

17  
2 ej



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

“CORRELACION ENTRE EL PORCENTAJE DE DAÑOS Y LA PERDIDA DE PESO QUE SUFRE EL TRIGO (Triticum aestivum L.) ALMACENADO, POR EL ATAQUE DE Rhizopertha dominica F. (BARRENILLO DE LOS GRANOS) Y Tribolium confusum D. (GORGOJO DE LA HARINA)”.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO AGRICOLA  
P R E S E N T A I

ANGEL ADRIAN GARCIA HERNANDEZ

Director de Tesis: Ing. Arturo Ortiz Cornejo



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## C O N T E N I D O

1. RESUMEN
2. INTRODUCCION
3. ANTECEDENTES
4. OBJETIVOS
5. REVISION BIBLIOGRAFICA
  - 5.1. Causas de pérdidas en semillas y granos almacenados
    - 5.1.1. Factores abióticos
    - 5.1.2. Factores bióticos
  - 5.2. Principales plagas de semillas y granos almacenados
    - 5.2.1. Plagas primarias
    - 5.2.2. Plagas secundarias
  - 5.3. Principales especies y nombres comunes de insectos de almacén
  - 5.4. Principales especies de insectos que atacan granos en México
  - 5.5. Principales insectos de almacén en la zona Noroeste de México
  - 5.6. Descripción de insectos estudiados
    - 5.6.1. Barrenillo de los granos (Rhizopertha dominica F.)
    - 5.6.2. Gorgojo de la harina (Tribolium confusum D.)

6. MATERIALES Y METODOS
  - 6.1. Materiales de trabajo
  - 6.2. Equipos
  - 6.3. Metodología
    - 6.3.1. Obtención del grano
    - 6.3.2. Preparación del grano
    - 6.3.3. Acondicionamiento del grano
    - 6.3.4. Propagación de insectos para el estudio
    - 6.3.5. Montaje de los experimentos
      - 6.3.5.1. Pesado y envasado de las muestras de grano
      - 6.3.5.2. Infestación de las muestras de grano
      - 6.3.5.3. Incubación de las muestras de grano
      - 6.3.5.4. Parámetros a evaluar
7. RESULTADOS
8. ANALISIS
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
10. BIBLIOGRAFIA

## 1. RESUMEN

Tomando en cuenta la importancia que tiene el trigo como alimento básico nacional y considerando los antecedentes de investigación que señalan a los insectos de almacén como uno de los principales causantes de pérdidas, se desarrolló el presente trabajo de investigación para cuantificar los daños que ocasionan ciertos insectos, valorando paralelamente la pérdida de peso que sufre el trigo durante el almacenamiento. Asimismo se determinó una ecuación de predicción que permite pronosticar la pérdida de peso que sufre el grano como consecuencia de los daños ocasionados por éstos insectos durante su almacenamiento a nivel comercial.

La investigación se desarrolló en el laboratorio de Entomología del Centro Nacional de Investigación, Certificación y Capacitación de ANDSA (CENICCANDSA), durante un período de ocho meses a partir de agosto de 1990.

El trabajo se desarrolló con dos especies de insectos de almacén Rhyzopertha dominica F. y Tribolium confusum D. por ser estas especies de amplia distribución en el país y principalmente en la Región Noroeste, siendo esta la zona productora de trigo más importante de México.

Los resultados encontrados son los siguientes :

- Los daños significativos en el trigo se comienzan a registrar a los 56 días después de la infestación del grano y progresan rápidamente hasta alcanzar cifras de hasta 28% de granos picados en doce semanas de almacenamiento.
- En ocho semanas de almacenamiento, la población de insectos primarios (Rhyzopertha dominica F.) se incrementó hasta en un 2500%, partiendo de una población de 30 insectos adultos sin sexar introducidos inicialmente.
- En el caso de la especie secundaria (Tribolium confusum D.) el incremento alcanzado en el mismo lapso fue de un 500%, partiendo igualmente de una población de 30 insectos adultos sin sexar.
- Se encontró una relación directamente proporcional entre el porcentaje de granos dañados y el porcentaje de harina que se produce como consecuencia del daño causado por los insectos de prueba.

- Se encontró una diferencia poco significativa entre los resultados obtenidos en muestras con contenidos de humedad de 10.0% con respecto a las muestras con contenido de humedad 11.5%.

Se encontró que las ecuaciones resultantes de la investigación fueron aplicables a las condiciones del experimento y que para variaciones como el contenido de humedad en el grano, tipo de trigo y clima, será necesario hacer ajustes en base a estudios posteriores.

## 2. INTRODUCCION

Dada la demanda que tienen los granos, principalmente los cereales, como alimento o como materia prima para la industria de la transformación, los problemas que se presentan durante su transporte, acondicionamiento y conservación van siendo cada vez más importantes y más complejos. Problemas que pueden ser superados mediante el conocimiento de los principios básicos para manejar, acondicionar y conservar a los granos.

Conjuntamente a la producción de los granos se debe considerar su almacenamiento adecuado en virtud de que independientemente de las pérdidas que tengan por el rigor de las condiciones climáticas, se tienen otras debido a las condiciones a que se someten los granos después de la recolección, como consecuencia de una falta del conocimiento en cuanto a los métodos correctos de conservación de granos.

A pesar de que la producción agrícola se ha incrementado importantemente en los últimos años, y para el caso del trigo alcanza las 5 ton/ha como promedio nacional, sigue siendo un problema satisfacer la necesidad de alimentación de una población creciente 81,140,922 habitantes



en México. (INEGI.1990). Esto debido a una serie de factores entre los que destacan, los relacionados al manejo postcosecha como:

- 1) Los volúmenes de granos que deben almacenarse y conservarse van en aumento cada día.
- 2) El manejo adecuado que demandan estos productos para conservar su calidad y su valor económico.
- 3) El desconocimiento de los principios básicos de conservación que dan como resultado la pérdida de porcentajes considerables en los productos cosechados, principalmente por el ataque de insectos, roedores y hongos, que encuentran condiciones propicias para su desarrollo.  
(Ramírez, 1982)

### 3. ANTECEDENTES

Hasta ahora no existen en México ni en otros países del mundo, cifras exactas o estadísticas confiables que indiquen la verdadera cuantía de las pérdidas en el renglón de los granos almacenados. Sin embargo, se aceptan pérdidas globales que van desde un 5% hasta un 25% de la producción total de maíz, trigo y frijol, dependiendo de los volúmenes que se manejan y de las condiciones específicas de las regiones. (Ramírez, 1982)

Según datos de la FAO las cosechas de Latinoamérica experimentan una pérdida que va desde el 15% hasta el 30%. Aún cuando en nuestro país, estos porcentajes son menores, una simple estimación del 5% sobre la producción nacional de maíz significa una pérdida anual de varios cientos de millones de pesos. (Anónimo, 1985)

Por lo anterior se destaca la importancia de la generación de tecnología para conservar adecuadamente los granos, como herramienta para reducir las pérdidas por la vigencia que tiene su preponderancia a nivel nacional y mundial como satisfactores para la alimentación.

La tendencia por apoyar la tecnología en el almacenamiento y la conservación de los granos en el mundo y particularmente en México, es fácilmente comprensible, dado que para nuestro caso somos uno de los países que ocupan los primeros lugares en crecimiento demográfico. (Ramírez, 1982)

Los granos básicos para la alimentación del pueblo mexicano son principalmente el maíz, trigo, frijol y arroz. (Ramírez, 1982)

El trigo (Triticum aestivum L.) es el principal cultivo de invierno en el Noroeste de México, como lo demuestra la superficie cultivada en los estados de Sonora, Sinaloa, Baja California Norte y Baja California Sur, entidades que en conjunto aportan el 70% de la producción nacional. (Anónimo, 1989).

Respecto a los factores que limitan la producción de este cereal en el área de referencia, las enfermedades representan sin lugar a dudas al primer lugar y, dentro de estas las royas o chahuixtles son considerados como los principales patógenos. La creación de nuevas variedades es una tarea continua, debido a que la capacidad mutagénica del hongo supera la tolerancia de éstas en un margen de 3 a 4 años. (Anónimo, 1989)

Debido al manejo inadecuado del grano y a las malas condiciones del almacenamiento, en México las cosechas de los cultivos básicos son atacadas por una serie de insectos plaga que causan pérdidas del 15 al 25% dependiendo de las condiciones climatológicas del lugar. (Anónimo, 1980).

