

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Evaluación de Tres Insecticidas para el Control del Gorgojo Confuso de la Harina
Tribolium confusum Duval, Bajo Condiciones de Laboratorio

Por:

VÍCTOR MANUEL PÉREZ DÍAZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre de 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Evaluación de Tres Insecticidas para el Control del Gorgojo Confuso de la Harina
Tribolium confusum Duval, Bajo Condiciones de Laboratorio

Por:

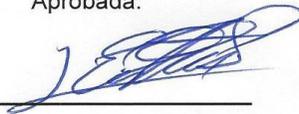
VÍCTOR MANUEL PÉREZ DÍAZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada:



Dr. Ernesto Cerna Chávez

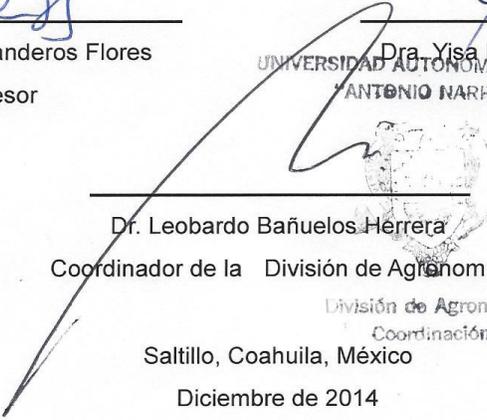
Asesor Principal


Dr. Jerónimo Landeros Flores

Coasesor


Dra. Yisa María Ochoa Fuentes

Coasesor


Dr. Leobardo Bañuelos Herrera

Coordinador de la División de Agronomía

División de Agronomía
Coordinación.

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2014

AGRADECIMIENTOS.

A **Dios** por permitir lograr una meta más en la vida, por haberme guiado y cuidado durante este trayecto tan importante, en donde con sabiduría, fortaleza y dedicación constante me permitió llegar al final de mi carrera y por proveerme de todo lo necesario para superarme y salir adelante, por esto y mucho más, gracias DIOS MIO.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, que me abrió las puertas para sumergirme en el mundo de la sabiduría, por darme la oportunidad de aprender y forjarme como profesional, por permitirme vivir la gloria de ser parte de una gran familia de Buitres de la UAAAN.

Al **Doctor Ernesto Cerna Chávez**, por su gran amistad, por ser parte de mi formación, por su gran apoyo, tiempo, paciencia, dedicación y consejos para guiarme hacia la culminación de esta etapa de mi vida.

Al **Doctor Jerónimo Landeros Flores**, por sus comentarios y tiempo dedicado en la revisión de este trabajo.

A la **Doctora Yisa María Ochoa Fuentes**, por su ayuda y colaboración para sacar adelante este trabajo.

A *todos los profesores del Departamento de Parasitología*, que con gran ética y profesionalismo me supieron guiar hacia el camino del profesionalismo y por compartirme gran parte de su sabiduría.

A **mis compañeros de la Generación CXVIII de la carrera de Parasitología**, por su amistad brindada durante mi estancia en esta Universidad, por todos aquellos momentos que hemos vivido durante estos años, por haberme escuchado por ser más que mis amigos en los momentos difíciles. En especial a mis mejores amigos Ervin Morales, Sergio Noh, Lizmark Morales, José L, Rudi A. Pérez, Luis Rojas, Rusber, las Gemelas, por los tiempos compartidos durante mi estancia en esta mi ALMA MATER.

DEDICATORIAS

Al concluir con gran éxito y satisfacción esta etapa de mi vida y cumplir uno de mis objetivos más anhelados e introducirme al gran mundo de la sabiduría, quiero dedicar esta tesis de manera muy especial a DIOS.

A MIS PADRES:

MANUEL Y GUADALUPE.

Por haberme permitido la vida, por su inmenso amor, cariño, apoyo y consejos; por ser parte de mi vida y compartir conmigo tantos momentos felices, por haber superado junto conmigo esta etapa tan importante en mi vida. Gracias por enseñarme el valor del trabajo y la honestidad porque día a día se esforzaron con gran ilusión y esfuerzo para darme una vida mejor y lograr hacer de mí una persona de bien.

A MIS HERMANOS:

JORGE ALBERTO, MIGUEL ANGEL, JOSE ALFREDO, GRACIELA Y SAMUEL.

