

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

**EVALUACION DE TRES INSECTICIDAS PARA EL CONTROL DEL GORGOJO  
*Sitophilus sp.* EN MAIZ ALMACENADO BAJO CONDICIONES DEL  
PARCELAMIENTO LA MAQUINA, CUYOTENANGO, SUCHITEPEQUEZ**



Presentada a la Honorable Junta Directiva  
de la Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala

VICTOR MANUEL SOCH CUPIL

En el acto de conferirsele el título de:

INGENIERO AGRONOMO

En el grado académico de

**LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS**

GUATEMALA, FEBRERO DE 1987.

DL  
01  
T(968)

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**RECTOR**

Lic. Roderico Segura Trujillo

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA**

DECANO:	Ing. Agr. César A. Castañeda
VOCAL PRIMERO:	Ing. Agr. Gustavo Adolfo Méndez
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Agr. Jorge E. Sandoval I.
VOCAL TERCERO:	Ing. Agr. Mario Melgar Morales
VOCAL CUARTO:	Br. Luis Molina Monterroso
VOCAL QUINTO:	Prof. Carlos E. Méndez M.
SECRETARIO:	Ing. Agr. Luis A. Castañeda A.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia .....

Asunto .....

15 de enero 1987

Ingeniero Agrónomo  
Cesar Castañeda S.  
Decano de la facultad de  
Agronomía.

Sr. Decano:

Atentamente, me dirijo a usted para manifestarle que he revisado el trabajo de tesis del estudiante Victor Manuel Soch Cupil, carnet No. 48114, Titulado: Evaluación de 3 insecticidas para el control del gorgojo Sitophilus sp., en maíz almacenado, bajo condiciones del Parcelamiento La Máquina, Suchitepequez.

Dicho trabajo reúne las características necesarias para ser autorizado como tal, tomando en cuenta que es un aporte valioso para las investigaciones sobre granos almacenados.

En virtud de lo anterior, ante usted con todo respeto solicito su autorización para que dicho trabajo sea publicado como Tesis de grado.

Deferentemente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. M.c. Carlos Aguirre C.  
A S E S O R

GUATEMALA, ENERO DE 1987

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA  
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR  
FACULTAD DE AGRONOMIA

*De conformidad a las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de presentar a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:*

**EVALUACION DE TRES INSECTICIDAS PARA EL CONTROL DEL GORGOJO *Sitophilus* sp., EN MAIZ ALMACENADO, BAJO CONDICIONES DEL PARCELAMIENTO LA MAQUINA, CUYOTENANGO SUCHITEPEQUEZ.**

*Presentándolo como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.*

*Atentamente,*



*Victor M. Soch Cupil*

## ACTO QUE DEDICO

- A DIOS: Agradecimientos infinitos por don de la vida.*
- A MIS PADRES: Celestino Soch, y Alejandra Cupil.  
Brindándoles este pequeño triunfo como recompensa a sus esfuerzos y sacrificios.*
- A MIS HERMANOS: Jorge Luis, Mario Anibal, Ana María, Marta Lidia, Olga Yolanda y Silvia Carolina.  
Con fraternal cariño.*
- A MI FAMILIA: Tíos, Cuñados, y Sobrinos,  
Por su total apoyo y comprensión.*

**TESIS QUE DEDICO**

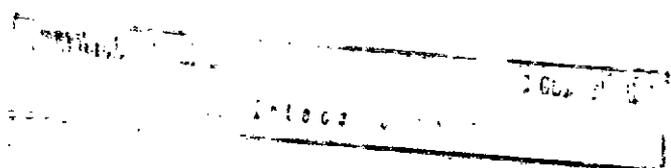
**A           GUATEMALA**

**A           QUETZALTENANGO**

**A           LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**A           LA FACULTAD DE AGRONOMIA**

**A           MIS AMIGOS EN GENERAL**



## SINCEROS AGRADECIMIENTOS

- AL:* *Ing. Agr. Roberto Matheu, por su valiosa orientación y ayuda al desarrollo del presente trabajo.*
- AL:* *Ing. Agr. Carlos Aguirre, por su meritoria colaboración en la elaboración de este trabajo.*
- A MIS COMPAÑEROS DE:* *Unidad Coordinadora de Pérdidas Post-Cosecha de DIGESA—FAO*
- Instituto Nacional de Comercialización Agrícola.*
- Por la valiosa colaboración prestada a lo largo del presente trabajo.*
- Y A:* *ICI Panamericana, por la impresión de la presente.*

## INDICE

CONTENIDO	Página
1. INTRODUCCION	1
2. JUSTIFICACION	3
3. HIPOTESIS	4
4. OBJETIVOS	4
5. REVISION DE LITERATURA	5
5.1. Generalidades	5
5.2. Tipos de Infestación	5
5.3. Factores Climáticos que Influyen en el Desarrollo de Plagas de Granos Almacenados	6
5.4. Principales Insectos de Importancia Económica	7
5.5. Descripción de la Plaga en Estudio	8
5.6. Combate de Plagas	11
5.7. Materiales Protectores	12
5.8. Descripción de los productos Químicos Usados en el presente estudio.	13
6. MATERIALES Y METODOS	
6.1. Localización	16
6.2. Materiales	16
6.3. Selección y preparación del Material experimental	19
6.4. Diseño del experimento	20
6.5. Manejo del experimento	22
6.5.1. Aplicación de los Insecticidas	22
6.5.2. Llenado de los Silos	23
6.5.3. Mantenimiento de las Muestras de grano en los Silos	24
6.5.4. Muestreo Mensual del grano contenido en los Silos	24
6.5.5. Análisis de las Muestras representativas del Maíz depositado en cada Silo	24
6.5.6. Descargue de los silos Familiares bajo estudio.	24
6.6. Métodos de Análisis del Experimento	25
7. RESULTADOS Y DISCUSION	
7.1. Efectividad de los Insecticidas	27
7.2. Persistencia de los Insecticidas	32
7.3. Residualidad de los Insecticidas.	37
7.4. Análisis de Calidad	37
7.5. Análisis de Costos.	46

8.	<b>CONCLUSIONES</b>	47
9.	<b>RECOMENDACIONES</b>	49
10.	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	50

ANEXO A – Análisis de Otras Plagas

ANEXO B – Resumen Total de la Información

## INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Calendario de oviposición para los diferentes estados de desarrollo del <i>Sitophilus sp.</i>	20
2.	Conteo de insectos adultos de las muestras ovipositadas con los diferentes estados de desarrollo del <i>Sitophilus sp.</i> , después de 3 meses de prueba	27
3	Análisis de varianza sobre índice de control	28
4	Conteo de <i>Sitophilus sp.</i> , en estado adulto vivos cuantificados a través de 8 muestreos	32
5	Resumen de análisis de varianza sobre el número de <i>Sitophilus sp.</i> , vivos encontrados en 8 muestreos.	33
6	Resumen de análisis de varianza sobre calidad de grano	38
7	Media comparativa entre dosis-insecticida y el testigo.	39
8	Comortamiento de la humedad relativa y la temperatura durante el tiempo de almacenamiento	40
9	Porcentaje de pérdida de materia seca (conteo y peso)	43
10	Porcentaje de pérdida de materia seca (linea base)	44
11	Análisis de costos de aplicación de los productos	46

## INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Comparación de medias de la interacción dosis-edades del <i>Sitophilus sp.</i>	29
2.	Resumen de la comparación de medias de la interacción dosis-edades del <i>Sitophilus sp.</i>	30
3.	Resumen de la comparación de medias del factor edades del <i>Sitophilus sp.</i>	30
4	Resumen de la comparación de medias entre muestreos de maíz, para la cuantificación del <i>Sitophilus sp.</i>	34
5	Resumen de la comparación de medias entre tratamientos con insecticidas y el testigo.	34
6.	Comportamiento de las poblaciones de <i>Sitophilus sp.</i> después de 8 meses de almacenamiento de maíz	36
7	Condiciones ambientales (humedad relativa y temperatura)	41
8	Línea base de referencia respecto a los muestreos de maíz almacenado.	45

## RESUMEN

El presente estudio evaluó la efectividad de tres diferentes insecticidas Actellic (Pirimifos Metil), K-otrine (Deltametrina) y Malathión, de acción residual en varias dosificaciones, aplicados directamente al grano de maíz, para el control del gorgojo *Sitophilus sp.*, en cuatro etapas de su ciclo biológico; trabajo efectuado en silos familiares tipo "Guatemala" con capacidad para 20 quintales, actividad desarrollada y ejecutada en las instalaciones de la estación de compra del Instituto Nacional de Comercialización Agrícola; INDECA, en el parcelamiento La Máquina, Municipio de Cuyotenango, Departamento de Suchitepequez.

El experimento constó de 2 fases, efectividad y persistencia de los insecticidas.

Lo que se pretendió en la primera parte, fue establecer el mejor índice de efectividad (relación insectos muertos, respecto al total de insectos encontrados), de los productos químicos evaluados y la dosis más efectiva, para el control del *Sitophilus sp.*, en sus diferentes estados de desarrollo, por un tiempo de 3 meses.

El mismo arreglo experimental fue evaluado para efectuar la cuantificación de la persistencia de los insecticidas, en base a muestreos mensuales hasta 8 meses de almacenamiento del maíz, y establecer la persistencia del *Sitophilus sp.*, adulto vivo.

Además, conjuntamente a las actividades mencionadas se efectuó el análisis de calidad del grano, con el propósito de establecer su porcentaje de pérdida de materia seca durante su almacenamiento y finalmente, se efectuó un análisis de residualidad de los insecticidas, para determinar su toxicidad en el grano de maíz.

Los resultados que se obtuvieron, indican que los insecticidas Pirimifos Metil (Actellic), y Malathión, mostraron un efecto positivo en la primera fase del experimento, encontrándose mayor efectividad, para el control del insecto en estado adulto. Además en los tratamientos con el insecticida Pirimifos metil, se observó la mejor protección al grano debido al mínimo poblacional de insectos vivos cuantificados, después de 8 meses de almacenamiento.

No se encontró dosis de toxicidad en los análisis de residual y el porcentaje de pérdida de materia no fue significativo en el tiempo total de almacenamiento.

## I. INTRODUCCION

El incremento de la población nacional demanda cada vez mayor cantidad de alimentos. El aumento de la producción por lo general, es menor que el aumento de la población y esta diferencia crea déficits alimentarios cada vez mayores.

La protección de los granos almacenados contra el ataque de insectos ha sido un problema difícil desde que el hombre aprendió a cultivar y almacenar sus cosechas. Si a las producciones de maíz les restamos el 21o/o que se debe a pérdidas post-cosecha causadas principalmente por insectos (FAO-1981), esto obliga a buscar más y mejores métodos de lucha contra plagas que causan daño a los granos durante su almacenamiento.

Las pérdidas causadas por el ataque de los insectos al maíz almacenado pueden ser:

- 1.1 De cantidad: número de semillas o porciones de ellas consumidas directamente por los insectos.
- 1.2 De calidad: granos contaminados de excrementos o de cuerpos de los mismos insectos.

Dichas pérdidas, tanto de calidad como de cantidad, pueden aumentar por el ataque secundario de microorganismos tales como hongos y bacterias; el cual pueden ser favorecidos en parte por los insectos que infestan los granos, como los gorgojos cuyo estado larval se desarrolla dentro del grano, los cuales elevan la temperatura y humedad, debido a su respiración y metabolismo. Pueden dar lugar entonces a pudriciones secundarias, pues los granos almacenados que alcanzan más del 17o/o de humedad constituyen en excelente medio para un desarrollo más rápido de los mismos insectos y de hongos.

En Guatemala, especialmente en climas cálidos, los granos no pueden almacenarse con seguridad a menos que sean previamente protegidos contra los insectos; además las instituciones encargadas de captar y almacenar granos han tenido problemas en cuanto al elevado costo de los productos utilizados en la fumigación del grano en la etapa crítica de infestación. Estas causas y los factores temperatura y humedad que influyen en la rapidez con que se multiplican estas plagas, son las razones que obligan a buscar nuevas técnicas de control químico que permitan mantener el maíz almacenado libre del ataque de insectos durante largos períodos reduciendo las pérdidas que por este concepto se presentan y facilitando al agricultor la consecución de mejores precios para sus productos.

El presente trabajo evaluó la efectividad de tres diferentes insecticidas (Actellic,

K-otrine y Malathión), de acción residual en varias dosificaciones, aplicados directamente al grano de maíz, para el control de gorgojo (*Sitophilus sp.*), en cuatro etapas de su ciclo biológico; trabajo efectuado en silos familiares tipo "Guatemala" con capacidad para 20 quintales en las instalaciones de la Estación de Compra del Instituto Nacional de Comercialización Agrícola, INDECA, en el parcelamiento La Máquina, municipio de Cuyotenango, Departamento de Suchitepéquez.

## II. JUSTIFICACIÓN

En las áreas de clima tropical donde los insectos se reproducen rápidamente durante todo el año, tanto los de campo como los de almacén. el daño que causan a los granos almacenados constituye un alto porcentaje de pérdidas para los agricultores al mermar la producción y demeritar la calidad. Evitar estas pérdidas reportaría beneficios significativos que vendrían a aliviar las necesidades de la población, además el uso cada vez mayor de productos químicos tradicionales (Phostoxin y Bromuro de metilo), utilizados por productores y por instituciones estatales encargadas de captar y comercializar parte de la producción, han tenido serios problemas por poca hermeticidad de la bodega, corto período de efectividad del fumigante, mayor inversión en los productos utilizados, deterioro del grano por daños mecánicos, consumo de energéticos y riesgo para el personal, por otra parte la investigación entomológica aplicada a los granos almacenados es escasa; han sido realizados algunos trabajos relacionados con la identificación de las principales especies de insectos que afectan el grano almacenado, pero el inventario obtenido está lejos de considerarse completo; el ciclo biológico de las especies que dañan los granos, aún no ha sido investigado en los habitat guatemaltecos; y la práctica del control de insectos en grano almacenados se limita la aplicación de insecticidas, en algunos casos a las recomendaciones generales que formulan al respecto las principales casas productoras de los mismos y en la mayoría al criterio totalmente empírico del empleado del distribuidor minorista.

Puede afirmarse, entonces, que las pérdidas post-cosecha de granos ocasionados por los insectos en almacén, son importantes, tanto a nivel de productor, como a nivel de sector público y privado, pero a pesar de reconocerse la importancia del problema, los sectores involucrados no han desarrollado y/o investigado sistemáticamente soluciones al respecto.