#### 4. OBJETIVOS

1. Determinar la relación que existe entre el porcentaje de daños y la pérdida de peso que sufre el trigo atacado por Rhyzopertha dominica F. y Tribolium confusum D.
- 2.- Establecer una ecuación de predicción que permita hacer un pronóstico de la pérdida que sufre el grano cuando presenta una determinada intensidad de daños causados por insectos de almacén.

## 5. REVISION BIBLIOGRAFICA.

### 5.1. Causas de pérdidas en semillas y granos almacenados.

El almacenamiento del grano, es un sistema ecológico, cuyo deterioro resulta de la interacción de variables físicas, químicas y biológicas. Las variables principales son: temperatura, humedad, ubicación geográfica, características morfológicas del grano, microorganismo, insectos, ácaros, roedores y aves. (Sinha, et al., 1964; citados por Sánchez, 1987)

El deterioro del grano, se define como el resultado del daño acumulado causado por factores abióticos y bióticos, durante la secuencia: maduración, cosecha, manejo, procesado, transporte y almacenamiento de productos agrícolas. (De Luca y Deuse, 1978; citados por Sánchez, 1987)

Los principales factores que determinan las pérdidas, tanto en calidad como en cantidad de semillas y granos en el almacenamiento se dividen en abióticos y bióticos. (Sinha, et al. 1969; citados por Sánchez, 1987).

### 5.1.1. Factores abióticos.

Existen diversas formas de almacenar productos agrícolas, lo cual propicia el deterioro del grano por la carencia de almacenes adecuados para el manejo y conservación de dichos productos.

La falta de conocimiento de técnicas y sistemas adecuados de conservación de semillas y granos da como resultado el deterioro inevitable del grano debido al deficiente control de calidad, falta de sanidad del almacén y el desconocimiento en el uso y calidad de plaguicidas.

### 5.1.2. Factores bióticos.

Los factores bióticos son el resultado de las condiciones propiciadas por los factores abióticos. Los principales factores bióticos que demeritan la calidad de productos almacenados son:

- Insectos. Los insectos ocasionan la contaminación del grano con sus heces, exubias, restos de cuerpos, además del daño directo causado sobre el grano. Los daños ocasionados por los insectos al grano, se deben principalmente a sus hábitos alimenticios y de ovipostura. Los insectos que se consideran plagas de productos y granos almacenados, pertenecen al Orden Coleoptera y al Orden Lepidoptera, causando grandes pérdidas en bodegas y silos.

- Ácaros. Los ácaros revisten gran importancia ya que por su tamaño y potencial biótico, presentan ventajas con respecto a los insectos. Los ácaros se pueden alimentar directamente del grano o de los subproductos de éste. La contaminación del grano por ácaros repercute directamente en la salud humana ya que además causa problemas respiratorios y digestivos.

- Hongos. Los hongos disminuyen en un 5% la producción total de granos, demeritan la calidad nutricional, las propiedades alimenticias y la germinación de la semilla, además de causar el calentamiento del grano y la producción de micotoxinas, las cuales son letales para mamíferos ya que causan enteritis crónicas y agudas.

- Bacterias. La contaminación por bacterias, es un problema muy serio ya que causa trastornos gastrointestinales.



- Roedores. Los roedores se alimentan del grano y lo contaminan simultáneamente. Su acción causa una disminución del 2% por su alimentación y contaminación del grano. Los roedores más comunes son la rata común y el ratón casero.

- Aves. Las aves se alimentan directamente del grano, registrándose cuantiosas pérdidas por este concepto. Una de las especies principales que causan daños es la "corneja", así como los "grajos" y los cuervos.

La interacción de los factores abióticos y bióticos da como resultado el calentamiento del grano, lo cual favorece la reproducción de insectos y microorganismos, facilitando su dispersión y la contaminación de todo el producto almacenado, ocasionando pérdidas en bodegas y silos. (Quasem, 1960, Sinha, 1969, Lindbland, 1979, citados por Sánchez, 1987).

Las consecuencias de la interacción de los factores abióticos y bióticos son:

- Fallas en la germinación, por daño del embrión en presencia de hongos.

- Disminución de peso, por la alimentación de los insectos con el endospermo de la semilla.

- Valor nutricional bajo, debido a los cambios bioquímicos de la semilla.

- Color y olor desagradables, por la descomposición del grano debido a hongos y bacterias, exubias y excrementos de los insectos que dan como resultado ácidos grasos que originan un sabor rancio en éste.

- Toxicidad, debido a la presencia de micotoxinas producidas por hongos.

- Humedad del grano que causa apelmazamientos.

- Temperatura, que aumenta el calentamiento del grano provocando una serie de reacciones conocidas con el nombre de reacciones de Maillard. (Sinha et al. 1969, citados por Sánchez, 1987).

## 5.2. Principales plagas de semillas y granos almacenados.

Los insectos considerados como plagas, son aquellos que compiten con el hombre por el mismo sustrato o alimento.

La principal pérdida económica causada por los insectos a las semillas y granos almacenados, no es solo la cantidad que consumen sino, además, la descomposición del grano y la subsecuente entrada de microorganismos. (Cruz y Navarrete, 1981).

Las condiciones climáticas como, temperatura alta y humedad relativa alta, favorecen la infestación de productos almacenados por insectos que se clasifican como plagas primarias y secundarias.

### 5.2.1. Plagas primarias.

Los insectos llamados "plagas primarias", son aquellos que atacan al grano entero y son capaces de romper la cutícula para llegar al endospermo del cual se alimentan. Estos insectos causan dos tipos de daño a las semillas y granos almacenados: el directo, consiste en la destrucción del grano por el insecto, con fines de alimentación o de

oviposición. El indirecto, consiste en el deterioro producido por la condición anormal del grano y por metabolismo de los insectos que lo infestan, lo cual origina un mal olor, debido al desarrollo de microorganismos. Ambos tipos de daño demeritan considerablemente la calidad del grano para consumo, el valor económico y el poder germinativo de las semillas. (Lindbland, 1979, Cruz y Navarrete, 1981, Ramírez, 1982).

#### 5.2.2. Plagas secundarias.

Se denominan plagas secundarias a los insectos que se desarrollan una vez que el grano ha sido dañado por las plagas primarias, generalmente se alimentan de la harina y de los granos rotos y perforados por insectos primarios. (Lindbland, 1979).

5.3. Principales especies y nombres comunes de insectos de almacén.

Las principales especies y nombres comunes de los insectos de mayor importancia económica dentro de la clasificación de primarios y secundarios son:

Insectos primarios:

Especie	Orden	Nombre común
<u>Sitophilus zeamais</u>	Coleoptera	Gorgojo del maíz
<u>Sitophilus oryzae</u>	Coleoptera	Gorgojo del arroz
<u>Sitophilus granarius</u>	Coleoptera	Gorgojo de los granos
<u>Acanthoscelides obtectus</u>	Coleoptera	Gorgojo de frijol
<u>Prostephanus truncatus</u>	Coleoptera	Barranador de los granos
<u>Rhyzopertha dominica</u>	Coleoptera	Barrenillo de los granos
<u>Zabrotes subfasciatus</u>	Coleoptera	Gorgojo pinto del frijol
<u>Trogoderma granarium</u>	Coleoptera	Gorgojo kapra
<u>Sitotroga cerealella</u>	Lepidoptera	Palomilla del maíz

Insectos secundarios:

Especie	Orden	Nombre común
<u>Tenebroides mauritanicus</u>	Coleoptera	Gorgojo grande y negro
<u>Cryptolestes spp.</u>	Coleoptera	Gorgojo plano de los granos
<u>Oryzaephilus surinamensis</u>	Coleoptera	Gorgojo aserrado

Espezie	Orden	Nombre común
<u>Tribolium confusum</u>	Coleoptera	Gorgojo confuso
<u>Tribolium castaneum</u>	Coleoptera	Gorgojo castaño
<u>Tenebrio molitor</u>	Coleoptera	Gusano del alimento
<u>Ephestia elutella</u>	Lepidoptera	Palomilla del cacao
<u>Ephestia kühniella</u>	Lepidoptera	Palomilla del mediterráneo
<u>Ephestia cautella</u>	Lepidoptera	Palomilla de las almendras
<u>Plodia interpunctella</u>	Lepidoptera	Palomilla India

FUENTE: Tecnología de granos. Luis Felipe Ramayo R. UACH.  
México, 1983

5.4. Principales especies de insectos que atacan granos en México

Principales especies de insectos que se han encontrado infestando a los granos más importantes que se almacenan en México:

Del Maíz y Sorgo

Sitophilus oryzae/ zeamais

Sitophilus granarius

Rhyzopertha dominica

Prostephanus truncatus

Sitotroga cerealella

Tribolium castaneum

Tribolium confusum

Oryzaephilus surinamensis

Cryptolestes spp.

