos útiles como alimento humano a partir del tercer mes, es necesario señalar que no se puede considerar como un testigo fiel por que aun cuando se protegió con techo y una malla de alambre, ésta fue removida por los pájaros lo cual facilitó el daño por éstos y la posterior entrada de los roedores, situación poco usual en la casa de los productores

### CONCLUSIONES.

- El maíz encostalado resultó ser el tratamiento menos eficiente, presentando una pérdida total a partir del tercer mes.
- Los demás tratamientos conservaron la calidad del maíz como alimento humano por encima del 93%, considerando que las pérdidas promedio para México se calculan entre el 10 y 25 %, se pueden considerar a cualquiera de estos métodos como alternativas para conservar el maíz en la región considerada.
- Tomando en cuenta que los tratamientos: bidón hermético, bidón semi-hermético y granero subterráneo, se manejaron sin protección contra el sol y la lluvia, podemos esperar una marcada reducción en las pérdidas si se manejan bajo techo.

### LITERATURA CITADA.

- Arias, A. C. 1994. Evaluación de pérdidas en maíz (*Zea mays* L.) por incidencia de plagas en el sistema de almacenamiento a nivel rural. *En: Memorias de la Problemática Poscosecha de Granos y Semillas y el Taller de evaluación de Pérdidas Poscosecha de Granos Básicos*. Asoc. Mex. De Granos y Semillas (AMEXPOGRASE) pp. 27-33.
- Dendy, A. 1918. Report on the effect of airtight storage upon grain insects. I. Report. *Grain Pest (war) Comm. R. Soc., Lond., 1, part. 1: 6-24.*
- Gutiérrez, D. L. J. 1994. EVIDAMO Un método para evaluar pérdidas económicas en base a deterioro morfológico. *En: Memorias del Taller de Evaluación de Pérdidas Poscosecha de Granos Básicos*. Asociación Mexicana de Poscosecha de Granos y Semillas, A.C. (AMEXPOGRASE), México. pp: 178-189.
- Hindmarsh, P. S. 1977. The long-term storage of hybrid maize seed in Zambia using polyethylene-lined sacks. *Trop. Sci.* 19(3):141-145.
- Hyde M., Baker A., Ross C. y López C. 1974. *El almacenamiento hermético de los cereales*. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO. Roma. 73 P.
- Torres, T.F. 1995. Almacenamiento y conservación de los granos en el medio rural. *En: El Sistema Poscosecha de Granos en el Nivel Rural; Problemática y Propuestas*. De Moreno E, Torres, y Chong I. PUAL-UNAM. Pag. 182.

## VI. DISCUSIÓN GENERAL

### Dispersión e infestación.

La cantidad de mazorcas olvidadas por el productor en una parcela de 2000 m<sup>2</sup> fue de 18, esta cantidad aparentemente es baja, si consideramos la superficie que se cultiva en México, la cantidad resulta muy significativa, pero resulta de mayor importancia el hecho de haber detectado infestándolas insectos como *Sitotroga cerealella*, *Tribolium castaneum* y *Sitophilus zeamais*, los cuales están entre las cuatro plagas de granos más importantes tanto en el estado de Morelos como en el resto de la República Mexicana.

Diversos autores mencionan que las plagas de almacén ingresan desde el campo, autores como Kossou (1994) mencionan que los insectos inician la infestación cuando el grano tiene un contenido de humedad alrededor de 30%, y que éste está relacionado con compuestos químicos que se generan después de la madurez fisiológica, los resultados obtenidos están de acuerdo con esta propuesta, ya que no se observaron insectos infestando el grano incluso después de seis meses, aun cuando las mazorcas permanecieron totalmente expuestas, estos resultados nos pueden indicar dos posibles alternativas: la primera, que los insectos no encontraron los nutrientes necesarios para asegurar el desarrollo de su progenie y la otra, que no se generaron en la cantidad suficiente los compuestos volátiles que los insectos utilizan como guía para detectar el alimento, al parecer las dos pueden estar involucradas, pero la segunda con mayor peso ya que no se observaron insectos sobre las bolsas o sobre el grano en ningún momento, en cambio cuando se utilizó maíz maduro, se colectaron plagas primarias, secundarias y terciarias, sobresaliendo el hecho de que a altitudes mayores de 1700 msnm, no se presentaron plagas primarias y muy pocas secundarias.

Durante los experimentos para observar los hábitos de vuelo y el proceso de infestación utilizando las bolsas con maíz en noviembre y diciembre de 1991, se encontró que desde el tercer día ya había insectos de la especie *Prostephanus truncatus* los cuales aún a las once de la mañana mostraban poca actividad, lo cual indicaba que habían ingresado el día anterior, este insecto se siguió observando en pequeñas cantidades en los siguientes cinco muestreos pero a partir del 10 de diciembre ya no se presentaron; el vuelo de *P. truncatus* fue más o menos recto al ingresar al "módulo" pero al estar cerca de las bolsas con las mazorcas, fue errático e incluso torpe, al posarse sobre las bolsas, sus movimientos fueron lentos pero una vez elegido el grano penetra con facilidad, estos eventos indican la posibilidad de que *P. truncatus*, siga principalmente "rutas" de olor para llegar al grano, incrementando el uso de estímulos visuales cuando está muy cerca o incluso posado sobre el grano; no se les observó copulando ni en actividad de cortejo, lo cual indica que este proceso se había efectuado previamente, en el caso de *Cathartus quadricollis*, se observó un insecto desde el mismo día que *P. truncatus*, incrementando la cantidad en los siguientes seis muestreos, cabe señalar que desde las 7:30 hrs se les observó en actividad, la forma del vuelo era lenta, aparentemente flotando, pero al posarse sobre las bolsas se movían activamente y aun cuando la población fuera alta no se les observó copulando. *Carpophilus dimidiatus* ingresó hasta el octavo muestreo, pero la población de este insecto fue muy alta en la mayoría de las ocasiones, observándose 200 insectos a las 18 hrs del 17 de diciembre, el vuelo de ingreso fue más rápido

y en cierta manera con una dirección más definida que los anteriores insectos, en este caso se observó en repetidas ocasiones actividad de cortejo y cópula.

Durante las observaciones entre julio y octubre de 1992, la situación varió drásticamente, ya que, no se detectó ningún insecto de la especie *Prostephanus truncatus*; a *Cathartus quadricollis* se le observó durante 12 muestreos, pero la cantidad fue siempre menor de tres insectos, lo mismo sucedió en el caso del complejo *Carpophilus*, se debe señalar que el horario fue diferente que en el experimento de 1991, de cualquier manera los resultados muestran que las poblaciones pueden variar dramáticamente año con año, aspecto que se reafirma con las observaciones realizadas durante 1993 en la troje rústica, en donde se detectaron ingresando plagas primarias y secundarias, incluyendo a *P. truncatus* y *Cathartus quadricollis* desde el cuatro de febrero, con oscilaciones pero presentes durante casi todos los muestreos, en tanto que las poblaciones de plagas terciarias a excepción del primer muestreo no se volvieron a observar, situación que se puede explicar ya que las mazorcas fueron seleccionadas.

Durante los diferentes experimentos se trató de observar el efecto que presentaban barreras translúcidas sobre la atracción de las mazorcas, y poder determinar cual era el principal estímulo que utilizan los insectos para detectar el maíz, observándose que las mallas no representaron impedimento alguno para que los insectos ingresaran, incluso en el caso de las bolsas de algodón negro, lo cual indica que el principal estímulo es el "olfativo", cabe señalar que accidentalmente durante el décimo muestreo en la troje rústica se percibió un notable incremento del olor típico del maíz al momento de ocaso, coincidiendo con la hora del día en que se observó el mayor número de insectos, particularmente primarios.

### **Volátiles.**

Al parecer todo indica que los insectos utilizan los olores del maíz o al menos algunos de sus compuestos volátiles como guía para llegar al grano, aún queda la pregunta cuales son esos compuestos; para tratar de responder esta pregunta se realizaron estudios de laboratorio para capturar e identificar dichos compuestos, encontrando después de varias pruebas que el florisil, la sílica gel y el carbón activado podían adecuarse a los fines que se perseguían; para el análisis de los compuestos se utilizó la cromatografía de gases, encontrando que los componentes absorbidos en florisil y sílica gel (gel de sílice) presentaron componentes parecidos, pero el Florisil mostró una menor concentración que el gel de sílice. En el cromatograma del carbón activado hay un solo pico a un tiempo de retención de 1.9 minutos, detectable también en Florisil y gel de sílice. En relación con la actividad de cada uno de los cartuchos, el más activo fue el de gel de sílice, seguido del de carbón activado. La actividad del Florisil es nula, mientras que la del carbón activado puede decirse que es 2:1 y la de gel de sílice de 3:1. Como aparentemente los mismos compuestos existen en gel de sílice y florisil la falta de actividad de este último pudiera deberse a que no se pudo desorber a la temperatura experimental (35 °C) o que los volátiles estaban en una concentración muy baja. La actividad en el carbón activado hace prever que se podrá identificar fácilmente uno de los componentes activos de la mezcla de los volátiles. Para identificar los demás componentes activos, se podría fraccionar la mezcla.

## Prácticas precosecha.

En cuanto a las prácticas precosecha, se consideró anexamente el efecto de la cobertura de la mazorca y su relación con el contenido de humedad (C.H) al momento de la cosecha; respecto al "C.H" se notan diferencias drásticas, mientras el tratamiento *zacateo* presentó 15.3%, las mazorcas que fueron manejadas con la dobla presentaron 20.2%, en cuanto a la cobertura se observó que más de la mitad de las mazorcas presentan brácteas largas y con ápices apretados, siendo el promedio 6.37. Aun cuando la mayoría de agricultores utilizan la dobla para reducir la "pudrición de la mazorca", se observó que en la combinación "dobla-cobertura completa" el daño por pájaros se reduce a 2%, datos que confirman las observaciones de Brauer (1960), resultando el mayor daño en el "zacateo-cobertura incompleta" con 5%, de igual forma se nota un buen resultado en la "dobla-cobertura completa" con sólo 10 insectos, en comparación con el *zacateo* que presentó 40 insectos. Durante las visitas de campo se pudo determinar que los pájaros *Quiscalus mexicanus* podían dañar con mayor facilidad las mazorcas que permanecían erectas, particularmente en las *zacateadas* en contraste con las mazorcas *dobladadas*, donde la punta de la mazorca está invertida y el pájaro de igual manera tenía que invertir la posición de su cuerpo, teniendo más problemas para tragar el grano, evidentemente aumenta la dificultad cuando se sumaba el factor de buena cobertura.