### III. HIPOTESIS

- 3.1 El índice de efectividad en las muestras de maíz, no varían significativamente en función del insecticida y de la dosis utilizada para el control del *Sitophilus sp.* en sus diferentes estados de desarrollo, en maíz almacenado.
- 3.2 El porcentaje de pérdida de materia seca, la calidad del grano y el efecto residual de los insecticidas, no varían a través del tiempo total de almacenamiento.

### IV. OBJETIVOS

#### 4.1 General

Generar tecnología, con miras a la reducción de pérdidas ocurridas en la etapa de post-cosecha de productos agrícolas alimenticios por causas del daño por insectos.

#### 4.2 Específicos

- 4.2.1 Evaluar comparativamente la persistencia y efectividad de tres productos químicos en tres dosis, utilizados en el control de *sitophilus sp.* en sus diferentes estados de desarrollo en maíz almacenado en silos familiares.
- 4.2.2 Evaluar el efecto residual de los insecticidas en el grano de maíz almacenado.
- 4.2.3 Determinar la calidad del grano y pérdida de materia seca ocasionada por insectos y hongos durante el almacenamiento del maíz.

## V. REVISION DE LITERATURA

### 5.1 Generalidades

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), en su informe anual de 1978; (18) hace ver que las pérdidas durante el almacenamiento son menos considerables que las pérdidas experimentadas antes de la recolección, pero sus efectos son extremadamente tangibles y manifiestos en las reducciones reales de las disponibilidades alimentarias, la depreciación del valor comercial de éstas e indirectamente, el costo de las medidas que han de tomarse para prevenir las pérdidas directas que razonablemente son de temer, además en los quince últimos años se ha registrado una impresionante reducción de las pérdidas globales, y la importancia de mantener y mejorar esta situación es tal que no necesita restricción alguna.

Por otra parte, sigue mencionando FAO (18), que es actualmente objeto de creciente atención el establecimiento de reservas reguladoras nacionales e internacionales de alimentos para protegerse contra las irregularidades de la producción debidas a las alternativas climáticas imprevisibles que crean circunstancias en las cuales pueden ser considerablemente mayores las pérdidas durante el almacenamiento.

Las plagas son la causa principal de esa pérdida y los sistemas y técnicas actuales de almacenamiento exigen que el control de esas plagas se basen en gran parte en el uso de insecticidas químicos. Cabe distinguir dos tipos básicos de control de plagas en el almacenamiento según la citada organización (18).

El primero, a nivel local, tiene esencialmente por objeto prevenir los daños físicos o pérdidas de productos, por ejemplo en la agricultura de subsistencia. Como las poblaciones de plagas han de ser bastante grandes o las infestaciones muy duraderas para que los daños causados sean apreciables, el nivel de control requerido no es necesariamente alto y las infestaciones ligeras pueden ser toleradas.

El segundo tipo de control se ocupa de la contaminación por los insectos de los productos que circulan en el comercio, particularmente en el comercio internacional. Las pérdidas materiales de granos alimenticios suelen ser desdeñables, pero en parte por razones de estética.

Son relativamente pocos los productos que pueden utilizarse con confianza para el control de plagas de los alimentos almacenados. Se trata en esencia de una gama limitada de insecticidas persistentes y fumigantes no persistentes.

### 5.2 Tipos de Infestación

De acuerdo a Ramírez Genel (19), los insectos que dañan los granos

almacenados pueden clasificarse como Primarios y Secundarios desde el punto de vista físico por el daño que causan a los granos o semillas en almacén.

Entre los insectos primarios se incluyen a todos aquellos que son capaces de romper la semilla para llegar al endospermo, del cual se alimentan. Este grupo de insectos es el que mayor daño ocasiona a los granos en almacén, ya que sus actividades destructivas facilitan la existencia del segundo grupo, es decir, de los insectos secundarios, los cuales no son capaces de principiar un ataque rompiendo el grano, por lo cual reciben precisamente el nombre de insectos secundarios. Como ejemplo clásico de los insectos primarios están los gorgojos de los cereales, pertenecientes al género *Sitophilus* que perforan la semilla. Como ejemplo de los insectos secundarios se tienen los del género *Laemophleus* y otros muchos, que viven casi siempre asociados con los gorgojos primarios.

Siguen mencionando el autor (19), que en lo que respecta al daño mismo, algunos insectos prefieren el germen de los granos, mientras otros dañan el endospermo, consumiendo estas partes del grano e inutilizándolo o reduciéndolo como alimento o como semilla.

El daño que ocasionan los insectos a los granos almacenados, puede clasificarse como directo o indirecto (20). El primer tipo, consiste en la destrucción del grano por el insecto con fines alimenticios o de oviposición. Los cuerpos de los insectos muertos y su excremento, contaminan el grano haciéndolo aparecer polvoso, sucio e inaceptable como alimento humano. La perforación o rotura de la semilla por los insectos, cuyas larvas viven dentro del grano del cual se alimentan, hasta alcanzar el estado adulto y durante éste, equivale a su destrucción completa. En el caso de las palomillas de las harinas, las larvas unen a este material una telilla característica y difícil de quitar.

El segundo tipo de daño consiste en el calentamiento del grano producido por el metabolismo de los insectos, lo cual origina un mal olor debido al desarrollo de los microorganismos. Con los dos tipos de daño descritos se demeritan considerablemente tanto el poder germinativo de la semilla como la calidad del grano para consumo humano o uso industrial.

### **5.3 Factores climáticos que Influyen en el Desarrollo de Plagas de Granos Almacenados:**

Ramírez Ganel (19), hace ver que los factores más importantes que influyen en la rapidez con la que se multiplican las plagas de los granos almacenados son: la temperatura y la humedad. La resistencia que poseen los insectos al calor y al frío es muy variable.

En forma general, dice el citado autor (19), que las especies de insectos más perjudiciales a los granos almacenados, son destruidos, por las temperaturas bajas extremas. Las bajas temperaturas contrarrestan los efectos de las humedades altas; lo

que, a su vez, disminuye el peligro del ataque de insectos en forma tal que, en los climas templados o fríos, los límites en el contenido de humedad de los granos para un almacenamiento seguro, son más elevados que en las regiones tropicales. El desarrollo de los insectos es mucho más rápido cuando la humedad y la temperatura actúan juntas en el sentido positivo.

Los granos almacenados son un alimento ilimitado para los insectos, y los dos factores físicos mencionados, quedan establecidos, definitivamente como los más importantes para la multiplicación de éstos.

Si la nutrición o el alimento es suficiente y la humedad es favorable para el crecimiento y desarrollo de las poblaciones de insectos, el factor temperatura es el que determinará la actividad de ellos, por lo que respecta a su multiplicación. Cuando por el contrario, la temperatura es el factor favorable, bajo las condiciones que hemos mencionado, la humedad pasa a ser entonces el factor limitante en el desarrollo de las poblaciones de insectos allí presente. Los insectos obtienen la humedad necesaria para sus actividades fisiológicas principalmente del alimento. Por sí mismos producen cierta cantidad de agua, mediante su metabolismo. (19)

Los insectos que atacan a los granos almacenados pueden vivir y desarrollarse bajo condiciones muy diversas, por lo que respecta a las temperaturas. Sin embargo la mayoría de ellos mueren cuando se exponen por algunas horas a temperaturas de 49°C. Debe tomarse en cuenta que la resistencia de los insectos a altas temperaturas, varía con los estados biológicos de los mismos. Las temperaturas menores de 12.5°C retardan la actividad biológica de los insectos; sin embargo, algunos de los que constituyen plagas importantes económicamente, en lo que se refiere a granos almacenados, son más tolerantes a las bajas temperaturas que a las altas (19)

Existe una gran variación en la resistencia que poseen los diferentes tipos de insectos al frío y a los contenidos de humedad, pero generalmente los insectos más destructivos e importantes, que atacan a los granos almacenados pueden ser destruidos con cierta facilidad, con la utilización de bajas temperaturas. El *Sitophilus granarius*, el *Sitophilus oryzae* y el *Sitophilus Zea mais* pertenecen a este grupo.

#### 5.4 Principales Insectos de Importancia Económica

Ramírez Genel (19), considera que los granos almacenados son de alto valor nutritivo, tanto para el hombre, como para los animales domésticos, pero lo son también para los insectos. Se sabe que existen unas 70,000 especies de ellos, que pueden reproducirse y vivir con facilidad, derivando su nutrición de los granos almacenados.

Los órdenes Coleoptera y Lepidoptera, agrupan a los insectos de mayor importancia económica y que causan daños y destruyen a los granos almacenados;

dentro de éstos se agrupan a los gorgojos y a las palmoillas, respectivamente. Los insectos de los órdenes mencionados pasan por 4 estados biológicos que son el huevecillo, la larva, la pupa y el estado de madurez llamado estado adulto.

Agrega el citado autor (19), que la experiencia ha demostrado que el estado de huevecillo es el más difícil de combatir, en los trabajos de control de plagas. Las larvas son las más destructivas y responsables de la mayor parte del daño que ocasionan estos insectos. Las pupas son el estado biológico de reposo en estos insectos y no causan daño mecánico a los granos. Los adultos, o sea el estado de madurez fisiológica de los insectos, ocasionan gran daño por sí mismos, por las oviposiciones que realizan sobre los granos y por la contaminación.

Según Ramírez G. (19), a la serie de cambios biológicos de los insectos, desde la eclosión del huevecillo hasta alcanzar su estado adulto, se le da el nombre de metamorfosis y a cada estado biológico se le denomina estadío. Los insectos de mayor importancia económica, en granos básicos son los siguientes: *Spermophagus pectoralis* S., *Acanthoscelides obtectus* Say, *Zabrotes Subfasciatus*, *Epbestia cautella*, *Laemophloeus* sp., *Oryzaephilus surimanensis*, *Plodia interpunctella*, *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus granarius*, *Sitophilus oryzae*, *Prostefanus* T, *Criptolestes* F, *Kapra*.

Fao (18), menciona que en el caso de todos los cereales, salvo el arroz en cáscara, examinados individualmente, el *Sitophilus Oryzae*, fue la especie de plaga más importante en relación con la producción total de granos, y se manifestó como plaga principal en las zonas que producían los 2/3 del grano producido en la muestra, que representa en sí el 45o/o de la producción mundial de  $1056 \times 10^6$  t.m. Fue también la especie predominante en el comercio de exportación, manifestándose como plaga principal en zonas productoras del 55o/o de las  $39 \times 10^6$  t.m., exportadas en los 50 países de la muestra, *S. oryzae*, a pesar de ser la plaga más importante de los cereales está circunscrita en sus habitat y en lo que se refiere a su distribución mundial se señala relativamente pocas veces su proliferación en productos distintos de los cereales.

## 5.5 Descripción de la Plaga en Estudio

### GORGOJO DE LOS CEREALES (*Sitophilus* sp.)

En base a Metcalf y Flint (13), este insecto, comúnmente conocido como gorgojo del trigo, arroz o del maíz, fue descrito en el año de 1763. Es un insecto cosmopolita y una de las plagas más severas que atacan a los granos almacenados; se encuentra distribuido principalmente en las áreas tropicales y semitropicales del mundo. El adulto es un gorgojo cuya longitud varía entre 2.1 a 4.0 mm., de color café oscuro, casi negro, de cuerpo cilíndrico y con la cabeza prolongada en un pico o probosis delgada que soporta un par de mandíbulas resistentes. El tórax se encuentra densamente marcado con punturas redondas y los élitros tienen, en sus ángulos exteriores cuatro manchas de color rojo anaranjado. Posee alas funcionales con vuelo activo. Causa infestaciones en el campo a los granos aún antes de ser éstos cosechados.

En los trópicos y semitrópicos, aparece en el campo tan pronto como las mazorcas de maíz, se encuentra en estado de masa (postleche).

Agregan los citados autores (13) que las hembras depositan sus huevecillos en todas aquellas partes del grano que pueden ser alcanzadas por la probosis y el ovipositor, excavando pequeñas depresiones en el grano con la primera, y depositando sus huevecillos en ellas. Un solo huevecillo es depositado en cada cavidad y la velocidad de la oviposición varía con la condición del grano, la temperatura del medio ambiente y la edad del insecto. En tiempo cálido, las hembras depositan de 8 a 10 huevecillos por día, aunque pueden llegar a depositar entre 20 y 25 huevecillos en ese mismo tiempo.

El paso de huevecillo a adulto, durante los meses de la primavera y del verano, alcanza un promedio de 40 días; sin embargo en algunos casos, este lapso puede prolongarse, dependiendo de la disponibilidad de alimento y de las condiciones del medio ambiente. El número de generaciones anuales varía desde 5 hasta 12. En los almacenes cuyas temperaturas son favorables al insecto, puede haber de 8 a 10 o más generaciones al año, mientras que sólo de 5 a 6 en lugares donde las condiciones no le son favorables, tanto a adultos como a las larvas se reproducen en el grano en forma continua en almacenes cálidos (13).

El huevecillo es opaco, de color blanco más o menos de 0.7 mm. de largo en forma de pera u ovoide, ensanchándose de la parte media hacia abajo, con el fondo redondeado y el cuello estrechándose hacia el extremo opuesto. Generalmente eclosionan entre 3 y 5 días después de ovipositados; sin embargo, en climas fríos, pueden necesitar hasta 10 días para su incubación (13).

La larva es un gusano pequeño; de color blanco perlado; de cuerpo grueso y ápodo; con cabeza pequeña y de color café claro; más larga que ancha y de forma cuneiforme; ventralmente casi recta y dorsalmente muy convexa; posee cuatro estadios larvales.

Las pupas, recién formadas, son de color blanco pálido, con algo de semejanza al adulto, de cabeza redonda, la probosis es larga, delgada y dirigida hacia la parte inferior; con las patas dobladas hacia el cuerpo y con las alas cubriendo a éste; tienen nueve segmentos, generalmente armados con dos espinas predominantes.

