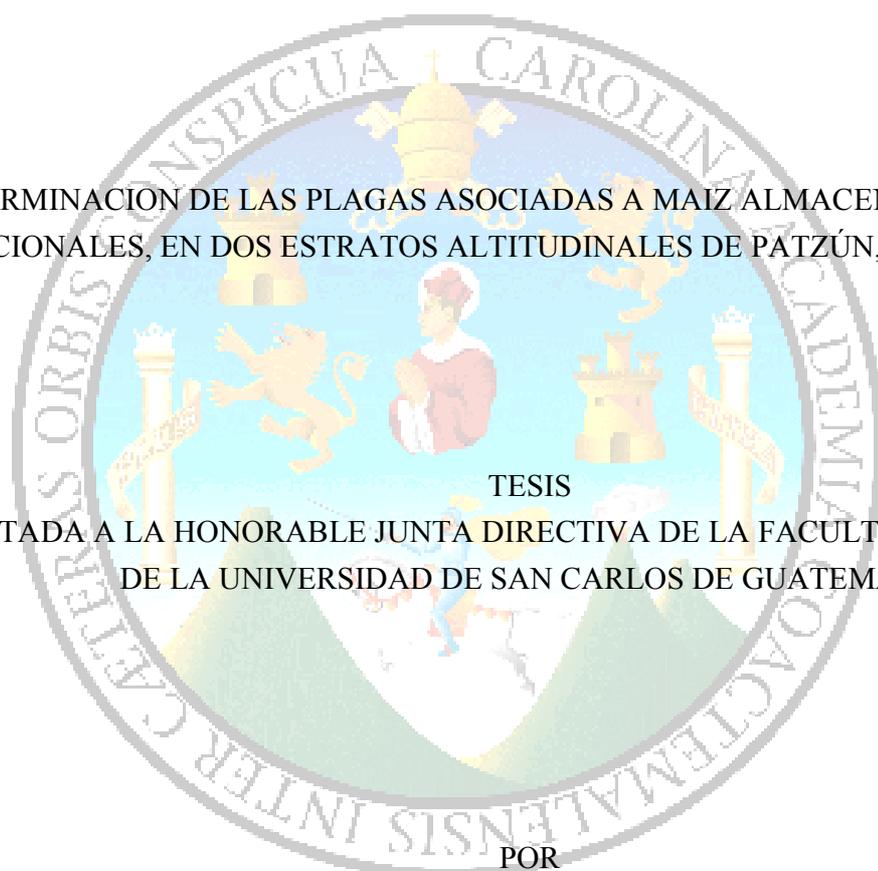


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS Y AMBIENTALES

DETERMINACION DE LAS PLAGAS ASOCIADAS A MAIZ ALMACENADO, EN TROJES
TRADICIONALES, EN DOS ESTRATOS ALTITUDINALES DE PATZÚN, CHIMALTENANGO

TESIS
PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



POR
EDGAR LEONEL JACINTO LOPEZ

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO INGENIERO AGRÓNOMO
EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

GUATEMALA, NOVIEMBRE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. M. V. LUIS ALFONSO LEAL MONTERROSO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO:	Dr. ARIEL ABDERRAMAN ORTÍZ LÓPEZ
VOCAL PRIMERO:	Ing. Agr. ALFREDO ITZEP MANUEL
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Agr. WALTER ARNOLDO REYES SANABRIA
VOCAL TERCERO:	Ing. Agr. ERBERTO RAÚL ALFARO ORTÍZ
VOCAL CUARTO:	Maestro ELMER ANTONIO ÁLVAREZ CASTILLO
VOCAL QUINTO:	Perito MIRIAM EUGENIA ESPINOZA PADILLA
SECRETARIO:	Ing. Agr. PEDRO PELAEZ REYES

Guatemala, octubre de 2,005

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señores miembros:

De acuerdo con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

**DETERMINACION DE LAS PLAGAS ASOCIADAS A MAIZ ALMACENADO, EN TROJES
TRADICIONALES, EN DOS ESTRATOS ALTITUDINALES DE PATZÚN, CHIMALTENANGO**

Presentado como requisito previo a optar el Título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

En espera que el presente trabajo llene los requisitos para su aprobación, agradezco su amable atención a la presente.

Atentamente,

Edgar Leonel Jacinto López

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS: Por darme la oportunidad de hacer realidad mis sueños.

MIS PADRES: Isabel Jacinto López y Ángela López Pacheco, por apoyarme desde mis primeros años de estudios y a lo largo de mi formación profesional.

MIS HERMANOS: Raymunda, Oscar René, César Augusto, Benjamín Rolando e Isabel Amílcar, por el apoyo incondicional brindado a lo largo de mi carrera.

MI ESPOSA: Gladys Angélica Acuta, con mucho amor por su comprensión y apoyo.

MIS HIJAS: Ángela Daniella y Andrea Isabel como un digno ejemplo a seguir.

MIS ABUELITOS: Agapita Pacheco Pérez ejemplo de respeto y admiración. Y Eduardo López Pablo, Bartolo Jacinto Rodríguez y María Juliana López (Q.E.P.D.) y que desde lo más alto me guíen y me den sus bendiciones.

MIS SOBRINOS: Que sirva de ejemplo a seguir en su formación profesional.

CUÑADAS: Por el cariño y aprecio.

TIOS Y PRIMOS: Por el apoyo moral brindado en algunas oportunidades.

MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS: Con quienes compartimos las aulas de la universidad.

TESIS QUE DEDICO

A: LOS AGRICULTORES DE GUATEMALA, MUY ESPECIALMENTE A
LOS DEL ALTIPLANO CENTRAL Y DE BAJA VERAPAZ.

ESCUELA NACIONAL RURAL MIXTA “LAS TUNAS SALAMA B. V.”

ESCUELA NACIONAL URBANA MIXTA “LAS PIEDRECITAS SALAMA
B. V.”

INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACION BASICA EXPERIMENTAL
“INEBE” SALAMA B. V.

INSTITUTO TECNICO DIVERSIFICADO DE BACHILLERATO EN
CONSTRUCCION, SAN PEDRO CARCHA ALTA VERAPAZ.

FACULTAD DE AGRONOMIA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA “USAC”.

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

Agradecimientos sinceros a mis asesores de tesis Ing. Agr. Álvaro Hernández Dávila, por su valiosa colaboración y asesoría a lo largo de la presente investigación y al Ing. Agr. Silvel Elías Gramajo, por su asesoría al inicio de la presente investigación.

A mis evaluadores Ing. Agr. Filadelfo Guevara y al Ing. Agr. José Humberto Calderón, quienes contribuyeron al fortalecimiento del presente trabajo.

Al personal del Programa POST-COSECHA, por su apoyo con el equipo de trabajo para la realización del trabajo de laboratorio.

Al personal del laboratorio de Entomología de la FAUSAC, por su apoyo brindado en proceso de trabajo.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO

	TEMAS	Págs.
	ÍNDICE DE CUADROS	vii
	ÍNDICE DE FIGURAS	vii
	RESUMEN	viii
1	INTRODUCCION-----	1
2	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA -----	2
3	MARCO TEÓRICO -----	3
3.1	MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL -----	3
3.1.1	Los granos -----	3
A	Composición Química -----	3
B	Factores que afectan la respiración: Temperatura, nivel de humedad, hongos, composición del aire del ambiente -----	3-4
C	Consecuencias del proceso respiratorio: pérdida de peso, calentamiento de los granos	4-5
D	El Grano y el medio ambiente -----	5
3.1.2	La producción y la postcosecha -----	5
A	Clases de pérdidas: pérdidas físicas, de calidad, de mercado, nutritivas, de semillas -----	5-6
3.1.3	Métodos de secamiento a nivel rural: -----	6
A	Secamiento -----	6
B	Métodos tradicionales: Secamiento natural, petates, mantas, sobre la tierra, sobre láminas	7
C	Métodos de secamiento en el campo (dobla) -----	7
D	Métodos mejorados de secamiento: de plástico o polietileno, en patios de cemento, -----	8
3.1.4	El Almacenamiento de granos -----	8
A	Porqué almacenar -----	8
B	Riesgos en el almacenamiento de granos -----	8
C	Recomendaciones -----	9
D	Donde se pueden guardar los granos: Calabazas, sacos, bodegas rústicas, trojas, etc. -----	9-10
3.1.5	Importancia del almacenamiento de granos -----	10
3.1.6	Necesidad del almacenamiento de granos-----	10
3.1.7	Factores que determinan el deterioro de los granos almacenados -----	11

A	Humedad -----	11
B	Temperatura -----	11
C	Oxígeno -----	11
D	Condición del grano -----	11
3.1.8	Los insectos asociados a granos almacenados -----	12
A	Temperatura -----	12
B	Humedad -----	13
3.1.9	Tipos de infestación -----	13
A	Directo -----	13
B	Indirecto -----	13
3.1.10	Principales plagas de granos almacenados -----	14
A	Plagas del orden Coleóptera, familia Bostrichidae -----	14
B	Plagas del orden Coleóptera, familia Bruchidae -----	15
C	Plagas del orden Coleóptera, familia Cucujidae -----	17
D	Plagas del orden Coleóptera, familia Curculionidae -----	17
E	Plagas del orden Coleóptera, familia Silvanidae -----	19
F	Plagas del orden Coleóptera, familia Tenebrionidae -----	19
G	Plagas del orden Lepidóptera, familia Gelechiidae -----	21
H	Otras plagas de artrópodos no insectiles de granos almacenados -----	22
3.1.11	Métodos de control de los gorgojos del arroz, maíz y trigo -----	23
A	Control cultural -----	23
B	Control físico Históricos -----	23
C	Control químico -----	23
D	Control biológico -----	23
3.1.12	Muestreo de granos almacenados -----	24
A	Muestreo -----	24
B	Equipo de muestreo -----	24
C	Momento en que se realiza los muestreos -----	24
D	Muestreo y niveles críticos para el maíz -----	25
3.2	MARCO TEÓRICO REFERENCIAL -----	25
3.2.1	Investigación sobre almacenamiento de maíz -----	25

A	Almacenamiento de maíz en troja rústica-----	25
3.2.2	Forma tradicional de almacenamiento de granos y la situación en el municipio de Patzún, Chimaltenango -----	25
A	Troja tradicional o prensa en maíz -----	25
B	Cosecha -----	26
C	Desgrane y secamiento al sol -----	26
D	Dimensiones y materiales de construcción -----	26
E	Condiciones y épocas de almacenamiento -----	26
F	Evidencia y control de plagas -----	26
G	Ventajas del almacenamiento en trojas -----	26
H	Desventajas del almacenamiento en trojas -----	27
3.2.3	Área de Investigación -----	27
A	Condiciones climáticas -----	27
B	Estratos altitudinales: Características generales de las aldeas Panibaj y Chipiacul-----	28
C	Tipos de maíces culturales -----	28
4	OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS -----	30
5	METODOLOGÍA -----	31
5.1	Selección de trojas -----	31
5.2	Unidad de muestreo y características -----	31
5.3	Frecuencia del muestreo -----	31
5.4	Forma del muestreo -----	31
5.5	Muestreos -----	31
5.6	Manejo de la muestra -----	32
5.7	Determinación de la temperatura y humedad del ambiente -----	32
5.8	Análisis preliminar -----	32
5.9	Determinación de los insectos obtenidos en los muestreos -----	32
5.10	Análisis de la información -----	33
6	RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	34
7	Determinación de las plagas por estrato altitudinal, sus proporciones y las condiciones y temperatura del almacenamiento -----	34
8	CONCLUSIONES -----	37

9	RECOMENDACIONES -----	37
10	BIBLIOGRAFÍA -----	38

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. Plagas de granos almacenados determinados en trojes tradicionales en dos localidades del municipio de Patzún, Chimaltenango. 2003.	34
CUADRO 2. Registro de los factores del almacenamiento en ambos estratos altitudinales	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de las localidades en el municipio de Patzún, Chimaltenango. 2003. Fuente: Hoja cartográfica 1960 II. IGN, 1ª. Edición. Sololá. Escala 1:50,000	29
Figura 2. Representación gráfica de la cantidad de insectos en los muestreos y sus valores de temperatura y humedad relativa por localidad. Patzún Chimaltenango. 2003	36

DETERMINACION DE LAS PLAGAS ASOCIADAS A MAIZ ALMACENADO, EN TROJES
TRADICIONALES, EN DOS ESTRATOS ALTITUDINALES DE PATZÚN, CHIMALTENANGO

DETERMINATION OF THE ASSOCIATED PLAGUES TO CORN STORED, IN TRADITIONAL
GRANARY, IN TWO LAYERS OF PATZUN, CHIMALTENANGO

RESUMEN

El presente estudio se realizó en las aldeas Panibaj y Chipiacul del municipio de Patzún en el departamento de Chimaltenango. Lo que se pretendía era determinar las plagas de insectos y ácaros asociados al maíz almacenado en trojes tradicionales, en ambas localidades como primera opción previo a recomendar algún método de control. De manera que dicha investigación se puede considerar como el diagnóstico preliminar de las plagas que se encuentran asociadas al maíz en postcosecha, posteriormente se tendrá que determinar el efecto que dichas plagas tienen en el maíz almacenado que justifiquen la implementación de una estrategia de control. Además de las plagas, se determinaron las condiciones de temperatura y humedad que predominan en dichas estructuras de almacenamiento y el grado de presencia de las plagas de acuerdo al estrato altitudinal que se muestreó. Los resultados obtenidos registraron la presencia de 9 plagas: *Sitotroga cerealella*; *Sitophilus zeamays*, *S. granarius* y *S. oryzae*; *Rhizopertha dominica*; *Cryptolestes ferruginius*; *Tribolium castaneum* y *Zabrotes subfasciatus*, para el caso de los insectos y el ácaro de la harina [*Acarus siro* (Acari: Arácnida)]. Las condiciones de temperatura y humedad relativa que prevalecieron en las estructuras de almacenamiento estuvieron en el rango de 14 a 25°C y 68 a 82% respectivamente en ambas localidades. Las plagas predominantes en ambas localidades fue *Sitotroga cerealella* con más del 75% de presencia, seguida del ácaro de las harinas (*Acarus siro*) con menos del 11% de presencia, el resto de las especies tuvieron baja presencia con valores menores del 7% en ambas localidades respectivamente.