Plodia interpunctella

Echestia kuhniella

Del Trigo

Rhyzopertha dominica

Tribolium spp.

Plodia interpunctella

Echestia Kuhniella

Del arroz

Oryzaephilus surinamensis

Plodia interpunctella

Echestia kuhniella

FUENTE: Tecnología de granos. Luis Felipe Ramayo R. UACH, México. 1983

5.5. Principales insectos de almacén en la zona Noroeste de México. (Anónimo, 1985)

ESPECIE

Sitophilus granarius

Rhyzopertha dominica

Leatheticus oryzae

Tenebrio obscurus

Tenebrio molitor

Carcinops pumilio

Typhaca stercoraria

Tinea granella

Coryza cephalonica

Gnathocerus cornutus

Lasioderma serricorne

Stegobium paniceum

Ptinus tectus

Niptus hololeucus



## 5.6. Descripción de insectos estudiados

### 5.6.1. Barrenillo de los granos (Rhyzopertha dominica F.)

Este insecto, conocido vulgarmente como barrenillo de los granos puede ser catalogado como el que sigue en importancia económica al Sitophilus oryzae. Fue descrito desde el año de 1972, de especímenes procedentes de la América del Sur. Se considera originario de la India o de regiones adyacentes, pero con seguridad, su origen no se conoce. 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, pueden también causar infestación en el campo. Las hembras depositan sus huevecillos no solamente sobre los granos, sino también en otras partes del almacén o en los empaques del grano; las larvas al emerger del huevecillo, 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 en forma curva, tal vez dificulte la penetración a los granos; estos insectos pueden distinguirse por su tamaño pequeño y por su forma cilíndrica, miden de 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, está 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.

Las hembras generalmente depositan sus huevecillos sobre el grano cerca del embrión, el cual es comparativamente blando y a través del cual la larva penetra con facilidad en la semilla; una sola hembra durante su vida puede poner de 300 a 500 huevecillos; éstos tienen forma de pera y son de color blanco brillante recién ovipositados para cambiar a rosa opaco a medida que la larva se desarrolla en el interior. La duración del estado de huevecillo es de 5 a 6 días durante el invierno y de 7 a 11 días durante el otoño. Las larvas, recién emergidas, son muy activas y perforan

inmediatamente el grano, alimentándose del material amiláceo en él contenido. La larva verifica 4 o 5 mudas; sin embargo, su ciclo biológico dentro del grano no ha sido estudiado con detalle.

La larva madura es de color blanco sucio, de cabeza café claro y de abdomen curvo, cubierta con pubescencia corta. El periodo larval dura un promedio de 44 días. Es difícil distinguir los dos sexos en el estado larval, pero el dimorfismo sexual es evidente en el estado pupal. El estado o el periodo pupal y prepupal tarda de 7 a 8 días y el total del ciclo biológico desde huevecillos hasta la emergencia del adulto, es aproximadamente de 2 meses. Hay generalmente 5 generaciones al año.

Las infestaciones de Rhyzopertha dominica F. no progresan en granos infestados con hongos. Se han encontrado depredadores tales como los del género Pediculoide atacando a huevecillos y larvas en forma severa y reduciendo su número hasta su extinción; sin embargo, las condiciones requeridas para las altas poblaciones de estos ácaros son difíciles de presentarse.

Este insecto, pertenece a la familia Bostrichidae. Su distribución es cosmopolita, predomina en climas cálidos o templados con baja humedad relativa. El ciclo biológico es de 4 a 10 semanas. Su longevidad de 4 a 6 meses. Las condiciones óptimas son de 34° C y 50 a 60% de humedad relativa. Soporta temperaturas de 18° C a 39° C y humedad relativa de 25 a 60%. Es una plaga primaria. (Ramírez, 1982, Ramayo, 1983, Orto y Círo, 1985)

### 5.6.2. Gorgojo de la harina (Tribolium confusum D.)

El adulto es un insecto conocido con el nombre común de gorgojo de las harinas, alcanza de 3 a 3.8 mm de longitud, es de color café rojizo brillante, aplanado, de forma oval, con la cabeza y la parte superior del tórax densamente cubiertos con pequeñas punturas o grabaciones y con los élitros surcados longitudinalmente y escasamente grabados entre los surcos. Visto por la superficie ventral, los ojos están separados por una distancia de cerca de tres veces la anchura del ojo. Las antenas son gradualmente alargadas hacia adelante o hacia la parte marginal, es decir, sus segmentos van incrementándose desde su nacimiento hasta su terminación; el margen de la cabeza presenta una hendidura en los ojos. Tiene gran 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.

Los huevecillos son muy pequeños, blancos, muy claros o incoloros, pegajosos y son depositados sobre materiales alimenticios. Eclosionan entre 5 y 12 días. Las hembras depositan sus huevecillos en la harina y otros materiales en donde viven; estos huevecillos son cubiertos por una secreción gelatinosa que causa la adherencia de partículas de

harina o de cereales a ellos, haciendo muy difícil distinguirlos cuando están cubiertos por esos materiales y se adhieren con facilidad a los lados de los costales. Cuando estos envases usados se emplean nuevamente con los granos o sus productos para colocar nuevamente material, rápidamente son infestados por esta plaga.

Cada hembra deposita un promedio de 450 huevecillos. Desde huevecillos hasta adultos emplean un tiempo promedio de 6 semanas durante el verano bajo condiciones favorables. En medio ambiente frío, su ciclo vital se prolonga. Hay de 4 a 5 generaciones al año si las condiciones son favorables, pero en las trojes o almacenamientos en granjas, sólo hay 2 a 3 generaciones. En lugares cálidos o almacenes cálidos, en cualquier tiempo puede encontrarse cualquier estado biológico del insecto. Se alimenta principalmente de materiales farináceos, causando altas pérdidas en los molinos de harina, grano, productos de granos, frutas secas y sobre un extenso número de productos. Las larvas que han completado su desarrollo, son más o menos de 4 mm de longitud, delgadas, cilíndricas, de color blanco con ligeros tintes amarillos, de cabeza oscura y en el extremo posterior del cuerpo soportan

dos delgados y agudos apéndices. El tiempo del desarrollo larval depende principalmente de la temperatura y disponibilidad de alimento. Puede ocupar de 1 a 4 meses para completar este periodo. Hay 6 estadios larvarios; antes de cada muda, la larva permanece inactiva por un corto periodo. Se alimentan principalmente de granos rotos y polvo de cereales.

La pupa es de color blanco al principio, para convertirse después en amarillenta; como cuando casi se ha completado el periodo pupal, se torna, finalmente, en café oscura. Se parece al adulto en la característica de que posee dos estigmas delgados en el extremo del abdomen. En el momento de la pupación, la larva se hace inactiva y se contrae bastante.

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 para pasteles, frutas secas, salvado, harinolina, y muchos otros productos. Se considera la plaga más seria en los molinos.