Agregan los citados autores (13), que 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. Este insecto junto con el de las otras especies mencionadas, constituyen muy posiblemente las más destructoras de los granos almacenados en el mundo. Las cantidades totales de maíz, trigo, arroz, cebada, centeno, etc., han sido destruidas por estos gorgojos, en cifras de gran consideración. 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 está confinada principalmente a las semillas o granos, de los que consumen la parte interior, en tanto que los adultos se alimentan de la parte exterior de una gran variedad de semilla, 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. Los adultos han sido encontrados alimentándose de spaghetti y otras pastas de cereales. (13)

Los adultos hacen pequeñas cavidades en la parte blanda del grano, en donde depositan sus huevecillos. Con frecuencia, puede observarse en un solo grano, numerosas excavaciones lo que indica que la hembra cuidadosamente selecciona el sitio más adecuado para perpetuar su especie. Los huevecillos son algo elástico y pueden tomar la forma de la cavidad en donde son depositados. La hembra los coloca precisamente abajo de la superficie de la cubierta del grano, en el endospermo y con la parte más ancha hacia el fondo de la cavidad. Una sola hembra puede depositar hasta 250 huevecillos durante su vida; en Australia existe un récord de 400 huevecillos. Los huevecillos miden 0.7 mm. de largo y 0.3 mm. de ancho. Al eclosionar los huevecillos, son pequeñísimos gusanos y perforan la masa del grano. Comúnmente sólo se encuentra una larva dentro de cada grano, pero pueden haber de 2 a 3, dependiendo del tamaño de éste. El estadio larval varía entre 19 y 34 días. Cuando la larva llega a la madurez, hace una celda pupal dentro del grano; y en pupa después de haber pasado 1 ó 2 días como prepupa. El estadio pupal tarda de 3 a 6 días, dependiendo de las condiciones ambientales; y cuando éstas son adversas puede tardar hasta 20 días (13).

Los adultos que emergen de los granos, se encuentran de inmediato en condiciones de copular y reproducirse, dando origen a nuevas generaciones que seguirán dañando los granos. El tamaño del gorgojo adulto, dentro de su variación, depende generalmente del tamaño del grano en el cual se desarrolló; aquellos individuos que se desarrollan en granos grandes, son de mayor tamaño que los que lo hicieron en granos pequeños. Se ha visto que un par de gorgojos, puede originar una progenie de un millón de individuos, en una sola estación de 3 meses (13).

FAO (18), menciona que las estimaciones de la importancia del *S. zeamais* ha sido influenciado por el hecho de que no siempre se ha distinguido a esta especie de *S. oryzae*. El *S. Zeamais* parece atacar una gama más amplia de productos que *S. Oryzae*, aunque también en este caso las infestaciones señaladas corresponden predominantemente a los cereales. Ataca los productos con contenidos de humedad considerablemente más altos que la mayor parte de las otras plagas importantes de los almacenes. En los campos puede infestar granos con un contenido de humedad de más del 20o/o, por ejemplo durante la maduración del maíz cuando el grano está blando, lo que unido a una buena capacidad de vuelo, puede dar lugar a grandes infestaciones en los campos. Las infestaciones más graves se registran en zonas cercanas a almacenes infestados áreas de trilla o descascarillado y montones de cubiertas de mazorca de

maíz. El *S. zeamais* puede reproducirse en granos con un contenido de humedad inferior al que requiere *S. oryzae* pero al parecer prefiere condiciones más húmedas y cálidas que éste. La temperatura óptima varía de 25<sup>0</sup> a 30<sup>0</sup>C, *S. zeamais* se adapta bien al maíz, pero se reproduce también en el arroz y el trigo.

## 5.6 Combate de plagas

De acuerdo con Ramírez-G. (19), la base fundamental para el combate de plagas, es el conocimiento de aquellos factores físicos, químicos, bióticos o de otra índole que sean favorables a su abundancia e incrementación. Cuando estos factores son conocidos, hay muchas posibilidades de modificar aquellos que lo permitan, o de ejecutar aquellas medidas tendientes a incrementar los factores desfavorables a la plaga, para eliminar o reducir a un mínimo la población de organismos perjudiciales en un área considerada. Cuando se ejerce modificación en los factores favorables, o se evitan o eliminan, resulta lo que conocemos como prevención del daño causado por plagas, o también como "combate indirecto". Cuando se ejerce la destrucción de la plaga en forma específica mediante procedimientos químicos, físicos o mecánicos, resulta el llamado combate directo.

Para utilizar cualesquiera de los métodos de combate es necesario conocer correctamente la plaga y su biología, sus hábitos, el lugar donde habita o vive, la época en que se presenta, el daño que causa, la forma en que se presenta, el daño que causa, la forma en que reacciona a los factores ambientales, su origen, distribución y los productos, materiales u órganos que ataca.

Se entiende por combate químico, la reducción o eliminación de organismos perjudiciales, o la prevención del daño que causan, mediante el uso de materiales venenosos, materiales para atraerlos a otras sustancias o medios, o para emplearlos como repelentes en áreas específicas. El combate químico está considerado, algunas veces, por muchas personas, como el método básico en la entomología económica aplicada.

INTECAP (7), menciona que en el caso de insectos que atacan a granos y productos almacenados, al seleccionar un insecticida para combatirlos es necesario considerar los puntos siguientes:

1. El uso que tendrá el grano o producto
2. La plaga que es necesaria combatir
3. El ingrediente activo y sus propiedades, su efecto residual, disponibilidad y costos.
4. Peligros de aplicación y manejo.
5. Métodos de aplicación y equipo disponible.

Según FAO (17), en la lucha contra los insectos parásitos de los productos almacenados se utilizan 2 tipos principales de productos químicos: los insecticidas de

contacto y los tóxicos respiratorios o fumigantes. Los insecticidas de contacto son venenos que atraviesan la cutícula del insecto y penetran así en los tejidos de su organismo. Los fumigantes son gases que entran en el cuerpo del insecto por su vía respiratoria. Los insecticidas de contacto confieren una protección duradera (generalmente llamado efecto residual), pero tienden a ser algo específico en su acción sobre las especies de insectos y a engendrar mayor resistencia que los tóxicos respiratorios.

La National Academy of Sciences (20), dice: un principio comprobado por el tiempo en la estrategia del control insecticida es el de atacar el "eslabón más débil" de la plaga. Esto requiere el conocimiento exacto de la identidad del insecto, su historia vital y comportamiento. Buscando la manera de atacar a una especie en su punto más débil, se pueden manejar ciertas variables, como el tiempo y el lugar del ataque y la etapa de su historial vital contra la cual se dirigen las medidas de control. Las etapas de la historia vital varían en su susceptibilidad y vulnerabilidad al tratamiento insecticida. Irónicamente, aún entre las especies de plagas más conocidas en cuanto a su importancia económica, no se cuenta con el conocimiento previo de su historia vital y los hábitos, a fin de emplear medidas de control con la máxima efectividad.

Sigue mencionando la citada Academia, (20) que en la investigación de desarrollo de insecticidas, a pesar de su gran número y diversidad, no llenan por completo los requerimientos de la agricultura, la salubridad pública y del propietario de una casa, para el control de insectos seguro, eficiente, selectivo y barato. Existe la demanda por nuevos fumigantes, debido a la diversificación y mecanización de la agricultura y la introducción consecuente de nuevas técnicas, tales como fumigación del suelo, tratamiento de las semillas, etc. Esta situación ha producido una demanda permanente de insecticidas con formas únicas de acción. En respuesta a estos la industria está desarrollando cada vez mayores cantidades de nuevos compuestos para evaluación con respecto a su empleo como insecticidas del futuro.

### 5.7 Materiales Protectores

De acuerdo a Ramírez G. (19), se consideran materiales protectores de los granos y semillas, aquellas sustancias empleadas para la prevención del daño causado por insectos y hongos durante el período crítico del almacenamiento. La efectividad en el empleo de estas sustancias orgánicas o inertes, depende, en gran parte del período de almacenamiento, tipo de troja o bodega, efecto del material sobre el grano, disponibilidad en el mercado, mezcla fácil y homogénea en pequeños o grandes volúmenes, rapidez de acción costo y efectos de estos materiales en el hombre y en los animales domésticos.

Los materiales protectores se utilizan generalmente en granos recién cosechados al llevarlos a las trojes rústicas o almacenes para prevenirlos del ataque de las plagas.

Estos materiales pueden emplearse en cualquiera de las formas siguientes:

1. Revueltos con el grano o semilla
2. Aplicados en formulación especial sobre paredes, pisos y techos de la troje o bodega.
3. Aplicados en formulación especial a/o sobre los costales o envases que guardan el grano almacenado.

protector queda considerablemente restringida. En estos casos, deben revolverse con el grano solo algunos insecticidas que no sean tóxicos para el consumo humano, como por ejemplo, las piretrinas, a dosis determinadas, por el peligro que representan los residuos venenosos, dado que estos materiales tienen baja toxicidad para los mamíferos. Algunas sustancias que poseen gran toxicidad a los animales de sangre caliente al igual que plagas, han sido dosificadas en tal forma, que su empleo en este campo es de importancia sobre todo por su corto efecto residual y se usan bajo muy estricta tolerancia legal. Ramírez G. menciona en su estudio (19) los efectos de diversos materiales protectores revueltos con el grano (Lindano, Malatión, Dieldrín, etc.), de maíz y trigo; resultados sobre daños en poder germinativo, toxicidad y efecto residual de varios insecticidas, para proteger maíz y trigo contra el ataque de insectos como el gorgojo del maíz.

De acuerdo a Castillo Niño (3), el efecto de los factores tales como: el diferente grado de sorción de cada grano, el contenido de impurezas, los materiales de construcción de las instalaciones de almacenamiento, el tiempo de almacenamiento la temperatura y la humedad del grano almacenado, el estado del desarrollo de los insectos y el sistema de aplicación de los fumigantes, entre otras, hace que la dosis deban ser ajustadas por cada caso en particular o de lo contrario se corra el riesgo de que el tratamiento no surta el efecto deseado y antes por el contrario se convierta en un elemento antiproducente tanto desde el punto de vista de control como de costos.

### **5.8 Descripción de los productos químicos usados en el presente estudio**

Los medios actualmente disponibles en todo el mundo para almacenar granos son en su mayor parte simples depósitos que ni impiden el ataque de las plagas ni crean un medio inconveniente para éstas. En la mayoría de los casos, el uso de insecticidas es el único método seguro para prevenir las pérdidas o daños que suelen producirse cuando no se adoptan adecuadas medidas de protección. El empleo de insecticidas está muy difundido y generalmente es en las zonas de clima cálido donde más intensamente se usan estos productos. (19).

#### **K—Otrine**

Nombre común: Deltametrina

Fórmula:  $C_{22}H_{19}Br_2NO_3$

Peso Molecular: 505.2

Punto de Fusión: 98 a 101°C

Aspecto: Polvo Cristalino Inodoro

Estabilidad: Muy buena. Ninguna alteración antes de los dos años a 40°C

Toxicidad Oral: Muy tóxica para los animales de sangre fría en cambio es prácticamente inofensivo para los animales de sangre caliente a dosis usuales de empleo.

Modo de acción: por contacto e ingestión (la fijación al nivel de los ganglios nerviosos periféricos), propagación de despolarización, a lo largo del sistema nervioso. Los síntomas consisten en un bloqueo del conjunto de la actividad motriz, (emisión inducida de una neurotoxina), esta emisión se traduce en: excitabilidad, incoordinación de los movimientos parálisis, letargo, muerte. Su DL50 oral aguda en ratas es de 129 mg/kg. (2)

### Malathion

Otros nombres: Malation, Malathon, Malaphos

Nombre químico: O, O-dimetil fosforoditioato de dietil mercaptosuccinato.

Fórmula:  $C_{10}H_{19}O_6P S_2$

Punto de fusión: 2.85°C. (99o/o mínimo)

Punto de Ebullición: 156 – 157°C (0.7 mm), con descomposición.

Punto de vapor:  $4 \times 10^{-5}$  mm. (30°C)

Solubilidad: Poco soluble con agua, soluble imiscible en alcoholes, etanol, insopropanol etc., en cetonas, acetonas, metilsobutil-cetona, ciclo hexanona, también soluble en aromáticos, xileno, benceno.

Densidad: 25 = 1.233 g/ml.

Estabilidad: es estable indefinidamente si se almacena protegido a la humedad.

Factores de toxicidad: Su DL50 oral aguda en ratas es de 2800 mg/kg.

Modo de Acción: por contacto e ingestión, tiene propiedades físicas para ser absorbidas por los tejidos del insecto que se combina con las enzimas inhibiendo su acción fisiológica a través del proceso de fosforilación.

Inocuidad: Las investigaciones toxicológicas relacionadas con la seguridad en el empleo del insecticida Malathión se ha llevado a cabo en diversas formas desde 1949. Estas investigaciones han determinado que un nivel de 8 ppm, es permisible en los granos alimenticios por su margen de seguridad para la salud (6).

**Actellic:**

Nombre completo: Pirimifos-metil

Toxicidad: La DL 50 oral aguda en ratas de pirimifos-metil es de 2,080 mg/kg no es irritante ni sensibilizador ni teratogénico ni carcinogénico.

Fórmula:  $C_{11}H_{20}N_3O_3PS$

Modo de Acción: Por contacto, por ingestión y fumigatorio puede aplicarse directamente sobre los granos, debido a su baja toxicidad y su falta de persistencia en el ambiente.

Inocuidad: Buenas características ambientales, tiene baja toxicidad hacia el hombre, los animales, la vida silvestre y los peces.

## VI MATERIALES Y METODOS

### 6.1 LOCALIZACION

El experimento se efectuó en las instalaciones de compra de granos del Instituto Nacional de Comercialización Agrícola, INDECA; en el parcelamiento "La Máquina" municipio de Cuyotenango, departamento de Suchitepéquez.

### 6.2 MATERIALES

#### 6.2.1 Grano:

800 quintales de maíz blanco, con 13o/o de humedad.

#### 6.2.2 Insecticidas:

1 litro de Actellic 50

1 kilo de K-otrine 2.5 P.M. (polvo humectante)

10 kilos de Malathion 2o/o (polvo)

#### 6.2.3 Silos familiares:

30 silos cilíndricos metálicos, construidos en lámina calibre 28 de las siguientes dimensiones aproximadas: 1.5 metros de alto y 1.15 metros de diámetro y capacidad de 1 tonelada métrica.

#### 6.2.4 Equipo para llenado y vaciado:

300 costales de yute, para transportar el maíz a los silos de almacenamiento.

3 embudos de metal, especialmente construidos para el efecto.