Por compartir conmigo tantos momentos felices, por formar parte de mi vida, de mi gran familia, por su cariño y amor. Por estar conmigo en las buenas y en las malas, por sus consejos y regaños que me ayudaron a salir adelante y formarme como una persona de bien, gracias por su amistad y confianza depositada en mí, con amor para ustedes.

A MIS CUÑADAS:

OLGA, ELIZA Y ANGELICA.

Con mucho cariño y respeto para ustedes, por formar parte de esta gran familia.

A MIS SOBRINOS:

JOSE EDUARDO, JESUS ALEXANDER y EL FUTURO SAMUEL.

Por ser los reyes de la casa, por ser ese manantial de amor y ternura, que día a día llenan de cariño a todos. Por ser los sobrinos más lindos del mundo y ser la razón de ser de cada uno de nosotros, con mucho amor y cariño para ustedes.

A MIS ABUELOS:

LORENZO y PASCUALA.

ANTONIO † y DUDUVINA.

Quienes me han apoyado incondicionalmente en los momentos más importantes de mi vida, por su gran sabiduría y consejos para la vida, por su gran cariño y amor.

A MI HERMANA ADOPTADA:

Por ser la mejor amiga del mundo, por todos tus consejos y regaños. Por estar conmigo en las buenas y malas, muchas gracias por todo y siempre serás parte de mí y la familia, con mucho cariño para ti KIM.

A MI PAZ, Muchas gracias, eres la luz de mi camino.

A MIS PRIMOS:

HUGO Y CHUS.

Gracias por todos sus consejos, su amistad y compañía.

A MIS AMIGOS:

ERVIN, LIZMARK, SERGIO, JOSE LUIS, LUIS, RUDI, MARY, DULCE, RUBI,
ANA, LUCERO

Quienes han estado conmigo compartiendo tantos y buenos momentos, por su confianza, cariño, consejos y comprensión. Muchas gracias a todos.

AL GRUPO DE PARASITOLOGOS:

A todos los compañeros, muchas gracias.

“SI NO ESCALAS LA MONTAÑA, JAMÁS PODRÁS DISFRUTAR DEL PAISAJE.”

RESUMEN

El hombre desde hace mucho tiempo se ve en la necesidad de almacenar todos los granos vegetales que produce y que posteriormente utiliza como alimento. Y una de las preocupaciones que se ha tenido desde entonces es que existen diversos factores que deterioran y destruyen los alimentos que con tanto celo el hombre almacena.

Los principales agentes responsables del deterioro en los alimentos almacenados son hongos, roedores, aves y artrópodos. Entre estos factores que se mencionan encontramos a los insectos que son los principales responsables del deterioro de los granos almacenados. Por ello, el objetivo de este trabajo es: Determinar la efectividad biológica de tres insecticidas de diferentes grupos toxicológicos para el control del gorgojo confuso de la harina *Tribolium confusum*.

Primero se estableció la colonia de *Tribolium confusum*, en el laboratorio de Toxicología de esta Universidad, se colocó harina de maíz en frascos de vidrio, se metió al refrigerador por 72 horas, al término de este tiempo se dejó a temperatura ambiente para quitar el frío y luego se introdujeron 200 adultos para que ovopositen y se retiraron a las 24 horas, dejando solo los huevecillos y se le dio seguimiento hasta que emergieran los adultos.

Con este experimento se demostró que el Diazinon es el insecticida que mejores resultados mostraron al presentar mortalidades altas (63.3-86.66%). Siendo los tratamientos 3000, 4000 y 5000 ppm quienes mostraron los mejores resultados y en niveles más bajos de mortalidad encontramos a la Cipermetrina y el Endosulfan. El Diazinon de acuerdo a la mortalidad presentada es una buena alternativa para el control de insectos como el *Tribolium confusum*, ya que para este caso se mostraron buen efecto de mortalidad a los 24 horas al presentar un 50% de mortalidad.

Palabras clave: Gorgojo confuso, *Tribolium confusum*, Mortalidad, Efectividad biológica, ppm, Insecticidas, Control de insectos, Granos almacenados.