Este insecto, pertenece a la familia Tenebrionidae. Su distribución es cosmopolita, son capaces de sobrevivir en regiones frías en el interior de molinos, panaderías o lugares con calefacción. El ciclo completo depende de la temperatura, demora de 6 a 8 semanas y los adultos viven de 12 a 18 meses. El ciclo biológico dura aproximadamente 25 días a 32,5° C y 70% de humedad relativa. La temperatura para su desarrollo varía de 20 a 37,5° C y la humedad relativa de 10 a 90%. Es una plaga secundaria de los cereales, se considera plaga primaria de las harinas y otros productos de la molienda de los cereales, leguminosas y oleaginosas. (Ramírez, 1982, Ramayo, 1983, Orto y Ciro, 1985)



## 6. MATERIALES Y METODOS

Los materiales se desglosan como materiales de trabajo y equipos:

### 6.1. Materiales de trabajo

- a) 16 frascos de vidrio con capacidad de un kilogramo y con tapa metálica de rosca, provista con malla de alambre del número 50 y con papel filtro para permitir el intercambio de gases.
- b) 5.5 kilogramos de trigo sano, entero y libre de daños perteneciente al grupo 5<sup>1</sup>.
- c) 500 insectos adultos sin sexar de Rhizopertha dominica F. y 500 insectos adultos sin sexar de Tribolium confusum D.
- d) Cribas con orificios triangulares de 5/64 de pulgada y charolas de aluminio, con especificaciones de ASTM-AAH0.
- e) Mallas de latón del Número 16, 50 y 70 con especificaciones ASTM-AAH0.
- f) Materiales y vidrieria usual de laboratorio.

<sup>1</sup>En el grupo 5 se encuentran agrupadas variedades comerciales de trigo cristalino, de gluten corto y tenaz. Apto para la industria de las pastas y macarrones.

## 6.2. Equipos

- a) Cámara de cría termoaislada, capaz de mantener las condiciones climáticas de  $30^{\circ} \text{C} \pm 2^{\circ} \text{C}$  de temperatura y de  $70\% \pm 5\%$  de humedad relativa.
- b) Medidor electrónico de humedad Motomco 919.
- c) Balanza analítica "SAUTER" con capacidad máxima de 200 g y con una sensibilidad de 0.0001 g.
- d) Balanza granataria "OHAUS" con capacidad máxima de 610 g y con una sensibilidad de 0.1 g.
- e) Horno eléctrico de secado "FELISA" con capacidad de mantener una temperatura de  $100^{\circ} \text{C} \pm 10^{\circ} \text{C}$ .
- f) Higrotermógrafo HTR-100-20-40, con gráfica MA-1 para registros de 7 días.
- g) Microscopio esteroscópico "ZEISS" Serie 4-028995.
- h) Calentador eléctrico "FELISA" modelo 300.

i) Molino, WEBER BRUS & WHITE METAL WORKS INC. MODEL 22.

j) Mezclador de tipo Boerner.

k) Campana de extracción "LUX"

### 6.3. Metodología

La metodología utilizada en la presente experimentación se describe a continuación:

#### 6.3.1. Obtención del grano

En el presente trabajo se empleó trigo del grupo 5 de la cosecha 89-90, procedente de las comunidades Yaquis de Guaymas Sonora. La cantidad total empleada de trigo fue de 5.5 kg siendo esta cantidad una mezcla de las variedades Altar C84 y Yavaros C79. Esta mezcla se empleó como sustrato en la propagación de los insectos sujetos a la experimentación y asimismo durante el desarrollo del trabajo experimental. El trigo empleado para el cultivo de insectos y el trigo empleado para el experimento, necesariamente tuvo que pertenecer al mismo grupo y variedad o variedades. Esto con el propósito de evitar algunas variaciones en los resultados.

#### 6.3.2. Preparación del grano

El grano fue sometido a limpieza eliminando otros granos, pajas o basuras por cribado, mediante el uso de cribas de 5/64 de pulgada con orificio triangular y charolas de aluminio. Posteriormente se desecharon los granos quebrados y se seleccionaron granos de tamaño homogéneo.

En virtud de que durante la investigación se mediría el efecto de los insectos sobre el trigo, fue necesario comprobar que el grano seleccionado estuviera exento de infestaciones y de contaminación con plaguicidas. Con el propósito de verificar que el grano estaba libre de infestaciones, la totalidad del grano limpio se sometió a refrigeración durante 24 horas manteniéndolo a una temperatura de 0° C. Después de este tratamiento se obtuvieron 10 muestras de 300 g cada una y se depositaron en frascos de vidrio con tapa de malla fina de alambre. Estas muestras fueron incubadas a una temperatura de 30° C y a una humedad relativa de 70% durante 28 días, posteriormente se corroboró la inexistencia de infestaciones al comprobar que no hubo desarrollo o aparición de insectos.

Después de constatar que el grano que se seleccionó y limpió estuviera libre de plagas se corroboró la inexistencia de plaguicidas. Con este fin se tomaron 5 de las 10 muestras de trigo entero de la prueba anterior y se sometieron a molienda. Las muestras (5 de granos enteros y 5 de grano molido) se infestaron con 100 insectos adultos vivos y sin

sexar (500 insectos de cada una de las especies) y se incubaron por espacio de 7 días en condiciones climáticas de  $30^{\circ} \text{C} \pm 2^{\circ} \text{C}$  de temperatura y de  $70\% \pm 5\%$  de humedad relativa. Transcurrido este tiempo se comprobó la inexistencia de residuos tóxicos por la ausencia de mortalida en la población expuesta.

Estas mismas muestras sirvieron posteriormente para la propagación de los insectos de prueba empleados en el experimento.

Los frascos empleados para la propagación y el experimento, antes de contener el grano fueron lavados con agua corriente y detergente. Después se secaron en horno a  $100^{\circ} \text{C}$  de temperatura, con lo que adicionalmente se consiguió su esterilización.

### 6.3.3. Acondicionamiento del grano

Al grano entero restante de las 10 muestras de 300 g, ya seleccionado se le determinó el contenido de humedad (obteniéndose un valor de 9.0%). Se tomaron dos muestras de un kg cada una, las cuales fueron acondicionadas a dos diferentes contenidos de humedad (10.07% y 11.48% de humedad).

Se le asignó la clave C - 1 a la muestra con 10.07% de humedad y C - 2 a la muestra con 11.48% de humedad.

El acondicionamiento se logró a través de los siguientes pasos:

- 1) Se calculó la cantidad de agua a adicionar. Esto se hizo de la siguiente forma:

$$\begin{array}{rcl} 1000 \text{ g} & - & 100 \% \\ x & - & 9 \% \\ x & = & 90 \text{ g} \end{array}$$

En 1000 g de grano tengo 90 g de humedad (agua) si quiero 100 g de humedad, esto es el 10% entonces:

$$\begin{array}{rcl} 1000 \text{ g} & - & 90 \text{ g} \\ x & - & 100 \text{ g} \\ x & = & 1111.1111 \text{ g} \end{array}$$

Por lo tanto se requirieron 111.1111 g de agua para incrementar un 1% de humedad. Se empleó el mismo método para la muestra con 11.48% de humedad.

- 2) Cada una de las muestras se envasó en bolsas de plástico, con la finalidad de que el agua adicionada se distribuyera de manera homogénea en el grano, y para evitar que se pierda por el efecto de evaporación.
- 3) Se adicionó el agua calculada y se homogenizó por volteo y mezcla.
- 4) Posteriormente se dejaron reposar las muestras por espacio de 24 horas en refrigeración a una temperatura de 0 ° C.
- 5) Por último se determinó el contenido de humedad en un determinador Motomco 919.



#### 6.3.4. Propagación de insectos para el estudio

Las especies de insectos seleccionados para este experimento fueron Rhyzopertha dominica F. y Tribolium confusum D. las cuales se identificaron en base a las características descritas por diferentes autores. (Anónimo, 1980, Ramírez, 1982, Ramayo, 1983, Orto y Caro, 1985 ).

La elección de estas especies se hizo en función de su amplia distribución en el país y en particular en la Región Noroeste, así como por su incidencia y daño que causan al trigo y otros cereales almacenados.

Para la propagación de la especie Rhyzopertha dominica F. se empleó grano entero, ya que estos insectos son capaces de perforarlo, por lo que se les considera plagas primarias. Cabe mencionar que se empleó el mismo grano utilizado para la determinación de la inexistencia de residuos tóxicos.