#### 6.2.5 Equipo para la crianza de *Sitophilus sp.*

1 librera metálica (dotada con 5 entrepaños, puertas corredizas de vidrio e instalación eléctrica para colocación de 4 bombillas de alumbrado) especialmente adaptada para criadero de *Sitophilus sp.* de maíz en el laboratorio.

Frascos de vidrio, según el siguiente detalle: 9 frascos con capacidad para 1 galón; 36 frascos con capacidad para 1/4 de galón.

— 4 recipientes plásticos, con capacidad para 5 galones.

— Telas finas (tipo muselina) en 3 colores diferentes, hilos en 3 colores diferentes y tiras plásticas; para cubrir la boca de los

frascos en el criadero de insectos y para envolver y diferenciar las muestras de maíz infestado especialmente preparadas que fueron colocadas dentro de cada uno de los silos bajo estudio.

- Cintas de papel adhesivo (masking tape) para sellar las tapaderas de las bocas superior e inferior de cada silo.

#### 6.2.6 Equipo para conteo de insectos y análisis de calidad del grano:

- 1 determinados de humedad Dole 400;
- 1 divisor humboldt;
- Balanza para determinación del peso volumétrico; (kg/hl).
- 1 balanza de triple brazo con capacidad para 1000 gramos y aproximación de 0.01 gramos;
- 1 juego de cribas para maíz, con sus correspondientes bandejas de fondo;
- 1 juego de bandejas de metal, para manejo de muestras en el laboratorio.
- Conjunto de equipo de laboratorio requerido para determinar el porcentaje de infestación oculta, presencia de hongos y porcentaje de germinación.

#### 6.2.7 Equipo para efectuar el tratamiento con los insecticidas:

2 bombas aplicadoras de los productos:

i) bomba asperjadora de mochila; ii) equipo de aspersion portátil.

1 pipeta para efectuar las mediciones de la mezcla, Beakers, cubetas plásticas, paletas.

#### 6.2.8 Equipo de medición de las condiciones climáticas externas e internas

- Higrómetro para determinación de la humedad relativa exterior de los silos.
- Sicrómetro para determinación de condiciones externas.
- Termocupulas para determinación de la temperatura y la humedad relativa dentro de los silos.

#### 6.2.9 Equipo para toma de muestras:

- Calador de 1.20 metros de longitud, de compartimientos separados.
- Toma muestras tipo torpedo, con sus correspondientes extensiones.

6.2.10 Formatos e instructivos

### 6.3 SELECCION Y PREPARACION DEL MATERIAL EXPERIMENTAL

Previamente a la aplicación de los tratamientos con los insecticidas se efectuó el tratamiento de 25 libras de maíz con *Sitophilus sp* en los diferentes estados de desarrollo del insecto, la preparación del mismo, se efectuó mediante el proceso de oviposición programada en secuencia de muestras libres de insecto de la siguiente manera:

- 6.3.1 Obtención de maíz libre de insectos, de cosecha reciente y sin tratamiento químico previo.
- 6.3.2 Se aseguró que dicho producto se encontraba libre de insectos, colocándolo en un criadero, en recipientes de un galón de capacidad durante 3 meses, bajo condiciones óptimas para el desarrollo del insecto.  
  
El maíz bajo estas condiciones se protegió del ataque de ácaros u otros parásitos y/o predadores del insecto con una solución acaricida (Kelthane) al material que cubría la boca de los recipientes, que en este caso era una tela fina tipo "muselina".
- 6.3.3 Análisis general del maíz libre de infestación obtenida del paso anterior.
- 6.3.4 Se colocó el maíz obtenido anteriormente en recipientes de 5 galones de capacidad y se expuso durante 6 días a una infestación por insectos adultos; pasados los seis días el maíz infestado se cribó para eliminar los insectos adultos y se colocó nuevamente en el criadero, constituyéndose de esta forma el maíz infestado con insectos en la primera edad.
- 6.3.5 Después de 8 días de haber colocado la primera muestra en el criadero en otros recipientes de 5 galones se depositó maíz libre de insectos y se expuso a una infestación de insectos adultos durante 6 días, para luego cribarlo y colocarlo nuevamente en el criadero, constituyéndose de esta manera en el maíz infestado con insectos en la segunda edad.
- 6.3.6 Dicho procedimiento se continuó hasta cubrir el tiempo total en que un huevo alcanza el estado de adulto, que para el caso de *Sitophilus sp.*, es de 4 semanas como mínimo; por lo que se continuó esta secuencia hasta la 7a. semana; el calendario efectuado para la oviposición programada se detalla en el cuadro 1. Lo que se pretendió con este procedimiento es obtener muestras de maíz infestado con insectos en diferentes etapas de desarrollo del insecto, al cabo de 48 días el estado del criadero fue el siguiente:

## CUADRO No.-1

CALENDARIO DE OVIPOSICION PARA LOS DIFERENTES  
ESTADOS DE DESARROLLO DEL *Sitophilus sp.*

EDAD	No.	DIAS DE DESARROLLO DEL INSECTO		COLOR HILO	
Primera	1	42	—	48	Violeta
Segunda	2	28	—	34	Azul
Tercera	3	14	—	20	Verde
Cuarta	4	0	—	6	Amarillo

Durante algunas fases del desarrollo de la preparación del grano fue necesario identificar con hilos de colores y números, los diferentes estados de desarrollo del insecto; para lo cual, en el cuadro No. 1, se ilustran los colores que se utilizaron en cada caso; además para cada oviposición se utilizaron 50 insectos adultos por cada 1000 gramos de grano.

## 6.4 DISEÑO DEL EXPERIMENTO

El experimento constó de 2 fases, efectividad y persistencia.

## 6.4.1 Efectividad de los insecticidas

El procedimiento para la cuantificación de la efectividad de los insecticidas se efectuó mediante un análisis de varianza después de 3 meses de exposición de los tratamientos con los insecticidas.

- a) Los tratamientos fueron asignados al completo azar para cada uno de los factores evaluados, cuarenta tratamientos (3 insecticidas, 3 dosis y 4 estados de desarrollo del *Sitophilus sp*) más un testigo (cero dosis).

Modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = U + \alpha_i + B_i + (\alpha B)_{ij} + E_{ijk}$$

- b) Se utilizaron tres repeticiones
- c) El diseño planificado fue completamente al azar con arreglo en parcelas divididas así:

Parcela grande: factorial 3 x 3    1 testigo (3 insecticidas a 3

dosis cada uno)

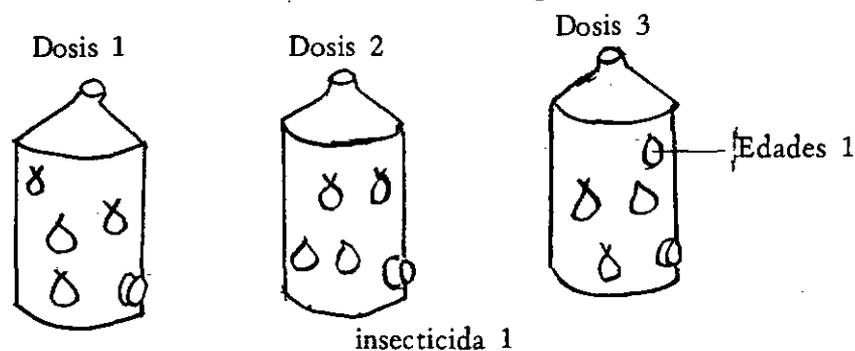
Parcela chica: 4 estados de desarrollo del *Sitophilus sp*

#### 6.4.2 Persistencia de los insecticidas

En la persistencia de los insecticidas y análisis de calidad del grano que se efectuó durante 8 meses de almacenamiento, se utilizó un arreglo en parcelas divididas para los factores insecticida y dosis.

#### 6.4.3 Unidad experimental

En términos prácticos, puede decirse que se utilizaron 30 silos familiares, con los diferentes tratamientos (3 insecticidas, 3 dosis, 4 estados de desarrollo del insecto, 3 repeticiones, más un testigo con sus repeticiones). Para establecer 120 unidades experimentales.



#### 6.4.4 Definición de variables

Para alcanzar los objetivos previstos, el estudio se efectuó dentro del siguiente contexto.

##### a) Variables independientes (factores)

– 3 insecticidas usados en el control del *Sitophilus sp*:

- i) Actellic (Pirimifos–Metil)
- ii) K-otrine (Deltametrina)
- iii) Malatión

– 3 dosis diferentes de los insecticidas, aplicados al maíz almacenado:

- i) Dosis comercial 100o/o
- ii) 75o/o de la dosis comercial
- iii) 50o/o de la dosis comercial

- 4 estados diferentes de desarrollo del insecto (cuadro No. 1)
  - Tiempo de almacenamiento
- b) Variables respuestas
- i) Para la efectividad del insecticida
    - Índice de efectividad del insecticida en los 4 tratamientos con los diferentes estados de desarrollo del insecto después de 3 meses de exposición.
  - ii) Para la persistencia del insecticida
    - Número de insectos adultos vivos cuantificados en las muestras de los silos.
    - Pérdida de materia seca ocasionada por insectos y hongos durante el almacenamiento.
    - Factores de calidad del grano
    - Tiempo de almacenmmiento (8 meses)

## 6.5 MANEJO DEL EXPERIMENTO

El estudio se realizó mediante la siguiente secuencia de actividades

### 6.5.1 Aplicación de los insecticidas:

El tratamiento al grano con los insecticidas tuvo lugar en los transportadores que conducen el grano en las instalaciones de la estación del INDECA, "La Máquina I", se utilizó un equipo electromecánico portátil de 1 H.P., de fuerza, el cual sirvió para atomizar el producto a través de un aguijón con boquilla Te-Jeet 80050; a 35 lbs. de presión para aplicar un litro por minuto de la mezcla aplicada directamente al grano, de las soluciones 100o/o, 75o/o y 50o/o de la recomendación de las casas comerciales. Las actividades previas fueron:

- a) Calibración de los transportadores: Se efectuaron 3 pruebas de velocidad del flujo del transportador del sistema de conducción del grano, llegándose a un promedio de 10 quintales de maíz en 1 minuto.

- b) Calibración de bomba de aplicación: Se efectuaron las pruebas necesarias y se calibró la bomba para que aplicara 1 litro por minuto.
- c) Preparación de la solución: Se aplicaron 2 litros de solución por tonelada (20 quintales) de maíz con la dosis que se especifican.

#### 6.5.2 Llenado de los silos

Luego de haberse efectuado el tratamiento al grano se hizo la recolección del grano de los silos de almacenamiento del INDECA, en costales de yute y trasladados al punto donde se estableció el experimento, para su pesaje y vaciado a los silos familiares.

Se realizaron las siguientes acciones en cada uno de los silos bajo estudio.

- a) Tratamiento de las muestras de maíz infestado: Se dividió en porciones cada una de las muestras de maíz infestado con *Sitophilus sp.*, en sus diferentes estados de desarrollo; una de estas porciones quedó como testigo y las otras tres fueron colocadas en los silos.

Previamente fue distribuido en cada bolsa de muselina, 50 gramos de grano infestado (ovipositado) sin ningún tratamiento y 50 gramos de maíz tratado con insecticida, para hacer 100 gramos de grano por bolsa, lo anterior se efectuó en las edades No. 2, 3 y 4, en la edad No. 1 (adulto) se introdujeron 20 insectos por bolsa.

- b) Distribución de las bolsas: La colocación de estas bolsas dentro del silo fue completamente al azar en 3 repeticiones: (inferior, superior y medio), así:
  - Ingreso de 1 quintal de maíz al silo;
  - Colocación de las muestras de maíz infestado (en sus 4 estados de desarrollo), en el nivel inferior del silo.
  - Ingreso de 9 quintales de maíz al silo.
  - Colocación de muestras de maíz infestado (en sus 4 estados de desarrollo), en el nivel intermedio del silo.
  - Ingreso de otros 9 quintales de maíz al silo. -
  - Colocación de las muestras de maíz infestado (en sus 4 estados de desarrollo); en el nivel superior del silo.

### 6.5.3 Mantenimiento de las muestras de Grano en los Silos:

Para el análisis de efectividad de los insecticidas se expuso durante un tiempo de 3 meses, los diferentes tratamientos en bolsas, bajo condiciones de almacenamientos en silos familiares para luego ser recuperados y analizados.

### 6.5.4 Muestreo Mensual del Grano Contenido en el Silo:

Durante 8 meses de exposición a los insecticidas con el objeto de evaluar la persistencia de los insecticidas.

### 6.5.5 Análisis de Calidad de las Muestras Representativas del maíz depositado en cada silo:

Para efectos de las pruebas de calidad del maíz, fue medida en términos de:

- a) Porcentaje de contenido de humedad del grano.
- b) Porcentaje de contenido de impurezas del grano.
- c) Peso volumétrico del grano (en base seca)
- d) Porcentaje de pérdida de materia seca ocasionada por infestación oculta.
- e) Porcentaje de pérdida de materia seca ocasionada por insectos y por

La calidad del grano al entrar al almacenamiento fue determinado mediante un análisis de muestra obtenida al azar en la medida que el grano ingresaba al silo.

La calidad del grano durante el almacenamiento fue establecida a partir de un análisis de muestreo intermedio, que se realizó mediante el uso de sondas de profundidad.

La calidad final del grano, fue determinada mediante análisis de laboratorio efectuado sobre muestras obtenidas en la medida que el grano fue descargado al momento de finalizado el período de experimentación.

### 6.5.6 Descargue de los Silos Familiares Bajo Estudio

Para el desarrollo de esta actividad fueron ejecutados los siguientes pasos, en cada uno de los silos bajo estudio.

- a) Remoción de las cintas adhesivas de las tapaderas superior e

inferior.

- b) Remoción de la tapadera superior e inferior y vaciado del grano contenido en el silo.

## 6.6 Métodos de Análisis del Experimento

### 6.6.1 Efectividad de los insecticidas

Tres meses después de haberse expuesto las diferentes muestras de maíz infestado (con los diferentes estados en desarrollo del *Sitophilus sp*), se procedió al conteo de insectos vivos y muertos (adultos), hallados en cada bolsa (cuadro No. 2), y luego se efectuó el análisis índice de control, tomando como porcentaje el número de insectos muertos, con respecto al total de insectos encontrados así:

$$I = \frac{\text{No. de insectos muertos}}{\text{No. de insectos muertos} + \text{No. de insectos vivos}} \times 100$$

El procedimiento para el análisis de varianza, se hizo al final para un diseño bifactorial para los factores dosis y edades, para el insecticida K-otrine y el testigo, tomando en cuenta que en los tratamientos con Actellic y Malathion, el índice de control fue en un 100o/o.