La calidad de los granos es un factor importante y está relacionado con el uso final de los mismos, las exigencias de calidad que demandan las distintas aplicaciones que puedan tener los granos son muy distintas, no es lo mismo un grano de maíz destinado como semilla que uno destinado para forraje o como alimento humano (Alberto de Dios, 1996). Respecto al porcentaje de granos que mantuvieron su utilidad como alimento humano, el mejor tratamiento resultó la *dobla* con 93.2%, pero seguido muy de cerca por el tratamiento *desespigue* con 91%, manteniendo la menor cantidad de granos útiles como alimento humano el tratamiento *zacateo* con 65.8%.

## Secado.

El secado de las mazorcas es una de las fases críticas para la conservación de la calidad del grano durante el almacenamiento. Los productores en general carecen de equipo para secar el grano, por lo cual dependen exclusivamente del sol para realizarlo, ellos saben que si secan las mazorcas sobre el piso la velocidad con que pierden la humedad es mayor, pero generalmente no lo relacionan con el efecto que éste tiene sobre la incidencia e infestación por insectos, lo cual nos llevó a realizar experimentos sobre las posibles implicaciones.

El contenido de humedad del maíz al finalizar el experimento fue distinto en los tres tratamientos, observándose el porcentaje más bajo en las mazorcas *asoleadas en el piso* (4.5%), siguiendo el *asoleo sobre malla* (5.74%) y finalmente el maíz *asoleado sobre madera*, con un contenido de humedad de 7.42%; observando superficialmente los datos, podría parecer que el mejor tratamiento resultó ser "sobre piso" pero en este tratamiento el 7 de diciembre, los roedores habían consumido el maíz casi en su totalidad.

En el cuadro donde se muestra la interacción de los factores climáticos y el contenido de humedad de los granos, sobresale el hecho de que en los primeros días, la humedad relativa no afectó de manera

significativa la velocidad de secado. A partir del 27 de noviembre se puede distinguir con facilidad la diferencia entre los tratamientos, donde coincide un incremento de la temperatura y la disminución de la humedad relativa.

Si nos basamos exclusivamente en la velocidad de secado, o en el contenido de humedad final, pensaríamos que el mejor tratamiento fue "asoleo sobre piso" e incluso después de considerar el daño por roedores, quedaría la duda, si al poner barreras anti-ratas este tratamiento se pudiera convertir en la mejor opción de secado, pero considerando el daño que causaron los insectos al maíz cinco meses después de la colecta, esta duda queda resuelta. En la muestra de maíz colectada el 28 de noviembre del tratamiento "asoleo sobre malla" se observó un incremento en la escala "daño severo por insectos" de 3.4%; en el tratamiento "sobre madera" incrementó 2%, y en el tratamiento sobre piso 31.4%, desde este momento se puede eliminar como alternativa el tratamiento sobre piso. En las muestras colectadas el 30 de noviembre, se puede observar que los tratamientos "sobre malla" y sobre "madera" mantienen un incremento de daño bajo y muy semejante (2 y 2.4%, respectivamente) en cuanto al tratamiento "sobre piso" el daño por insectos incrementó hasta 51.4%. En las muestras colectadas el día 7 de diciembre se observan los resultados más sorprendentes; el tratamiento "asoleo sobre malla" incrementó en la escala "daño severo por insectos" únicamente 0.2%, el tratamiento "sobre madera" incrementó 4.6%, respecto al tratamiento sobre piso, los roedores ya se habían llevado todo el grano.

La conservación de los granos después de la cosecha, depende de una serie de factores que interactúan de una manera compleja y con frecuencia aleatoria. Entre los más importantes se encuentra la eficiencia del secado del grano, sin embargo está involucrado desde el tipo de semilla que se utiliza, hasta la forma y características de la estructura para almacenar, así como el efecto que tengan los factores ambientales sobre dicha estructura. La magnitud del efecto del clima sobre el grano varía en principio si el almacén se encuentra sobre o bajo el suelo, así como la hermeticidad del mismo.

En el caso que trata el presente documento, se evaluaron cuatro "sistemas con un determinado grado de hermeticidad" y uno abierto observando que el que presentó el mayor incremento de daño por hongos el bidón hermético con 4.6% después de ocho meses de almacenamiento, cabe señalar que este tratamiento se dejó expuesto al sol y a la lluvia, mostrando el menor daño el garrafón de cristal con 0.8%, el maíz encostalado presentó un nivel aparentemente bajo (2.4%) pero esto se debe a que a partir del tercer mes existía una pérdida total por ataque de pájaros y de roedores. En cuanto al daño por insectos el mayor nivel lo presentó el maíz encostalado con 6.8% en el tercer y último muestreo, mostrando el menor daño el garrafón de cristal con 0.6%, seguido del "BH" y el "BS" ambos con 2.4%; si consideramos el factor "daño total", de igual manera el tratamiento Garrafón de cristal "GF" con 1.6%, lo que indica un incremento de daño respecto a la condición inicial de 0.6%, presentando el mayor daño el tratamiento encostalado "CO" con el 100% de daño antes de terminar el experimento, considerando que el garrafón de cristal es un pequeño recipiente e impráctico para una recomendación a los productores, el valor de este tratamiento es que nos muestra de manera clara que es posible conservar el grano y esto depende básicamente del cuidado con que éste se maneje, lo que indica que el grano almacenado tanto en los bidones como en el granero subterráneo, hubo un manejo deficiente, posiblemente porque se permitió la penetración de agua o el secado fue inadecuado; si observamos los muestreos de abril y mayo en el granero subterráneo se puede observar que el daño fue mayor en abril que

mayo lo cual indica dos posibilidades, o se muestreo mal o existían zonas con mayor humedad y por lo tanto mayor susceptibilidad al daño por hongos, por observaciones directas durante el muestreo se pudo detectar que se trató de la segunda opción y estaba directamente relacionado con filtraciones de agua por deficiencias de hermeticidad en la tapa del bidón. Considerando que el objetivo final del almacenamiento del grano es conservar en lo posible sus cualidades; según los resultados obtenidos el mejor tratamiento resultó ser el "GF" con 98.4%, seguido por el "BH" con 93.4%, el "GS" y "BS" ambos con 93.6%, resultando el peor tratamiento el "CO" con cero granos útiles como alimento humano a partir del tercer mes, es necesario señalar que no se puede considerar como un testigo fiel por que aun cuando se protegió con techo y una malla de alambre, ésta fue removida por los pájaros lo cual facilitó el daño por éstos, y la posterior entrada de los roedores, situación poco usual en la casa de los productores.

## VII. CONCLUSIONES GENERALES

### Dispersión e infestación.

En la localidad estudiada se observaron deficiencias en la cosecha, permaneciendo en el campo mazorcas sanas, que además de representar una pérdida directa, pueden funcionar como fuentes de propagación y dispersión de las plagas de almacén.

Los insectos de almacén no infestaron el maíz en el estado lechoso denominado tradicionalmente "elote", es decir no habían logrado la madurez fisiológica, incluso después de seis meses de exposición.

El maíz después de la madurez fisiológica fue infestado por plagas primarias, secundarias y terciarias, mostrando un decremento poblacional conforme aumentó la altitud de las localidades muestreadas.

Se observó que los hábitos de vuelo y las estrategias de infestación son diferentes en las plagas primarias, secundarias y terciarias, de igual forma se determinó que estos insectos utilizan estímulos "olfativos" para llegar al grano.

### Volátiles.

Se logró el aislamiento de los volátiles del maíz mediante la absorción en sílica gel, florisil y carbón activado.

Se observó actividad de atracción de los volátiles absorbidos en sílica gel, y florisil hacia el gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais*.

Los cromatogramas de los cartuchos muestran picos cromatográficos semejantes, simétricos y con una buena resolución, mostrando tiempos de retención hasta 18.13 minutos.

El cromatograma del maíz presentó 12 picos muy representativos y con mayor abundancia, de los cuales seis se lograron identificar por coinyección, mediante una extrapolación de índices de Kóvats, siendo una identificación tentativa que necesita ser corroborada, los demás compuestos no se lograron identificar.

Los compuestos identificados mediante coinyección de estándares por cromatografía de gases fueron: geranil acetona, geraniol, naftaleno, limoneno y octanol. Sólo se logró identificar el naftaleno por medio de cromatografía de gases-espectroscopía de masas.

### Prácticas precosecha.

Las prácticas de precosecha presentaron un efecto sobre las pérdidas en el maíz durante la cosecha y la etapa de asoleo-almacenamiento.

La práctica precosecha conocida como dobla ayudó en la reducción de las pérdidas y presentó efectos positivos en la conservación de la calidad de los granos después de 54 días de la cosecha, (etapa de asoleo-almacenamiento) en especial cuando se encuentra asociada a mazorcas con cobertura completa.

La práctica precosecha conocida como zacateo presentó efectos negativos en la conservación de la calidad del maíz, mostrando el mayor nivel de daños tanto en la cosecha como durante la etapa de asoleo-almacenamiento.

Considerando que el *zacateo* es la práctica más difundida en el estado de Morelos, es necesario implementar estrategias para sustituirlo por la dobla.

### **Secado.**

La fase de secado del grano es determinante sobre el nivel de infestación por insectos durante la etapa de almacenamiento, influyendo las condiciones y tipo de secado.

Bajo las condiciones experimentales se pudo observar que las variaciones de la humedad relativa no influyeron significativamente sobre el contenido de humedad de los granos.

En la localidad experimental durante el tiempo en que se desarrollaron las observaciones, la acción del viento en el secado de las mazorcas fue prácticamente nula, siendo responsable del secado principalmente la temperatura.

El contenido de humedad más bajo al finalizar el experimento fue en el tratamiento "asoleo sobre piso, sin embargo al considerar el efecto sobre la infestación por insectos de almacén y la calidad del grano, el mejor tratamiento fue el asoleo sobre malla de alambre, seguido por el tratamiento sobre madera y finalmente sobre piso.

El daño por insectos categoría "muy severo" en muestras conservadas cinco meses después de la colecta fue: a) sobre malla 0.2%, b) sobre madera 4.6% y c) sobre piso (ya no había grano a causa de roedores).

### **Almacenamiento.**

El maíz encostalado resultó ser el tratamiento menos eficiente, presentando una pérdida total a partir del tercer mes. Los demás tratamientos conservaron la calidad del maíz como alimento humano por encima del 93%, considerando que las pérdidas promedio para México se calculan entre el 10 y 25 %, se pueden considerar a cualquiera de estos métodos como alternativas para conservar el maíz en la región considerada.