En el caso de la especie Tribolium confusum D. se empleó grano molido, ya que estos insectos no son capaces de perforar el grano entero, por lo que se les denomina plagas secundarias. Aquí también fueron utilizadas las muestras

empleadas para determinar la inexistencia de residuos tóxicos.

Se incubaron las muestras ya infestadas anteriormente en la cámara de cría por espacio de dos semanas. Posteriormente se extrajeron los insectos adultos y se incubaron las muestras con los huavecillos ovipositados por otras seis semanas bajo condiciones ideales (de  $30^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  de temperatura y  $70\% \pm 5\%$  de humedad relativa). Transcurrido este tiempo se obtuvieron insectos jóvenes de edad homogénea, que se utilizaron para infestar los frascos preparados previamente con el grano.

### 6.3.5. Montaje de los experimentos

#### 6.3.5.1 Pesado y envasado de las muestras de grano

El pesado de las muestras se realizó usando una balanza analítica con una sensibilidad de 0.0001 g y con capacidad máxima de 200 g. Dada la capacidad de la misma fue necesario realizar el pesado en tres partes y restar el peso de la tara en cada ocasión. Por lo anterior los resultados del pesado provienen de una sumatoria. Las muestras se aproximaron a 250 g con una aproximación en la medida de 0.0001 g.

Se emplearon seis frascos esterilizados para la prueba. A cada uno de los frascos de vidrio con capacidad de un kg se le adicionó una muestra de aproximadamente 250 g de grano entero, limpio y sin daños.

Se conformaron dos lotes, cada uno con diferente contenido de humedad, y cada lote constó de triplicado. Lo anterior se hizo con la finalidad de trabajar con promedios, para dar más representatividad a los resultados que se obtuvieron en el experimento.

#### 6.3.5.2. Infestación de las muestras de grano

Posteriormente al envasado, se infestaron las muestras con 30 insectos adultos vivos sin sexar de la especie Rhyzopertha dominica F. sometiénolas al ataque de los insectos primarios. Incubándose posteriormente en la cámara de cría a condiciones de  $30^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  de temperatura y de  $70\% \pm 5\%$  de humedad relativa.

Después de los 28 días de haber realizado la primera infestación con Rhyzopertha dominica F. se agregaron a cada uno de los frascos 30 insectos adultos vivos sin sexar de Tribolium confusum O. Lo anterior se hizo con el objeto de que en las muestras, existiera ya material farináceo con el cual pudieran alimentarse las plagas secundarias, dado que esta especie se alimenta principalmente de dicho material.

Los insectos fueron tomados de los cultivos previamente propagados para los propósitos de la investigación.

#### 6.3.5.3. Incubación de las muestras de grano

Los frascos con el grano ya infestado con insectos se incubaron en la cámara de cría por espacio de seis meses, tiempo en el cual se realizaron lecturas con una periodicidad de catorce días. Las condiciones de incubación fueron de  $30^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  de temperatura y de  $70\% \pm 5\%$  de humedad relativa. Estas condiciones se mantuvieron estables y se midieron con la ayuda de un higrómetro previamente calibrado.

#### 6.3.5.4. Parámetros a evaluar

Para fines de la investigación se identificó a los siguientes aspectos como parámetros a evaluar: peso de granos dañados, peso de harina producida y número total de insectos encontrados en cada una de las lecturas. Para la determinación de los parámetros se elaboró un calendario de lecturas.

La primera lectura se realizó a los 28 días después de haber expuesto el grano al ataque de los insectos primarios.

Se determinó este lapso para la primera lectura en función a que el ciclo biológico para la mayoría de las plagas de almacén se desarrolla en las primeras cuatro semanas después de la infestación. Por otra parte los daños registrados antes de este tiempo no alcanzaban al 0.5 de gramo, lo cual se considero muy poco significativo.

Posteriormente se efectuaron las lecturas cada catorce días hasta completar 182 días de incubación.

En cada una de las lecturas se registraron los pesos de los granos dañados y los pesos de la harina producida con la ayuda de una balanza analítica. Esta determinación se hizo en cada uno de los frascos de la prueba.

Se considero como grano dañado a aquel que presentará una o más galerías, ocasionadas por los insectos de almacén estudiados. La separación de los granos perforados se logró mediante la utilización de mallas de latón, cribas y charolas de aluminio, seleccionándose los granos picados con un pincel y pinzas.

Cabe mencionar que aunque no era un parámetro a considerar en los resultados de la prueba, también se registro el número de insectos adultos existentes en los frascos, ya que existen una relación muy estrecha entre la población existente y el alimento consumido. El conteo se hizo con la ayuda de las mallas de latón, un pincel y una brocha.

En las primeras cinco lecturas el registro de los datos se llevó a cabo dentro de la cámara de cría con el objeto de evitar cambios bruscos de temperatura y con esto la mortandad de los insectos. Para las siguientes lecturas fue necesario utilizar una campana de extracción y un calentador eléctrico.

Con los datos registrados se obtuvo el porcentaje de granos dañados y el porcentaje de harina producida. Los resultados obtenidos se sometieron al análisis estadístico para su evaluación y con estos se determinaron algunas ecuaciones que permitieran hacer un pronóstico de la pérdida cuando se presenta una determinada intensidad de daño.

El análisis estadístico se logro con la ayuda del paquete estadístico SAS. El sistema SAS es un conjunto de programas de computadora, útiles en el análisis estadístico de datos y la elaboración de reportes.

Las ecuaciones 1 y 2 empleadas en la estimación de los valores esperados, se obtienen de la ecuación del modelo logístico de crecimiento poblacional. (Rabinovich, 1982)

$$N_t = \frac{K}{1 + e^{\theta_0 + \theta_1 t}}$$

Modelo logístico

Donde  $N_t$  = Número total de individuos en el tiempo  $t$

$K$  = Tamaño máximo de la población observada

$t$  = Tiempo

$\theta_0, \theta_1$  = Coeficiente del modelo

Partiendo de los supuestos, de que el porcentaje de granos dañados y el porcentaje de harina producida son proporcionales al número de insectos. Obtenemos:

$$\% \text{ G.D.} = \frac{K}{1 + e^{\theta_0 + \theta_1 x}}$$

Ecuación 1

Donde % G.D. = % de granos dañados en el tiempo  $x$

$K$  = % de grano dañado máximo observado

$x$  = Tiempo en días

$\theta_0, \theta_1$  = Coeficientes del modelo



$$\% \text{ H.P.} = \frac{k}{1 + e^{\theta_0 + \theta_1 x}}$$

Ecuación 2

- Donde % H.P. = % de harina producida en el tiempo x
- k = % de harina producida máxima observada
- x = Tiempo en días
- $\theta_0, \theta_1$  = Coeficientes del modelo

Las expresiones algebraicas para las variables dependientes (LPGD y LPHP) son el resultado de una linealización del modelo logístico, para aplicar la técnica de regresión y obtener los coeficientes del modelo ( $\theta_0, \theta_1$ ). (Pedigo et al., 1986)

$$\begin{aligned} \text{LPGD} &= \ln \left( \frac{k - D}{D} \right) = y \\ y &= \theta_0 + \theta_1 x \end{aligned}$$

- Donde: k = % de grano dañado máximo observado
- D = % de granos dañados en el tiempo x
- x = Tiempo en días
- $\theta_0, \theta_1$  = Coeficientes del modelo

$$LPHP = \ln \left( \frac{K - H}{H} \right) = y$$

$$y = \theta_0 + \theta_1 x$$

Donde: K = % de harina producida máxima observada

H = % de harina producida en tiempo x

x = Tiempo en días

$\theta_0, \theta_1$  = Coeficientes del modelo

Con estas ecuaciones se logra el ajuste de la curva logística para granos dañados y harina producida.