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	1
DEDICATORIAS	3
RESUMEN	6
INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN DE LITERATURA	5
Plagas primarias	6
Plagas secundarias.....	6
Plagas asociadas	7
Gorgojo confuso de la harina <i>Tribolium confusum</i>	7
Origen y distribución.	7
Ubicación taxonómica.....	8
Importancia económica.	8
Alimentación.....	9
Descripción morfológica.	9
Ciclo biológico.....	10
Huevo	10
Larva.....	11
Pupa	11
Adulto	11
Control.....	12
Control cultural.....	12
Control mecánico.....	13
Control físico	13
Control legal	14
Control biológico.....	15
Control químico.....	15
Resistencia	20
Tipos de resistencia	21
Resistencia por comportamiento.....	22

Resistencia metabólica.....	23
Bioensayo	25
Criterios para un buen Bioensayo.....	26
MATERIALES Y METODOS.....	27
Análisis estadístico.....	28
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
CONCLUSIONES.....	34
LITERATURA CITADA	35

Índice de cuadros

Pág.

Cuadro 1.	Dosis utilizadas en los diferentes ingredientes activos para evaluar la mortalidad en <i>Tribolium confusum</i> .	28
Cuadro 2.	CL ₅₀ y CL ₉₅ y parámetros de confianza a las 24 horas para <i>Tribolium confusum</i> .	32

	Índice de figuras.	Pag.
Figura 1.	Ciclo de vida de <i>Tribolium</i> sp.	10
Figura 2.	Porcentaje de mortalidad del insecticida Cipermetrina sobre adultos de <i>Tribolium confusum</i> .	29
Figura 3.	Porcentaje de mortalidad del insecticida Diazinon sobre adultos del gorgojo confuso de la harina <i>Tribolium confusum</i> .	30
Figura 4.	Porcentaje de mortalidad del insecticida Endosulfan sobre adultos del gorgojo confuso de la harina <i>Tribolium confusum</i>	31
Figura 5.	Línea de respuesta dosis-mortalidad de tres insecticidas de diferentes grupos toxicológicos sobre una población del gorgojo confuso de la harina <i>Tribolium confusum</i>	33

INTRODUCCIÓN

El hombre necesita almacenar muchos de los productos vegetales como los granos que utiliza como alimento, porque en la mayoría de los casos su producción es estacional. Una de las principales preocupaciones es que durante el almacenamiento, diversos factores deterioran y destruyen los alimentos que guarda con tanto celo y que tanto esfuerzo le costó obtener. Para evitarlo, desde tiempos remotos ha tratado de investigar las causas que ocasionaron este deterioro y la forma de prevenirlo (FAO, 1985).

Las principales plagas de los granos almacenados y sus subproductos son los insectos y los ácaros (INTA, 2012).

Según la FAO (1985), los principales agentes responsables del deterioro en los productos alimenticios almacenados son hongos, roedores, aves y artrópodos, si bien factores de tipo abiótico, como la temperatura, humedad relativa ambiental y contenido en humedad del producto juegan un papel destacado en la incidencia de estos agentes y las especies que han conseguido una mayor adaptación a las condiciones de almacén y que causan daños más cuantiosos se hallan entre los artrópodos, especialmente los insectos y algunas especies de ácaros.

Actualmente, el almacenaje se ha convertido en una práctica de elevado contenido técnico, gracias a la acumulación de experiencias a lo largo de miles de años. Asociar el almacenaje con la política actual de implantar reservas reguladoras debe llevar a conservar científicamente los granos, y a solucionar múltiples factores físicos, químicos y biológicos que se encuentran íntimamente conectados con esta compleja actividad (FAO, 1993).

A nivel mundial se citan unas 600 especies de coleópteros sobre granos almacenados, perteneciente a una treintena de familias, entre las más frecuentes encontramos los curculiónidos del género *Sitophilus* que causan importantes pérdidas en granos de cereales almacenados, otras especies de brúquidos plagas en leguminosas y las especies de *Tribolium* (Tenebrionidae), son plagas importantes de los granos y harinas de cereales (FAO, 1985).

En México Gutiérrez-Díaz (1999) registra 55 especies de insectos asociados con granos y productos almacenados mencionando sus hospederos y distribución en el país. Entre los más frecuentes se hallan los curculiónidos del género *Sitophilus*, quienes por las pérdidas que ocasiona son considerados como plagas de interés primario, seguido de las especies del género *Tribolium* (Tenebrionidae), las cuales son plagas que se alimentan de granos partidos o lesionados a consecuencia de las infestaciones primarias, así como de las harinas, cereales y derivados amiláceos.

La conservación y protección de granos almacenados, es un componente de la seguridad alimentaria del país, lo que la convierte en una necesidad de repercusión social y económica. Esta conservación se ve afectada por la presencia de insectos plaga, que traen como consecuencia la pérdida de la calidad del grano, tanto para consumo humano como para garantizar semilla.