### 6.6.2 Persistencia de los insecticidas:

Para cada unidad experimental (30 silos), se efectuaron muestreos de grano tratado con los insecticidas mensualmente, por un término de 8 meses, habiéndose realizado conteo de insectos vivos adultos de *Sitophilus sp.* y de otras especies (anexo 1), el análisis estadístico se realizó para cada muestreo, habiéndose realizado también la transformación para los datos de la forma:  $\sqrt{X + 1}$  presentes en el cuadro 2 de resultados.

La comparación respecto al testigo se efectuó de acuerdo a un análisis completamente al azar en el que se formaron 10 tratamientos en el que se incluyó al testigo.

### 6.6.3 Análisis de Calidad:

El comportamiento del grano dentro del almacenamiento, fue evaluado a partir de:

- a) Peso de materia seca y calidad inicial del grano  
b) La evolución de la calidad del grano durante el período de

almacenamiento.

- c) El peso final de materia seca y calidad final del grano.

Los resultados fueron interpretados de acuerdo al análisis de varianza de un diseño completamente al azar, efectuado para los diferentes factores de calidad y que permitió:

- a) Evaluar la significancia estadística entre tres muestreos en los diferentes tratamientos.  
 b) Ante la presencia de diferencias estadísticamente significativas, efectuar las comparaciones de medias entre los diferentes tratamientos bajo estudio.

En relación al peso de materia seca, se evaluó en base a los métodos de conteo peso y línea base, de acuerdo a la metodología propuesta por Harris y Linbled (8).

#### 6.6.4 Condiciones Ambientales:

Todos los silos se encontraron bajo un rancho con techo de manaco, especialmente construido, para crear condiciones similares a los existentes a nivel de finca, se dejó un silo para registrar diariamente la evolución de la temperatura y humedad relativa interna, para lo cual se tuvieron instalados termocuplas de profundidad en los niveles inferior, medio y superior del silo; este registro también se llevó a cabo para las condiciones externas que rodeaban a los silos.

#### Referencias:

- a) Insecticidas:
- K K-otrine (Deltametrina)
  - A Actellic (Pirimifos metil)
  - M Malathión
- b) Estados de desarrollo del *Sitophilus sp.*
- Adulto No. 1
  - Pupa No. 2
  - Larva No. 3
  - Huevo No. 4
- c) Dosis
- 100o/o Dosis comercial (D.C.)

75o/o 0.75 de dosis comercial  
50o/o 0.50 de dosis comercial

## VII. RESULTADOS Y DISCUSION

### 7.1 Efectividad de los Insecticidas

El comportamiento de los estados de desarrollo del *Sitophilus sp.* fue determinado en base al conteo de insectos adultos encontrado después de 3 meses de exposición con los tratamientos con insecticidas y los resultados se detallan en el cuadro 2.

Cuadro 2: Conteo de insectos adultos de las muestras ovipositadas con los diferentes estados de desarrollo del *Sitophilus sp* después de 3 meses de prueba.

TRATAMIENTOS	SIL0 No.	EDAD	PRESENCIA DEL INSECTO					
			REPETICION I		REPETICION II		REPETICION III	
			VIVOS	MUERTOS	VIVOS	MUERTOS	VIVOS	MUERTOS
K-otrine 100o/o	1-2-3	1	--	21	--	20	--	20
		2	47	8	--	8	43	9
		3	115	17	329	14	32	16
		4	--	4	76	9	--	3
K-otrine 75o/o	4-5-6	1	--	20	--	20	--	20
		2	135	14	83	13	59	5
		3	11	10	--	11	32	15
		4	--	5	--	6	--	6
K-otrine 50o/o	7-8-9	1	3	22	--	20	--	21
		2	248	19	68	6	121	13
		3	288	20	336	11	34	17
		4	23	5	40	3	23	6
Actellic 100o/o	10-11-12	1	--	20	--	20	--	20
		2	--	2	--	4	--	2
		3	--	3	--	4	--	2
		4	--	1	--	2	--	1
Actellic 75o/o	13-14-15	1	--	20	--	20	--	21
		2	--	3	--	2	--	3
		3	--	4	--	2	--	6
		4	--	1	--	1	--	3
Actellic 50o/o	16-17-18	1	--	20	--	21	--	21
		2	--	4	--	3	--	4
		3	--	5	--	9	--	4
		4	--	1	--	1	--	1
Malathión 100o/o	19-20-21	1	--	20	--	20	--	20
		2	--	4	--	7	--	5
		3	--	11	--	10	--	14
		4	--	4	--	5	--	2
Malathión 75o/o	22-23-24	1	--	20	--	20	--	20
		2	--	5	--	6	--	6
		3	--	15	--	13	--	6
		4	--	3	--	5	--	4
Malathión 50o/o	25-26-27	1	--	20	--	20	--	20
		2	--	5	--	5	--	5
		3	--	11	--	14	--	10
		4	--	3	--	5	--	5
Testigo	28-29-30	1	13	25	54	24	73	35
		2	3	3	235	4	152	16
		3	11	11	74	1	170	37
		4	1	4	80	3	65	9

El cuadro de resultados 2, muestra que únicamente en el caso del insecticida K-otrine se encontró presencia de *Sitophilus sp.* vivo, no así en los tratamientos con Actellic y Malathión, por lo que se procedió a determinar el coeficiente de

El cuadro 5: resume los análisis efectuados para cada muestreo, en el cual se pudo establecer diferencias significativas para la fuente de variación "insecticida" en los muestreos 4 y 8, por lo que la dosis e interacción insecticida-dosis no constituyeron variables determinantes en el estudio.

Cuadro 5: Resumen del Análisis de Varianza sobre el número de *Sitophilus sp.* vivos encontrados en 8 muestreos.

Variables	Nivel de Significancia	Variaciones y Fuentes de Variación entre Muestreos																									
		1		2		3		4		5		6		7		8											
		I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D										
# <i>Sitophilus sp.</i>	50/0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Comparación Testigo - Tratamiento	50/0	0	*					*																			*

Referencias: I = Insecticidas, D = dosis, I-D = insecticida - Dosis  
 0 = no significativo  
 \* = Significativo

La figura 4 presenta el resumen de la comparación de medias de los factores significativos en el análisis.

**Muestreo 4**

K-otrine	□	a	
Malathión	□	a	
Actellic		□	b

**Muestreo 8**

K-otrine	□	a	
Malathión		□	b
Actellic		□	b

Figura 4: Resumen de las comparaciones de medias entre los muestreos de maíz, para la cuantificación del *Sitophilus sp.*

- En el muestreo 4, se observa que los tratamientos con el insecticida Actellic mostraron la menor población de insectos en comparación al K-otrine y Malathión.
- El muestreo 8 presenta significancia en el caso del K-otrine respecto al Malathión y Actellic, en cuanto a la mayor población de *Sitophilus sp.* cuantificados.
- La figura 5 presenta la comparación de medias entre los tratamientos con insecticidas y el testigo.

Tratamientos	Muestreo 2	Muestreo 4	Muestreo 8
Testigo	□	□	□
M-50o/o		□	□
M-75o/o		□	□
K-50o/o		□	□
K-75o/o		□	□
K-100o/o		□	□
A-50o/o		□	□
M-100o/o		□	□
A-75o/o		□	□
A-100o/o		□	□

Figura 5: resumen de la comparación de medias entre tratamientos con insecticida y el testigo en *Sitophilus sp.*

- La comparación de medias entre los diferentes tratamientos y el testigo determinó lo siguiente:
- En el muestreo 2 la diferencia fue significativa únicamente para el testigo, que presentó la mayor población de *Sitophilus sp.* En el muestreo 4 se determinó las mayores poblaciones para el testigo y el tratamiento M-50o/o y en el muestreo 8, los tratamientos M-100o/o A-100o/o 75o/o 50o/o mostraron la menor población de *Sitophilus sp.* vivos respecto a los demás tratamientos.

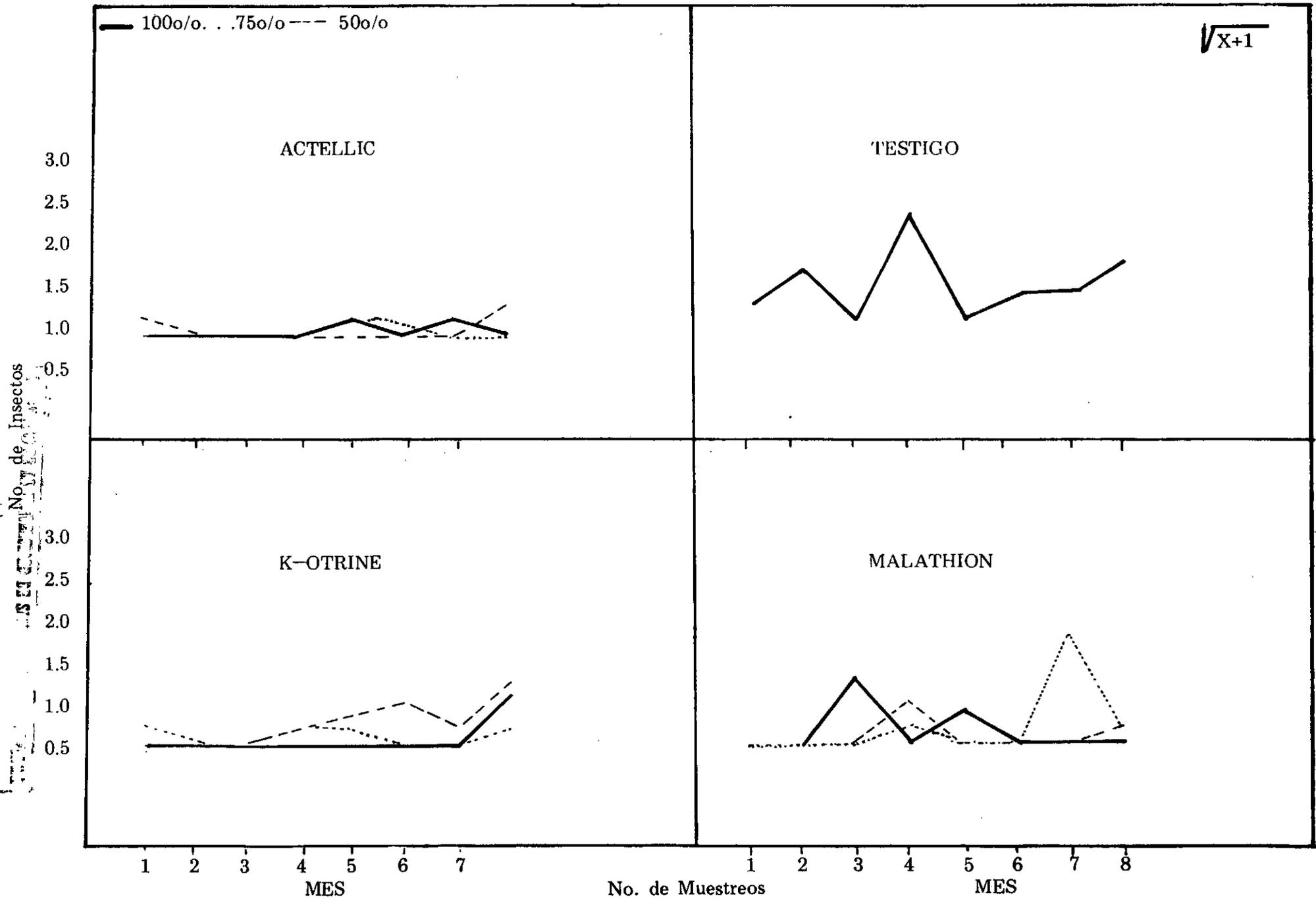
El desenvolvimiento de la población de *Sitophilus sp.* durante los 8 meses que duró el experimento, mostró el comportamiento que se describe en la figura 6, y en el que se pudo establecer lo siguiente:

- El insecticida Actellic conservó una tendencia uniforme de control del *Sitophilus sp.*, en el tiempo total del estudio.
- El insecticida K-otrine, tuvo un comportamiento efectivo a través de 7 meses de almacenamiento y a partir del siguiente mes su tendencia cambió hacia un aumento en la población de *Sitophilus sp.* vivos.
- El insecticida Malathión tuvo un comportamiento de control muy variable.

Referencia:

Figura 6: Comportamiento Poblacional del *Sitophilus sp.* en 8 meses de estudio

Transformación:



### 7.3 Residualidad de los Insecticidas

Los análisis químicos sobre los residuos de los insecticidas, efectuados por el ICAITI después de 8 meses de exposición del grano con los productos en su máxima dosis, nos dio a conocer lo siguiente:

- a) Actellic 50 (Pirimifos Metil), no presento residuos.
- b) K-otrine 2.5 P.M. (Deltametrina) = 0.01 mg/kg (P.P.M.) de residuos.
- c) Malathión 2o/o = 0.01 mg/kg (P.P.M.) de residuos.

#### Interpretación de Resultados

De acuerdo a las conclusiones de los expertos toxicológicos acreditados por el Comité Mixto FAO/OMS\* que se llevo a cabo en Roma 1,982 para los Piretrinoídes fotoestables (Piretroídes), su D.D.A. (dosis diaria aceptable para el hombre), la Deltametrina tiene un D.D.A., de 0.01/mg/kg idéntica al resultado obtenido en el estudio.

El Malathión, presenta un margen de tolerancia en residuos de 8 a 10 P.P.M., y que es mayor a 0.01 que fué detectado en el análisis de las muestras en estudio (18).

#### Análisis de Calidad

En el cuadro No. 6 se resumen los resultados obtenidos para un nivel de significancia del 5o/o de los Análisis de Varianza efectuados.

---

\*ICAITI (Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial)  
 FAO (Organización de las naciones unidas para la Agricultura y Alimentación)  
 OMS Organización Mundial de la Salud.

CUADRO 6:

## Resumen de Análisis de Varianza sobre Calidad de Grano

Variables	Nivel de Signific.	Variaciones y Fuentes de Variación entre Muestreos		
		Inicial No. 1	Medio No. 2	Final No. 3
o/o Daño por insecto	0.05	N.S.	N.S.	**
o/o Daño por hongos	0.05	N.S.	N.S.	N.S.
o/o Impurezas y Matex	0.05	N.S.	N.S.	N.S.
o/o Humedad	0.05	N.S.	N.S.	N.S.