## 7. RESULTADOS

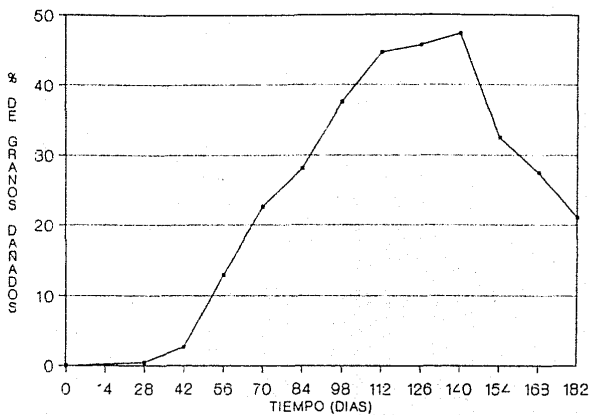
Los resultados obtenidos en la presente experimentación se resumen en los cuadros siguientes, estos son los valores promedio de los datos obtenidos en las pruebas realizadas por triplicado y que fueron considerados en la conformación de los dos lotes experimentales para cada diferente contenido de humedad considerado en el estudio.

**Cuadro 1.** Nos muestra el porcentaje de granos dañados y el porcentaje de harina producida en un determinado tiempo de almacenamiento. Es el porcentaje del peso en relación al promedio del grano.

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DÍAS)	PESO DE GRANOS DAÑADOS (g)	% DE GRANOS DAÑADOS (%)	PESO DE HARINA PRODUCIDA (g)	% DE HARINA PRODUCIDA (%)
28	1.0535	0.4214	0.5364	0.2146
42	6.6423	2.6569	2.4333	0.9733
56	32.3061	12.9226	6.5238	2.6096
70	56.4965	22.5989	10.5533	4.2214
84	70.2802	28.1124	17.7803	7.1122
98	93.8636	37.5464	28.6595	11.4641
112*	111.4802	44.5932	43.2929	17.3176
126	114.1611	45.6656	58.4066	23.3632
140	118.4099	47.3652	71.8421	28.7376
154	81.2773	32.5118	84.4161	33.7672
168	68.6133	27.4461	85.6875	34.2759
182	52.7054	21.0827	86.9591	34.7845

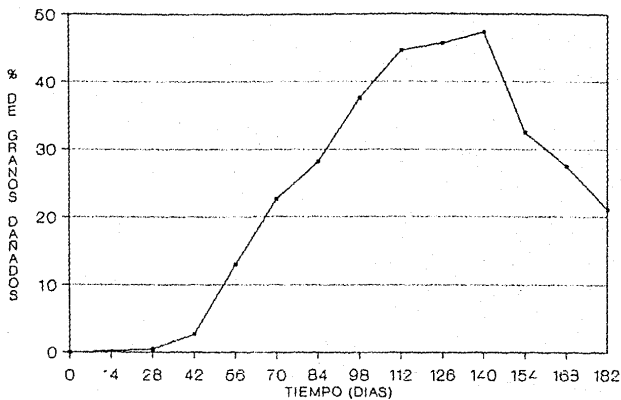
Estos datos se encuentran graficados en la figura 1 y 2 respectivamente.

**GRAFICA DE VALORES OBSERVADOS EN GRANOS DAÑADOS**



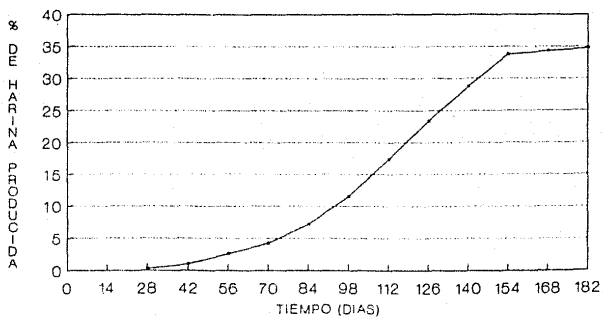
**FIGURA 1**

**GRAFICA DE VALORES OBSERVADOS EN GRANOS  
DAÑADOS**



**FIGURA 1**

**GRAFICA DE VALORES OBSERVADOS EN HARINA  
PRODUCIDA**



**FIGURA 2**

\* A partir de los 112 días de almacenamiento se comenzó a observar una disminución significativa en el peso de las muestras. Esto explica la caída posterior en las lecturas y por consiguiente en los puntos de la curva graficada (figura 1).

Dado que el peso de granos dañados obtenidos en cada una de las lecturas se comparaba siempre con el peso inicial de las muestras que era de aproximadamente 250 g y que no se consideraba la disminución en el contenido inicial de los frascos, se llegó a los resultados registrados en el cuadro 1.

La determinación de la pérdida de peso sufrida, se hizo en la lectura final, basándose en el peso inicial de las muestras y en el peso final obtenido. Para las muestras pertenecientes a C - 1 se obtuvo un valor de 153.2106 g mientras que para las muestras pertenecientes a C - 2 se obtuvo un valor de 143.1957 g. Cabe mencionar que las cifras anotadas son valores promedio de los triplicados considerados para la prueba.

Para las muestras con contenido de humedad de 10.07%, los valores obtenidos fueron los siguientes:

249.9932 g - 100%  
153.2106 g - x = 61.28%

Por lo tanto, la pérdida de peso fue de 38.72%.

Para las muestras con contenido de humedad de 11.48%, los valores obtenidos fueron los siguientes:

249.9932 g - 100%  
143.1957 g - x = 57.27%

Por lo tanto, la pérdida de peso fue de 42.73%.

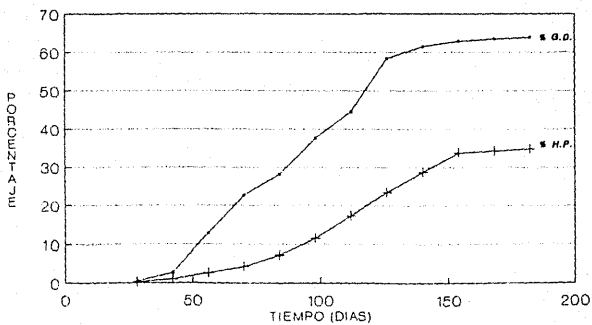


**Cuadro 2.** Nos muestra los valores observados hasta los 112 días de almacenamiento y los valores esperados.

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DÍAS)	PESO DE GRANOS DAÑADOS (g)	% DE GRANOS DAÑADOS (%)
28	1.0535	0.4214
42	6.6423	2.6569
56	32.3061	12.9226
70	56.4965	22.5989
84	70.2802	28.1124
98	93.8636	37.5464
112	111.4802	44.5932
126	145.029	60.3332
140	153.8055	61.6239
154	157.2429	62.8988
168	158.6604	63.4659
182	159.6185	63.8491

Estos valores se estimaron en base a los valores obtenidos en experimento hasta 112 días, de acuerdo con la ecuación 1. El porcentaje de granos dañados aquí registrados se grafican en la figura 3.

**GRAFICA DE GRANOS DAÑADOS Y HARINA PRODUCIDA**



**FIGURA 3**

' Determinación del peso de granos dañados a los 182 días de almacenamiento, para las muestras promedio de C-1 y C-2. El peso de granos dañados se calculo con la ecuación siguiente:

MUESTRA	P.inicial	-	P.G.S.	-	P.H.P.	=	P.G.D.
C - 1	249.9925 g	-	5.6234 g	-	83.4078 g	=	160.9613 g
C - 2	249.9940 g	-	1.2079 g	-	90.5104 g	=	158.2757 g
PROM.	249.9932 g	-	3.4156 g	-	86.9591 g	=	159.6185 g

P.inicial = Peso inicial  
P.G.S. = Peso granos sanos  
P.H.P. = Peso harina producida  
P.G.D. = Peso granos dañados  
PROM. = Promedio

" Determinación del porcentaje de granos dañados a los 182 días de almacenamiento.

$$\begin{aligned}
 &249.9932 \text{ g} - 100\% \\
 &159.6185 \text{ g} - x = 63.8491\%
 \end{aligned}$$

Manejo de los resultados para la obtención de los coeficientes del modelo y de los valores estimados.