1. INTRODUCCIÓN

El almacenamiento de granos y de semillas en las zonas rurales, en la mayoría de los casos reviste características transitorias y las bodegas o trojes rústicas que los agricultores utilizan para guardar los granos, por lo general no están construidas o adaptadas para conservar dicho material por períodos de tiempo prolongados y comúnmente lo hacen por períodos menores de un año. Los problemas más importantes que se presentan en el almacenamiento rústico de granos y semillas, son los mismos que se encuentran en el almacenamiento de granos en forma comercial, pero aquellos que más daño causan al grano almacenado bajo condiciones rústicas, son la presencia de plagas de insectos y roedores, así como la alta humedad en el grano que se almacena (12).

Un elemento básico para implementar medidas de control de las plagas en cualquier cultivo o proceso de producción es la identificación de las mismas, y el grado de presencia que éstas tienen o el impacto de las mismas en la producción son vitales para que el control sugerido sea el indicado, de manera que se tenga el menor impacto posible en la economía de los agricultores. La presente investigación se realizó en las aldeas Panibaj y Chipiacul, Patzún, Chimaltenango en donde el 100% de los agricultores se dedican a cultivar maíz y 90% de los mismos, emplean “trojas” rústicas para almacenarlo. Los objetivos planteados fueron determinar las especies de plagas en dichas localidades, el grado de presencia de éstas y las condiciones de temperatura y humedad que predominan en las estructuras de almacenamiento; determinándose que las principales plagas asociadas a maíz almacenado bajo las condiciones de dichas aldeas fueron: *Sitotroga cerealella*; *Sitophilus zeamays*, *S. granarius* y *S. oryzae*; *Rhizopertha dominica*; *Cryptolestes ferruginus*; *Tribolium castaneum* y *Zabrotes subfasciatus*, para el caso de los insectos y *Acarus siro* (Acari: Arácnida).

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El maíz almacenado constituye una reserva alimenticia que el agricultor mantiene en sus hogares para garantizarle parte de la alimentación de él y su familia. En las aldeas Chipiacul y Panibaj del municipio de Patzún (Chimaltenango) los agricultores, podían almacenar el maíz por más de un año sin que éste fuera afectado por plagas, principalmente por las condiciones de baja temperatura imperantes en el lugar, lo que hacía que las condiciones no fueran las ideales para desarrollarse. Sin embargo en los últimos años, esta situación ha cambiado, ahora, el maíz almacenado se ha visto afectado notablemente por la presencia de plagas de insectos principalmente. Por tales motivos los agricultores han empleado algunos métodos de control de plagas en sus almacenes, sin que los resultados esperados sean satisfactorios, ya que los métodos empleados les han resultado ineficaces. Por lo que para que el método de control sea el apropiado es imprescindible determinar el tipo de plaga que se desea controlar, es decir la o las especies plaga con la finalidad hacia quienes va dirigido dicho control. Por otro lado la mayor parte de los estudios efectuados sobre granos almacenados en Guatemala se han realizado en condiciones de clima cálido.

3. MARCO TEORICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1. LOS GRANOS

En general, los granos presentan características acordes con las especies a las que pertenecen. Los elementos básicos de la estructura del grano son: tegumento, embrión y tejido de reserva. Desde el punto de vista funcional, la semilla esta compuesta de una cobertura protectora, un eje embrionario y un tejido de reserva (4).

A. COMPOSICIÓN QUÍMICA

Las principales sustancias almacenadas por los granos son los carbohidratos, los lípidos y proteínas. El principal carbohidrato de reserva en los granos es el almidón. Cuando el almidón es la sustancia de reserva predominante el grano es denominado amiláceo; oleaginoso cuando los lípidos son las sustancias de reserva predominantes; y proteicos cuando lo son las proteínas (6).

Al considerar el principal compuesto de reserva, los granos se pueden dividir en ricos en carbohidratos, como es el caso de la mayoría de los cereales, y ricos en lípidos. Los granos ricos son cultivados para ser utilizados como alimento o como materia prima para las industrias. Los granos cuyo material de reserva predominantes es la proteína son poco conocidos, siendo la soja una de las pocas excepciones (6).

B. FACTORES QUE AFECTAN LA RESPIRACIÓN

Según las reacciones presentadas, el proceso respiratorio va acompañado de una pérdida de sustancias nutritivas. Los principales factores que afectan la velocidad del proceso respiratorio son:

i. TEMPERATURA

La respiración aumenta rápidamente cuando la temperatura se eleva de 30 a 40 °C, y a partir de este punto se produce un acentuado descenso del proceso. Por lo general, el aumento de la temperatura puede acelerar la respiración dos o tres veces hasta un cierto límite, las altas temperaturas produce como resultado los efectos destructores sobre las enzimas (7).

ii. NIVEL DE HUMEDAD

Influye directamente sobre su velocidad de respiración. Los granos almacenados con humedades entre 11 y 13% tienen un proceso respiratorio lento. Sin embargo, si se aumenta el contenido de humedad, se acelera considerablemente la respiración y, en consecuencia, ocurre un deterioro. El nivel de humedad del producto es un factor fundamental para su conservación (11).

iii. HONGOS

Recientes investigaciones concluyeron que una parte significativa del gas carboxilo (CO_2) que se produce durante la respiración, se debe al metabolismo de los insectos presentes en los granos secos y a los microorganismos (sobre todo hongos) presentes en los granos húmedos. Cuando los hongos son los principales agentes responsables del aumento del proceso respiratorio se puede llegar a un punto en que los granos húmedos dejan de ser organismos vivos y pasan a ser un sustrato alimenticio de los hongos, que siguen respirando y transformando la materia seca de los granos en gas carbónico, agua y calor (11).

iv. COMPOSICIÓN DEL AIRE DEL AMBIENTE

Aparte de la temperatura y del contenido de humedad que actúan sobre todo los procesos bioquímicos, la composición del aire ambiente de almacenaje (relación entre gas carbónico y oxígeno) también afecta el proceso respiratorio de la masa de granos. Cuanto mayor sea la proporción de CO_2 y menor la de oxígeno, menor será la intensidad respiratoria de los granos almacenados en una bodega o silo (11).

C. CONSECUENCIAS DEL PROCESO RESPIRATORIO

i. PÉRDIDA DE PESO

Mientras más alto es el contenido de humedad y la temperatura de la masa de granos, más intenso es el proceso respiratorio lo que implica mayor consumo de sustancias orgánicas, rápido deterioro del producto y mayor pérdida de materia seca y peso (7).

ii. CALENTAMIENTO DE LOS GRANOS

Existen dos clases de calentamientos en los granos (7):

- a. Calentamiento de granos secos o calentamiento ocasionado por insectos que pueden desarrollarse en los granos con humedad cercana al 15% o menos, lo que produce temperaturas de hasta $42\text{ }^\circ\text{C}$. (7).

- b. Calentamiento de granos húmedos ocasionado por microorganismos que se desarrollan en los granos con humedad de 15% o superior, lo que produce temperaturas de hasta 62 °C. (7).

Estos dos tipos de calentamiento se pueden desarrollar simultáneamente en la masa de granos, por lo que el calentamiento de granos secos se puede convertir en calentamiento de granos húmedos.

D. EL GRANO Y EL MEDIO AMBIENTE

Todos los organismos vivientes están sujetos a la influencia de factores físicos, químicos y bióticos del medio ambiente que los rodea. En el caso de los granos y de las semillas, los factores físicos tienen una influencia decisiva sobre la conservación. A los factores físicos como la temperatura y la humedad se les reconoce gran importancia, desde el punto de vista del almacenamiento, manejo y conservación de los granos y de las semillas, por la forma tan directa y trascendental en que ejercen su influencia sobre estos órganos vegetales (4).

3.1.2. LA PRODUCCIÓN Y LA POSTCOSECHA

La producción se inicia con la siembra y demás labores y finaliza con la maduración del grano. La etapa de postcosecha, se inicia desde que el grano alcanza su madurez y termina cuando es consumido por la gente y animales (2).

A. CLASES DE PÉRDIDAS

Existen diferentes clases de pérdidas de granos, que el agricultor experimenta. Generalmente el agricultor se da cuenta solamente de las pérdidas que se miran, desconociendo casi totalmente las otras clases de pérdidas de su grano. Las pérdidas pueden ser de la siguiente forma (2):

i. PÉRDIDAS FÍSICAS

Cuando el grano es dañado por insectos, roedores, pájaros, hongos y traslado.

ii. PÉRDIDAS DE CALIDAD

Se refiere cuando el grano posee mucho polvo, contenido de humedad muy alto, estiércol de roedores y hongos.

iii. PÉRDIDAS DE MERCADO

Son pérdidas que tiene el agricultor, debido a la abundancia de cosecha y los bajos precios en ciertas épocas de mercado de granos. Los agricultores tienen necesidad de dinero en efectivo, por lo que venden una parte de su cosecha, cuando los precios son muy bajos o venden su producto antes de la madurez, a precios aun más bajos. En el caso de muchos agricultores, la poca seguridad que ofrecen sus almacenes tradicionales para evitar las pérdidas, les obliga a vender el grano antes que se arruine; luego tendrán que comprar granos a precios muy altos (2).

iv. PÉRDIDAS NUTRITIVAS

Este tipo de pérdidas, se refiere al daño ocasionado por hongos, arruinando principalmente al corazón del grano (6).

v. PÉRDIDAS DE SEMILLA

Es cuando el grano que se va a usar para semilla, ha sido dañado por insectos, roedores y hongos (6).

3.1.3. MÉTODOS DE SECAMIENTO A NIVEL RURAL

A. SECAMIENTO

Consiste en disminuir el exceso de humedad (agua) en el grano o producto a almacenar. La práctica común en Guatemala para el secamiento de granos, consiste en cosechar el grano con alto grado de humedad y luego secarlo parcialmente sin ningún control y posteriormente venderlo. Entre las razones para el secado de los granos están (6):

- i. Para evitar que el grano se arruine.
- ii. Para garantizar y conservar la buena calidad del grano durante todo el tiempo de almacenamiento.
- iii. Para evitar el desarrollo de hongos, bacterias y el ataque de insectos.
- iv. Para evitar la germinación del grano.
- v. Para evitar el calentamiento del grano.
- vi. Para evitar una respiración excesiva del grano.

B. MÉTODOS TRADICIONALES

En Guatemala es muy común que los pequeños agricultores sequen su grano utilizando la luz solar como fuente de energía natural, en patios, láminas y mantas de tela o vegetales conocidos como petates (hechas de hojas de palmáceas) (6).

- i. SECAMIENTO NATURAL. Consiste en quitar el exceso de humedad del grano, utilizando la luz del sol y aire caliente.
- ii. SECAMIENTO EN PETATES. Consiste en usar mantas hechas de hojas de palma o de tul, que se colocan en el suelo y encima se pone el grano para asolearlo.
- iii. SECAMIENTO EN MANTAS. Es parecido al anterior, utilizando como piso, mantas de telas.
- iv. SECAMIENTO SOBRE LA TIERRA. Consiste en colocar el grano en mazorca con sin tuza (hojas que recubren la mazorca) o sin ella, directamente sobre el suelo. Las desventajas de éste métodos son:
 - a. Que el secamiento no es igual en todos los granos.
 - b. Que el grano absorbe la humedad del suelo.
 - c. Que el grano está arriesgado a daños por animales, lluvias, hongos y otras causas (6).
- v. SECAMIENTO SOBRE LÁMINAS. Consiste en colocar el grano sobre láminas de zinc y se debe remover para facilitar la circulación del aire. Las desventajas que presenta éste método son:
 - a. Sí el grano se va a utilizar como semilla, no es recomendable, ya que el embrión sufre mucho calor y pierde su poder de germinación.
 - b. El costo de la lámina es elevado (6).