Tomando en cuenta que los tratamientos: bidón hermético, bidón semi-hermético y granero subterráneo, se manejaron sin protección contra el sol y la lluvia, podemos esperar una marcada reducción en las pérdidas si se manejan bajo techo.

## VIII. CONSIDERACIONES FINALES

### 8.1 Aportaciones generadas por la presente investigación.

- Se incrementó el conocimiento sobre los hábitos de vuelo e infestación de los insectos que dañan los granos durante la etapa de almacenamiento en la región estudiada.
- Se comprobó que las mazorcas abandonadas en el campo pueden representar reservorios y fuentes de infestación de las plagas de almacén.
- Se comprobó que los granos de maíz desprenden compuestos volátiles, que son detectados y sirven de guía a los insectos para llegar al grano e iniciar la infestación.
- Por métodos químicos se lograron capturar e identificar algunos compuestos volátiles de los granos de maíz, los volátiles capturados mostraron efecto atrayente sobre *Sitophilus zeamais*.
- Se determinó que algunas prácticas de pre cosecha tienen efecto sobre los niveles de infestación en el maíz durante la etapa de almacenamiento.
- Se encontró que el tipo de base que se utiliza para secar las mazorcas, influye sobre los niveles de infestación del maíz por los insectos de almacén.
- Se comprobó que las brácteas del maíz (totomoxtle) sirven como barrera para reducir el daño por pájaros e insectos de almacén.
- Se reafirmó la utilidad de los sistemas herméticos, para almacenar maíz a pequeña escala.

### 8.2 Posibilidades generadas para investigaciones futuras.

- Es necesario comprobar si los horarios de vuelo e infestación de los insectos de almacén son semejantes en otras áreas, lo cual podría hacer más eficientes los métodos de control. Si se tiene que aplicar un método correctivo de control, el momento más adecuado sería a la hora del ocaso, ya que en este momento se encuentra el mayor número de insectos y especies sobre el grano.
- Al determinar que los insectos utilizan los compuestos volátiles como guía para llegar e infestar el grano, ésto permite integrar dentro de los programas de mejoramiento genético, un elemento más para generar variedades menos atractivas para los insectos .
- Durante la investigación se observó que los insectos se acercaban al maíz con alto nivel de infestación, pero al encontrarse a una distancia entre 80 y 100 cm modificaban su trayectoria y se alejaban; aparentemente detectaban "algo" que les indicaba que no había recurso disponible o simplemente los repelía. Algunos autores citan que altas concentraciones de feromonas invierten su función atrayente y se convierten en repelente; sin embargo quedan muchas preguntas por responder, y las respuestas de las mismas nos pueden proporcionar un repelente biológico.
- Los sistemas herméticos han demostrado su efectividad para reducir drásticamente los daños en el maíz almacenado a pequeña escala, pero la meta debe ser que el incremento de daño sea cero sin contaminar el grano. Una alternativa es promover los estudios sobre atmósferas controladas.

### 8.3 Aspectos que deben de ser considerados, para que el Sistema Poscosecha de granos pueda mejorar a nivel nacional.

La conservación de los granos en México presenta un rezago considerable, siendo enorme a nivel de pequeño y mediano productor. Los pequeños productores carecen de la infraestructura y entrenamiento para prevenir las pérdidas y conservar la calidad de sus granos. Aun cuando se habla de sistema poscosecha de granos , ésto es sólo para hacer referencia a las actividades que cada productor realiza según su criterio, o costumbre después de la cosecha, porque realmente no existe algo que pueda considerarse un sistema. En México no se cuenta con un Plan Nacional, que contenga las estrategias básicas para prevenir las pérdidas y conservar la calidad de los granos después de la cosecha. Es claro que la diversidad de factores que intervienen, resulta muy complicado tener un plan que se pueda aplicar de manera general en las diferentes regiones del país, sin embargo resulta urgente que se inicien las actividades para que a nivel regional o estatal se cuente a la brevedad posible con las bases mínimas para conservar los granos después de la cosecha, y poder evitar las impresionantes importaciones de granos (frecuentemente de mala calidad) que anualmente se hacen para complementar la demanda nacional.

En primer lugar, es necesario establecer "La comisión Nacional para la Prevención de Pérdidas de Granos Poscosecha". La cual se encargaría de diseñar las estrategias y coordinar las acciones necesarias para minimizar las pérdidas postproducción de los granos básicos en México.

Considerando la importancia del maíz para los mexicanos, y que los productores retienen temporalmente cerca del 40% de la producción de este cereal, y que en este ámbito es donde se generan la mayor parte de los problemas de conservación, tanto para el propio productor como para los centros de acopio (debido a que entregan el grano ya infestado). Se sugiere que entre las primeras acciones que implemente dicha comisión estén:

- Fomentar el desarrollo de técnicos y científicos en la conservación de granos.
- Crear brigadas de asesores locales en la conservación de granos y semillas (varios por cada región dentro de los Estados).
- Vincular las brigadas con los centros de investigación que cuenten con especialistas en la disciplina
- Transferir la tecnología sobre manejo integrado de las plagas de almacén.

## IX. RECOMENDACIONES PRÁCTICAS SOBRE EL MANEJO INTEGRADO DE LAS PLAGAS DEL MAÍZ ALMACENADO A PEQUEÑA ESCALA EN MORELOS.

Aun cuando la mayor parte de los resultados del trabajo se pueden aplicar directamente y lograr beneficios en los pequeños productores de Morelos, consideramos de gran utilidad considerar aportaciones "probadas y compatibles" de científicos nacionales y extranjeros, de tal forma que se pueda complementar un sistema eficiente para el control de las plagas de almacén, y poder eliminar a corto plazo el uso de insecticidas sintéticos.

A continuación se presentan de manera sintética las estrategias que representarían el esquema básico del manejo integrado de las plagas del maíz almacenado en el estado de Morelos:

- Seleccionar para semilla mazorcas con cobertura completa, ésto además de reducir los daños por pájaros e insectos, representa una ganancia anexa por el aprovechamiento de la hoja para la cobertura de tamales y elaboración de artesanías.
- Para ahuyentar los pájaros se debe utilizar la combinación de efectos sónicos, como los típicos botes con piedrecitas, conjuntamente con espejos o cintas metálicas.
- Aplicar la práctica precosecha denominada dobla, aprovechando al mismo tiempo la extracción de las hojas de la planta para alimentar los animales de carga.
- Cosechar las mazorcas al menor tiempo posible después de la madurez fisiológica del grano.
- Secar las mazorcas sobre una base de malla de alambre, si es posible construir una secadora rústica, cuya base este al menos a un metro de altura, y colocar barreras anti-ratas elaboradas con latas de desecho.
- Después del desgrane, pasar el grano por una criba y quemar los residuos u ofrecerlos inmediatamente después a las aves de corral. Resulta de gran utilidad cribar el grano cada semana, pues además de reducir la humedad del grano permite eliminar los insectos que aún quedan en el grano.
- Almacenar el grano en el Granero Subterráneo o en bidón, cuando éste, presente un contenido de humedad menor del 13%.
- Al momento de introducir el grano al almacén, espolvorear cal, a razón de 1 kg/ton.
- Para saber cuando el grano está listo para almacenar utilizar el determinador rústico de humedad tipo "CIGRAS".

## X. LITERATURA CITADA (GENERAL)

- Adane, K., D. Moor and A. Archer. 1996. Preliminary studies on the use of *Bauveria bassiana* to control *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) in the laboratory. *J. Stored Prod. Res.* 32 (2): 105-113.
- Aguilera, P.M., A. Rodríguez D. y J. Alcalá. 1993. Problemática entomológica del sistema poscosecha de granos básicos en Tabasco. Memorias del IV Simposio Nacional sobre Problemas Entomológicos de Granos Almacenados. Soc. Mex. de Ent. México. pp: 25-38.
- Aguirre R. y S. T. Peske. 1992. Manual de beneficio de semillas. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Colombia. 247 p.
- Alberto de Dios, C. 1996. Secado de granos y secadoras. Serie: Tecnología de Poscosecha 11. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. FAO. Santiago de Chile. 314 p.
- Arbogast, R.T., M. Carthon, and R. Roberts. 1970. Developmental stages of *Xylocoris flavipes* (Hemiptera: Anthocoridae) a predator of stored-product insects. *Annals of The Entomological Society of America.* 65 (5): 1131-1134.
- Arbogast, R.T. 1976. Suppression of *Oryzaephilus surinamensis* s (L) (Coleoptera: Cucujidae) on shelled corn by the predator *Xylocoris flavipes* (Reuter) (Hemiptera: Anthocoridae). *J. Georgia Entomol. Soc.* 11(1): 67-71.
- Arias, P. S. 1987. Monografía del maíz. Estudios Monográficos. ENEPARAGON, UNAM. 63 p.
- Arias, V. C. 1983. Estudio de evaluación de pérdidas de granos básicos poscosecha en Chile. Proyecto FAO PFL/CHI/001. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. FAO. Santiago de Chile. 56 p.
- Arias, A. C. y Valladares G. (1994), Evaluación de pérdidas en maíz (*Zea mays* L.), por incidencias de plagas en sistema de almacenamiento a nivel rural. *En: Memorias de la Problemática de Poscosecha de Granos y Semillas y del Taller de Evaluación de Pérdidas Poscosecha de granos básicos. Asociación Mexicana de Poscosecha de Granos y Semillas, A.C. (AMEXPOGRASE), México. pp: 27-33.*
- Ariza, A.F., F. Leyva G. y D. Noriega C. 1993. La problemática entomológica en los sistemas poscosecha en Guerrero. *En: Memorias del IV Simposio Nacional sobre Problemas Entomológicos de Granos Almacenados. México. pp: 49-59.*
- Arthur, F.H. 1996. Grain protectants: current status and prospects for the future. *J. Stored Prod. Res.* 32 (4): 293-302.
- Anónimo, 1997. La producción mundial de maíz. Claridades Agropecuarias. Organó de difusión de "Apoyos y Servicios a la Comercialización (ASERCA). 45: 16-28.
- Barahona, H.E., C.A. Arias y C. Valladares. 1994. Evaluación de genotipos de maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*) ante el ataque de plagas primarias de almacenamiento. *En: Memorias de la Problemática de Poscosecha de Granos y Semillas y del Taller de Evaluación de Pérdidas Poscosecha de Granos Básicos. Asociación Mexicana de Poscosecha de Granos y Semillas, A.C. (AMEXPOGRASE), México. pp: 133-139.*
- Bonfil, B.G. 1984. El maíz. Museo Nacional de las Culturas Populares. Ed. GV. México. 114. p.
- Boczek, J. 1991. Mite pest in stored food. *In: Ecology and Management of Food-Industry Pest. FDA Technical Bulletin 4. Assoc. of Official Analytical Chemists. pp. 57-80.*

Campbell, A and N. Sinha R. 1975. Damage of wheat by feeding of some stored products beetles. *Jour. of Econ. Ent.* 69 (1): 11-13.