\*\* = Significativo

N.S. = No significativo.

El cuadro 6 resume los análisis de varianza efectuados para los diferentes factores de calidad, permitió evaluar la diferencia estadística entre los muestreos a través del tiempo total del almacenamiento (8 meses), los análisis detallan lo siguiente:

#### 7.4.1 Porcentaje de daños por insectos:

Con un nivel de significancia del 50/o se establecen diferencias en el tercer análisis realizado, como se observa en el cuadro 6.

La comparación entre las diferencias hayadas en el análisis respectivo se presentan el siguiente cuadro de medias.

CUADRO No. 7:

#### MEDIA COMPARATIVA ENTRE DOSIS-INSECTICIDA Y EL TESTIGO

Tratamientos										No. de Mues
K-100	K-75	K-50	A-100	A-75	A-50	M-100	M-75	M-50	tes	
b	b	b	b	b	b	b	b	b	a	3ro.

El análisis estadístico indica que el efecto de los tratamientos con insecticida no variaron entre sí, pero en relación al testigo (cero insecticida), la diferencia sí fue significativa.

#### 7.4.2 Porcentaje de daño por hongo:

En las pruebas realizadas de los análisis de calidad del maíz almacenado en silos familiares, el porcentaje de daño por hongo no fue significativo en función de los tratamientos ni del tiempo de almacenamiento.

Los o/o de incremento en peso de grano con hongo no varió en función de los tratamientos con y sin insecticida.

Según se observó en las pruebas de laboratorio, la presencia de los hongos *Aspergillus sp.* en un 20/o y *Rizopus sp.* en 40/o.

#### 7.4.3 Impurezas y Materia Extraña

Debido a las condiciones de manejo del grano durante el experimento, no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos en los

diferentes muestreos.

#### 7.4.4 Humedad Relativa y Temperatura:

En el siguiente cuadro se ilustra el comportamiento de la humedad relativa y de la temperatura en el interior de los silos y en el medio ambiente que rodeaba a los silos bajo estudio.

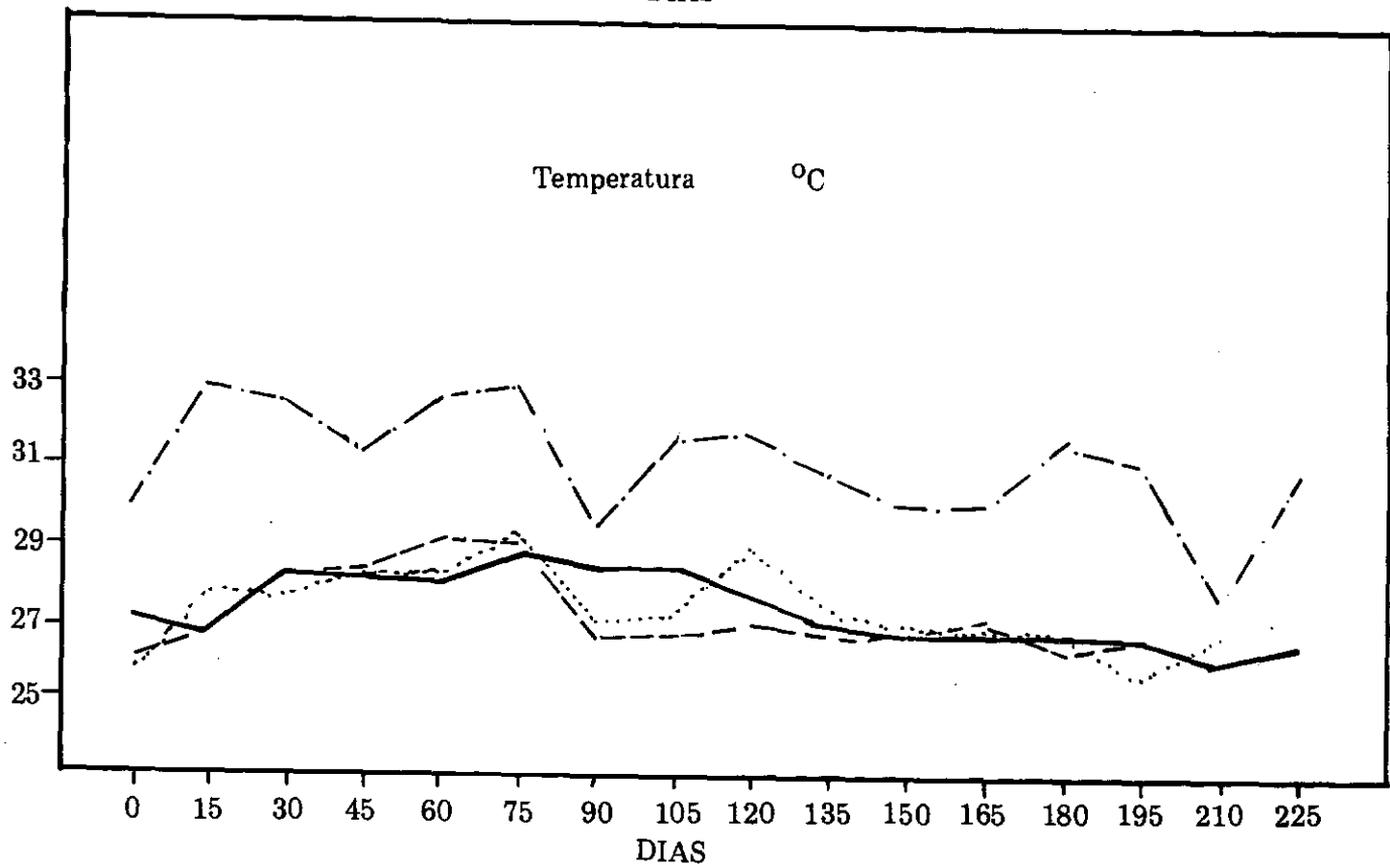
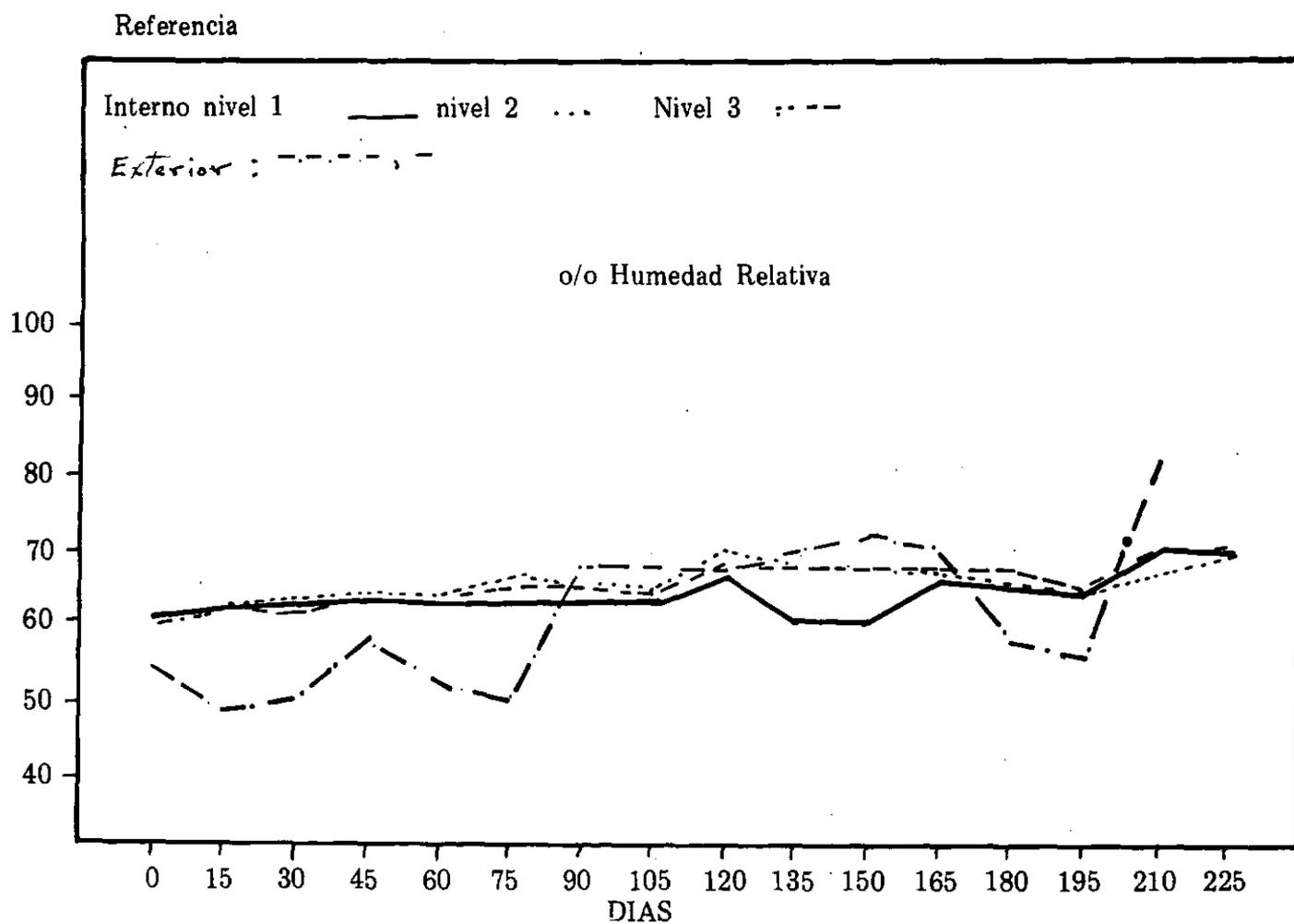
**CUADRO No. 8:**

#### **COMPORTAMIENTO DE LA HUMEDAD RELATIVA Y LA TEMPERATURA**

	o/o Humedad Relativa	Temperatura °C
<b>Humedad en el Grano</b>		
– Rango	60.6 – 70	25.55 – 29.33
– Promedio	65.30	27.44
<b>Medio Ambiente</b>		
– Rango	48.0 – 82.0	27.58 – 33.70
– Promedio	65.0	30.64

El comportamiento de la humedad relativa y de la temperatura en el interior de los silos, no fue afectado por las condiciones del ambiente externo (Figura 7).

FIGURA 7 CONDICIONES AMBIENTALES



Dentro de los silos se observó que la humedad relativa fue determinada por el contenido de humedad del grano y que permaneció en equilibrio con ella (equilibrio de presiones de vapor de agua), resultando un nivel de humedad relativo adecuado para el almacenamiento seguro.

La temperatura dentro de los silos siempre fue menor que el promedio del ambiente exterior.

#### 7.4.5 Otras Variables:

La humedad interna del grano y peso volumétrico; fueron factores determinantes para la cuantificación del o/o de pérdida de materia seca.

#### 7.4.6 Porcentaje de Pérdida de Materia Seca:

##### a) Método de conteo y peso

Los resultados de la cuantificación de las pérdidas de materia seca, durante el almacenamiento se resumen en el cuadro 9 habiéndose utilizado para el primer caso el Método de Conteo y Peso, según Harris y Linbied (8).

CUADRO No. 9:  
PORCENTAJE DE PERDIDA DE MATERIA SECA,  
METODO DE CONTEO Y PESO

Muestreo Causa		Inicial	Final	Incremento del o/o de pérdida
1.	Insectos			
	a) K-otrine	0.1186	0.241	0.1224
	b) Actellic	0.1750	0.2333	0.0583
	c) Malathión	0.1248	0.2837	0.1589
	d) Testigo	0.1318	0.6105	<u>0.4787</u>
	Sub-Total			0.8183
2.	Hongos			
	a) K-otrine	0.0370	0.1036	0.0666
	b) Actellic	0.0750	0.1197	0.0447
	c) Malathión	0.1463	0.1578	0.0110
	d) Testigo	0.1207	0.3080	<u>0.1873</u>
	Sub-Total			0.3096
3.	Infestación Oculta	Oculta		
	a) K-otrine	0.7230	0.9961	0.2731
	b) Actellic	0.2919	0.3487	0.1063
	c) Malathión	0.3967	0.7955	0.3988
	d) Testigo	0.9165	0.9178	<u>0.0013</u>
	Sub-Total			0.7800
4.	TOTAL:	3.2073	5.1157	1.9084

Tal como se puede observar en el cuadro No. 9 las pérdidas correspondientes, no presentaron diferencias significativas que puedan explicarse como efecto de los tratamientos aplicados.

El incremento de pérdida ocurrida resultó mayor para el caso de las pérdidas por insectos, pero el que correspondió a hongos resultó ser menor, por lo que se estima que este tipo de almacenamiento es eficiente para reducir el daño por ese concepto.

El porcentaje total de pérdida de materia seca resultó ser de 1.91 que no es significativo, por lo que el almacenamiento en silo familiar proporciona condiciones adecuadas para la conservación de la calidad y cantidad del grano.

## b) Método de la línea Base

Utilizando el *Método de la Línea Base*, que establece el peso de materia seca a diferentes contenidos de humedad encontradas para elaborar la línea patrón (figura 8), menos las diferencias entre los muestreos realizados, es igual al porcentaje de pérdida de materia seca durante el almacenamiento (8).

CUADRO No. 10:

o/o PESO DE MATERIA SECA, METODO DE LA LINEA  
BASE EN MAIZ ALMACENADO EN SILOS FAMILIARES

Porcentaje de Pérdida			
	Inicial	Final	Incremento
Línea Base			
Tratamientos:			
K-otrine	0.00	0.05	0.05
Actellic	0.00	0.14	0.14
Malathión	2.57	2.70	0.13
Testigo	0.0	3.98	3.98

El anterior cuadro detalla los porcentajes de pérdidas entre el primer y último muestreo respecto a la línea base.

La ecuación  $Y=769.42 - 8.946x$ ; y coeficientes  $r = -0.936$   $r^2 = 88.0\%$  se ajusta al modelo  $Y=a+bx$  de la figura 8. Donde: Y = peso de materia seca al i-esimo contenido de humedad X = porcentaje de contenido de humedad del grano.

El coeficiente de correlación (r) negativo, muestra el comportamiento disminuido del o/o de pérdida de materia seca; el coeficiente ( $r^2$ ) indica el o/o de pérdida atribuible directamente al contenido de humedad del grano.