C. MÉTODO DE SECAMIENTO EN EL CAMPO (DOBLA)

La dobla es un método tradicional de secamiento de grano en mazorca, directamente en el campo y puede ser considerado como una forma de almacenamiento temporal. Presenta las siguientes desventajas (6):

- i. El grano queda arriesgado a la humedad, temperatura y lluvia.
- ii. Al daño causado por insectos, hongos, aves, roedores y al robo.

D. MÉTODOS MEJORADOS DE SECAMIENTO

Son todas aquellas formas apropiadas para el buen secamiento de los granos o productos a secar, dentro de los cuáles se tienen (6):

- i. LIENZOS DE POLIETILENO (PLÁSTICOS Y NYLON). Esta forma de secamiento de grano, consiste en colocar lienzos de polietileno color negro (plásticos) directamente sobre el suelo y sobre los cuales se colocar el grano a secar, que se debe voltear cada cierto tiempo para facilitar el paso del aire caliente. Presenta las siguientes ventajas (6):
 - a. Los lienzos se nylon o plástico, se consiguen fácilmente en el mercado.
 - b. Son baratos.
 - c. No dejan pasar la humedad del suelo.

- ii. EN PATIOS DE CEMENTO. Se utiliza el sol. Para que el secamiento sea parejo, el grano tiene que ser constantemente volteado con rastrillos de hierro o de madera. Presenta las ventajas siguientes (6):
 - a. Se puede secar mayor cantidad de grano, dependiendo del tamaño del patio.
 - b. Se puede dar al grano una mejor limpieza, para un buen almacenamiento. Las desventajas de éste método es que la construcción de patios de cemento, resulta caro.

3.1.4. ALMACENAMIENTO DE GRANOS

A. POR QUE ALMACENAR

- i. Para tener una reserva de alimentos después de la cosecha.
- ii. Para tener semilla en la siembra del próximo año.
- iii. Para tener grano sano a la venta (1).

B. RIESGOS EN EL ALMACENAMIENTO DE GRANOS

- i. Que sea dañado, consumido o destruido por insectos.
- ii. Que sea invadido por hongos que ocasionan malos olores, sustancias venenosas que causan enfermedades y a veces la muerte al hombre y animales.
- iii. Que sea dañado con excremento y orines de ratas y ratones, que también son transmisores de enfermedades.
- iv. Que se contamine con tierra, basura y otros desperdicios (1).

C. RECOMENDACIONES

- i. Se debe guardar el grano que este sano, limpio y seco.
- ii. Debe tenerse locales apropiados para guardar el grano.
- iii. Se debe planificar un buen almacenamiento.
- iv. Se revisa constantemente el grano para descubrir a tiempo las causas que puedan dañarlo (1).

D. DONDE SE PUEDEN GUARDAR LOS GRANOS (1)

i. CALABAZAS (frutos de cucurbitáceas)

- a. Tecomates.
- b. Ayotes.

ii. SACOS

- a. Papel
- b. Brín, yute o plástico.
- c. Polipropileno (fibra de plástico).

iii. BODEGAS RÚSTICAS

- a. Corredores.
- b. Cuartos.
- c. Corrales tapados.

iv. TROJAS

- a. Troja común (prensa).
- b. Troja mejorada.

v. TAMBOS

- a. Plásticos.
- b. Metal (toneles).

vi. SILOS

- a. Barro.
- b. Ladrillos.
- c. Metálico tipo Oriente.

- d. Metálico tipo Costa sur.
- e. Metálico tipo Plano.

3.1.5. IMPORTANCIA DEL ALMACENAMIENTO DE GRANOS

El alimento es un factor limitante para la nutrición de todos los seres vivientes y la lucha constante para obtenerlo, es una característica biológica de estos organismos. El hombre ha tenido que hacer frente desde tiempo inmemorial, a la competencia con los demás seres vivos por el aprovechamiento de aquellos productos alimenticios, que les interesan mutuamente, para la conservación de su vida. Los granos constituyen una fuente de nutrición para el hombre y para muchos otros organismos, y su disponibilidad en un momento dado, significa la satisfacción de una necesidad esencial para el que pueda aprovecharlos primero. La conservación de los granos alimenticios ha sido, es y será, motivo de preocupación del hombre por su significado en la dieta humana y por la necesidad de resguardarlos contra el peligro que significa su aprovechamiento por sus demás competidores (4).

3.1.6. NECESIDAD DEL ALMACENAMIENTO

Como es físicamente imposible el consumo inmediato de la producción total de las cosechas de granos alimenticios, el hombre tiene que almacenarlas para consumirlas de acuerdo con sus necesidades nutricionales. Es común que las áreas de mayor producción de granos se encuentran alejadas de los centros de consumo, lo cual implica el transporte y almacenamiento de esos productos en lugares estratégicos, para su distribución oportuna cuando sean requeridos (4).

El mejoramiento de la técnica agrícola se ha reflejado en los últimos años, en incrementos notables en el rendimiento de las cosechas de granos básicos alimenticios por unidad de superficie. Como resultado de lo anterior, se tiene la imperiosa necesidad de conservar y almacenar mayores volúmenes de granos alimenticios producidos, que forman la reserva necesaria para la alimentación de la población creciente. Independientemente del uso de los granos y cereales, ya sea como alimento para el hombre y para los animales domésticos, así como para semilla que asegure la producción de mejores cosechas en el futuro o como materia prima en la industria, es necesario que se almacenen en forma ventajosa y por periodos variables de tiempo, para que se utilicen y consuman de acuerdo con las necesidades de la población (4).

El almacenamiento de los granos alimenticios, es un proceso costoso que trae implícitos fuertes gastos y problemas de carácter muy complejo, pero es requisito necesario y de una importancia decisiva para la nutrición humana. Los granos y cereales destinados a ser usados como semillas, como alimento o para la

industria, están sujetos durante el periodo crítico de su almacenamiento a pérdidas variables, adicionales a las naturales, causadas principalmente por factores físicos o bióticos (4).

3.1.7. FACTORES QUE DETERMINAN EL DETERIORO DE GRANOS ALMACENADOS

A. HUMEDAD (6)

La actividad biológica se produce cuando hay humedad. La humedad del grano superior a 16% y la humedad relativa de 70% son las condiciones adecuadas para el desarrollo de hongos, pero para que puedan sobrevivir los insectos la humedad del grano debe ser mas baja, del 11%. Si se incrementa la humedad relativa y se eleva la temperatura, aumenta la respiración de microorganismos y se dan las plagas que atacan a los granos almacenados. Existen tres conceptos básicos de humedad: a) humedad relativa; b) humedad del grano; y c) punto de equilibrio higroscópico; cuyo control es de suma importancia para la conservación de los granos almacenados.

B. TEMPERATURA (6)

Es el factor decisivo para el desarrollo de todos los microorganismos y guarda relación con la cantidad de humedad del ambiente, la que disminuye a medida que aumenta la temperatura. Algunas especies de hongos son capaces de desarrollarse a temperaturas tan bajas como -8°C y otros a temperaturas altas como 76°C . La temperatura óptima de 28 a 35°C es donde el crecimiento se da con mayor rapidez. Existen dos tipos de temperaturas que son importantes (9): 1) La del aire y 2) La de los granos en el almacén, lo que a su vez originan: A) Que los insectos comiencen a reproducirse, y B) Que las esporas de hongos comiencen a germinar.

C. OXÍGENO

Para mantener almacenado el grano en buen estado, mantenga una mínima cantidad de oxígeno, que se consigue en un lugar ventilado. Cuando el almacenamiento es en silo cerrado, no hay necesidad de oxígeno, pero el grano que esté bien seco, de 14 a 16 grados de humedad (6).

D. CONDICIÓN DEL GRANO

Para el almacenamiento, el grano debe estar libre de basura, enfermedades, humedad e insectos.

3.1.8. LOS INSECTOS ASOCIADOS A GRANOS ALMACENADOS (7)

Los insectos son importantes agentes que pueden causar daños a las semillas tanto en el campo como durante el almacenamiento, reduciendo drásticamente su calidad. Si la población de insectos crece en forma desmesurada, además de reducir la calidad del grano, se produce un incremento de la temperatura y humedad de los granos, un aumento del contenido de bióxido de carbono y una reducción del contenido del oxígeno del medio ambiente. El embrión puede sufrir diferentes grados de daño, o hasta morir durante la alimentación de los insectos en su estado de adulto o larva, o durante la oviposición. Si el embrión sobrevive, las reservas del endospermo pueden ser insuficientes para el desarrollo normal de la planta.

Los insectos son portadores de hongos que pueden debilitar o consumir las semillas o atacar la plántula que de ella de origina. Algunos insectos forman capullos y telas, que unen los granos formando conglomerados que hacen más difíciles las operaciones de aireación y control fitosanitario. Los insectos de granos almacenados más perjudiciales son aquellos que se alimentan del embrión y que destruyen el poder germinativo de la semilla. Los insectos que viven en el interior de la semilla se alimentan principalmente del endospermo, en cuyo caso el embrión no es afectado directamente, pero la reducción parcial o total de las reservas alimenticias hacen que la semilla pierda su vigor y produzca una plántula débil o incapaz de sobrevivir.

La infestación se origina tanto en el campo como en el almacén. Los insectos del almacenamiento comúnmente se encuentran presentes en almacenes, silos, trojes, depósitos en general e inclusive en casas-habitación, por lo que la semilla puede infestarse fácilmente al ser almacenada cerca de productos ya infestados. Los daños causados por la infestación de campo pueden evitarse si se cosecha la semilla tan pronto esté madura y se la somete a un secado y fumigación oportuna. La temperatura y la humedad son los principales factores que influyen en el desarrollo de los insectos (7).

A. TEMPERATURA

La mayoría de los insectos que atacan los granos almacenados son de origen subtropical y tropical. En regiones muy frías, los insectos alcanzan niveles de reproducción tan bajos que no llegan a caracterizarse como plagas. En los granos que se mantienen bajo los 17°C, el desarrollo de los insectos resulta insignificante. Los límites de temperatura para el desarrollo de la mayoría de los insectos que atacan los granos almacenados varían entre 20 y 35°C.

B. HUMEDAD

El contenido de humedad de los granos es un factor crítico para la sobre vivencia del insecto. Los insectos toman de los alimentos la humedad que requieren para sus procesos vitales. El aumento del contenido de humedad favorece la proliferación de los insectos; sin embargo, por sobre un cierto límite, el desarrollo de microorganismos inhibe el de los insectos. Los granos de cereales con humedad inferior al 10% inhiben la actividad de los insectos. Aparte de la temperatura y del contenido de humedad de los granos, la composición del aire intergranular (relación oxígeno/gas carbónico) constituye un importante factor para el desarrollo de las poblaciones de insectos que infestan los granos almacenados. En bodegas y silos, la masa de granos forma un microclima que afecta la respiración de los granos y organismos asociados a ella, por lo que la composición del aire intergranular puede resultar profundamente modificada (7).

3.1.9. TIPOS DE INFESTACIÓN (7)

A. DIRECTO

Consiste en la destrucción del grano por el insecto, con fines de alimentación y de oviposición, los cuerpos de los insectos muertos y sus excrementos contaminan el grano y los hacen parecer polvosos, sucios e inaceptables como alimento humano. Los insectos rompen y penetran la semilla, cuyas larvas viven dentro del grano del cual se alimentan hasta el estado adulto lo que equivale a la destrucción completa del grano.

B. INDIRECTO

Este tipo de daño es el calentamiento del grano producido por el metabolismo del insecto, lo que provoca un mal olor debido al desarrollo de microorganismos, lo que demerita el poder germinativo de la semilla y la calidad del grano. Los insectos que dañan a los granos almacenados pueden clasificarse desde el punto de vista del daño físico que causan.

- i. Plagas primarias: éstas atacan primero al grano; poseen habilidad para romper la cobertura del grano para llegar al endospermo del cual se alimentan, ovipositan en el interior del grano y durante la etapa de larva consumen de adentro hacia fuera; son los que mayor daño causan a los granos.
- ii. Plagas secundarias: no son capaces de romper el grano, pero continúan el daño hecho por las plagas primarias; se alimentan de granos agujereados, por lo general no atacan a granos sanos pero si continúan el ataque a granos podridos o a sus desechos.
- iii. Plagas terciarias: se alimentan más bien de desechos de granos quebrados, polvo de grano y toda clase de residuos dejados por otros granos que han sido atacados con anterioridad.