Siendo así que el control de las principales plagas de los granos almacenados es muy diverso existiendo desde el más sencillo como exponer las semillas a la luz del sol, la limpieza de los almacenes, el uso de temperaturas controladas y hasta la herramienta más actual como es el uso de insecticidas sintéticos que ofrece la ventaja de eliminación de las plagas de forma rápida y efectiva; así también una conservación de los granos por un tiempo más prolongado.

Objetivo.

Determinar la efectividad biológica de tres insecticidas de diferentes grupos toxicológicos para el control del gorgojo confuso de la harina *Tribolium confusum*.

Justificación.

Las plagas de los granos almacenados dañan los granos y sus productos por lo cual se les considera de mucha importancia debido a que dañan grandes cantidades de alimentos almacenados y el gorgojo confuso de la harina *Tribolium confusum* causa grandes pérdidas y contaminación de harinas.

Hipótesis.

Se espera que al menos uno de los insecticidas evaluados presente una buena mortalidad para el control del gorgojo confuso de la harina *Tribolium confusum*.

REVISIÓN DE LITERATURA

La conservación de los granos ha sido, es y será motivo de preocupación del hombre por la importancia que tienen en la dieta humana y por la necesidad de resguardarlos contra el peligro que implica el aprovechamiento de estos por otros organismos (Ramirez-Genel, 1976).

La importancia de la conservación de los granos almacenados en México y en el mundo es motivo de preocupación e investigación por el hombre ya que la población humana se incrementa, por lo cual se busca garantizar el abasto de alimentos. No basta con producir enormes volúmenes de granos y frutas también se requiere de sistemas eficientes y ecológicos de conservación de los productos cosechados, además de contar con las óptimas condiciones físico-químicas y de sanidad.

México, un país en vías de desarrollo y en el sector agrícola rural aún existe un atraso tecnológico bastante notorio y se ve reflejada en las altas pérdidas de los granos almacenados ocasionados por el ataque de plagas insectiles. Ante esta situación se ha recurrido desde épocas inmemoriales al empleo de productos naturales para controlarlos; sin embargo, a través del tiempo la información se ha ido perdiendo y deformando, llegando en la actualidad a carecer mucha de ella de sustento científico. No obstante, hoy día se presentan aún algunas técnicas o prácticas tradicionales para conservar los granos almacenados, como por ejemplo la exposición de los granos al sol para la eliminación de muchos tipos de insectos, ya que estos generalmente no toleran temperaturas superiores a 40 °C, (Golob y Webley, 1980).

Plagas de almacén

En los granos almacenados, los principales agentes que disminuyen la producción son los insectos, los cuales, antes de la cosecha y en el almacén, pueden causar pérdidas de 20 a 80% (Larrain, 1994).

El almacenamiento del grano para periodos de escasez fue una práctica común, que se hizo extensiva hace aproximadamente 4.500 años y de esta época ya se tiene conocimiento del uso de construcciones de gran capacidad para este propósito, (Levinson y Levinson, 1994).

Las primeras interacciones del hombre con los insectos derivaron la necesidad de los hombres primitivos a obtener refugio y almacenar comida, (De los Mozos, 1997).

Los insectos encontrados en los productos alimenticios almacenados pueden ser clasificados, según sus hábitos de alimentación, en los siguientes tres grupos:

Plagas primarias

Son aquellas capaces de atacar los granos íntegros y sanos que cumplen su ciclo evolutivo en el interior del grano, siendo el más perjudicial, por lo tanto, además de sus daños abren camino para el ataque de otros insectos y estos son: El gorgojo de maíz, *Sitophilus zeamais*, el barrenador grande del grano, *Prostephanus truncatus*, la palomilla dorada de maíz, *Sitotroga cerealella*, *Plodia interpunctella*, *Lasioderma serricorne* y *Tenebriodes mauritanicus*.

Plagas secundarias.

Son aquellos que no consiguen atacar los granos íntegros, y se alimentan de granos previamente dañados por las plagas primarias, accidentalmente quebrados o mordidos, con defectos en la cascara o que presenten infección fúngica. Entre las plagas secundarias se encuentran coleópteros como *Tribolium castaneum* Herbst., *Tribolium confusum* Du Val, *Oryzaephilus surinamensis* (L) y *Laemophloeus minutus* (Oliv.).