Camillo, V. M. 1996. El almacenamiento de granos dentro del proceso de comercialización en México. *En: El agua y la energía en la cadena alimentaria: Granos básicos.* Programa Universitarios de Energía, Programa Universitario de Alimentos e Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM, México. pp:253-260.

Cornejo, O.A. (1998) Control químico de los insectos de almacén. *En: Almacenamiento de Granos y Semillas.* Programa Universitario de Alimento, UNAM, México.

De la Peña, G. 1982. Morelos, viento en la cima, fuego en el cañaveral. Monografía Estatal. Secretaría de Educación Pública. México. 266 p.

De Lima, C.P.F. 1987. Insect pest and post-harvest problems in the tropics. *Insect Sci. Applic.* 8: 673-676.

Donahaye, E.J., S. Narro, M. Rindner and, A. Azrieli. 1996. The influence of temperature and modified atmospheres on *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *J. Stored Prod. Res.* 34: 225-232.

Duffus, C. 1985. Las semillas y sus usos. AGT., México. 188 p.

Edwards, C. 1996. Modified atmospheres effectively control insects in stored grain. *Pest Management Focus.* 2 (5) 17.

Espinal, J.R. y J. Pedersen. 1990. Comparison of traditional and improved methods of farm maize storage in Honduras. Contribution Number 88-344-D, Kansas Agricultural Experiment Station. KSU, Manhattan, Kansas. pp: 18-33.

FAO. 1991. Secado de granos: natural, solar y a bajas temperaturas. Serie: Tecnología Poscosecha 9. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. FAO. Santiago de Chile. 86 p.

García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. UNAM, México. 252p.

GASGA, 1987. Barrenador mayor de los granos. Boletín Técnico 1, Grupo de Asistencia a los Sistemas Relacionados con los Granos Después de la Cosecha. Kansas State University. 8 p.

Glass, E.H. 1975. Integrated pest management: Rationale, potential, needs and improvement. *Ent. Soc. Am., Especial Publication.* 75 (2) 141.

Guarino, R.G. 1983. Aspectos sobre el almacenamiento de granos en el medio rural en México. *En: Memoria del Coloquio Internacional Sobre Conservación de Semillas y Granos Almacenados.* Instituto de Biología UNAM, México. pp: 130-146.

Güemes, G. M. J., Cabrera, R. J. y Vázquez A. J. M. P. 1990. Marco de Referencia del maíz almacenado en Morelos. Campo Experimental de Zacatepec. CIFAP-MOR. SARH-INIFAP. México. pp: 28-90.

Güemes, G. M. J. 1990. Presencia e identificación de insectos plaga de almacén y cuantificación de daños en tres genotipos de maíz, durante doce fechas de siembra bajo riego en Zacatepec, Morelos. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad Autónoma del estado de Morelos. México. 54 p.

Gilbert, E.L. & P. Raven, H. 1980. Coevolution of animals and plants. Univ. of Texas Press. Austin. 21p.

Golob, P. 1997. Current status and future perspectives for inert dust for control of stored product insects. *J. stored Prod. Res.* 33 (1): 69-79.

Güemes, G. M.J. y J. Cabrera. 1990. Selección de materiales de maíz que presentan resistencia al ataque de *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Lep: Gelechiidae). *En: Memorias del primer Simposio Nacional sobre*

- Entomología de los Granos Almacenados. Soc. Mex. de Entomología., Oaxtepec, Morelos. México. pp: 141-157.
- Gutiérrez, D.L. J y M. R. Jiménez. 1989. Distribución de las plagas de los granos almacenados en algunas localidades de la República Mexicana. *En: Memorias del primer Simposio Nacional sobre Entomología de los Granos Almacenados*. Soc. Mex. de Entomología., Oaxtepec, Morelos. México. pp: 55-90.
- Gutiérrez, D.L.J. 1990. Evaluación de las pérdidas por plagas y patógenos de poscosecha durante el asoleo-almacenamiento de mazorcas de maíz en Zacatepec, Morelos. Informe Técnico del programa de Poscosecha, Campo Experimental de Zacatepec. SARH-INIFAP. México. pp: 23-56
- Gutiérrez, D. L. J. 1991. Daño potencial-acumulado por insectos en maíz almacenado bajo condiciones de campo y laboratorio. Informe Técnico, Campo Experimental de Zacatepec, SARH-INIFAP. México. pp: 40-55.
- Gutiérrez, D. L. J. 1992. Pérdida por manejo en maíz durante la cosecha y su relación con la dispersión de las plagas de poscosecha. Informe Técnico. Campo Experimental de Zacatepec, SARH-INIFAP. México. pp: 13-17.
- Gutiérrez, D. L. J. 1993. Problemática sobre el almacenamiento del sorgo en el estado de Morelos. Informe Técnico del Programa de Poscosecha, Campo Experimental de Zacatepec. SARH-INIFAP. México. pp: 43-46.
- Gutiérrez, D. L. J. y Y. Kurokawa. 1994. Poscosecha de arroz en el estado de Morelos. Publicación especial 9. Campo Experimental de Zacatepec. SARH-INIFAP. México. 32 p.
- Gutiérrez, D. L. J. 1994. Entomología de poscosecha en el estado de Morelos. *En: Memorias del V Simposio Nacional sobre Entomología de granos*. Sociedad Mexicana de Entomología, Sección de granos almacenados. México. pp: 23-24.
- Gutiérrez, D. L. J. 1994. EVIDAMO Un método para evaluar pérdidas económicas en base a deterioro morfológico. *En: Memorias de la Problemática de Poscosecha de Granos y Semillas y del Taller de Evaluación de Pérdidas Poscosecha de Granos Básicos*. Asociación Mexicana de Poscosecha de Granos y Semillas, A.C. (AMEXPOGRASE), México. pp: 178-189.
- Gutiérrez, D.L.J. y J. Meigarejo (1998) Daños ocasionados por los insectos en los granos almacenados. *En: La calidad de los granos*. Programa Universitario de Alimentos (PUAL). UNAM. México. 17p.
- Hernández, X. E. 1985. Graneros de maíz en México. Xolocotzia. Geografía Agrícola, Universidad de Chapingo, México. pp: 205-230.
- Hindmarsh, P. S. 1977. The long-term storage of hybrid maize seed in Zambia using polyethylene-lined sacks. *Trop. Sci.* 19:141-145.
- Hyde, B. M., A. A. Baker., A.C. Ross, y O.C. López. 1974. El almacenamiento hermético de los cereales. *Boletín de Servicios Agrícolas* 17. FAO, Roma. 74 p.
- INEGI, 1993. Morelos, resultados definitivos, VII Censo Ejidal. México. 47 p.
- International Seed Testing Association. 1976. International Rules for Seed Testing, Rules 1976. *See Science and Technology* 1.4(1):1-177
- Jamieson, M. y P. Jobber. 1984. Manejo de los alimentos, prevención de pérdidas durante el almacenamiento, Vol. 3. Editorial Pax-México. 164 p.

- Jay, E., R. Davis, and S. Brown. 1968. Studies on the predacious habits of *Xylocoris flavipes* (Reuter) (Hemiptera: Anthocoridae). *J. Entomol. Soc.* 3 (3): 126-130.
- Jepson, W.F. 1974. Main pest control in stored products in Asia. *Tropical Stored Products Information*. 27: 1-37.
- Jilani, G. and H.C.F. Su. 1983. Laboratory studies on several plant materials as insect repellents for protection of cereal grains. *Journal of Entomological Society of America*. 76 (1): 154-157.
- Jiménez, A. S. y J. Vera. G. 1981. Daño por insectos al maíz almacenado en graneros rústicos de áreas rurales. *En: Resúmenes del XVI Congreso Nacional de Entomología, Folia Entomológica Mexicana*. México. 48: 62-63.
- Khalafalla, S.A. 1996. Studies on the ectoparasitoid, *Anisopteromalus calandrae* How. (Hymenoptera: Pteromalidae) as a biocontrol agent against the lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* (Fab.) in Saudi Arabia. *J. Stored Prod. Res.* 32 (2): 137-140
- Kossou, D.K. y N. Bosquez-Pérez. A. 1992. Insect pest of maize in storage: biology and control. *Research Guide: 32. International Institute of Trop. Agriculture (IITA)*. 28 p.
- Lagunes, T.A. 1984. Empleo de substancias vegetales contra plagas del maíz como una alternativa al uso de insecticidas en áreas de temporal. Informe del Proyecto Cooperativo, CONACyT, C.P., U. de Chapingo, Dirección General de Sanidad Vegetal, SARH., y El Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. México. 161 p.
- Laudani, H. 1967. How agriculture stretches your defense dollar. *Defense Management Journal*. 3 (4):51-53.
- Leesch, J.G., H.B. Guillenwater, and J.H. Woodward. 1974. Methyl bromide fumigation of shelled peanuts in bulk containers. *Journal of Economic Entomology*. 67 (6):769-771.
- Leesch, J.G., and H.B. Guillenwater. 1976. Fumigation of pecans with methyl bromide and phosphine to control the pecan weevil. *Journal of Economic Entomology*. 69 (2): 241-244.
- Lees, P. 1982. Control de pájaros. *Agricultura de las Américas*. 7, 152 p.
- LeCato, G.L. and R. Davis. 1973. Preferences of predator *Xylocoris flavipes* (Hemiptera: Anthocoridae) for species and instar of stored-product insects. *The Florida Entomologist*. 56 (1): 57-59.
- Lillehoj, E. B. 1986. The aflatoxin-in-maize problem: The historical perspective. *In: Aflatoxin in maize. A proceedings of the Workshop. CIMMYT, UNDP and USAID. El Batán, México*. pp. 13-32.
- Lum, P.T.M. 1977. Effect of glucose on autogenous reproduction of *Bracon hebetor* Say. *J. Georgia Entomol. Soc.* 12 (2):150-153.
- Madrid, F.J. y N. R. Sinha,. 1982. Feeding damage of three stored-product moths (Lepidoptera: Pyralidae) on wheat. *J. Econ. Entomol.* 75:1017-1020.
- Mangelsdorf, C. P. 1950. The mystery of corn. *Scientific American*. pp. 20-24.
- Marques P. J. A., y D. Marcal de Queiroz. 1991. Principios de secado de granos, psicometría, higroscopía. *Serie Tecnología Postcosecha 8. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile*. 67 p.
- Maredia, K.M. and J.A. Mihm. 1994. Integrated management of stored grain insect pest in developing countries. *Proceedings of The Fourth Eastern and Southern Africa Regional Maize Conference*. pp. 205-210.