3.1.10. PRINCIPALES PLAGAS DE GRANOS ALMACENADOS

A. PLAGAS DEL ORDEN COLEÓPTERA, FAMILIA BOSTRICHIDAE

i. BARRENADOR MENOR DE LOS GRANOS (*Rhizopertha dominica* Fabricius)

Este insecto, conocido como barrenillo de los granos, puede ser catalogado como el que sigue en importancia económica después de *Sitophilus oryzae*. Fue descrito desde el año de 1792. Es una especie de primordial importancia económica. Este insecto pertenece a una familia que agrupa a aquellos insectos que perforan la madera y ha sido encontrado, en ocasiones, perforando a la madera usada para los empaques. Es una plaga que ataca prácticamente a todos los cereales y los granos altamente infestados por ella, llegan a quedar reducidos únicamente a la cubierta o pericarpio. Pueden encontrarse hasta cuatro adultos en un solo grano, como se ha visto en diversos casos de variedades de maíz de grano grande; ataca, asimismo, a los subproductos de los granos, como las harinas. Por sus hábitos puede también causar ingestación en el campo. Las hembras depositan sus huevos no solamente sobre los granos, sino también en otras partes del almacén o en los empaques del grano; las larvas, al emerger perforan los granos dentro de los cuales completan su ciclo evolutivo. Las larvas que emergen de aquellos depositados en otras partes que no sea el grano, se mueven alimentándose sobre granos farináceos en el almacén. El primer estadio larval, es de forma recta y puede perforar granos en buenas condiciones, pero posiblemente los estadios siguientes no pueden hacer esto; en los últimos estadios, el desarrollo de la larva tiene forma curva, tal vez por ello dificulte la penetración de los granos. Estos insectos pueden distinguirse por su tamaño pequeño y por su forma cilíndrica, miden entre 2 a 2.3 mm de longitud, son de color café casi negro y de superficie rugosa; su cabeza, como todos los miembros de esta familia, esta inclinada y escondida hacia la parte inferior o ventral del tórax; poseen mandíbulas resistentes, que pueden causar serios daños a los granos o a cualquier parte de la estructura maderable de la troja o almacén. Se ha determinado que las infestaciones de *R. dominica* no progresan en granos colonizados con hongos (4).

ii. BARRENADOR MAYOR DE LOS GRANOS (*Prostephanus truncatus* Horn)

Conocido comúnmente como gorgojo barrenador de los granos, es un insecto que ataca severamente a todos los cereales y a sus productos. No daña al frijol. Los adultos y las larvas originan perforaciones en los granos; se alimentan del endospermo y producen polvo abundante; comen el interior del grano, dejando la cubierta (4).

B. PLAGAS DEL ORDEN COLEÓPTERA, FAMILIA BRUCHIDAE

Los brúchidos o brúquidos en su mayoría son plagas de campo, es decir, ovipositan sobre el grano, la larva penetra en él y completa su desarrollo cuando el producto se encuentra almacenado, entonces emergen los adultos. Otros ovipositan en la vegetación y luego atacan los granos y regresan al campo para iniciar otra infestación y otros pueden continuar las infestaciones en el almacén. El cuerpo tiene la forma de un huevo, o sea, que su parte posterior es más amplia, de antenas largas y pectinadas y los élitros no alcanzan a cubrir los últimos segmentos del abdomen. Landaverde (9), citando a varios investigadores quienes señalan que éstos insectos poseen gran capacidad de vuelo y son de colores opacos, con manchas más claras sobre el cuerpo. El cuerpo es pubescente, los fémures posteriores son gruesos, el tarso con 4 segmentos, siendo el primero alargado y el tercero bilobulado, con las uñas dentada en su base. Las larvas son ápodas, pero son móviles. Muchos viven en semillas de leguminosas aunque otros viven en cualquier tipo de vegetación.

i. GORGOJO DEL FRIJOL (*Acanthoscelides obtectus* Say.)

Este insecto, comúnmente conocido como gorgojo del frijol, fue identificado en 1931 como *Bruchus obtectus* Say. El adulto tiene la cabeza pequeña con ojos grandes y salientes, antenas largas y aserradas; el protórax es cónico, con la superficie superior suavemente convexa, ligeramente deprimido antes del margen posterior. Es una de las plagas más importantes para este grano. Ataca prácticamente a cualquier tipo de frijol almacenado y puede ocasionar serias infestaciones en el campo. Ha sido reportado atacando algunas variedades de lenteja y otras clases de semillas almacenadas. Este insecto se encuentra comúnmente en las zonas productoras de frijol donde las hembras causan infestaciones de campo y en frijol almacenado, se reproducen fácilmente ocasionando serios perjuicios. Las formas inmaduras completan su desarrollo dentro del grano del frijol. La hembra oviposita sobre el grano y al emerger la larva penetra en él. El ciclo lo completa en 30 a 45 días a 30°C y 70% de humedad relativa; el ciclo se alarga con temperaturas menores. Se le considera una plaga primaria de granos. Granos atacados por esta especie pierden su valor comercial. (6, 9).

ii. EL GORGOJO DE LAS ARVEJAS O GUISANTES [*Bruchus pisorum* (L.)]

Inicialmente fue descrito por Linneo como *Dermestes pisorum* en 1752; tiene la cabeza pequeña con las antenas un poco más anchas y sobrepasan la base del pronoto. El pronoto es subrectangular, un poco más de una y media veces tan amplio como largo. Miden 3.5 a 5.0 mm de largo y de 2.0 a 2.9 mm de ancho; vive y se reproduce únicamente en arvejas (*Pisum sativum*).

Es originario del Asia Occidental y se encuentra en todos los países que cultiven arvejas. Sólo se reproducen en el campo, pues no son capaces de reinfestar arvejas secas o almacenadas. Tienen una generación al año, según varios investigadores citados por Landaverde (9).

iii. GORGOJO DEL FRÍJOL O DEL CHÍCHARO [*Callosobruchus chinensis* (L.)]

Landaverde (9) citando a varios investigadores señala que fue identificado como *Curculio chinensis* L., en 1758, también se conoce como *Bruchus chinensis* (L.), *B. pecticornis* L. (1767); *B. rofus* Deg. (1775); *B. estullarius* Fab. (1792); *B. barbicorium* Fab. (1801); *B. bistriatus* Fab. (1801). Tiene la cabeza de color negro con el cuello algo rojizo. Las antenas sobrepasan la mitad del cuerpo. El protórax es cónico, con los lados casi rectos, con pubescencia blanca y el escutelo también es blanco. Fémur posterior con un canal ventral rodeado a ambos lados por unos bordes, con un diente cada uno, siendo el interno más grande. Mide 2.5 a 3.5 mm de largo. Las antenas del macho son pectinadas y las de las hembras marcadamente aserradas. La hembra pone los huevos en las semillas de las leguminosas o en las vainas ya maduras. El ciclo de vida dura 18 – 22 días a 32°C de temperatura y 90% de humedad relativa. La larva emerge y barrena el grano y sigue atacando productos en almacén. Es originario de China y Japón, de donde se distribuyó a todos los países de las regiones tropicales y subtropicales, posiblemente por el comercio. Es una plaga de leguminosas, prefiere los garbanzos, pero también se alimenta de soya, arvejas, lentejas y otros. Se menciona que no ataca el frijol común (*Phaseolus vulgaris*).

iv. EL GORGOJO DE LA SOYA [*Callosobruchus maculatus* (F.)]

Fue identificado por Fabricius como *Bruchus maculatus* en 1775. Mide 3 a 4.5 mm de largo, la cabeza con las antenas aserradas. El protórax es cónico con los lados ligeramente convexos. Los élitros son oscuros y tienen dos manchas largas redondeadas en la mitad del élitro. El fémur posterior en su lado interno posee dos dientes, uno más grande que el otro. La pubescencia es blanca. Se considera originario de África; pero en la actualidad se encuentra en las regiones tropicales y subtropicales del mundo; en América es de reciente introducción. Se alimenta de soya, garbanzo y arvejas, mostrando menos preferencia por lentejas y frijoles. Ataca en campo y en almacén. La hembra pega los huevos sobre granos o vainas. El ciclo se completa en aproximadamente 21 días a 32°C y 90% de humedad relativa (9).

v. EL GORGOJO DEL FRÍJOL (*Zabrotes subfasciatus* Boheman)

En el manual de plagas de granos almacenados para la región del OIRSA (9) citando a varios investigadores, se anota que fue descrito en 1833 como *Spermophagus subfasciatus* Boheman, conocido también como *Zabrotes pectoralis*, *Z. dorsopictus* y *S. pectoralis*.

El adulto es de cuerpo ovoide de color negro, con excepción de la base de las antenas y ápice de los tarsos. La hembra es de color negro con cuatro manchas de color cremoso en los élitros. El protórax es casi semicircular, redondeado en el frente. El fémur posterior carece de dientes y en el extremo apical de la tibia tiene dos espinas. El adulto mide 1.8 a 2.5 mm de largo. Se considera originario de América Latina, encontrándose en las regiones tropicales y subtropicales y también ha sido reportado de África. Su ciclo de vida dura 24 a 25 días a 32°C y 70% de humedad relativa. Es una plaga importante del frijol, quizás la más importante, pero también se alimenta de otras leguminosas como arvejas, lentejas y soya.

C. PLAGAS DEL ORDEN COLEÓPTERA, FAMILIA CUCUJIDAE

En el manual de los productos almacenados en la región del OIRSA (9), señalando a varios investigadores se anota que los escarabajos de este grupo son insectos pequeños (1.9 - 4.0 mm de largo), extremadamente planos y de colores rojizo, café (marrón) o amarillentos. En general se encuentran bajo la corteza, algunos son depredadores de ácaros e insectos pequeños que se encuentran bajo cortezas. Algunas especies que anteriormente se incluían en esta familia, en la actualidad se encierran dentro de la familia Silvanidae y viceversa. El género *Cryptolestes* (= *Laemophloeus*), abunda en graneros y bodegas de granos.

i. LOS GORGOJOS PLANOS Y APLANADO DE LOS GRANOS [*Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) y *C. pusillus* (Schoenherr)]

Son de cuerpo aplanado, miden entre 1.5 - 2.0 mm de largo, de color castaño claro, la cabeza con antenas largas y filiformes que no sobrepasan, o son iguales a la mitad del cuerpo y son dirigidas hacia adelante. *C. pusillus* posee un surco transversal cerca del margen posterior de la cabeza y que está ausente en *C. ferrugineus*. También *C. pusillus* posee 4 hileras de pelos en los élitros, entre las estrías. El protórax es más ancho en el frente que en su base y a ambos lados posee dos crestas laterales que lo recorren totalmente. Ambas especies son similares en forma y hábitos y son capaces de volar. Se alimentan de granos de cereales, harinas, salvado y alimentos para ganado; proliferan más en granos quebrados. El ciclo biológico de *C. ferrugineus* es de 23 a 26 días a 38°C y 75% de humedad relativa, mientras que el de *C. pusillus* es de 21 días a 37°C y 80% de humedad relativa. *C. ferrugineus* soporta climas templados y *C. pusillus* prefiere climas tropicales. Se encuentran en todo el mundo. Se consideran como plagas secundarias, pero causan más daño cuando hay granos quebrados y húmedos (9).

D. PLAGAS DEL ORDEN COLEÓPTERA, FAMILIA CURCULIONIDAE

Los picudos, como más comúnmente se les conoce, pertenecen a esta familia, la cual es muy numerosa y contiene numerosas plagas importantes de cultivos de cereales, frutales, musáceas, etc., transmitiendo también organismos causantes de enfermedades. Dell Orto y Arias (1985), citados en el manual de plagas de productos almacenados del OIRSA (9) reportan que aproximadamente 30 especies son plagas de productos almacenados y de éstas, tres son plagas primarias de extrema importancia económica distribuidas por todo el mundo. Los adultos se caracterizan por tener la cabeza proyectada en un pico de donde nacen las antenas acodadas y el aparato bucal en su extremo. Las larvas son gruesas, cortas y ápodas.

i. GORGOJO DEL ARROZ (*Sitophilus oryzae* L.)

Este insecto, comúnmente conocido como gorgojo del arroz o del trigo, fue descrito en el año de 1,763. Es un insecto cosmopolita y una de las plagas más severas que ataca a los granos almacenados; se encuentra distribuido principalmente en las áreas tropicales y semitropicales del mundo. Estos insectos causan una destrucción casi completa de los granos en almacenamiento, especialmente cuando las condiciones ambientales les son favorables para su desarrollo y el grano permanece estacionario por algún tiempo. El daño principal de estos insectos lo causan por la actividad alimenticia tanto de las larvas como de los adultos. La alimentación de las larvas esta confinada principalmente a las se millas o granos, de los que consumen l aparte exterior, en tanto que los adultos se alimentan de la parte exterior de una gran variedad de granos, semillas, frutos y otros alimentos. El grano infestado por estos insectos casi siempre es inadecuado para el consumo humano y de los animales domésticos teniendo, también, un poder germinativo muy reducido (9, 10, 11).

ii. GORGOJO DEL MAÍZ (*Sitophilus zeamais* Motschulsky)

A este gorgojo, también se le conoce como gorgojo grande del cultivo, es una especie cosmopolita y ampliamente difundida por el comercio de cereales. Es de gran importancia en países tropicales y subtropicales. Se le considera peligroso para el cereal almacenado. Ataca todo tipo de cereales: las larvas pueden también desarrollarse en pastas y fideos, trigo, arveja, piñones, castañas y semillas de algodón. El adulto puede también alimentarse de harina, galletas, obleas, pan blanco, tabaco y semillas de cáñamo. A menudo se encuentra asociado con la especie anterior (9, 11).

iii. GORGOJO DEL TRIGO (*Sitophilus granarius* L.)