Las plagas secundarias infestan casi todos los granos en almacenamiento y principalmente a los subproductos, como harinas, sémolas y alimentos para animales.

Plagas asociadas

Son aquellos que no atacan los granos; sin embargo, se alimentan de los desechos y hongos, entre ellos encontramos a *Tenebrio militor* y *Alphitobius piceus* (Oliv.), e insectos del orden Psocoptera que se encuentran en la masa almacenada. Estas plagas, si bien no causan daños a los granos, contribuyen para perjudicar el aspecto y calidad del producto almacenado.

(Gallo *et al.*, 2002).

Savidan y Bergvinson (2000); mencionan que las principales plagas que causan las pérdidas de pos cosecha en México son: el gorgojo de maíz, *Sitophilus zeamais*, en las regiones tropicales y subtropicales; el barrenador grande del grano, *Prostephanus truncatus*, localizado en las regiones de transición y altas y la palomilla dorada de maíz, *Sitotroga cerealella*, ubicada en las regiones templadas y altas. Plagas secundarias que aparecen con menor frecuencia son: *Plodia interpuctella*, *Rhyzoperta dominica*, *Cathartus quadriollis*, *Cryptolestes ferrugineus*, *Tribolium castaneum*, entre otras.

Gorgojo confuso de la harina *Tribolium confusum*

Origen y distribución.

El gorgojo confuso de la harina *Tribolium confusum* recibió su nombre debido a la confusión sobre su identidad, ya que es muy similar al escarabajo rojo de la harina. Es de origen africano, se reproduce en todo el mundo en climas fríos. En los estados unidos son más abundantes en los estados del norte (Baldwin *et al.*, 2003).

En México se ha localizado en los estados de Guerrero, Michoacán, Chiapas, Guanajuato y Morelos (Gutiérrez-Díaz, 1999).

Ubicación taxonómica.

Fue clasificado y descrito por Du Val en 1868 citado por Cotton, (1979).

Reyno: Animal

Phylum: Arthropoda

Clase: Insecta

Subclase: Pterygota

Orden: Coleóptera

Suborden: Poliphaga

Superfamilia: Tenebrionoidea

Familia: Tenebrionidae

Género: *Tribolium*

Especie: *confusum*

Importancia económica.

Tribolium confusum, es una plaga secundaria de los cereales ya que es incapaz de dañar el grano sano, limpio y seco. Tanto el adulto como las larvas se alimentan de cereales partidos o dañados y sus productos (FAO, 1983).

Alteran la calidad del producto debido a la disminución del valor nutritivo de los granos atacados, disminución del grado de higiene del producto por la presencia de otros insectos, excrementos, huevecillos, etc., y la pérdida de calidad de panificación de las harinas (Arthur, 1996).

Las especies de *Tribolium* causan daños muy serios en los molinos harineros, graneros, bodegas o almacenes de abarrotes, embarques de granos y productos de granos, en donde comúnmente se les encuentra. Se alimentan prácticamente de cualquier tipo de grano o producto de él, tales como harinas, harinas para pasteles, frutas secas, salvado, y muchos otros productos. Se considera la plaga más seria en los molinos (Cotton, 1979).

Alimentación.

Atacan productos de granos almacenados, como la harina, cereales, harina, galletas, porotos, especias, pastas, tortas, comida seca para animales domésticos, flores secas, chocolate, frutos secos, semillas y especímenes de museo. Estos escarabajos tienen aparato bucal de mascar, pero no muerden o pican.

Los escarabajos confusos de la harina pueden estar presentes en gran número en grano infestado, pero son incapaces de atacar el grano dañado. Los adultos son atraídos por la luz. Por lo general, estos escarabajos se pueden encontrar en productos de granos infestados no sólo en el interior, sino también en las grietas y hendiduras donde el grano se haya derramado. Ellos se sienten atraídos por el grano con alto contenido de humedad y pueden causar un tinte gris para el grano que están infestando. Los escarabajos emiten un olor desagradable, y su presencia estimula el crecimiento de moho en el grano (Fumigadora continente, 2014).

El daño más importante que causan es la contaminación de las harinas y productos derivados de grano; se reproducen fácilmente en granos sucios y quebrados. Las condiciones óptimas de su desarrollo son 33 C de temperatura y HR de 7%.

Descripción morfológica.