- Markham, R.H., V.F. Wright, and M.R. Ríos. 1991. A selective review of research on *Prostephanus truncatus* (Coleoptera: Bostrichidae) with an annotated and updated bibliography. CEIBA. Honduras. 95 pp.
- Marzke, O.F., AND R.J. Dicke. 1958. Disease producing protozoa in species of *Trogoderma*. J. of Econ. Ent. 51 (6): 916-917.
- Meerman, F., G. W.J. Van de Vent., H. Van de Keulen, and H. Breman. 1996. Integrated crop management: an approach to sustainable agricultural development. Int. Jour. of Pest Management. 42 (1): 13-24.
- McFarlane, J.A. 1970. Insect control by airtight storage in small containers. Trop. Stored Prod. Inf. 19: 10-14.
- McFarlane, J.A. 1989. Preliminary experiments in the use of solar cabinets for thermal desinfestation of maize cobs and some observations on heat tolerance in *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae). Trop. Sci. 29 (2): 75-89.
- Miller, C.E. 1967. A congressional view of the blakbird problem. En Proc. N. Amer. Conf. on Blakbird Depredation in Agriculture. Ohio State Univ., Columbus. 62 p.
- Mora, M. 1992. Manejo integrado del maíz en las fincas de la República de Costa Rica. Centro para la Investigación para Granos y Semillas (CIARAS). Universidad de Costa Rica. 22 p.
- Mora, M. 1994. El uso de atmósferas modificadas con biogeneradores para el combate de insectos en pequeños depósitos de granos. Centro para Investigación en Granos y Semillas (CIGRAS). Universidad de Costa Rica. 36 p.
- Moreno, M.E. 1995. Almacenamiento y conservación de granos en el medio rural. En: El Sistema Poscosecha de Granos en el Nivel Rural: Problemática y Propuestas. Programa Universitario de Alimentos, U.N.A.M. México. pp: 247-261.
- NAS. 1980. Problemas y control de plagas de vertebrados. National Academy of Sciences. Limusa. 5:73-98.
- Nwanze, F.K., G.J. Partida, and W.H. McGaughey. 1975. Susceptibility of *Cadra cautella* and *Plodia interpunctella* to *Bacillus thuringiensis*, on wheat. J. of Econ. Ent. 68 (6): 751-752.
- Oberlander, H., D.L. Silhacek, E. Shaaya, and I. Ishaaya. 1997. Current status and future perspectives of use of insect growth regulators for the control of stored product insect. J. Stored Prod. Res. 33 (1): 1-6.
- Ospina, M.J.G. 1995. Secado y almacenamiento de granos en zonas rurales y centros de acopio en Colombia. En: El Sistema Poscosecha de Granos en el Nivel Rural: Problemática y Propuestas. Programa Universitario de Alimentos, UNAM. México. pp: 283-306.
- Oxley, T. A. and M.B. Hyde. 1955. Recent experiments on hermetic storage of wheat. Reprinted from Proc. 3<sup>rd</sup> Int. Bread Congress. Hamburg. pp: 179-182
- Ozburn, G.W. 1960. Hermetic storage of Guinea corn. W. Afr. Stored Prod. Res. Unit., Tech. Rep. 11: 45-47.
- Paster, N. 1989. Methods of preservation and loss prevention of grain in storage. In: Food Security and Food Inventories in Developing Countries. CAB. International. 4: 219-227.
- Pascual, N., M.P. Marco, and X. Belles. 1990. Azandachtin induced imaginal moult deficiencies in *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae). J. Stored Prod. Res. 26 (1): 53-57.

- Pedersen, J.R. 1992. Insect: identification, damage and detection. *In* Storage of Cereal Grain and Their Products. Kansas State University. Cap. IV. pp. 435-485.
- Pimentel, D. 1991. World resources and food losses to pest. *In*: Ecology and Management of Food-Industry Pest. FDA Technical Bulletin 4. Assoc. of Official Analytical Chemists. pp. 5-16.
- Press, J.W., B. Flaherty R. and R.T. Arbogast. 1973. Interactions among *Plodia interpunctella*, *Bracon hebetor* y *Xylocoris flavipes*. *Environmental Entomology*. 3 (1): 183-184.
- Press, J.W., B. Flaherty R. and R.T. Arbogast. 1976. Interactions among *Nemeritis canescens* (Hymenoptera: Ichneumonidae), *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Pteromalidae), and *Ephestia cautella* (Lepidoptera: Pyralidae). *J. of the Kansas Ent. Soc.*, 50 (2): 259-262.
- Press, J.W., G.L. LeCato, and B.R. Flaherty. Influence of media particle size on the distribution of the predaceous bug *Xylocoris flavipes*. *J. of Georgia Entomol. Soc.* 13 (3): 275-278.
- Ramayo, R.L. 1983. *Tecnología de Granos*. Universidad Autónoma de Chapingo, México. 216 p.
- Ríos, I. R. M. 1986. Infestación en campo por insectos de almacén sobre tres híbridos de maíz. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista Saltillo, Coahuila. México. 52 p.
- Ríos, I. R. M. 1991. Ecología de *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) en el altiplano mexicano. Tesis de Maestro en Ciencias, Colegio de Posgraduados, Montecillos. México. 85 p.
- Ríos, I. R.M., R.H. Markham y J. Trujillo. 1991. Porcentaje de pérdida en peso en maíz almacenado causado por insectos. *En*: Memorias del III Simposio Nacional sobre Problemas Entomológicos de Granos Almacenados. pp. 94-104.
- Ríos, I. R. M. 1993. El conocimiento actual de los sistemas de almacenamiento de granos en la mesa central de México. *En*: Memorias del IV Simposio Nacional sobre Problemas Entomológicos de Granos Almacenados. pp: 17-20.
- Reichmuth, Ch. 1996. Stored product protection with alternative methods. *In*: Proceedings of the International Forum on Stored Products Protection and Post-harvest Treatment of Plant Products. (Edited by Council of Europe). pp.129-135.
- Richter, J., A. Biliwa, J. Helbig, and S. Henning-Helbig. 1997. Impact of *Teretriosoma nigrescens* Lewis (Coleoptera: Histeridae) on *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) and losses in traditional maize stores in Suthem Togo. *J. Stored Prod. Res.* 33 (2): 137-142.
- Rodríguez, R.R. 1991. Metodología para la determinación de pérdidas de granos en almacenes rurales: Revisión y análisis. *En*: Memorias del III Simposio Nacional sobre Problemas Entomológicos de Granos Almacenados. pp: 105-120.
- Russell, E.T., J.A. Busterud, and B.E. Willard. 1972. Integrated pest management . Council on enviromental quality. USDA. Cap. II. pp: 9-15.
- Schneider, K. 1993. Poscosecha. Problemática, programa y avances del grupo de Cooperación Suiza al Desarrollo, (COSUDE) en América Central. 17 p.
- Scholler, M., S. Prozell, A.G. Al-Kirshi, and Ch. Reichmuth. 1997. Toward biological control as major component of integrated pest management in stored product protection. *J. Stored Prod. Res.* 33 (1): 81-97.

- Segura, L. O y J.A. Mim. 1991. Evaluación de la resistencia en 20 genotipos de maíz QPM y conservación de germoplasma de materiales infestados con *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae). *En: Resúmenes del XXVI Congreso Nacional de Entomología*. Soc. Mex. de Entomología. México. 544 p.
- Segura, L. O. J.C. Tovar, A. Lagunes, D. Mota. y H. Sánchez. 1994. Susceptibilidad de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) a malatión, pirimifos metil y deltametrina. *Agrociencia*. 5 (1): 75-89.
- Silhacek, D.L., H. Oberlander, and P. Porcheron. 1990. Action of RH 5849, a non-steroidal ecdysteroid mimic, on *Plodia interpunctella* (Hübner) *in vivo* and *in vitro*. *Archives of insect Biochemistry and Physiology*. 15: 201-212.
- Spratt, E.C. 1979. The effects of mixture of oxygen, carbon dioxide and nitrogen in the ratio 1:1:8 on the longevity and the rate of increase of populations of *Sitophilus zeamais* Mots. *Jour. Stor. Prod. Res.* (15): 81-85.
- Stanley, L.C. 1995. Seed management on agricultural research farms. *Research Guide* 12. International Institute of Tropical Agriculture. Benin. 29 p.
- Storey, C. 1982. Control químico de los insectos de granos almacenados. *En: Curso Sobre Conservación de granos y semillas*. Almacenes Nacionales de Depósito y Programa Universitario de Alimentos. UNAM. México. 20 p.
- Su, C.F.H. 1978. Laboratory study on toxic effect of black pepper varieties to three species of stored-product insects. *J. Georgia Entomol. Soc.* 13 (3): 269-274.
- Tadesse, A., T. Medhim. G. and M, Hullwka. 1994. Comparison of some maize genotypes for resistance to maize weevil, *Sitophilus zeamais*, Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) in Ethiopia. *Fouth Eastern and Southern Africa, Regional Maize Conference*. pp: 198-201.
- Tena, M.C. 1985. Resistencia del maíz almacenado al ataque de insectos en una zona rural del valle de Tarímbaro, Michoacán, México. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad Michoacana de "San Nicolás de Hidalgo", Escuela de Biología, Morelia, Michoacán. México. 98. p
- Tigar, J.B., and D.B. Pinniger. 1996. A comparison of toxicity of pirimiphos methyl and malathion to *Typhaea stercorea*. *J. Stored. Prod. Res.* 32 (4): 307-313.
- Torreblanca, R.A. 1983. Pérdidas producidas por *Prostephanus truncatus* (Horn) en maíz almacenado bajo condiciones controladas. *En: Memoria del Coloquio Internacional Sobre Conservación de Semillas y Granos Almacenados*. Instituto de Biología U.N.A.M., México. pp: 87-99.
- Torres, T. F. 1995. El sistema poscosecha en la alimentación nacional . *En: El Sistema Poscosecha de Granos en el Nivel Rural: Problemática y Propuestas*. Programa Universitario de Alimentos. UNAM. México. pp: 181-200.
- Train, E.R. J.A. Busterud & B. Willard. 1972. Integrated pest management. The Council on Environmental Quality Office. U.S. 41. p:
- Trujillo, C.A. (Comunicación personal).
- Vardell, H.H. 1974. Methyl bromide: effect of multiple fumigation on residues in flour. *Journal of Economic Entomology*. 68 (1): 69-70.