Este insecto es conocido vulgarmente como gorgojo del maíz, del trigo o de los cereales (en estado adulto). Tanto las larvas como los adultos, causan destrucción completa de granos y de sus productos; pueden

también alimentarse de las harinas o de los granos molidos, y, en general, de los productos de cereales. Los adultos raramente destruyen mediante la perforación del envase que contiene a los granos o a los cereales (9).

E. PLAGAS DEL ORDEN COLEÓPTERA, FAMILIA SILVANIDAE

Esta familia está emparentada con la familia Cucujidae, a tal grado que algunas especies las colocaban en una familia y luego la pasaban a la otra. En este trabajo ha ocurrido esto, pero se ha seguido el orden de los autores consultados. Son insectos pequeños de aproximadamente 2 - 3 mm de largo, de cuerpo alargado y aplanado, antenas con 11 segmentos terminados en una maza, los élitros cubren todo el abdomen, ventralmente se observan 5 segmentos abdominales. Los tarsos son de cinco segmentos. Unas especies viven bajo la corteza de árboles y otras son reportadas en productos almacenados (9, 11).

i. GORGOJO ASERRADO DE LOS GRANOS [*Oryzaephilus surinamensis* (L.)]

Constituyen una de las plagas más serias de insectos que atacan a los granos almacenados. Los adultos son muy activos, casi omnívoros y más bien de gran longevidad. Las hembras ovipositan sus huevos aisladamente o en pequeños grupos, generalmente escondidos entre las ranuras de los alimentos donde viven, a veces lo hacen sobre el alimento finamente dividido. Atacan a las harinas y los subproductos como salvados y otros. Estos insectos causan daños muy serios a prácticamente todos los tipos de semillas y alimentos humanos; se alimentan consumiendo principalmente los granos rotos o dañados. Se considera como una plaga secundaria (4).

F. PLAGAS DEL ORDEN COLEÓPTERA, FAMILIA TENEBRIONIDAE

Los tenebriónidos o escarabajos oscuros, son una familia, con un grupo grande y variado, pero se distinguen por su fórmula tarsal 5-5-4, la cavidad coxal anterior cerrada por detrás, las antenas de 11 segmentos filiformes o moniliformes y los élitros cubren el abdomen, siendo visibles 5 segmentos ventralmente. La mayoría son de color negro o café y se encuentran en diversos hábitats, debajo de la corteza de árboles, madera en descomposición, crecimientos de hongos, vegetales, unos pocos en productos almacenados y a menudo muy destructivos (9).

i. EL GORGOJO CORNUDO DE LA HARINA [*Gnathocerus cornutus* (F.)]

Dell Orto y Arias (1985), citados en el manual de plagas de los productos del OIRSA (9), señalan que conjuntamente con el gorgojo cuernos cortos de la harina [*G. maxillosus* (F.)], son insectos cosmopolitas, encontrándose ambos en regiones tropicales y subtropicales. *G. cornutus*, mide 4mm de largo y *G. maxillosus* 3 mm de largo. *G. cornutus* es más fuerte, los machos presentan mandíbulas en forma de cuernos. *G. maxillosus* tiene las mandíbulas más delgadas y curvadas. Son de antenas cortas con 11 segmentos y no

sobrepasan el protórax. El protórax es rectangular, más ancho que largo; los élitros son estriados por medio de punciones.

Las hembras, porque carecen de mandíbulas en forma de cuernos se asemejan a las especies del género *Tribolium*. Su ciclo biológico a temperaturas de 24° - 29°C es de 77 días. Se alimentan de preferencia de harinas de cereales, salvado, productos de cereales y granos con alto contenido de humedad y deteriorados. Son plagas importantes en molinos.

ii. FALSO GORGOJO DE LA HARINA (*Tribolium confusum* Duval)

El adulto es un insecto conocido con el nombre común de gorgojo de las harinas. Es un insecto que tiene una longevidad, con promedio de más o menos un año, aunque hay informes de algunos que han vivido por 3 años y 9 meses en el estado adulto. Las especies de *Tribolium* causan daños muy serios en los molinos harineros, graneros, bodegas o almacenes de abarrotes, embarques de granos y productos de granos, en donde comúnmente se les encuentra. Se alimentan prácticamente de cualquier tipo de grano o producto de él, tales como harinas, harinas para pasteles, frutas secas, salvado, y muchos otros productos. Se considera la plaga más seria en los molinos (4).

iii. GORGOJO CASTAÑO DE LA HARINA (*Tribolium castaneum* Herbst.)

El nombre común de este insecto es gorgojo rojo de las harinas y fue descrito desde el año de 1,797. Es una plaga de los granos y productos almacenados de distribución cosmopolita, que se encuentra en almacenes, bodegas y graneros. Generalmente, ataca a los granos que han sido dañados ya por otras especies de insectos. Sin embargo se ha demostrado que pueden iniciar el ataque de granos, por lo que se considera como un a plaga primaria; con frecuencia ataca el germen de los granos, principiando su daño con pequeñas lesiones producidas en ellos. Las harinas fabricadas con granos atacados por estos insectos toman un característico color oscuro y un olor parecido al nabo (4).

iv. GORGOJO GRANDE Y NEGRO DEL MAÍZ (*Tenebroides mauritanicus* L.)

Este insecto es conocido vulgarmente como gorgojo grande y negro, es una de las especies más grandes que atacan a los granos almacenados. Normalmente pasan el invierno en estado larval o en estado adulto en aquellos granos almacenados o productos de granos de los cuales se alimentan. Se pueden encontrar barrenando o haciendo galerías en la madera de las paredes de las trojes o en la madera de las piezas de este material en los molinos. Sus larvas y los adultos pueden encontrarse con cierta facilidad en climas fríos; en climas o almacenes cálidos, cualquier estado biológico del insecto puede hallarse en cualquier tiempo (4).

v. GORGOJO NEGRO DE LA HARINA (*Tenebrio molitor* L.)

Este insecto conocido vulgarmente como gorgojo negro de la harina es un insecto de distribución cosmopolita. Constituye una plaga que se alimenta principalmente de harina o de alimentos molidos, pero también puede infestar granos que se encuentren en malas condiciones, ataca salvados y subproductos de salvados, así como a otros productos molidos que se acumulan bajos los envases o costales en las ranuras de los silos, de las trojes, etc. Por esta razón, tanto los estados larvarios como los adultos de estos insectos pueden encontrarse en aquellos lugares húmedos de almacén o de los molinos en donde se acumulan materiales en malas condiciones. Los insectos generalmente viven en lugares oscuros, en esquinas donde se acumula desperdicios y en sitios que se encuentran productos molidos por indefinido. La presencia de estos insectos es casi siempre un indicio de las malas condiciones sanitarias a las trojes, almacenes, bodegas o molinos. Los adultos son negros, de más o menos 14 mm de longitud y con las alas bien desarrolladas. Los adultos pueden ser confundidos con cierta facilidad con *T. mauritanicus*, sin embargo, hay características taxonómicas que los distinguen perfectamente; esta confusión precisamente nace de que son del mismo tamaño. Por otro lado, el tiempo de desarrollo del adulto de las especies de *Tenebrio* es generalmente más corto (4).

G. PLAGAS DEL ORDEN LEPIDÓPTERA, FAMILIA GELECHIIDAE

Es una de las familias más numerosas de los Microlepidópteros y contiene especies bastante comunes. Los palpos labiales son largos y curvados hacia arriba y el segmento terminal es largo y puntiagudo. Las larvas tienen diversos hábitos, unos son minadores de hojas, otros forman agallas, otros son enrolladores de hojas y una especie es una plaga seria de granos almacenados cuya larva se alimenta en el grano destruyéndolo completamente.

i. PALOMILLA DEL MAÍZ [*Sitotroga cerealella* (Olivier)].

Este insecto se conoce vulgarmente como palomilla del maíz. Es una especie cosmopolita que se encuentra distribuida en prácticamente todas las partes del mundo y además, es un insecto sumamente destructivo para el grano, siendo considerado por la mayoría de los autores, como en segundo lugar después del *S. oryzae*, desde el punto de vista de importancia económica. Este insecto causa un porcentaje variable de infestación en el campo, de tal manera que cuando las cosechas, aunque los granos parezcan limpios, cuando llegan al almacén, ya se encuentran ovipositados por éstos geléchidos y pronto empiezan a ser infestados los granos por grandes cantidades de ellas en forma sumamente severa. El daño más fuerte que hacen estos insectos, tiene lugar precisamente, en los lechos superiores de los granos o en la parte exterior de los envases o costales, así como en la parte superior de las trojes, silos o almacenes, es decir, en el lecho superior.

La parte inicial de la infestación se verifica cuando los granos en desarrollo pasan a través del estado de leche en el campo y generalmente un porcentaje determinado de ellos es infestado, dependiendo de las áreas ecológicas consideradas. Cuando el trigo se encuentra en el campo, es muy fácil para estas palomillas para pasar de espiga en espiga e ir ovipositando sobre los granos, de tal manera que esta infestación en el campo resulta de mucha importancia por lo que respecta este insecto. El grano es cosechado y almacenado, la infestación se incrementa rápidamente cuando las condiciones le son favorables. Cuando estas infestaciones se realizan en el almacén, generalmente solo los lechos superiores de los granos son infestados, ya que las palomillas no pueden penetrar a través de estos lechos hasta profundidades determinadas. Las cosechas tardías, cuando este insecto se encuentra ya presente en el medio ambiente, provoca serias infestaciones. La palomilla también se reproduce en los graneros, en las trojes, en los silos, bodegas y almacenes (4, 9).

Las larvas presentan seis patas verdaderas y ocho falsas. La larva joven se arrastra hasta un grano y muchas veces hila un pequeño capullo para ayudarse a perforar el grano duro; una vez dentro, se alimenta del endospermo o del germen hasta que esté completamente desarrollad. Durante la fase de larva se producen tres mudas; después de las cuales, la larva alcanza su máximo desarrollo, transformándose en crisálida en el interior de la semilla; cuando está completamente desarrollada, prepara un agujero de salida a través de la envoltura de la semilla, se convierte en pupa de color café rojizo. La larva es de cuerpo aplastado y pelos cortos, de color blanco con tonalidades rosadas, con la cabeza amarillenta. Al emerger, se acerca a los granos de los cereales raspando con sus pequeñas mandíbulas y perforando luego el grano y penetrando en él, donde complete su ciclo (8).

H. OTRAS PLAGAS DE ARTRÓPODOS NO INSECTILES DE GRANOS ALMACENADOS

i. Ácaro de la harina [*Acarus siro* L. (= *Tyroglyphus farinae*); Ácari: Astigmata: Aráchnida]

Conocido como ácaro de la harina o de los granos. Las condiciones favorables para su desarrollo son temperatura entre 25° a 32°C y humedad relativa arriba del 62%. Infestaciones altas descomponen las harinas, pronto secretan malos olores y se observan muchos cuerpos de ácaros muertos y sus heces. Este ácaro de tamaño casi microscópico, se encuentra difundido en el mundo entero, atacando cereales, frutas secas, quesos y muchos otros tipos de productos almacenados, particularmente si tienen alto contenido de humedad. Se desarrollan principalmente en granos partidos, quebrados o dañados por otros insectos. En los granos enteros solo ataca el embrión, las harinas fuertemente infestadas toman un sabor amargo y contienen gran cantidad de restos de ácaros y de sus excrementos. Es considerada una plaga secundaria en granos almacenados. Las hembras pueden llegar a poner hasta 100 huevos o más. Los huevos pueden sobrevivir varios meses a 0°C y períodos más cortos a temperaturas menores.

Tanto los adultos como las formas juveniles atacan los alimentos. Pueden producirse períodos en estado de reposo denominados hipopus en estas condiciones pueden sobrevivir hasta 7 meses en harina seca a temperatura ambiente. La reproducción puede ocurrir a temperaturas de 2.5 a 30 °C y hasta un contenido de humedad de alrededor del 12 %. Su distribución es cosmopolita (8).