Cuerpo de forma alargada y ligeramente plana. Antenas ensanchándose gradualmente desde la base a los extremos, ojos pequeños, redondos y la distancia entre ellos es tres veces el diámetro del ojo. Protórax densamente cubierto con diminutos puntos negros. Los élitros tienen bandas longitudinales difíciles de ver a simple vista. El adulto mide de 3 a 4 mm y es de color café rojizo brillante. No es capaz de volar (FAO, 1983).

Ciclo biológico.

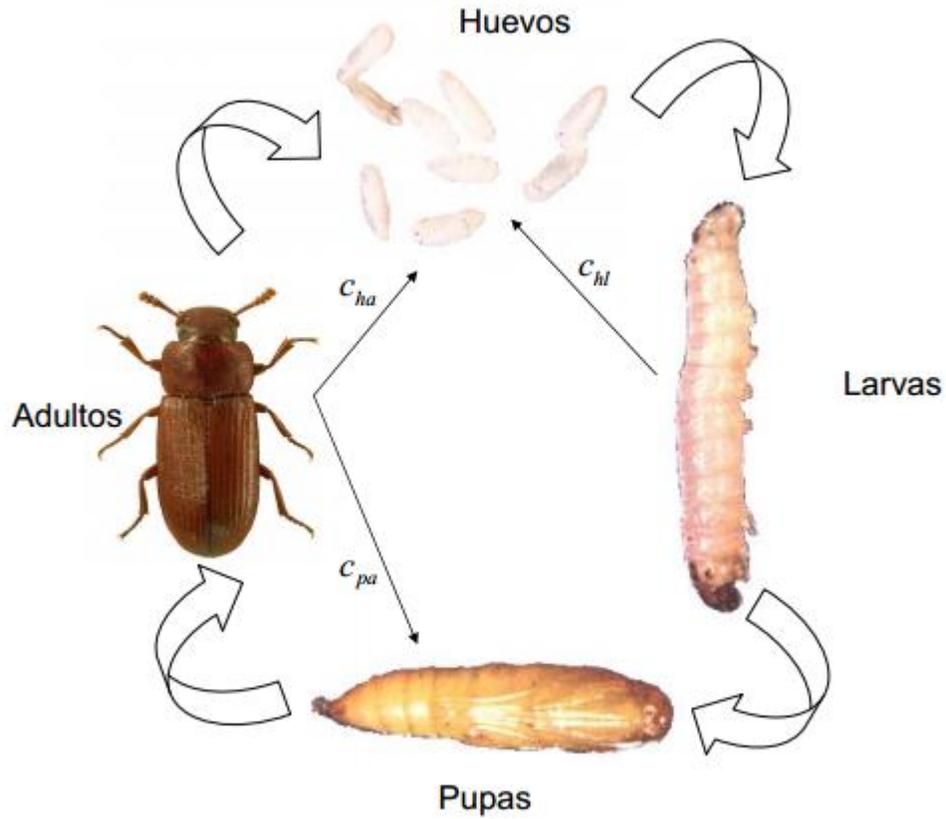


Figura 1. Ciclo de vida de *Tribolium* sp.

Su ciclo de vida de huevo a adulto, bajo condiciones favorables, es de seis semanas que se puede prolongar en invierno. Debido a su gran adaptabilidad a distintos climas, su reproducción se continúa a través del año. En estado adulto pueden sobrevivir dos o más años.

Huevo

Las hembras adultas ponen de 400-500 huevos blanco claro, pegajosos que se adhieren entre las partículas de alimento, en las grietas o a través de las mallas de los sacos que contienen los alimentos, tales como cereales. Los huevos eclosionan en 5 o 12 días (Russell IPM, 2012).

Larva

Las larvas son pequeñas, de color blanco-marrón y pasan por entre 5 y 12 estadios, alcanzan la madurez en tan sólo 30 días en condiciones óptimas, pero puede requerir hasta 4 meses. En almacenes y fábricas, con un clima cálido hay 4 o 5 generaciones al año (Russell IPM, 2012).

Pupa

La pupa al principio es blanca, gradualmente cambia a amarillo, después a café, permaneciendo en este estadio por una o dos semanas, una generación completa tarda de tres a cuatro meses, cuando la temperatura es elevada (Metcalf y Flint, 1979).

Adulto

Es un pequeño escarabajo de color marrón rojizo, unos 3-4 mm de largo. La antena de *Tribolium confusum* se agranda gradualmente hacia la punta, que termina en una forma de club de 4 segmentos. Los lados del tórax son casi recta. Estos escarabajos han masticar piezas bucales. Las hembras adultas son de larga vida, y pueden sobrevivir hasta por 2 años, son muy activos moviéndose con rapidez cuando son perturbados (Russell IPM, 2012).