OBS	TIEMPO (días)	% G.D.	% H.P.	LPGD	LPHP
1	28	0.4214	0.2146	5.01407	5.08198
2	42	2.6569	0.9733	3.13686	3.54786
3	56	12.9226	2.6096	1.37141	2.51199
4	70	22.5989	4.2214	0.60175	1.97963
5	84	28.1124	7.1122	0.23997	1.35862
6	98	37.5464	11.4691	-0.35591	0.70946
7	112	44.5932	17.3176	-0.83976	0.00858
8	126	.	23.3632	.	-0.71568
9	140	.	28.7376	.	-1.55866
10	154	.	33.7672	.	-3.50234
11	168	.	34.2759	.	-4.21054
12	182	63.8491	34.7845	.	.

Modelo: MODELO 1

Variable dependiente : LPGD

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Análisis de varianza Cuadrado medio	Valor de F	Nivel de significancia observado
Modelo	1	23.64944	23.64944	46.081	0.0011
Error	5	2.55521	0.51104		
Total	6	26.10466			

R-cuadrada 0.9021  
C.V. 54.57998

Parámetros estimados

Variable	gl	Parámetro estimado	Error estandar	T para HO : parámetro=0	Nivel de significancia observado
$\theta_0$	1	5.895213	0.727525	8.103	0.0005
$\theta_1$	1	-0.065506	0.009649	-6.788	0.0011

Modelo: MODELO 1

Variable dependiente : LPHP

Análisis de varianza

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Nivel de significancia observado
Modelo	1	79.67210	79.67210	401.053	0.0001
Error	9	1.78792	0.19866		
Total	10	81.46002			

R-cuadrada 0.9781  
C.V. 94.08792

Parámetros estimados

Variable	gl	Parámetro estimado	Error estandar	T para HO : parametro=0	Nivel de significancia observado
$\theta_0$	1	6.431090	0.326423	19.702	0.0001
$\theta_1$	1	-0.060790	0.003035	-20.026	0.0001

E C U A C I O N 1

$$\% \text{G.D.} = \frac{K}{\frac{B_0 + B_1 \times}{1+e}} = \frac{63.8491}{\frac{5.895213 + (-0.065506) \times}{1+e}}$$

T A B L A 1

Valores observados		Valores esperados	
Tiempo (días)	% G.D.	Tiempo (días)	% G.D.
28	0.4214	28	1.0815
42	2.6569	42	2.6388
56	12.9226	56	6.2165
70	22.5989	70	13.5693
84	28.1124	84	25.7353
98	37.5464	98	40.1081
112	44.5932	112	51.6335
126	.	126	58.3332
140	.	140	61.5239
154	.	154	62.8989
168	.	168	63.4659
182	63.8491	182	63.6954

El origen de las ecuaciones 1 y 2 fue explicado anteriormente. Aquí se hace la sustitución de los valores obtenidos, con la ayuda del paquete estadístico SAS.

E C U A C I O N 2

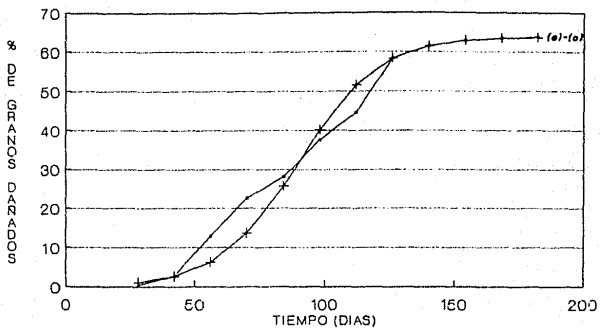
$$\% \text{H.P.} = \frac{K}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 x}} = \frac{34.7845}{1 + e^{6.43109 + (-0.06079)x}}$$

T A B L A 2

Valores observados		Valores esperados	
Tiempo (días)	% H.P.	Tiempo (días)	% H.P.
28	0.2146	28	0.3046
42	0.9733	42	0.7052
56	2.6096	56	1.6000
70	4.2214	70	3.5461
84	7.1122	84	7.3058
98	11.4641	98	13.3485
112	17.3176	112	20.6357
126	23.3632	126	26.9074
140	28.7376	140	30.9198
154	33.7672	154	33.0222
168	34.2759	168	34.0096
182	34.7845	182	34.4493

Los valores observados y esperados registrados en las tablas 1 y 2, se grafican en la figuras 4 y 5 respectivamente.

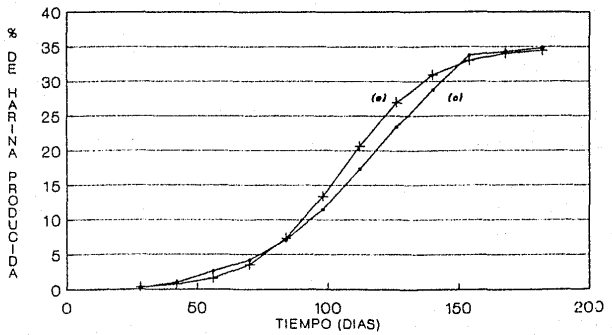
**GRAFICA DE VALORES ESPERADOS (e) Y OBSERVADOS (o), PARA GRANOS DAÑADOS**



**FIGURA 4**



**GRAFICA DE VALORES ESPERADOS (e) Y OBSERVADOS (o), PARA HARINA PRODUCIDA**



**FIGURA 5**

La siguiente ecuación, nos permite determinar el porcentaje de pérdida de peso ocasionada en trigo por el ataque de Rhizopertha dominica F. y Tribolium confusum D.

$$\% P.P. = \% H.P.$$

Ecuación 3

Donde: % P.P. = Porcentaje de la pérdida de peso

% H.P. = Porcentaje de harina producida

Esta ecuación se utiliza en combinación con las anteriores. Cuando el tiempo de almacenamiento no supera los 112 días, se emplea la ecuación tal cual, usando la ecuación 2. Dado que en este lapso se encontraron granos con uno o dos orificios, considerandose que el grano todavía es utilizado en la industria de la transformación. A partir de los 126 días, el grano está dañado de tal forma que queda únicamente la cascarilla o pericarpio del grano, existiendo una pérdida de peso mayor. En este caso, al porcentaje de la pérdida de peso se le adiciona el valor obtenido en la ecuación 1 para el mismo tiempo de almacenamiento.

se encontraron insectos en estado pupal, observándose estos estados hasta el final del experimento. Los estados de larva y preadulto de ambas especies de insectos son responsables de la mayor parte de los daños.

El ciclo biológico de la especie Rhyzopertha dominica F. se desarrolla dentro del grano, por lo que es poco común observarlos en los estados de larva y pupa.

Hasta los 140 días se observó el incremento en el deterioro de los granos. Catorce días después se registraron pesos inferiores a los de las lecturas anteriores, aunque esto aparentemente no parece lógico, ocurrió en efecto y es explicable debido a que apartir de los 126 días se empezó a registrar una disminución en el contenido del peso inicial de cada uno de los frascos. Dicha disminución seguramente fue debido a las causas siguientes : a) Consumo de energía para el metabolismo de los insectos que se estan desarrollando. b) Transformación de carbohidratos en  $CO_2$  y energía que se libera al medio ambiente.

Los resultados obtenidos indican que existen una relación directamente proporcional entre el porcentaje de granos dañados y el porcentaje de harina producida. Asimismo, se

## 8. ANALISIS

Los resultados obtenidos señalan que los daños significativos en el grano se comienzan a registrar a los 56 días después de la infestación. En este momento se observó un incremento poblacional del 1200 al 2500 por ciento (partiendo de los 30 insectos introducidos inicialmente), esto es para la especie Rhyzopertha dominica F. Para el caso de la especie Tribolium confusum D., considerando que se introdujeron un mes después que las plagas primarias, se observó un incremento del 100 al 500 por ciento, en un lapso de 56 días.

A partir de los dos meses de iniciado el experimento se observó un incremento progresivo en la especie Rhyzopertha dominica F., alcanzando un incremento poblacional en la lectura final del 20,000 por ciento. Mientras que en la especie Tribolium confusum D. el crecimiento fue menor, registrándose un incremento poblacional del 2500 por ciento. Hubo un mayor desarrollo poblacional en las muestras pertenecientes a C - 2. Las cuales contenían una humedad inicial en el grano del 11.48%.