3.1.11. MÉTODOS DE CONTROL DE LOS GORGOJOS DEL ARROZ MAÍZ Y TRIGO

Entre los métodos de control que se recomiendan emplear están (10):

- A. CONTROL CULTURAL: La cosecha en su debido tiempo, sin atraso, minimiza la contaminación en el campo.
- B. CONTROL FÍSICO. Un control casero puede ser obtenido removiendo los granos al sol, para matar los adultos, y también para evitar el desarrollo de hongos (mohos) sobre las heces de los gorgojos. A nivel de almacenes comerciales o industriales se recomienda mantener los granos abajo de los 10°C, lo que brinda un control eficaz.
- C. CONTROL QUÍMICO. Se puede lograr utilizando fumigantes en pastillas introduciéndolos en los sacos donde se almacena el grano. Este control es muy relativo debido a que el gas resultante de la fumigación se escapa en gran parte. Un problema de las pastillas fumigantes es que dejan un sabor desagradable al grano. También puede utilizarse bromuro de metilo, que aunque es efectivo, no se recomienda para fumigaciones caseras, ya que su costo es elevado y sumamente peligroso, este gas es un quemante fuerte para las vías respiratorias. En almacenes industriales que disponen de sistemas cerrados sin escape de gas, el bromuro de metilo puede ser rentable y eficaz.
- D. CONTROL BIOLÓGICO. Un control biológico eficaz y sencillo a nivel casero es poner a asolear los granos sobre un plástico, sobre el suelo, cerca de un nido de hormigas p.e. sobre *Solenopsis* sp., las que prefieren llevarse con prioridad los insectos adultos y los granos con larvas adentro. Otra forma es mediante la acción de algunos parasitoides, principalmente himenópteros de las familias Betylidae (*Dibrachys cavus*, *Holepyris sylvanidis*, *Cephalonomia tarsalis*); Pteromalidae (*Anisopteromalus* (= *Aplastomorpha*) *calandrae*, *Choetopsila elegans*, *Meraporus requisitus*, *Zatropis incertus*) y Chalcididae (*Lariophagus distinguendus* Horst). También se conoce de la existencia del el ácaro depredador de larvas (*Pediculoides ventricosus* New-Port) (9, 10).

Otros ejemplos de enemigos naturales de plagas de granos almacenados son: a) ácaros depredadores del género *Pediculoides* atacando huevos y larvas de *R. dominica*; que se han encontrado en forma abundante y afectando y reduciendo la población de la plaga hasta casi la eliminación total, sin embargo, las condiciones requeridas para las altas poblaciones de estos ácaros son tales, que no pueden ser considerados como enemigos naturales que controlen a estos insectos. En el caso de parasitoides es muy poco lo que se conoce, entre éstos, se puede citar a *Lariophagus distinguendus* Frots (Hym.; Chalcididae) que parasitiza larvas y raramente pupas; b) en el caso de *P. truncatus*, lo que se conoce como parte de un control biológico se ha determinado que el depredador *Teretriosoma nigrescens* Lewis (Histeridae) ejerce una acción de control natural en condiciones similares de humedad y temperatura; c) para la palomilla del maíz (*S. cerealella*) se reconoce a *Pteromalus galechiae* Webster (Pteromalidae) y al ácaro depredador *P. ventricosus*, como los enemigos principales; sin embargo, no son lo suficientemente abundantes para controlar la plaga (4, 10).

En términos generales se puede señalar que se han efectuado muy pocos trabajos de control biológico de los insectos que afectan granos almacenados. La mayoría de investigadores lo consideran de muy poco futuro debido a que los parasitoides solamente llegan a ser abundantes en aquellos casos en los cuales el grano ha sido ya muy severamente infestado y, por lo tanto, con un daño irreparable.

3.1.11. MUESTREO DE GRANOS ALMACENADOS

A. MUESTREO. Consiste en retirar pequeñas cantidades de granos que en su conjunto forman una muestra representativa del lote de granos. Para que sea representativa, la muestra de grano deberá poseer todas las características del lote. La recolección de la muestra es una operación muy importante para la clasificación del lote de granos y debe ser efectuada de una manera correcta para evitar distorsiones en los datos, lo que podría traer consecuencias desastrosas para el almacenamiento o comercialización del producto (6, 7).

B. EQUIPO DE MUESTREO. a) Muestreador simple, b) Muestreador compuesto o sondas de alveolos, c) Sonda manual o de profundidad, d) Sonda Neumática y e) Recipiente tipo pelicano (7).

C. MOMENTOS EN QUE SE REALIZAN MUESTREOS. a) Cuando se recibe el producto, b) Durante el almacenamiento y c) Durante la transportación y comercialización (7).

D. MUESTREOS Y NIVELES CRÍTICOS PARA MAÍZ. Se hace el muestreo al momento en que se están determinando otros factores como: humedad, germinación, presencia de hongos, entre otros. Se debe hacer a intervalos frecuentes. Los niveles críticos varían según ciertos factores y el agricultor tendrá que juzgar los resultados de cada muestreo individualmente (6, 7).

3.2. MARCO REFERENCIAL

3.2.1. INVESTIGACIÓN SOBRE ALMACENAMIENTO DE MAIZ

A. ALMACENAMIENTO DE MAÍZ EN TROJA RÚSTICA

De septiembre de 1983 a marzo de 1984, el programa de maíz en la sub-región V-I San Jerónimo Baja Verapaz realizó un estudio sobre el almacenamiento de maíz var. Nutricia en troja rústica, con las finalidades siguientes: i) buscar alternativas para el almacenamiento y secado de maíz; ii) cuantificar la pérdida de peso y daño ocasionado por insectos; iii) identificar especies causantes de la pérdida de peso en el grano. Se llegaron a las conclusiones siguientes: i) Se determinó que las plagas más importantes fueron: *Sitophilus oryzae* y *Catartus quadricollis* (?); ii) que se necesitaron 63 días para bajar la humedad de 27 a 13% sin existir problemas de pudrición de la mazorca; iii) casi la totalidad de mazorcas con punta descubierta fueron susceptibles al ataque de gorgojos y la pérdida de peso por gorgojos fue de 11.5 %; iv) la troja como secador si fue funcional pero la protección al maíz en forma preventiva contra plagas de los granos no fue eficiente, sobre todo por tratarse de mazorcas descubiertas en el ápice (2).

3.2.2. FORMA TRADICIONAL DE ALMACENAMIENTO DE GRANOS Y LA SITUACIÓN EN EL MUNICIPIO DE PATZÚN, CHIMALTENANGO

A. TROJA TRADICIONAL O PRENSA EN MAÍZ

La troja tradicional para maíz es un lugar o depósito, ubicado generalmente dentro de la casa del agricultor, que sirve para almacenar mazorcas de maíz prensadas o tiradas. A veces puede encontrarse en una esquina de un cuarto de la casa, en un corredor interno o afuera, pero siempre bajo techo. Las paredes pueden estar construidas con madera rolliza, madera de desecho, ripio o tablas de orilla. Casi siempre se encuentra en el suelo, aunque lo recomendable sea construirla sobre una tarima de madera o cualquier otro material apropiado. El propósito de la troja es almacenar maíz hasta la próxima cosecha. Los agricultores que permiten el ataque de plagas en sus trojas, corren el riesgo de sufrir grandes pérdidas y peligro adicional de consumir el alimento contaminado (2)

B. COSECHA

En la región de Chimaltenango, de los agricultores que almacenan el maíz en trojas tradicionales, el 46% cosechan en diciembre, el 50% en enero y el 4% en el mes de febrero. Cosechan sin tusa el 67%, con y sin tusa el 26% y sólo con tusa el 7% de los agricultores (12).

C. DESGRANE Y SECAMIENTO AL SOL

El 100% de los agricultores no desgranar para almacenar, secando el maíz al sol durante 13 días en promedio (12).

D. DIMENSIONES Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

El 68% de las trojas, el piso y las paredes son de madera rústica, el 21% de piso de madera rústica y paredes de cañas de milpa, el 4% con piso de madera y paredes de adobe y el 3% con otros materiales. Para el techo utilizan lámina (89%) y teja de barro (11%). Las dimensiones en promedio son de 1.75 m de alto, 1.94 m de ancho y 2.38 m de profundidad, con capacidad de 8.08 m³. Algunas trojas son construidas sobre el suelo a una altura promedio de 0.27 m (12).

E. CONDICIONES Y ÉPOCA DE ALMACENAMIENTO

Las condiciones del almacenamiento se consideran buenas en la mayoría de las trojas (93%) y regulares en las restantes (7%). La cantidad de maíz almacenado en promedio es de 1,828.18 kg ocupando el 55% del volumen total de la troja. En promedio, la fecha de entrojado es el 25 de enero, con fecha mínima del 23 de diciembre y máxima el 22 de febrero (12).

F. EVIDENCIA Y CONTROL DE PLAGAS

La mayor parte de las trojas no presentaron evidencia de roedores (93% de las trojas), lo mismo sucedió con los insectos (86%), maíz germinado (100%), calentamiento (96%) y evidencia de moho (79%). En cuanto al control de plagas, el 43% no hacen ningún control, el 7% utiliza cal (2.27 kg/troja), el 39% utiliza Malatión (Malatión) al 5% (0.45 – 0.91 kg/troja), el 4% aplican Sevin (Carbaril) (0.23 kg/troja), efectuando el control al momento del entrojado (12).

G. VENTAJAS DEL ALMACENAMIENTO EN TROJAS (12)

- a. La troja tradicional con buen manejo, protege el maíz contra hongos, aves e insectos, por períodos de 6 meses.

- b. Se puede almacenar el maíz, con un contenido de humedad de 17%. El grano se seca en la troja hasta el 15%.
- c. La troja cuando esta vacía, se puede utilizar para almacenar otros productos.
- d. Es fácil de construir y requiere poca inversión.
- e. El agricultor a veces tarda en vender, por el trabajo de destusar y desgranar. Es un depósito de ahorro para su familia durante meses.

H. DESVENTAJAS DEL ALMACENAMIENTO EN TROJAS (12)

- a. La troja tradicional no tiene protección contra los roedores y poco tiempo contra los insectos.
- b. Como una recomendación, en caso de ataque de gorgojos (orden Coleóptera), se seguirán los pasos del manejo, tales como: i) seleccionar las mazorcas y entrojas, ii) aplicando insecticida capa por capa, iii) también pueden desgranarse las mazorcas, limpiar y asolear el grano y fumigar el maíz en barriles o bolsas plásticas.

3.2.3. ÁREA DE INVESTIGACIÓN

El trabajo se realizó en las aldeas de Panibaj y Chipiacul de Patzún, Chimaltenango. El municipio se encuentra a una altitud de 2,233.8 msnm y de coordenadas geográficas de 14° 40' 07'' latitud norte y 91° 08' 48'' longitud oeste. La aldea Panibaj se encuentra a 1,800 msnm con latitud norte 14° 40' 65'' y longitud oeste 91° 00' 23''; y la aldea Chipiacul se encuentra a 2,320 msnm con latitud norte de 14° 40' 04'' y longitud oeste de 91° 03' 46'' y l (5).

A. CONDICIONES CLIMÁTICAS

De acuerdo a la clasificación de zonas de vida de Guatemala, el municipio se encuentra en la zona de vida bosque muy húmedo montano bajo subtropical. La temperatura media anual es de 16°C, con temperaturas máximas de 30 °C y mínima de 10 °C, la humedad relativa anual es del 80% (5).

En el municipio se marcan bien las dos estaciones del año, lluviosa y seca. La primera se inicia en el mes de mayo y termina en el mes de octubre, mientras que la segunda estación se inicia en el mes de noviembre y finaliza en el mes de abril. El clima es seco y con fuertes vientos de variaciones violentas, en la época lluviosa el clima es húmedo con mucho viento. La precipitación pluvial esta dentro de los 1,000 y 2,000 mm por año. Los vientos de esta región soplan de dirección norte a sur a una velocidad de 12 km/hora (5).

B. ESTRATOS ALTITUDINALES

i. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ALDEA PANIBAJ

En la aldea según el censo realizado en el año de 1997, cuenta con 287 habitantes, de los cuales 135 personas son de sexo masculino y 152 de sexo femenino, siendo el número total de familias de 55 e igual número de viviendas. De la comunidad el 90% son ladinos y el resto indígenas. El 100% cultiva café, tomate, brócoli, durante la época fría del año, así como maíz y frijol principalmente para autoconsumo. La aldea se caracteriza por sus famosos jocotes (*Spondias* sp.) y aguacates (*Persea americana*).

ii. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ALDEA CHIPIACUL

En la aldea, según el censo realizado en el año de 1997, cuenta con 1,346 habitantes y con 275 familias e igual número de viviendas. La población, el 100% corresponde a la etnia Kakchiquel, el 75% hablan y entienden el Castellano. El área total de la aldea es de 3 km², estando el 25% ocupado por bosques con especies de encino, pino y aliso y el 75% se dedica a cultivos agrícolas. El 100% de las familias se dedica a las actividades agrícolas. Los agricultores de la comunidad cultivan brócoli, arveja china, col de Bruselas; todas con fines de exportación y gran variedad de hortalizas para mercado interno, el maíz y frijol se cultivan en la región únicamente para autoconsumo (figura 1) (3, 5).