- Vázquez, J.P. 1993. Producción y demanda de granos en el estado de Morelos. Informe Técnico del Programa de Economía Agrícola. Campo Experimental de Zacatepec. CIR CENTRO, SARH-INIFAP. México. 22 p.
- Velásco, P.H. 1987. Formas de almacenaje y evaluación de daños de insectos de granos almacenados. En: Resúmenes del XXII Congreso Nacional de Entomología. Cd. Juárez Chihuahua. Sociedad Mexicana de Entomología. México. pp: 171-172.
- Villa, B. (1998) Roedores plaga de los granos almacenados. Programa Universitario de Alimentos. UNAM. México. 18. p.
- Villasis, S.J.E. 1971. Comportamiento de *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Lepidoptera: Guelechidae) y *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) en diez tipos de maíz con características contrastantes. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. Esc. Nal. de Agric. Chapingo, México. 84 p.
- Zimowska, G., Mikolajczyk, P, D.L. Silhacek, and H. Oberlander. 1994. Chitin synthesis in *Spodoptera frugiperda* wing imaginal discs. II. Selective action of chlorfluazuron on wheat germ agglutinin binding and cuticle ultrastructure. Archives of insect Biochemistry and Physiology. 27: 89-108.

## XI. ANEXO

### 11.1 El determinador de humedad rústico tipo "CIGRAS".

Entre las aportaciones más sobresalientes por su sencillez y utilidad tenemos el trabajo del doctor Manuel Zeledón Grau, quien desarrolló el determinador rústico de humedad, que denominaremos tipo "CIGRAS" en reconocimiento a la institución que lo generó (Centro de investigaciones en Granos y Semillas, de la U. de Costa Rica).

En primer lugar se prepara el indicador, esto es, la sal humedecida, agregando y mezclando agua con sal común hasta el punto en que al inclinar el recipiente que contiene la sal; no hay formación de líquido a su alrededor; la sal humedecida hasta este punto adquiere una apariencia brillante. Una vez húmeda la sal, se separa una porción de 10 g y se coloca en un recipiente pequeño (una tapa de algún frasco puede servir para esto) y luego se introduce dentro de otro recipiente que cierre herméticamente; o una bolsa de plástico, a la cual se le hace un nudo para que quede herméticamente cerrada. La sal dentro del recipiente o bolsa servirá como punto de referencia de la condición inicial de la sal.

Seguidamente, se colocan 200 g de grano dentro de otro recipiente hermético o dentro de la bolsa de plástico y sobre el grano se pone otro pequeño recipiente con otra porción de sal húmeda; el grano y la sal no deben entrar en contacto, finalmente se cierra el herméticamente el recipiente con el grano y la sal. Al siguiente día si la sal se observa muy acuosa o con solución a su alrededor esto indica que el grano contiene más humedad de la adecuada para un almacenamiento seguro y por lo tanto el agricultor debe de seguir asoleando el grano, para maíz esto indica que el grano tiene más de 15% de humedad. Si por el contrario la sal mantiene su condición inicial, es decir no se seca ni se humedece, es indicativo de que el grano podría ser almacenado por períodos muy cortos. Conviene entonces, que el agricultor siga secando el grano. Para maíz esto indica que el grano tiene entre 14 y 15%.

Pero si la sal se seca y pierde esa apariencia brillante que tenía al inicio, y además pierde la textura pastosa que tenía al principio, es indicación de que el grano está en condición de ser almacenado por períodos más largos, seis meses o más, ya que tendrá un contenido de humedad inferior al 14%. Cuanto mayor sea la dureza de la costra, tanto más seco estará el grano.

11. 2 Imágenes citadas en el texto del trabajo.



Figura 3. Aspecto de la cosecha tradicional "Pizca".



Figura 4. Aspecto del maíz próximo a la cosecha.



Figura 5. Cosecha total, incluyendo las mazorcas pequeñas y/o muy dañadas (molquites).



Figura 6. En primer plano el ápice de una mazorca con buena cobertura.  
En segundo plano una mazorca con muy buena cobertura.



Figura 7. Maíz mostrando la práctica "zacateo".

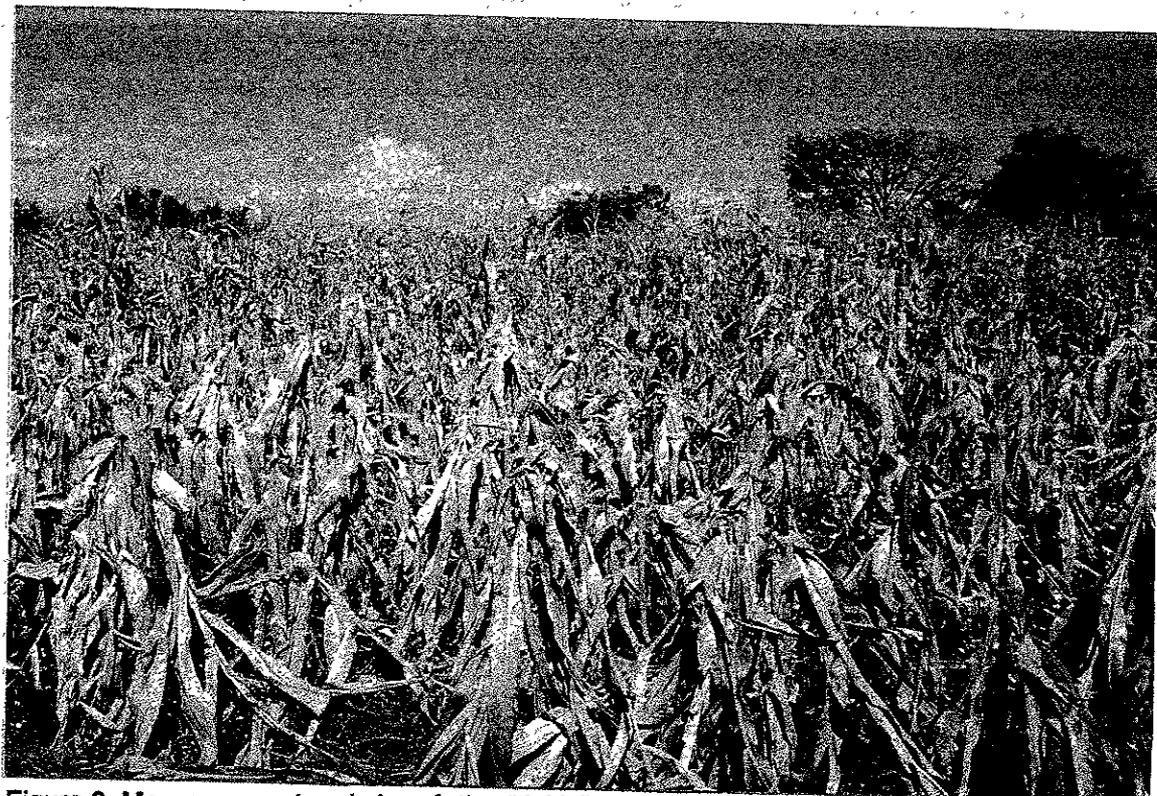


Figura 8. Mazorcas mostrando la práctica "dobla".

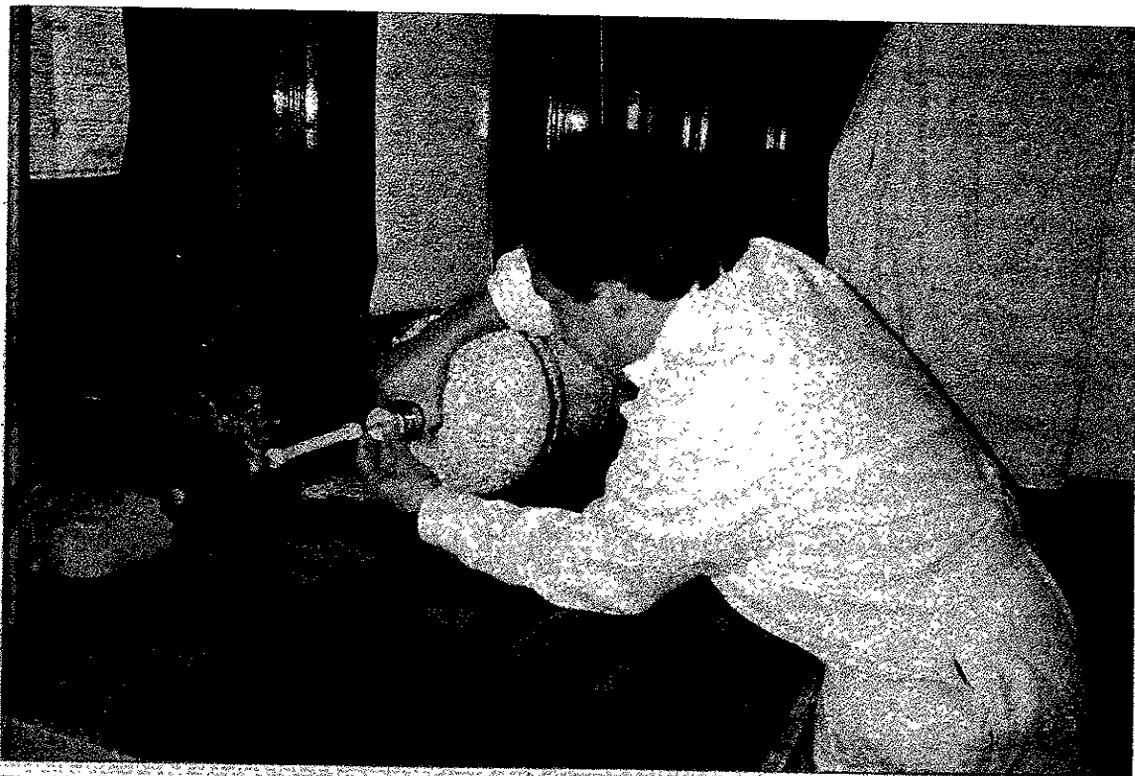


Figura 9. Dispositivo utilizado para extraer los volátiles de los granos del maíz.