En el cuadro 10 el incremento de porcentaje de pérdida de materia seca establecida mediante el método de la línea base, durante el tiempo total de almacenamiento, permite observar que en los tratamientos con insecticidas el promedio de pérdida total fue de 0.108o/o, en comparación con el testigo que fue de 3.98o/o; esta diferencia se explica especialmente por la presencia de insectos.

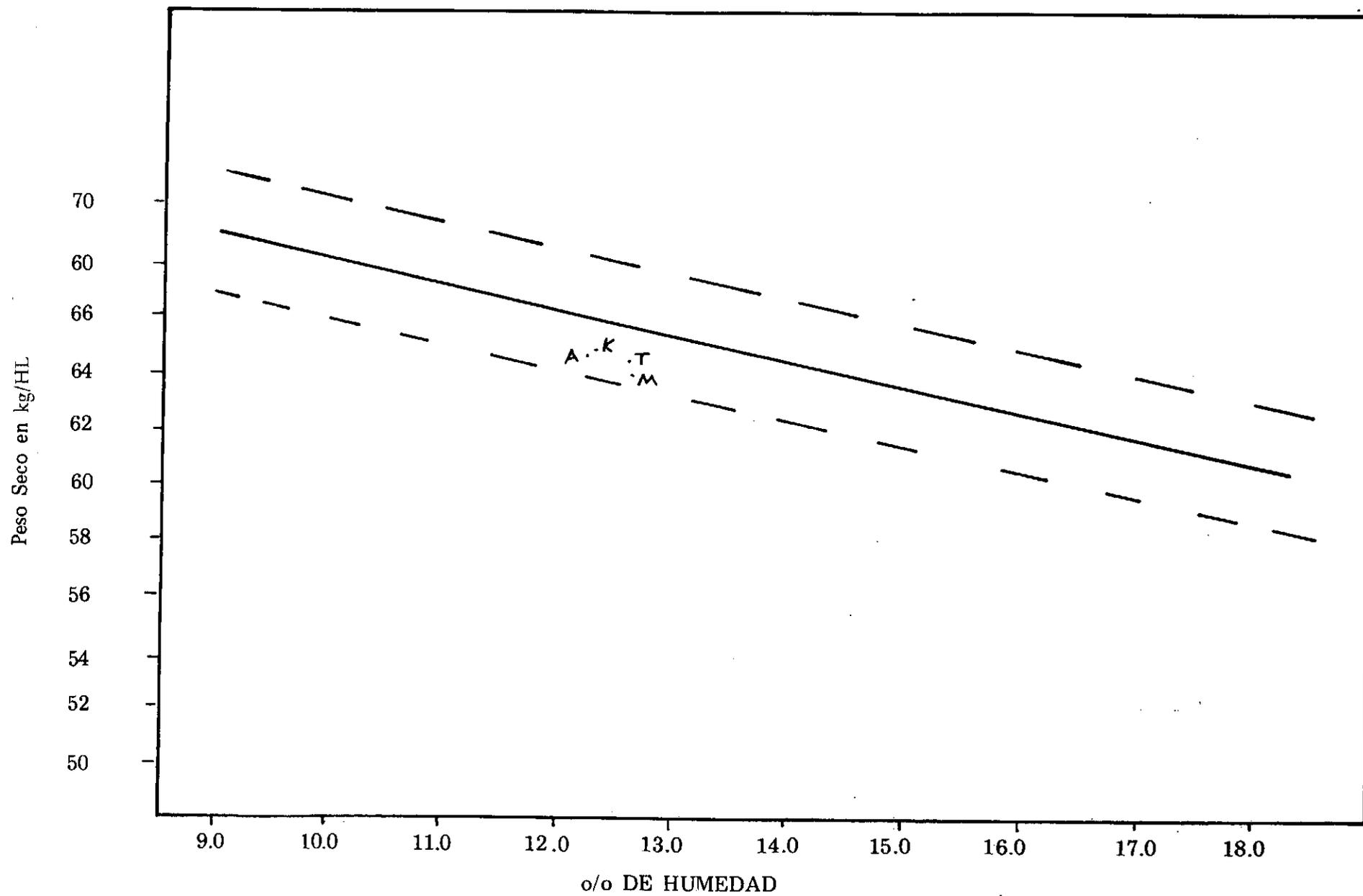
Figura 8 LINEA BASE DE REFERENCIA RESPECTO A LOS MUESTREOS DE MAIZ ALMACENADO .

$$Y = 769.42 - 8.946x$$

$$R = 0.936$$

$$R^2 = 0.876$$

10o/o error



El intervalo de confianza modelo Y T/2, n-2 A. Establece que con un nivel del 90o/o no hubo diferencia significativa entre los tratamientos, lo que indica que la calidad del grano se conserva perfectamente en este tipo de estructuras de almacenamiento, o lo que es igual, redundante en una reducción significativa de las pérdidas de calidad y cantidad del producto almacenado.

CUADRO No. 11:

## ANALISIS DE COSTOS EN QUETZALES

INSUMOS	COSTO UNITARIO	COSTO POR T.M.	TOTAL Q.
K-otrine	20.00 Kilo	Q. 1.00	
5 jornales	3.30	2.06	
Aplicador	1.44	0.18	3.24
Actellic	10.00 Lts.	Q. 2.06	
5 Jornales	3.30	2.06	
Aplicador	1.44	0.18	2.44
Malathión	1.20 Kilo	Q. 0.60	
5 Jornales	3.30	2.75	3.35

El cuadro anterior presenta para los insecticidas Actellic y K-otrine el gasto por aplicador, y en el caso del Malathión constituyó incremento en los jornales por haberse realizado la aplicación manual del producto (polvo). De esta manera la aplicación más económica fue con Actellic a un costo de Q 2.44 por T.M. de maíz.

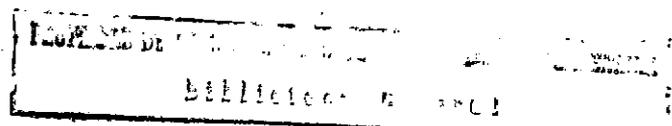
## VIII. CONCLUSIONES

### 8.1 Efectividad de los Insecticidas

- 8.1.1 Los insecticidas, Actellic (pirimifos metil), y Malathión, mostraron el mejor control sobre el *Sitophilus sp.*, en base al mayor índice de efectividad cuantificada, ya que en estos tratamientos no se encontró ningún insecto vivo.
- 8.1.2 También en las dosis de Actellic (pirimifos metil) y Malathión no se encontró diferencia significativa por lo que la dosis más baja (50o/o D.C.), ejerció tan buen efecto como la dosis comercial (100o/o).
- 8.1.3 En los tratamientos con K-otrine (deltametrina), se encontró presencia del insecto vivo, pudiéndose establecer diferencia significativa respecto a los insecticidas Actellic (pirimifos metil) y Malathión, por el menor índice de efectividad determinado.
- 8.1.4 En el insecticida K-otrine (deltametrina), no se encontró diferencia significativa en cuanto a la dosis aplicada, pero sí hubo significancia en el factor edad y la interacción dosis-edad. En el análisis respectivo se determinó que el mayor índice de mortalidad tuvo lugar en las dosis con los estados adultos del insecto y en los tratamientos huevo 100-75o/o y pupa 100o/o.
- Los testigos tuvieron en comportamiento similar a las dosis más bajas de K-otrine (deltametrina).
- 8.1.5 En cuanto a los estados de desarrollo del *Sitophilus sp.* el K-otrine (deltametrina), ejerció mejor control en el estado adulto y el menor índice correspondido a larva y pupa, lo que indica que el desarrollo del insecto no se vio limitada a la aplicación del insecticida.
- 8.1.6 Por lo anterior rechazamos la hipótesis planteada al inicio del estudio.

### 8.2 Persistencia de los Insecticidas

- 8.2.1 De acuerdo a los resultados obtenidos se logró determinar que el insecticida Actellic (pirimifos metil), en sus diferentes dosis ejerció una buena protección al grano que lo logró mantener con el mínimo de insectos vivos, durante 8 meses de almacenamiento del maíz.
- 8.2.2 La protección que ejerce el K-otrine (deltametrina) al grano almacenado tuvo un efecto positivo hasta el séptimo mes de almacenamiento, en el



### caso del control del *Sitophilus*

8.2.3 En el caso del Malathión su protección al grano fue muy inestable, pudiéndose establecer su efectividad en los primeros tres meses.

### 8.3 Residualidad de los Insecticidas

De acuerdo a los análisis efectuados por el ICAITI, la residualidad de los insecticidas, no constituye peligro de toxicidad para su utilización en granos alimenticios.

### 8.4 Factores de Calidad y Porcentaje de Pérdida de Materia Seca

8.4.1 Daño por insectos: Se estableció que no existió diferencia significativa entre los tratamientos con insecticidas pero al efectuarse la comparación con el testigo sí se encontró diferencia, por lo que se puede deducir, que bajo condiciones de los silos familiares con la aplicación de Actellic (pirimifos metil), y grano libre de infestación, se minimizan tanto las pérdidas de calidad, como de materia seca en un período de almacenamiento hasta de 8 meses.

8.4.2 Daño por hongos: No fue un factor que haya presentado significancia durante el estudio, por lo que se determina que las condiciones de humedad no fueron favorables para su proliferación.

8.4.3 Porcentaje de Pérdida de Materia Seca: Los resultados obtenidos por los métodos cuantificados, no fueron significativos, por lo que se establece que bajo las condiciones en que se realizó el estudio, las estructuras de almacenamiento (silos familiares), fueron eficientes para la conservación del grano.

### 8.5 Costos:

La aplicación del insecticida Actellic (pirimifos metil), constituyó el menor gasto económico en comparación con los otros dos insecticidas.

## IX. RECOMENDACIONES

- 9.1 Utilizar el insecticida Actellic (pirimifos metil), en su dosis más baja (10 cc./T.M.), por su efectividad, persistencia y baja toxicidad en el humano.
- 9.2 Probar los insecticidas Actellic (pirimifos metil), y K-otrine (deltametrina), bajo otras condiciones de almacenamiento (humedades y otras regiones del país).
- 9.3 Evaluar otros tratamientos sanitarios para el control de otras plagas de almacenamiento importantes en los granos de mayor producción y de esta forma reducir las pérdidas post-cosecha por este concepto.

## X. BIBLIOGRAFIA

1. ALVAREZ MORALES, J. R. Estudio sobre el control del gorgojo del maíz en granos y semillas almacenadas con productos agroquímicos. Tesis Ing. Agr. Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1977. pp. 3 y 7.
2. CASTAÑAZA, L.A. Evaluación de un Piretroide (K-otrine), para el control del *Anopheles Albimanus*. Guatemala, Rousell Uclaf, 1979. p. 14.
3. CASTILLO NIÑO, A. Almacenamiento y secamiento de granos, en Colombia y América Tropical. Bogotá, Colombia, Agrosintesis, 1978. p. 153
4. CHRISTENSEN, C.M. y KAUFMAN, H. Contaminación de hongos en granos almacenados. México D.F., Pax-México, 1976. p.p.35-36.
5. GUATEMALA. DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS AGRICOLAS y ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y ALIMENTACION. La participación del proyecto en la evaluación del almacenamiento de maíz en silos familiares. Guatemala, 1983. pp. 13-15.
6. ----- INSTITUTO NACIONAL DE COMERCIALIZACION AGRICOLA. Protección de granos y semillas almacenadas con Malathión; *In*. Información para el control sanitario de productos almacenados. Guatemala, 1978. sp. (Mimeografiado)
7. ----- INSTITUTO TECNICO DE CAPACITACION Y PRODUCTIVIDAD. Sistemas para el almacenamiento y secamiento de granos y semillas. Guatemala, 1977, p. 4.
8. HARRIS, K. y LINBLED, L. Métodos de evaluación de pérdidas post-cosecha de granos. Guatemala, FAO-DIGESA, 1982. pp. 5-20.
9. INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA. Redacción de referencias bibliográficas; normas oficiales del IICA. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Bibliotecología y Documentación No. 4. 1964. p. 24.
10. LINDBLAND, C. y DRUBEN, L. Almacenamiento de granos. México D.F., Concepto, 1979. pp. 165-166.
11. LIZARAZO, J.L. Factores variables que afectan la fumigación de los granos; proyecto de fortalecimiento del programa de comercialización del sector

público agrícola. Guatemala, INDECA/FAO, 1976. pp. 9-10.

12. McCALLUM DEGHTON, J. Actellic en la sanidad pública y los productos almacenados. s.l., ICI Panamericana, s.f. p. 8 (Mimeografiado)
13. METCALF, C.L. y FLINT, W.P. Insectos destructivos e insectos útiles. México D.F., Continental, 1982. pp. 1046-1048.
14. MONRO, H.A.U. Manual de fumigación contra insectos. Roma, Italia, FAO, 1970. pp. 18-19.
15. MONROY ORTIZ, F.A. Efecto de varias dosis de insecticidas en el almacenamiento de grano de maíz para el control del gorgojo. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1978. p. 5.
16. MURY, L.F. Manejo y conservación de granos almacenados. Guatemala, INDECA, s.f. p. 37 (Mimeografiado).
17. ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. Manipulación y almacenamiento de granos alimenticios en zonas tropicales y sub-tropicales. Roma, Italia, 1971. p. 65
18. -----: Susceptibilidad de los insecticidas de las plagas de los granos almacenados. Roma, Italia, 1978. pp. 5-20.
19. RAMIREZ GENEL, M. Almacenamiento y conservación de granos y semillas. México D.F., Continental, 1981. pp. 10-20.
20. US. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Manejo y control de plagas de insectos. México D.F., Limusa, 1980. V. 3, pp. 381-391.

*Patricio*



ANEXO "1"

ANALISIS DE OTRAS PLAGAS

ESCUELA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, GUATEMALA  
CENTRO

CUADRO 12:

## RESUMEN DE ANALISIS DE VARIANZA

Variables	Nivel de Significancia	Variaciones y Fuentes de Variación entre Muestras																							
		1			2			3			4			5			6			7			8		
		I	D	ID	I	D	ID	I	D	ID	I	D	ID	I	D	ID	I	D	ID	I	D	ID	I	D	ID
Tribolium sp.	5o/o	0	0	0	*	*	*	*	*	*	*	0	0	*	0	0	*	*	*	*	0	0	0	0	0
Oryzaephilus s.	5o/o	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0	0
Comparaciones Testigo - Tribolium	5o/o	0			*			*			*			*			*			*					
Testigo-Oryzaephilus	5o/o	0			0			*			*			*			*			*					

Análisis de otras plagas:

Utilizándose la metodología empleada en el estudio de la plaga principal (*Sitophilus sp.*), se procedió al análisis de las especies más comunes, halladas en los muestreos efectuados durante el almacenamiento (*Tribolium sp.* y *Oryzaephilus s.*)

*Tribolium sp.*

El cuadro No. 12 resume las diferencias significativas de los análisis de varianza efectuados en cada muestreo.