C. TIPOS DE MAÍCES CULTURALES

En los dos estratos altitudinales en el que se realizó el presente estudio, el 100% de los agricultores utilizan semilla criolla. Siendo los colores predominantes amarillo, blanco y negro. Hace cerca de 10 años utilizaron algunas variedades mejoradas, pero dejaron de adquirirlas, empezando por extraer semilla de las variedades mejorada compradas, trayendo con esto la degeneración genética de las semillas. En la actualidad las características que presentan no son más que semilla criolla.

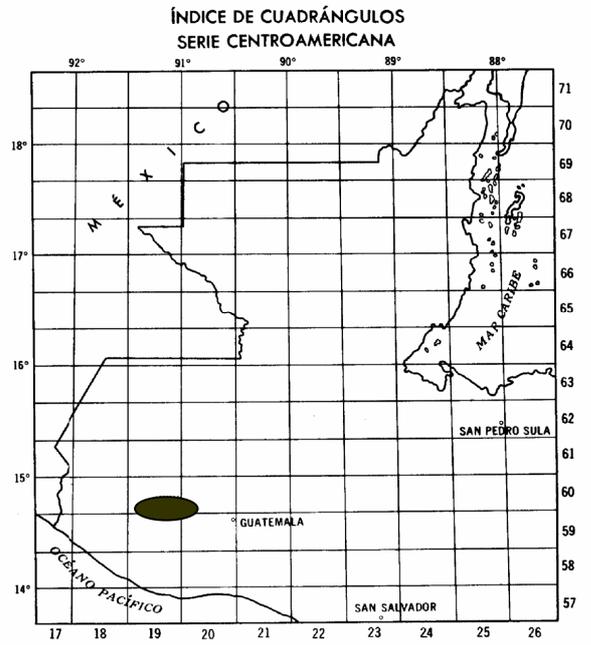
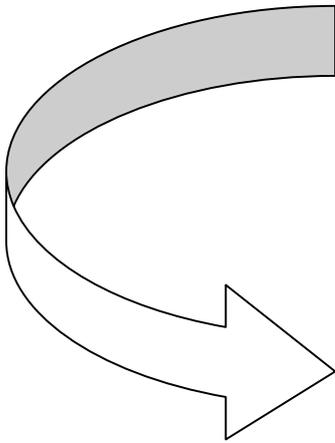
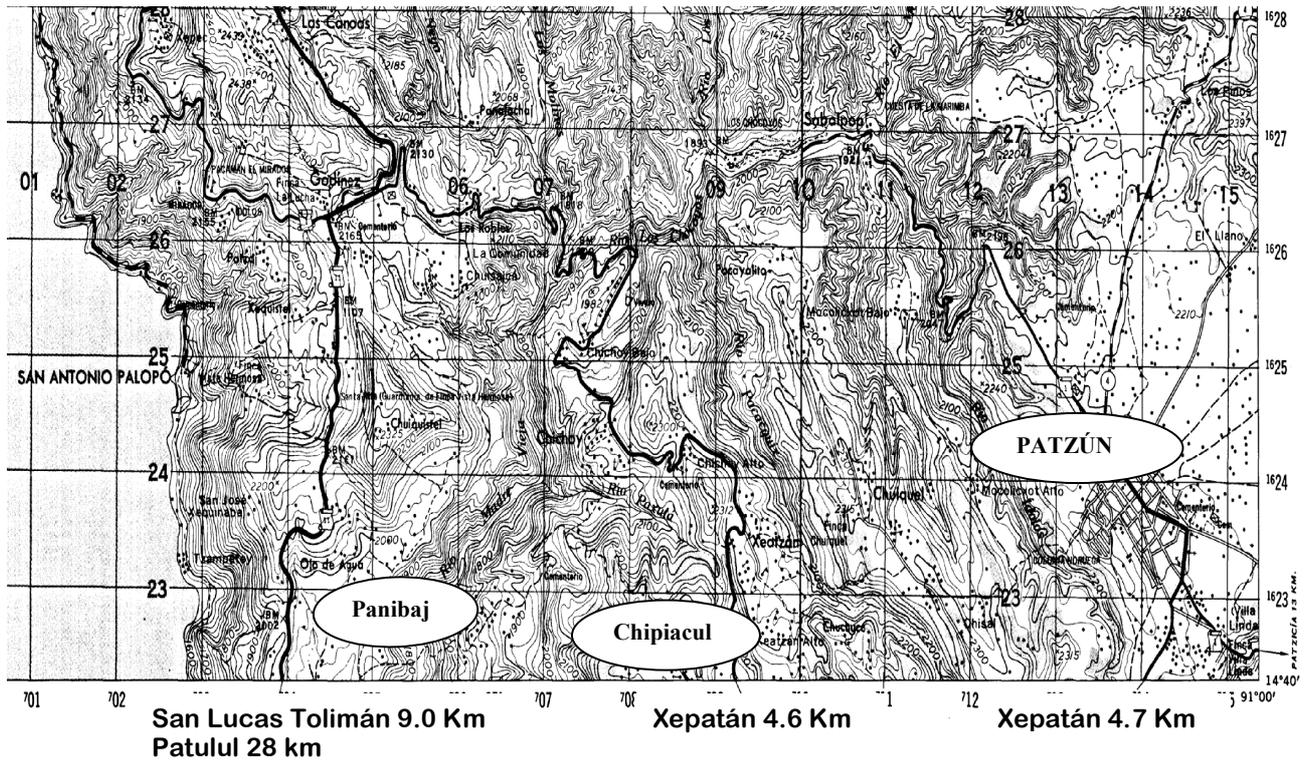


Figura 1. Ubicación de las localidades en el municipio de Patzún, Chimaltenango. 2003.
Fuente: Hoja cartográfica 1960 II. IGN, 1ª. Edición. Sololá. Escala 1:50,000

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar las plagas asociadas al cultivo de maíz en postcosecha en dos estratos altitudinales del municipio de Patzún, departamento de Chimaltenango.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 4.2.1. Determinar las especies de insectos y ácaros plaga, asociados al maíz almacenado en las aldeas Panibaj y Chipiacul del municipio de Patzún, Chimaltenango.
- 4.2.2. Registrar el grado de ocurrencia de las distintas especies de plagas asociadas a los granos almacenados en las aldeas en las aldeas Panibaj y Chipiacul del municipio de Patzún, Chimaltenango.
- 4.2.3. Determinar las condiciones de temperatura y humedad relativa relacionados al almacenamiento de maíz en trojes tradicionales en ambas localidades.

5. METODOLOGÍA

5.1. SELECCIÓN DE TROJAS

De acuerdo a la distribución poblacional de las citadas aldeas, se tomaron seis trojas de maíz en ambos estratos altitudinales, buscando que los almacenes seleccionados fueran producto de seis puntos aleatorizados de cada aldea, es decir que las trojas no fuesen seleccionadas de un solo punto de la comunidad.

5.2. UNIDAD DE MUESTREO Y CARACTERÍSTICAS

Las unidades de muestreo fueron las Trojas Tradicionales, y se seleccionaron debido a que, en éstas comunidades, son las estructuras de almacenamiento que más predominan, por lo que debieron reunir las características siguientes: Todos las trojas seleccionadas, debieron tener un volumen de maíz determinado, que permitiera efectuar los muestreos necesarios durante el tiempo que se efectuara el estudio. El maíz almacenado no tenía tusa y no se aplicaba producto químico para el control de plagas, para el caso de la aldea Chipiacul, no así para la aldea Panibaj, ya que el 100% de los agricultores aplican productos químicos.

5.3. FRECUENCIA DEL MUESTREO

Para llevar un control del desarrollo de las especies presentes en el área de estudio; fue necesario hacer los muestreos con intervalos de tiempo de 30 día, considerando en promedio que la mayoría de las especies plaga hayan completado su ciclo de vida.

5.4. FORMA DE MUESTREO

Seleccionado los puntos de muestreo en cada aldea, se inició a tomar muestras de la forma siguiente: i) en la troja seleccionada se ubicaron tres puntos, en la que se extrajo la muestra (1 kg de grano), se tomaron mazorcas a 10 cm de profundidad, a 30 y a 50 respectivamente. La profundidad máxima de extracción de muestra fue de 50 cm considerando que a esta altura la muestra se extraía fácilmente con la mano, aunque lo ideal hubiera sido tomar muestras de la última capa de mazorcas almacenadas, pero esto implicaba derribar la estructura de almacenamiento.

5.5. MUESTREOS

Se iniciaron a los 2 meses después de haberse almacenado el maíz en las trojas, para dar la oportunidad de que las plagas colonizaran los granos almacenados, es decir que se establecieran. En estos muestreos se tomaron datos para el análisis e interpretación de resultados, para lo cual se llevó una boleta de registro de muestra.

Se tomó en consideración cualquier cambio registrado en los almacenes, como por ejemplo, si se agregó maíz nuevo en el almacén, o si se expuso las mazorcas al sol para liberar de plagas, o bien si hicieron aplicaciones de productos insecticidas a las mazorcas. Al momento de tomar las muestras de las trojas, cada una de las bolsas se rotuló con la siguiente información: Nombre de la comunidad, del agricultor, tipo de estructura de almacenamiento, fecha de recolección, número de muestra e información relevante del maíz almacenado.

5.6. MANEJO DE LA MUESTRA

Para que las muestras no sufrieran alteraciones en la temperatura, humedad, muerte de especies de insectos, se transportaron en un periodo no mayor de tres días, después de haber tomado la muestra, en casos donde se prolongó el periodo de transporte de las muestras, las mismas fueron almacenadas a baja temperatura en una refrigeradora. La recolección de las muestras se hizo, mediante bolsas de papel (kraft) de cinco libras, e inmediatamente al llegar al laboratorio fueron colocadas en cajas de madera, esto, con la finalidad de evitar la fuga de los insectos.

5.7. DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD DEL AMBIENTE

Se tomó la temperatura y humedad cada vez que se realizaron los muestreos, para incluirlos entre las condiciones que se dieron en cada caso. Utilizando un termómetro de máxima y mínima que se introducía en la troja seleccionada, así como un higrotermógrafo.

5.8. ANÁLISIS PRELIMINAR

El presente análisis se inició en el laboratorio del programa de Post-cosecha de Guatemala. Las mazorcas obtenidas de los muestreos fueron desgranadas manualmente, las cuales fueron posteriormente tamizadas para separar granos de impurezas e insectos. Se aislaron los insectos en estados adultos e inmaduros y se cuantificaron por estrato altitudinal. Finalmente, dichos insectos fueron trasladados al laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala para su determinación.

5.9. DETERMINACIÓN DE LOS INSECTOS OBTENIDOS EN LOS MUESTREOS

Los especímenes obtenidos en los muestreos fueron introducidos en el congelador por espacio de 5 horas a una temperatura alrededor de los 0°C para que posteriormente pudieran manipularse.

Mediante el uso de un microscopio estereoscopio, agujas de disección, pinceles y pinzas se procedió a determinar las especies con la ayuda de las claves que contiene el *Crop Compendium* editado por Gorham R. (8) para los insectos adultos y para la determinación de los inmaduros se utilizó la clave de Sterh F. (13) cuyas muestras fueron previamente tratadas o preservadas. El procedimiento para preservación de las larvas consistió en introducir en agua hirviendo (temperaturas cercanas a los 100°C) por espacio de 30 a 40 segundos. Se aplicó este procedimiento para todos aquellos inmaduros que fueron encontrados entre los granos picados, en las harinas de las muestras o en las impurezas que se separaron durante el tamizado.

5.10. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Todos los insectos obtenidos por muestra fueron cuantificados y ordenados por grupos taxonómicos en cuadros (hojas electrónicas de Excel de Microsoft) con su respectiva información del almacenamiento, además del grado de presencia de los mismos a través del uso de medidas de tendencia central, tales como promedios, además de las proporciones de sus ocurrencia. También se elaboró una gráfica que relacionó los datos de temperatura y humedad relativa con los respectivos insectos contados en cada muestreo, para determinar la posible relación entre éstos en cada aldea.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. DETERMINACIÓN DE LAS PLAGAS POR ESTRATO ALTITUDINAL Y SUS PROPORCIONES

En el período de abril a julio del año 2003, muestreando 6 trojas tradicionales con el objeto de determinar a las plagas (insectos y ácaros) asociadas al maíz que se almacena en las aldeas Panibaj y Chipiacul del municipio de Patzún del departamento de Chimaltenango. Se identificaron 8 especies de insectos plaga asociados a maíz almacenado en trojas tradicionales además una especie de ácaro (*Acarus siro* L.) (cuadro 1).