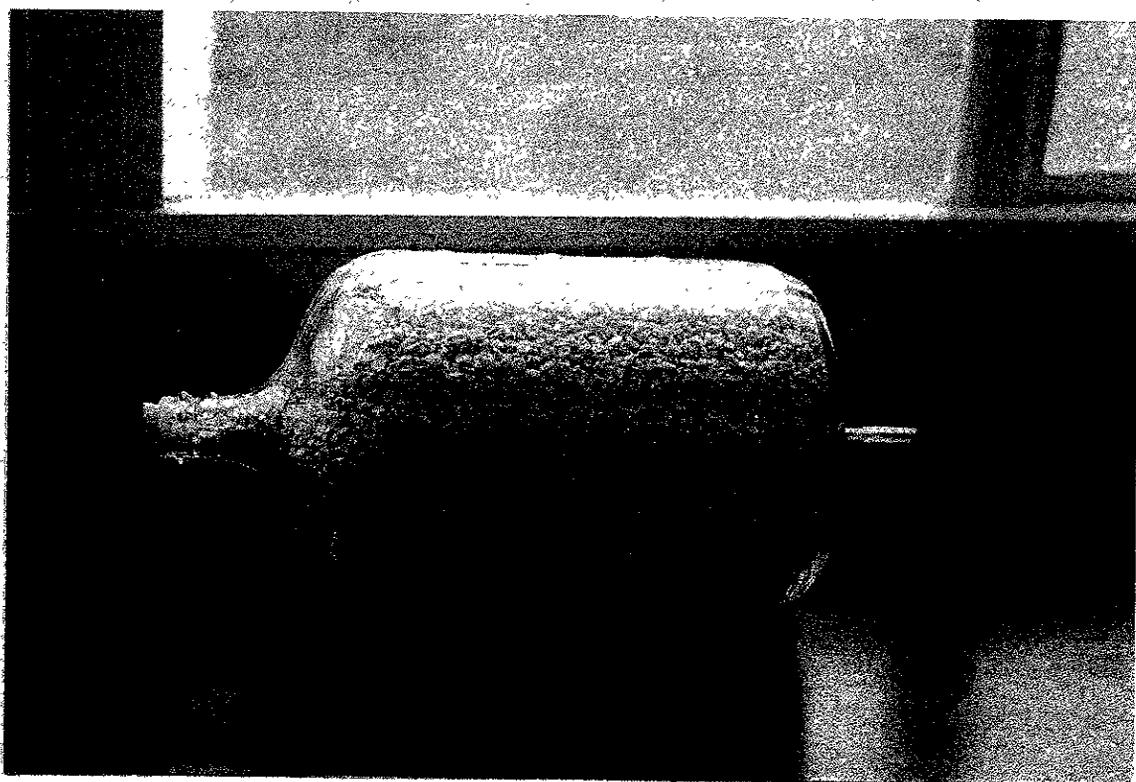


Figura 10. Garrafón de cristal utilizado en la extracción de los volátiles del maíz y como referencia en las pruebas de almacenamiento.

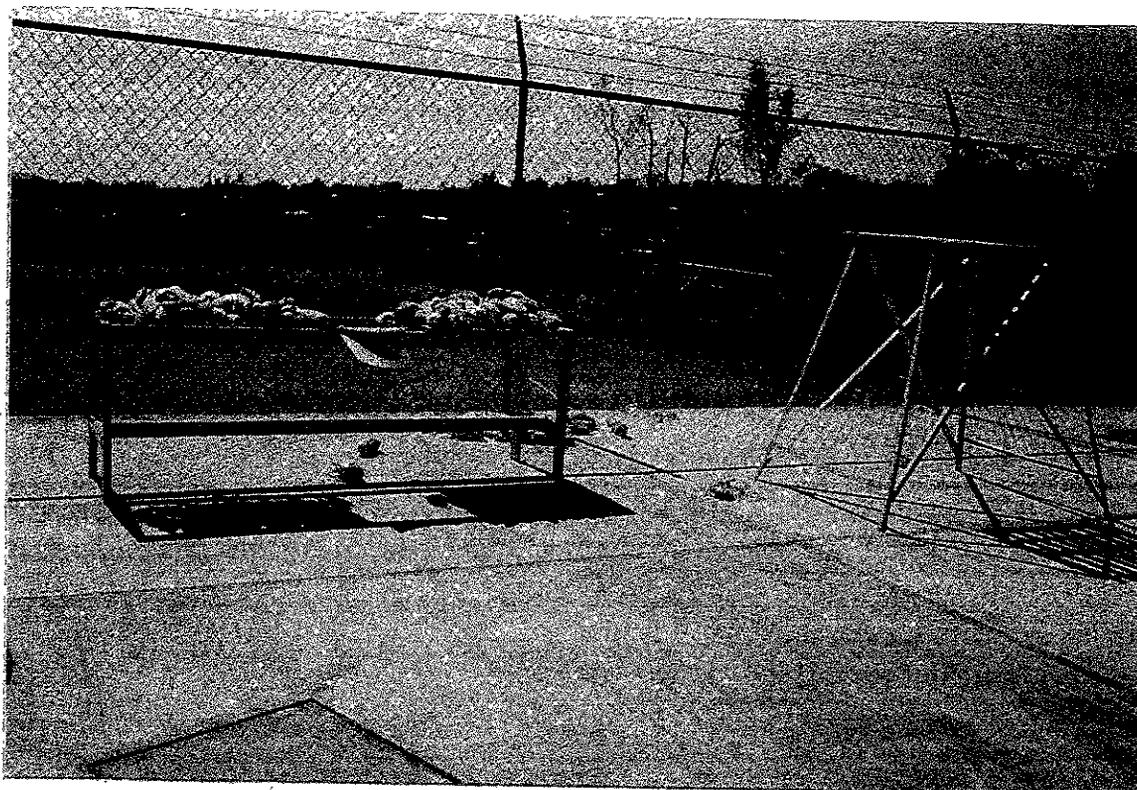


Figura 11. Aspecto de una de las pruebas utilizadas para la evaluación de los tipos de secado.

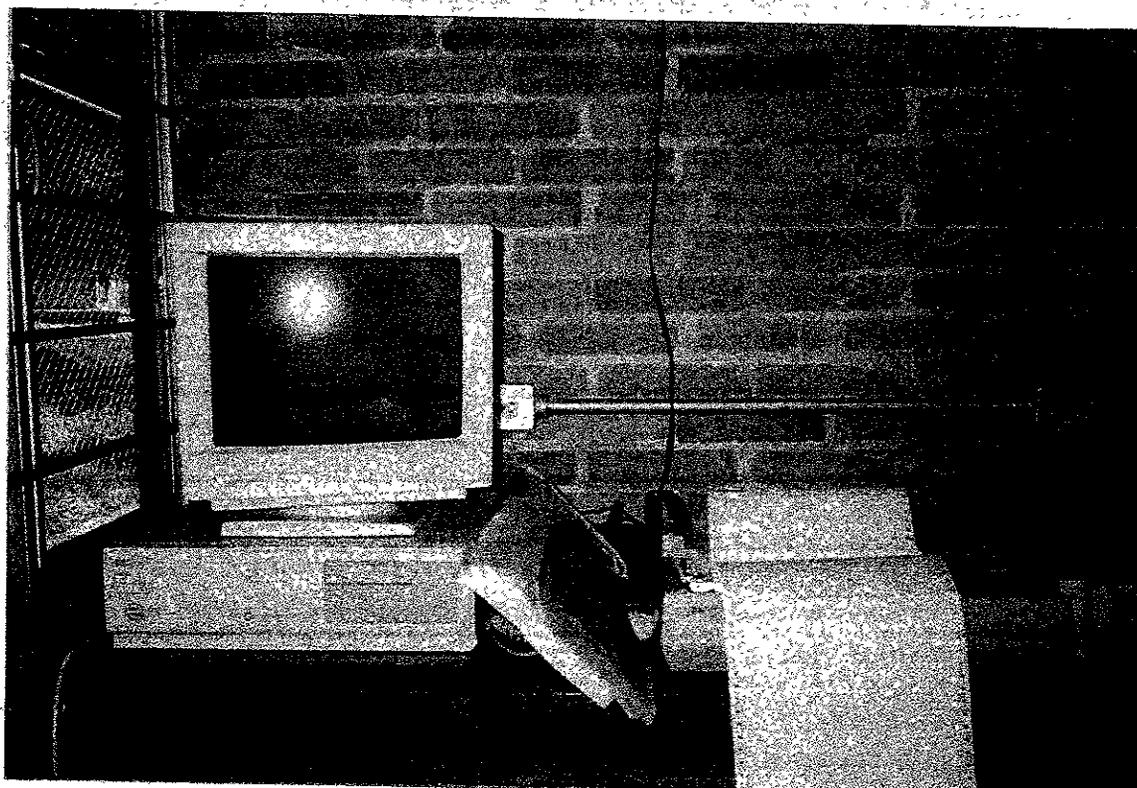


Figura 12. Equipo utilizado para moinitorear los factores ambientales durante las pruebas de secado.

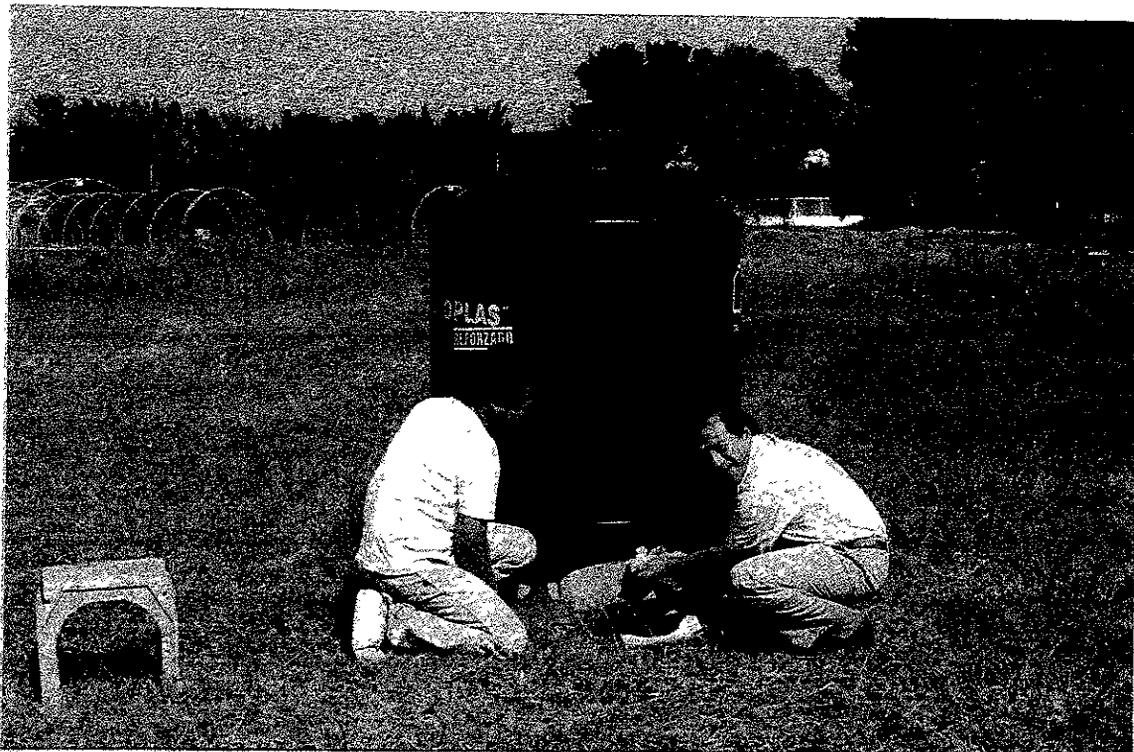


Figura 13. Aspecto del bidón semi-hermético, utilizado durante los experimentos de almacenamiento.