Control

A través del tiempo, el hombre ha aprendido a establecer una lucha competitiva con los insectos por la defensa del alimento de manera que ha desarrollado diferentes métodos de control que incluyen medidas culturales, físicas, legales y químicas (Gutierrez y Gümes, 1991).

Todos los tipos de daño o implicaciones económicas son los que llevan a tomar medidas que eviten el daño que los insectos de granos almacenados pueden ocasionar.

Control cultural

Las medidas de control cultural difieren del combate físico y mecánico, en que generalmente incluyen el uso de prácticas agrícolas ordinarias y la maquinaria agrícola y en que son usualmente preventivas, indirectas o intangibles; pero usualmente se deben emplear mucho antes del tiempo en que el daño de las plagas resulte aparente, y esto a veces no llaman mucho la atención del agricultor, sin embargo son las más baratas de todas las medidas de combate (Metcalf y Flint, 1979).

El control cultural de plagas en granos almacenados se basa principalmente en propiciar un ambiente desagradable e inapropiado para el desarrollo de las plagas de insectos.

Prevención: Se puede definir como el conjunto de medidas que impiden que las plagas lleguen a ponerse en contacto con los granos o productos almacenados. Estas medidas pueden resumirse en:

Aseo: la primera medida para evitar la infestación de plagas en los granos y productos almacenados es una limpieza completa de aquellos recipientes y lugares que los van a contener.

Buen almacenamiento: Un buen almacenamiento se caracteriza por el mantenimiento de la temperatura y humedad relativa constante óptima para la calidad y viabilidad de los granos y semillas.

Control mecánico

Consisten en conseguir la mayor aislación con el exterior de la mercadería almacenada para tratar de evitar el ingreso de las distintas plagas. Entre ellos se pueden destacar las mallas de luz muy pequeña en las ventanas y bocas de aireación, distintos materiales de empaque (Romero, s/a).

Control físico

La humedad y la temperatura. La humedad y la temperatura son muy importantes en el control de plagas de los granos almacenados. Es importante almacenar los granos con contenidos bajos de humedad, que reducen la posibilidad de incidencia de insectos. Las bajas humedades y temperaturas limitan la sobrevivencia y la reproducción de muchos insectos. El porcentaje mínimo de humedad en los granos, requerido para la reproducción de los insectos, es de 9%, Cuando la humedad aumenta del 12 al 15%, los insectos se desarrollan y se reproducen con mayor intensidad. La proliferación de los insectos puede provocar un aumento sensible en la temperatura de la masa de granos. Para obtener un buen control, se necesita conservarlos a bajas temperaturas, a través de sistemas de aireación o transilaje, dentro de niveles económicamente aceptables. La mayor parte de los insectos no se reproduce si se los mantiene a temperaturas inferiores a los 21°C o superiores a los 35°C por largos períodos de tiempo. Las temperaturas favorables a la reproducción están entre estos puntos, considerándose como ideal los 28°C (FAO, 1993).

El impacto. El control de los insectos, a través del impacto, consiste en lanzar los granos por fuerza centrífuga contra una superficie, lo que mata los insectos en el exterior e interior de los granos. Los granos infestados se rompen y los insectos expuestos son retirados por aspiración.

Este proceso sólo se usa en plantas industriales que procesan granos para consumo humano a gran escala (FAO, 1993).

La radiación. Existen varios modos de utilizar la energía radiante en el control de insectos. Se puede emplear la luz en trampas luminosas para atraer a los insectos y de esta manera disponer de una idea del grado de infestación (FAO, 1993).

El empleo de variedades resistentes. El control de insectos mediante el empleo de variedades de granos resistentes a su ataque representa un método seguro y económico. Se considera variedad resistente la que, bajo condiciones iguales y gracias a su constitución genotípica, se daña en menor intensidad por el ataque de un determinado insecto que otra variedad menos resistente. Este sistema se usa principalmente para prevenir ataques de insectos en el campo (FAO, 1993).

Control legal

Incluye la cuarentena y la sanidad. La cuarentena comprende las prohibiciones o restricciones impuestas al transporte de los granos almacenados que se suponen están infestadas por plagas. La sanidad se refiere a las medidas de higiene que se deben tomar para disminuir o eliminar los insectos. Tales medidas comprenden la cosecha en la época adecuada, la utilización de equipos desinfectados, la limpieza cuidadosa de los granos y de los depósitos, los almacenes bien tapados y a prueba de roedores y pájaros, y el cuidado de no mezclar productos de distintas cosechas (FAO, 1993).