Los cuadros de medias comparativas que se detallan a continuación, muestra las diferencias encontradas entre los factores evaluados en el diseño respectivo.

CUADRO 13

MEDIA COMPARATIVA DEL FACTOR INSECTICIDA

K-otrine	Actellic	Malathión	Muestreo
b	b	a	4to.
b	b	a	5to.
b	b	a	7mo.

a > b

En el cuadro anterior se puede observar una mayor tendencia de de población viva de *Tribolium sp.* encontrada en los tratamientos con malathión.

CUADRO 14

MEDIA COMPARATIVA DE INSECTICIDAS-DOSIS

K-100	K-75	K-50	A-100	A-75	A-50	M-100	M-75	M-50	Muestreo
c	c	c	c	c	c	c	a	b	2o.
c	c	c	c	c	b c	b c	b	a	3o.
d	d	d	cd	d	d	b	bc	a	6o.

El cuadro de medias comparativas No. 14 detalla las variaciones encontradas, entre las poblaciones de *Tribolium* vivo y en el que se puede observar que para los tratamientos de Malathión el número de insectos fue mayor respecto a los otros.

**CUADRO 15**  
**MEDIA COMPARATIVA ENTRE DOSIS-INSECTICIDA Y TESTIGO**

K-100	K-75	K-50	A-100	A-75	A-50	M-100	M-75	M-50	Test.	No. de Muestreo
b	b	b	b	b	b	b	a	a	a	2o.
b	b	b	b	b	b	b	ab	a	a	3o.
b	b	b	b	b	b	b	a	a	a	4o.
b	b	b	b	b	b	b	a	a	a	5o.
b	b	b	ab	b	b	ab	ab	a	a	6o.
b	b	b	b	b	b	a	a	a	a	7o.

a>b

El cuadro anterior nos da a conocer la similitud de población de insecto vivo muestreados del testigo y del insecticida Malathión.

En la Figura No. 9 se observa el comportamiento de los diferentes tratamientos respecto a la población de *Tribolium*, haciéndose ver las diferencias existentes en los tratamientos con Malathión y Testigo, que muestran un alto índice de insectos vivos cuantificados hasta el 7o. mes de almacenamiento. En relación a los insecticidas Actellic y K-otrine, su comportamiento en el control del *Tribolium* fue efectivo y con tendencia estable.

#### *Oryzaephilus s.*

Los análisis de varianza efectuados en cada uno de los muestreos se resumen en el cuadro No. 2 y las diferencias significativas se detallan en los cuadros siguientes de medias comparativas.

## CUADRO No. 16

## MEDIA COMPARATIVA DEL FACTOR INSECTICIDA

K-otrine	Actellic	Malathión	No. de Muestreo
b	ab	a	7o.

De acuerdo al análisis de Andeva, entre tratamientos con insecticidas, únicamente hubo significancia en el muestreo 7mo. y en el que el Malathión presenta la más alta población.

## CUADRO 17

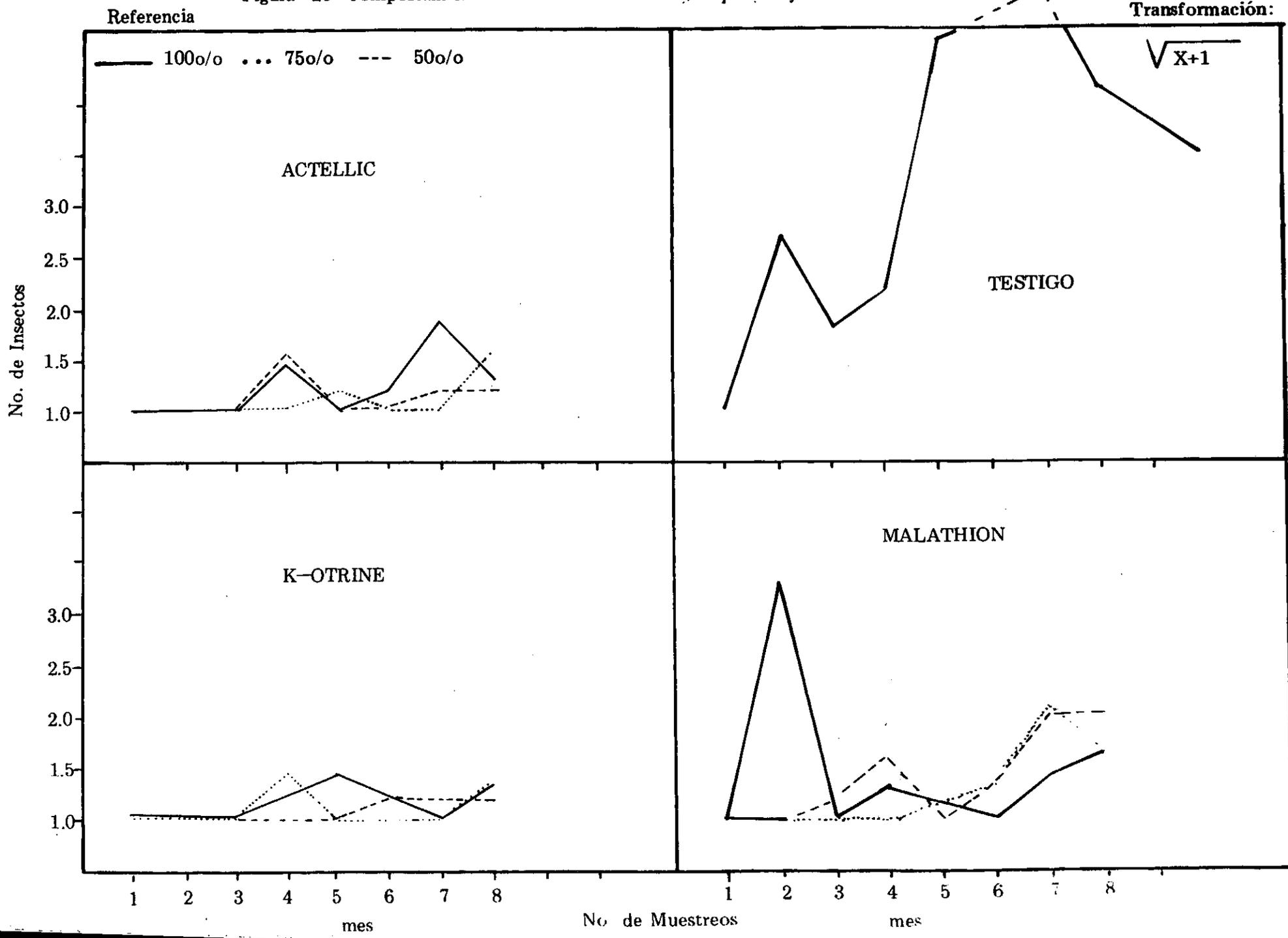
## MEDIA COMPARATIVA ENTRE DOSIS-INSECTICIDA Y TESTIGO

K-100	K-75	K-50	A-100	A-75	A-50	M-100	M-75	M-50	Test.	No. de Muestreo
b	b	b	b	b	b	b	b	b	a	3o.
b	b	b	b	b	b	b	b	b	a	4o.
b	b	b	b	b	b	b	b	b	a	5o.
b	b	b	b	b	b	b	b	b	a	6o.
b	b	b	b	b	b	b	b	b	a	7o.
b	b	b	b	b	b	b	b	b	a	8o.

De la comparación entre los tratamientos Insecticida-Dosis y el Testigo, se pudo establecer que existe una gran diferencia entre las poblaciones, ya que el testigo presentó el mayor número de *Oryzaephilus* vivos, como se puede observar en el cuadro No. 17.

El comportamiento de la población de *Oryzaephilus*, respecto al tiempo se detalla en la figura No. 10 en ella se puede observar la similitud de poblaciones de insectos vivos, en los tratamientos con insecticidas y una diferencia respecto al testigo.

Figura 10 Comportamiento Poblacional del *Oryzaepibilus f.* en 8 meses de estudio

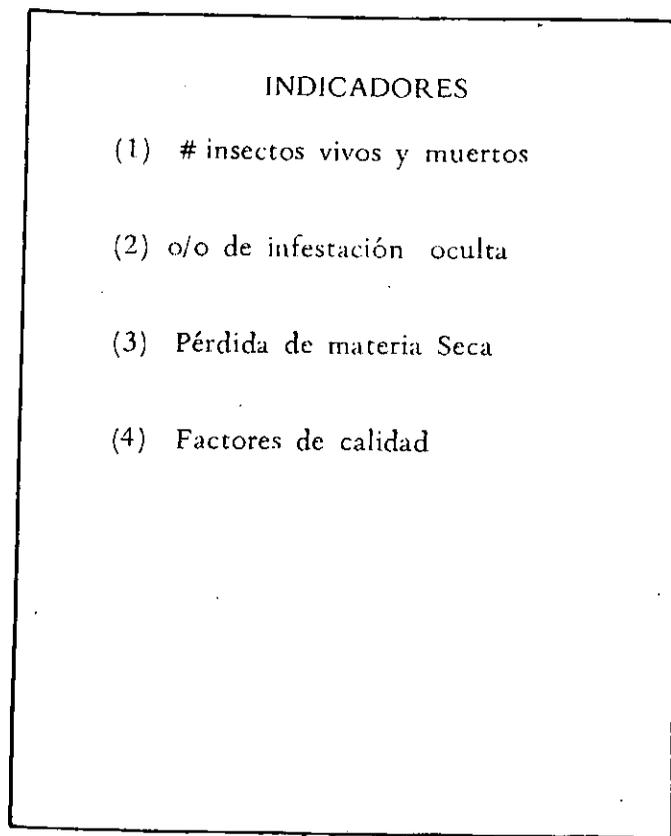


**ANEXO "2"**

**RESUMEN TOTAL DE LA INFORMACION**

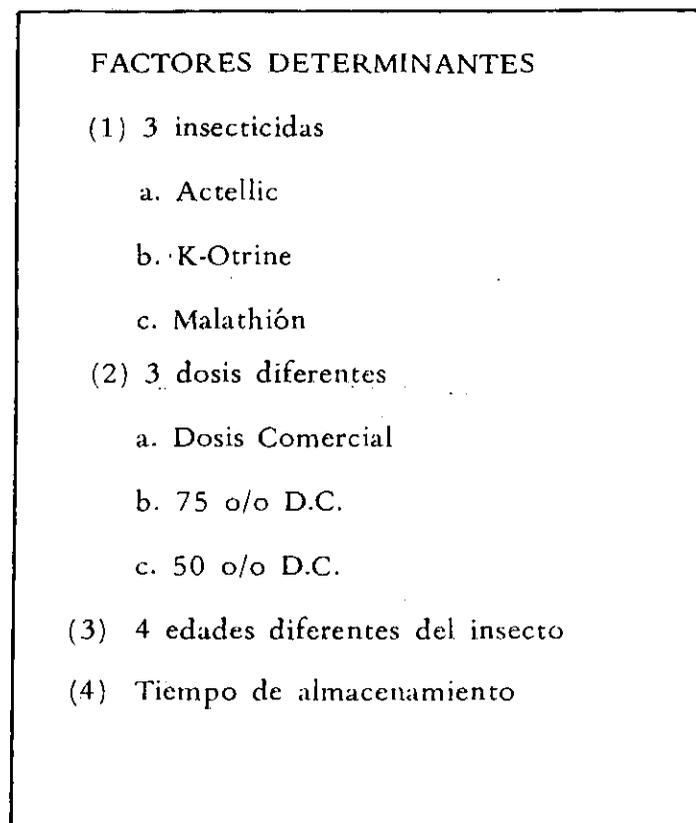
## DEFINICION DE VARIABLES

Para lograr los objetivos propuestos, se evaluó:



VARIABLES OBJETIVO O  
DE RESPUESTA

F U N C I O N



VARIABLES INSTRUMENTALES

PLAN DE  
MUESTREO

RESUMEN OPERACIONAL

TRATAMIENTO		REPETICIONES			REPETICION I		REPETICION II		REPETICION III	
		No.	INSECTICIDA	%/DOSIS COMERC.	P.F./TON	No.SILO	CODIGO	No.SILO	CODIGO	No.SILO
1	Actellic (1)	100 (1)	20 cc.	12	1.1.1	11	1.1.2	10	1.1.3	
2	Actellic (1)	75 (2)	15 cc.	15	1.2.1	14	1.2.2	13	1.2.3	
3	Actellic (1)	50 (3)	10 cc.	18	1.3.1	17	1.3.2	16	1.3.3	
4	K-otrine (2)	100 (1)	50 grs.	2	2.1.1	3	2.1.2	1	2.1.3	
5	K-otrine (2)	75 (2)	37.5 grs.	4	2.2.1	6	2.2.2	5	2.2.3	
6	K-otrine (2)	50 (3)	25 grs.	9	2.3.1	8	2.3.2	7	2.3.3	
7	Malathion (3)	100 (1)	500 grs.	20	3.1.1	19	3.1.2	21	3.1.3	
8	Malathion (3)	75 (2)	375 grs.	23	3.2.1	22	3.2.2	24	3.2.3	
9	Malathion (3)	50 (3)	250 grs.	25	3.3.1	27	3.3.2	26	3.3.3	
10	Testigo	---	---	28	---	29	---	30	---	

CUADRO 19: DIAGRAMA DE TRATAMIENTOS EVALUADOS

DOSIS INSECTIC.	DOSIS COMERCIAL									TESTIGOS
	100o/o			75o/o			50o/o			
	EDADES	EDADES	EDADES	EDADES	EDADES	EDADES	EDADES	EDADES	EDADES	
ACTELIC										
	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4
K-OTRINE	EDADES	EDADES	EDADES	EDADES	EDADES	EDADES	EDADES	EDADES	EDADES	EDADES
	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4
MALATHION	EDADES	EDADES	EDADES	EDADES	EDADES	EDADES	EDADES	EDADES	EDADES	EDADES
	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
REPETICIONES										