De la especie Tribolium confusum D. se encontraron insectos en estado larvario a partir de la sexta lectura (a los 98 días). En la novena lectura (a los 140 días) también

encontro que no hubo diferencias significativas para estos parámetros, en los tratamientos C - 1 y C - 2, que hubieran sido propiciadas por las dos humedades distintas de los granos con que se trabajó. Esto posiblemente se debe a que no existió gran diferencia entre los dos niveles de humedad considerados. Mientras que para el caso del incremento poblacional si se observa un mayor desarrollo en el grano con más contenido de humedad.

Dado que los resultados obtenidos en cuanto a granos dañados y harina producida, para cada una de las muestras C-1 y C-2, presentaron una diferencia poco significativa, se procedió a hacer un promedio aritmético entre los datos correspondientes a ambas muestras y con ellos se formuló una ecuación. Tal ecuación nos permite estimar el porcentaje de harina producida a determinados tiempos de exposición de los granos a los insectos, y con este dato podemos inferir el porcentaje de pérdida de peso aproximado en un tiempo determinado.

ESTA TESIS NO PUEDE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Las ecuaciones obtenidas son aplicables a granos de trigo que pertenezcan al grupo 5 y que se encuentren entre un rango de humedad del 10.0 al 11.5%. Aunque dichas ecuaciones sean específicas al trigo del grupo 5, a los insectos de prueba utilizados y a las condiciones de experimentación, el proceso para su elaboración es válido para aplicarse a otros productos, a otros insectos plaga y a condiciones ambientales específicas a una determinada región.

## 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

De los resultados obtenidos en este trabajo se derivan las siguientes conclusiones:

- En efecto existe una relación entre el porcentaje de granos dañados y la pérdida de peso que sufre el trigo atacado por Rhizopertha dominica F. y Tribolium confusum D. No se encontró una relación constante, debido a que el crecimiento poblacional de insectos es de manera exponencial y esto origina comportamientos distintos en las lecturas realizadas.

- Los resultados experimentales nos permitieron determinar que existe una relación, siendo esta directamente proporcional entre la pérdida de peso por el ataque de insectos y el porcentaje de granos dañados.

- El contenido de humedad en el grano no fue un parámetro significativo en la elaboración de las ecuaciones de predicción, al menos para los valores considerados en el experimento. Sin embargo es evidente que la humedad juega un papel importante, ya que representa un factor que favorece la propagación de los insectos y será necesario hacer más investigaciones para dimensionar adecuadamente su efecto.

### Recomendaciones para estudios posteriores.

Para asegurar que se obtendrán valores confiables en estudios similares al presente que involucren a otros productos y a otros insectos de almacén, será necesario tomar en cuenta las siguientes recomendaciones para el trabajo experimental.

- Emplear un mínimo de tres repeticiones para cada muestra.
- Seleccionar insectos pertenecientes a la primera generación, para garantizar que sean jóvenes.
- Emplear contenidos de humedad del grano con una diferencia más amplia que la aquí ensayada, para determinar más precisamente el efecto de este factor.
- Realizar una cuantificación de insectos vivos a los 14 días después de las infestaciones para asegurar que el número de ellos en estado activo es homogéneo para todas las pruebas y así poderlo considerar desde el momento de la primera lectura.

Para poder realizar las actividades propuestas es necesario contar con un mínimo de tres personas para distribuirse el trabajo y obtener óptimos resultados.



Recomendaciones para aplicar los resultados obtenidos en la investigación.

- Dado que los daños significativos se presentaron a partir de los dos meses y que en este momento se observó un incremento en la población de insectos, es factible aplicar en este periodo un control de plagas en el almacén, y posteriormente hacer el control cada mes y medio, dado que en este lapso se desarrollan nuevamente plagas en estado activo. De aquí resalta la importancia de la aplicación de adecuadas prácticas preventivas y de un calendario de fumigación que permita reducir el tamaño de la población.
  
- Si se considera que la población de los insectos de almacén considerados en la presente investigación pueden alcanzar incrementos poblacionales de hasta el 20,000% en 6 meses, es posible constatar la importancia de la aplicación oportuna de prácticas de control de estos organismos. El alto índice de daños y pérdidas que pueden esperarse en el producto almacenado si no se realiza algún control oportuno y adecuado de insectos, según los resultados del presente trabajo, es otro argumento que decidirá la necesidad del control preventivo y correctivo de estas plagas de almacén.

- Considerando que en la actualidad no se cuenta con información precisa, que indique la cuantía de las pérdidas en el renglón de los granos almacenados y dado que estas pérdidas conllevan a una pérdida económica importante, se considera necesario impulsar este tipo de trabajos.

## 10. BIBLIOGRAFIA

- Anónimo, 1980. Principales plagas de granos almacenados. Dirección General de Sanidad Vegetal. S.A.R.H. México.
- Anónimo, 1980. Agricultura técnica en México. INIA, S.A.R.H. Vol. 6, Núm. 1, México.
- Anónimo, 1982. Principales plagas del trigo. Dirección General de Sanidad Vegetal. S.A.R.H. Hermosillo, Sonora, México.
- Anónimo, 1984. Prevención de las pérdidas de alimentos en los cultivos peracederos; basados en una consulta de expertos, organizada por la FAO y PNUMA. Roma, FAO (Boletín de servicios agrícolas de la FAO, 43).
- Anónimo, 1985. Programa de acción para la prevención de pérdidas postcosecha. Organización de las Naciones Unidas, para la Agricultura y la Alimentación. Programa de cooperación técnica.
- Anónimo, 1989. Cumpas 188 y Bacanora 188, nuevas variedades de trigo harinero. S.A.R.H. Enero, Folleto Núm. 12

- Anónimo, 1989. Guía para producir trigo en el Sur de Sonora. S.A.R.H. Octubre, Folleto Núm. 20.
- Cruz, M. y R. Navarrete, 1981. Interrelación del gorgojo del maíz (Sitophilus zeamais) y hongos del grupo Aspergillus. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. U.N.A.M., México.
- Coronado, P. R., 1977. Introducción a la entomología (morfología y taxonomía de los insectos) Ed. LIMUSA, México.
- De Luca, Y. y J.P. Deuse, 1978. The concepts of loss and its definition. Tropical products Information. T.P.I. No. 36 England.
- Gil. G.M., 1988. Tecnología para la conservación de granos básicos en México. C.N.I.A., S.A.R.H. Cuernavaca, Morelos.
- Infante G. y P. Zárate, 1984. Métodos estadísticos. Ed. Trillas. México.

- Lewis, A., 1985. Bioestadística. Ed. C.E.C.S.A. 8a. impresión. México.
- Lindbland, C. y L. Druben, 1979. Almacenamiento del grano. Ed. Concepto, S.A. México.
- Orto, T. y J. Ciro, 1985. Insectos que dañan granos y productos almacenados. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Santiago, Chile.
- Pedigo, L. P. et al., 1986. Economic injury levels in theory and practice. Ann. Rev. Ent. 31: 341-368.
- Pimiento, L., 1989. Introducción al SAS en microcomputadora. Comité editorial del centro de estadística y cálculo. Colegio de Postgraduados Chapingo, México.
- Quasem, S. y C. Christensen, 1960. Influence of various factors of stored corn by fungi. *Phytopat.* 50: 703-709.
- Rabinovich, J. E., 1982. Introducción a la ecología de poblaciones animales. Ed. C.E.C.S.A., México.

- Ramayo, R. L., 1983. Tecnología de granos. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Ramírez, G. M., 1982. Almacenamiento y conservación de granos y semillas. Ed. C.E.C.S.A., México.
- Reyes, C. P., 1990. Bioestadística aplicada. Ed. Trillas. 2a. edición. México.
- Sánchez, G. J., 1987. Determinación de la toxicidad de cuatro insecticidas. Tesis de Licenciatura. Facultad de estudios Superiores. U.N.A.M. Cuautitlán Izcalli, México.
- Sifuentes, S.A., 1979. Plagas de los granos almacenados y su control. INIA. S.A.R.H. Folleto de divulgación técnica Núm. 68; México.
- Sinha, R. N. et al., 1969. Principal component analysis of interrelations among fungi, mites and insects in grain bulk ecosystems. Ecology. 50: 336-547.