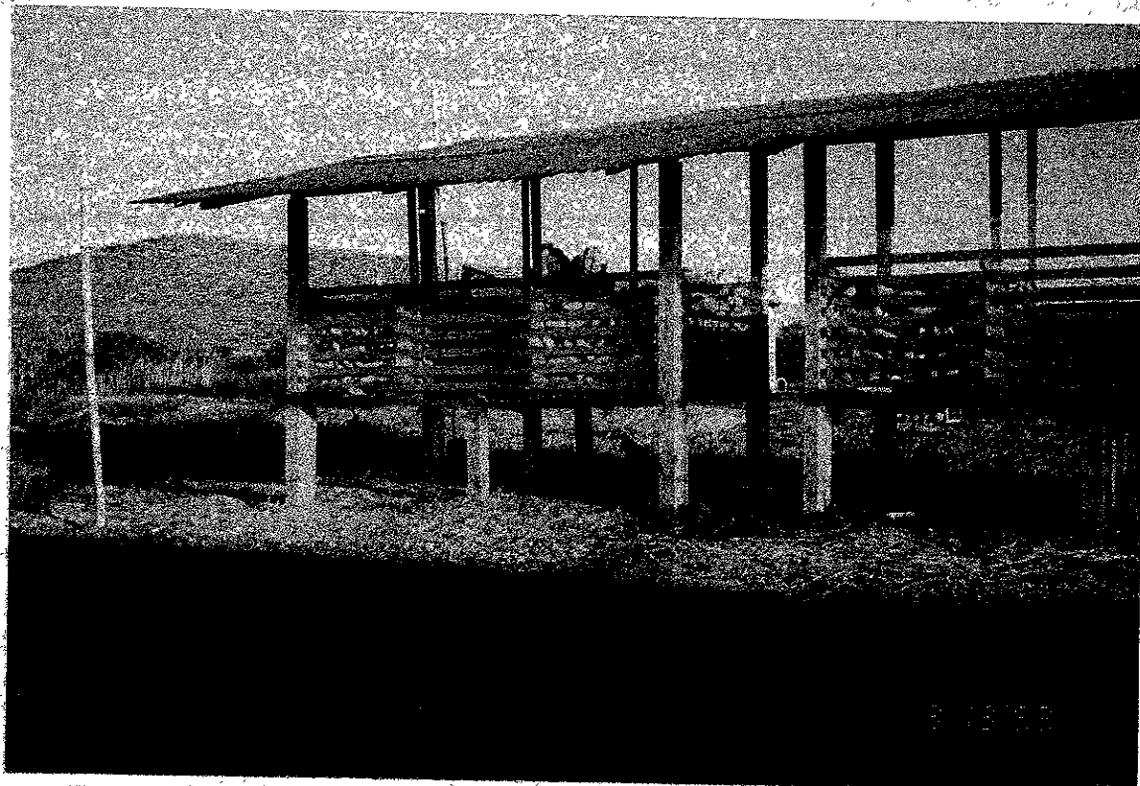


Figura 14. Troje utilizada para observar los hábitos de vuelo de los insectos de almacén y para alojar el maíz encostalado (testigo).

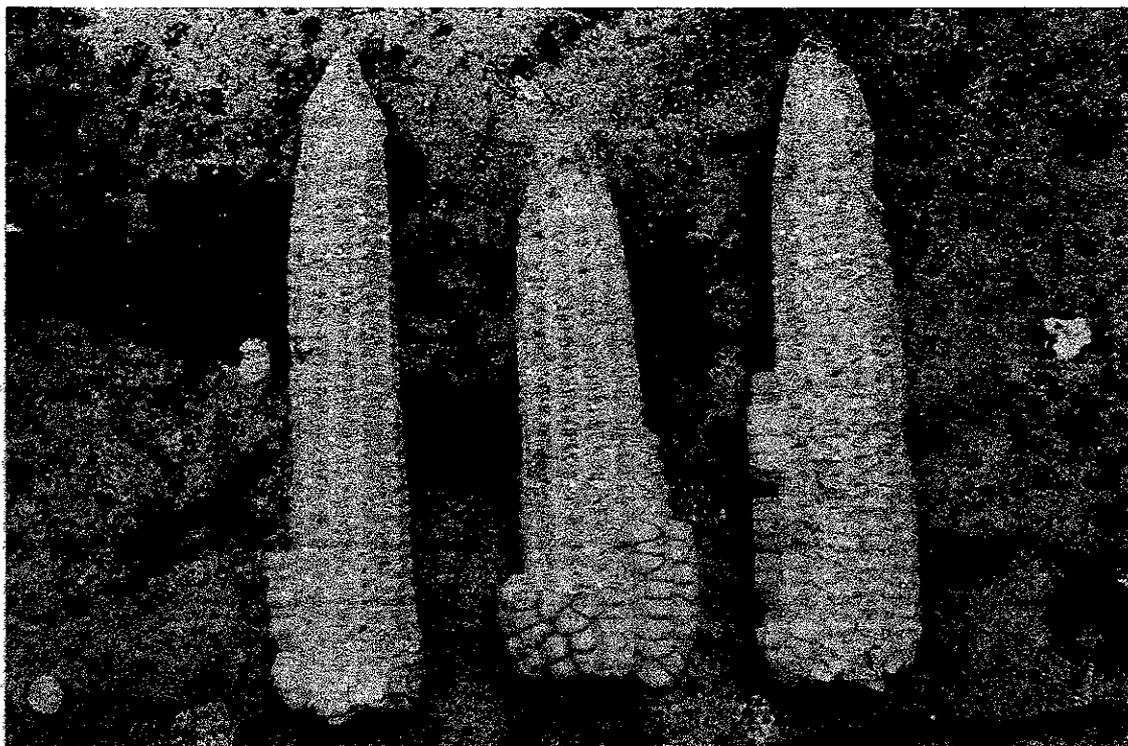


Figura 15 Mazorca dañada por el pájaro denominado localmente "tordo o urraco".



Figura 16. Vista lateral del "urraco" *Quiscalus mexicanus*.

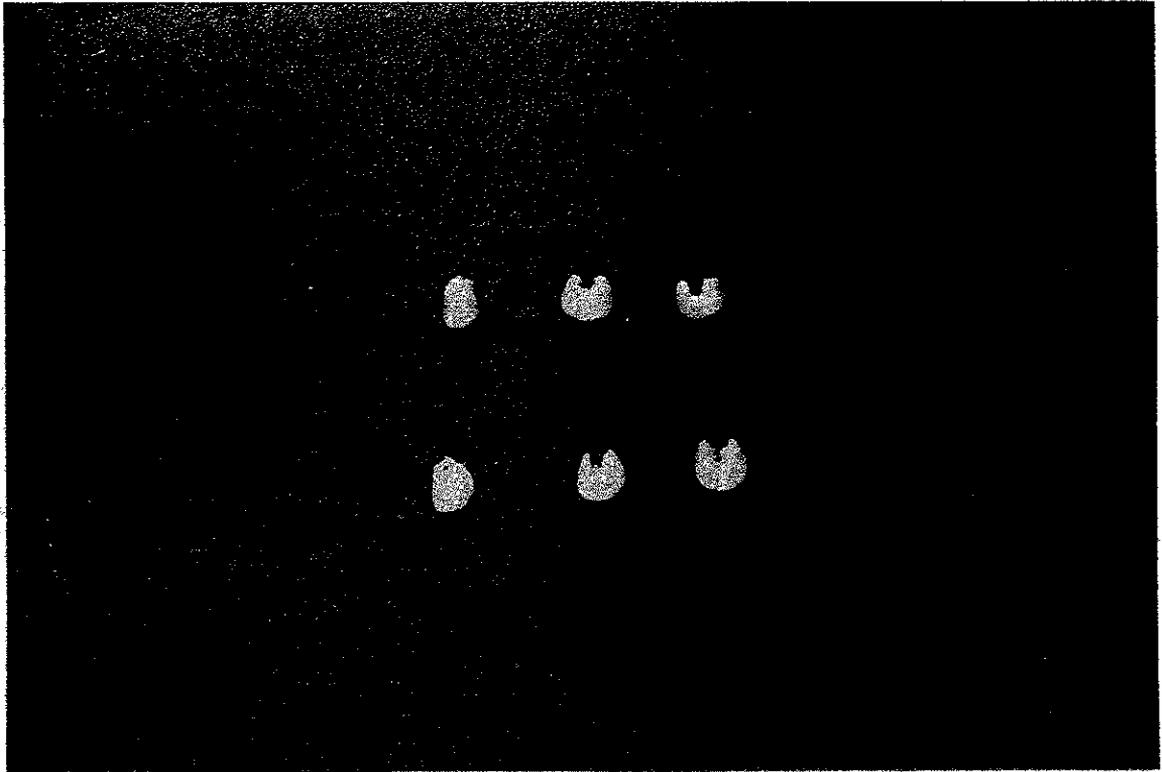


Figura 17. Daño por el ratón casero *Mus musculus*



Figura 18. Diferentes niveles de daño causado por insectos de almacén.



Figura 19. Apariencia general del gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais*.



Figura 20. Detalle de la parte anterior de *Sitophilus zeamais* (en vista lateral).