Se determinaron además los factores del almacenamiento que predominaron en dichas trojas (cuadro 2), registrándose que las temperaturas más bajas ocurrieron en la aldea Chipiacul (16.25°C) mientras que en la aldea Panibaj estuvieron a temperatura ambiente (21.5°C), en el caso de la humedad relativa el rango estuvo entre el 68 y el 82% para ambas localidades.

Cuadro 1. Plagas de granos almacenados determinados en trojas tradicionales en dos localidades del municipio de Patzún, Chimaltenango. 2003.

No.	Nombre científico y nombre común	Aldea Panibaj Cantidad, proporción (%)	Aldea Chipiacul Cantidad, proporción (%)	Grado de presencia de la especie plaga TOTAL
1	<i>Sitotroga cerealella</i> (Polilla dorada de los granos)	286 (88%)	44 (36.97%)	330 (74.32%)
2	<i>Tribolium castaneum</i> (Gorgojo rojo o castaño de la harina)	1 (0.30%)	29 (24.37%)	30 (6.76%)
3	<i>Cryptolestes ferrugineus</i> (Gorgojo plano de los granos)	10 (3.1%)	1 (0.84%)	11 (2.48%)
4	<i>Sitophilus zeamais</i> (Gorgojo del maíz)	3 (0.92%)	--	3 (0.67%)
5	<i>Sitophilus granarius</i> (Gorgojo de los cereales)	3 (0.92%)	--	3 (0.67%)
6	<i>Sitophilus oryzae</i> (Gorgojo del arroz)	13 (4%)	--	13 (2.93%)
7	<i>Rhizopertha dominica</i> (Barrenador menor de los granos)	5 (1.53%)	--	5 (1.13%)
8	<i>Zabrotes subfasciatus</i> (Gorgojo del frijol)	--	3 (2.52%)	3 (0.68%)
9	<i>Acarus siro</i> (Acaro de la harina o de los granos)	4 (1.23%)	42 (35.29%)	46 (10.36%)
Totales		325	119	444

6.2. LAS PLAGAS ASOCIADAS A LOS GRANOS ALMACENADOS Y LAS CONDICIONES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA PREVALECIENTES

En lo que se refiere a las especies de insectos, en ambas localidades predominó como plaga de importancia la polilla dorada de los granos almacenados (74.32%). En la aldea Chipiactal además de la polilla dorada se encontraron como plagas de interés al gorgojo castaño de la harina (24.37%) y al ácaro de los granos almacenados (*Acarus siro*) con el 35.29% al que le correspondió el 10.36% del total de ambas localidades. Para la aldea Panibaj se puede decir que el resto de especies determinadas, incluyendo los ácaros, no fueron tan numerosos (0 – 4%) por lo tanto sus bajos números inciden en considerarlos como plagas potenciales (cuadro 2, figura 2).

Cuadro 2. Registro de los factores del almacenamiento en ambos estratos altitudinales y cantidad de insectos encontrados por muestreo. Patzún, Chimaltenango. 2003.

Localidad Muestreada	ALDEA PANIBAJ 1800 msnm				ALDEA CHIPIACUL 2320 msnm			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Número de Insectos	30	70	125	100	10	28	42	39
Temperatura	22 °C	25 °C	20 °C	19 °C	16 °C	18 °C	17 °C	14 °C
Humedad Relativa (%)	72 %	68 %	75 %	77 %	78 %	75 %	80 %	82 %
Proporción	9.23 %	21.54 %	38.46 %	30.77 %	8.40 %	23.53 %	35.29 %	32.77 %

Se encontró mayor número de individuos plaga (insectos y ácaros) en la aldea Panibaj que en la aldea Chipiactal, probablemente debido a las bajas temperaturas normales que ocurren en ésta última, que limita de alguna manera el desarrollo y reproducción de los insectos, como lo señala Gorham (8). Sin embargo en el análisis gráfico de las proporciones encontradas durante los muestreos, dichas proporciones registradas aparentemente fueron normales, aunque no se hizo un análisis estadístico entre ambas localidades, gráficamente sus valores máximos y mínimos fueron bastante parecidos, cercanos al 10 % en el primer, al 20% en el segundo, por encima del 35% en el tercero y del 30% en el cuarto muestreo.

Se sabe que la temperatura tiene relación con el desarrollo de los insectos, como lo señalan varios investigadores (1, 8, 9), quienes manifiestan, que éstos reaccionan a los cambios de temperatura, ya que la misma influye en la fertilidad de las hembras y por consiguiente en el ciclo de vida. En el caso de Guatemala, es de suponerse que mientras más cálida sea la región la presencia de las plagas en los granos almacenados también será mayor.

En cuanto a los valores de temperatura y humedad relativa determinados, éstos no mostraron mayores variaciones entre los muestreos. En la aldea Panibaj el promedio de éstos valores estuvieron entre los 21.5 °C y 73% de humedad relativa, mientras que en la aldea Chipiactal, 16.25°C y 78.8% de humedad relativa, y por consiguiente de mayor contenido de humedad y más baja temperatura, que en la aldea Panibaj. Probablemente se explica por la diferencia en la altitud de ambas localidades (520 m).

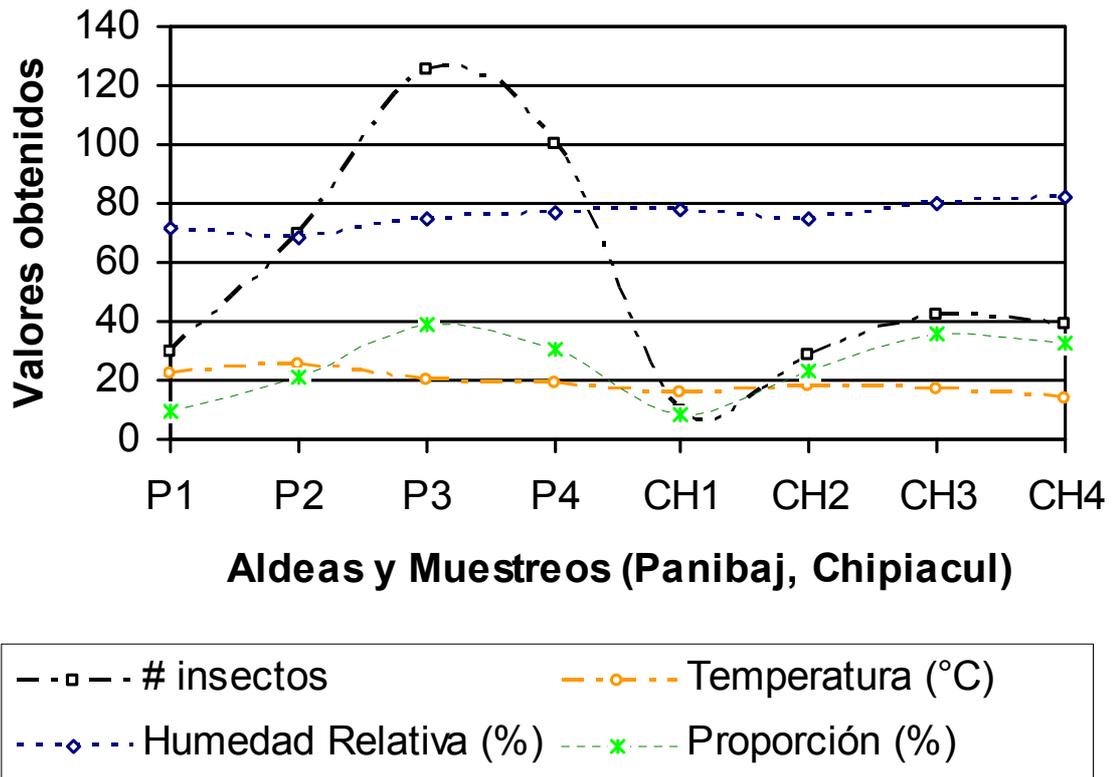


Figura 2. Representación gráfica de la cantidad de insectos en los muestreos y sus valores de temperatura y humedad relativa por localidad. Patzún Chimaltenango. 2003.

Ramírez Genel (1981), citado por varios investigadores (1, 4, 6, 8) reafirman que entre los factores que influyen en la rapidez con la que los insectos se multiplican en los granos almacenados están la temperatura y la humedad relativa, y que la resistencia que poseen los insectos al calor y al frío es muy variable. Pero que en general, las especies más dañinas a los granos almacenados son destruidos por las bajas temperaturas, y que éstas contrarrestan los efectos de las humedades altas, lo que a su vez disminuye el peligro del ataque de los insectos en forma tal que en los climas templados o fríos, como es el caso específico de las localidades muestreadas, los límites en el contenido de humedad de los granos para un almacenamiento más seguro, son más elevados que en las regiones tropicales. Las especies del género *Sitophilus* que son más susceptibles a las bajas temperaturas, valores por debajo de los 12.5°C, se encontraron presentes en la aldea Panibaj en un 4.28%, lo que explica su no presencia en la aldea Chipiactal.

7. CONCLUSIONES

7.1. Las plagas asociadas a maíz almacenado en trojas tradicionales en las aldeas Panibaj y Chipiacul fueron: *Sitotroga cerealella*, *Sitophilus zeamais*, *Sitophilus granarius*, *Sitophilus oryzae*, *Rhizopertha dominica*, *Cryptolestes ferrugineus*, *Tribolium castaneum*, *Zabrotes subfasciatus* y el ácaro de las harinas (*Acarus siro*).

7.2. Las plagas con mayor presencia en las trojas de maíz almacenado fueron *Sitotroga cerealella* (74.32%), y el *Acarus siro* (10.36%), y las de menor presencia, con menos del 1%, *Sitophilus zeamais*, *Sitophilus granarius*, y *Zabrotes subfasciatus*.

7.3. Las condiciones de temperatura y humedad que se dieron en el almacenamiento de maíz en las trojas tradicionales estuvieron entre 14 - 25°C, y 68 - 82% respectivamente, en ambas localidades.

8. RECOMENDACIONES

8.1. Los plagas de granos almacenados con mayor ocurrencia en las aldeas Panibaj y Chipiacul correspondieron a *Sitotroga cerealella*, *Tribolium castaneum* y *Acarus siro* por lo que antes de considerar una medida de control será conveniente determinar el efecto que éstas tienen en el grano que se almacena en dichas trojes.

8.2. Los insectos plaga con baja presencia en dichas localidades correspondieron a *Cryptolestes ferrugineus*, *Sitophilus zeamais*, *Sitophilus granarius*, *Sitophilus oryzae*, *Rhizopertha dominica* y *Zabrotes subfasciatus*; sin embargo habrá que corroborar la totalidad de las especies presentes en ambas localidades considerando más agricultores, así como otros métodos de almacenamiento del grano y otros granos como el frijol.

9. BIBLIOGRAFIA

1. Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, GT. s.f. Insectos. Guatemala, Unidad Coordinadora de Postcosecha de Guatemala, Programa Regional de Postcosecha. 26 p.
2. Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, GT. s.f. La troja mejorada. Guatemala, Unidad Coordinadora de Postcosecha de Guatemala, Programa Regional de Postcosecha. 12 p.
3. Barrios Fortuny, LF. 1988. Diagnóstico general del municipio de Patzún en el departamento de Chimaltenango. Diagnostico EPSA. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 50 p.
4. Cotton, RT. 1979. Silos y granos, plagas y desinfección. Trad. por Pedro Lunell. Barcelona, España, Editorial. 328 p.
5. Cruz, JR De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
6. FAO, CL. 1993. Manual de postcosecha de granos a nivel rural. Santiago, Chile. 92 p.
7. Gaviria Londoño, J. 1989. Control de calidad de granos. Bogotá, Colombia, Ediagro. 200 p.
8. Gorham, JR. 1991. Insect and mite pests in food. US. 766 p. (Handbook 655 (2)).
9. Landaverde, TR. s.f. Las plagas de los productos alimenticios almacenados en la región del OIRSA (en línea). El Salvador. Consultado 28 set 2005. Disponible en <http://ns1.oirsa.org/sv/DTSV/Manuales/Manual09/Plagas-de-los-Productos.htm>
10. Maes, JM. s.f. El gorgojo del arroz, fichas técnicas de plagas de Nicaragua (en línea). Nicaragua. Consultado 23 set 2005. Disponible en <http://www.insectariumvirtual.com/termitero/nicaragua/DOCUMENTOS%20DE%20INTERES/PLAG-9.htm>
11. Multon, JL. 1982. Conservation et stockage des grains et graines et produits derives. Francia, Lavoisier. tomo 1, v. 1, 576 p
12. Queme, JL. 1991. Evaluación de cinco estructuras de almacenamiento de maíz bajo las condiciones del departamento de Chimaltenango, Guatemala, 1990-1991. Guatemala, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación. 20 p.
13. Sterhn, FW. 1991. Immature insects. US, Kendall Publishing. v. 2, 975 p.