Control biológico

Entre los parasitoides ciertos Braconidos e Ichneumonidae del orden Hymenoptera, resultan prometedores. Los pequeños umbrales de daño admitidos en los productos almacenados no permiten que se dé un control biológico eficaz, ya que cuando este empieza a ser efectivo, el ataque ha superado ampliamente estos umbrales.

Entre los patógenos de las plagas de almacén hay que destacar a protozoos, hongos, virus y bacterias. Estos métodos han resultado eficaces en algunas situaciones. Se ha utilizado *Bacillus thuringiensis* para controlar algunas especies de plagas de insectos en cereales almacenados (Cotton, 1979).

Control químico

El uso de sustancias químicas como forma de controlar plagas y enfermedades data de la antigüedad; en el 2500 a.C., los sumerios usaban compuestos de azufre para controlar plagas de insectos, los chinos usaban el mercurio, y tanto Aristóteles en la antigua Grecia como Catón en Roma describen formas de fumigación y ungüentos a base de azufre. Sin embargo, el uso amplio de pesticidas se inició sólo en el siglo XVIII con base en extractos de piretrum y sulfato de cobre, compuestos de cobre y arsénico, o compuestos de arsénico y plomo. A comienzos de este siglo el azufre, el cobre y determinados venenos como la nicotina y el arsénico eran de uso habitual en los cultivos de alto valor comercial: frutas, flores, plantas de invernaderos, etc. El gran salto en el uso de compuestos químicos ocurrió con la segunda guerra mundial, tanto es así que en la inmediata postguerra se usaban en forma masiva compuestos organoclorados como DDT, lindano y dieldin entre los insecticidas y herbicidas como el 2, 4-D y el 2, 4, 5,-T; estos compuestos fueron luego sustituidos por los organofosfatos, los carbonatos y una gama cada vez más amplia de herbicidas y fungicidas sintéticos (Anonimo).

Los insecticidas utilizados para el control de plagas de los granos almacenados son organofosforados, piretroides y mezclas de fosforados y piretroides, formulados como líquidos (concentrados emulsionables) o como sólidos (polvos); los gases como el bromuro de metilo, fosforo de aluminio, fosforo de magnesio; sólidos inertes como la tierra de diatomeas; reguladores del crecimiento.

El método más utilizado en la actualidad para la eliminación de plagas en granos almacenados es la fumigación con fosfina. La fosfina es un gas letal para los insectos capaz de eliminar todos sus estadios de desarrollo, incluso los de las plagas primarias, ya que difunde hacia el interior del grano (INTA, 2013).

Generalmente se utilizan gases tóxicos penetrantes, e insecticidas no residuales; al usar cualquier fumigante, es importante cubrir los sacos, silos o el local con tela plástica y bien sellada contra el suelo con pesas o cinta adhesiva; se deja cubierto por uno a cinco días y luego se ventila por uno o dos días más, antes de empezar a consumirlo. Dentro de los insecticidas se menciona a Folithion y Actellic y organofosforados en polvo, y como fumigante a la fosfaminas (fosforo de aluminio), Phostoxin, Gastion, Detia, Gas XT y otros. Los cuales son eficaces contra todos los estados biológicos de los insectos (huevos, larvas, pupas y adultos) que atacan al grano almacenado.

Son relativamente pocos los productos que pueden utilizarse con confianza para el control de las plagas de los alimentos almacenados, se trata en esencia de una gama limitada de insecticidas persistentes y fumigantes no persistentes. Estos pocos productos se han utilizado amplia e intensamente en casi todos los países del mundo y es probable que las normas de calidad que actualmente están vigentes contra la presencia de insectos no se hubieran podido realizar si no se hubiera podido contar con esas sustancias y en particular con el malatión. Por lo que todo mundo está consciente de que los plaguicidas constituyen un recurso valioso, sin embargo, para reducir las cantidades empleadas y el número de aplicaciones se deben de usar con un mayor conocimiento y prudencia.

Al hacerlo, se reducirá la presión selectiva para la resistencia y se prolongará la vida útil de cada insecticida, esto coadyuvará en una reducción en el nivel de contaminación del medio ambiente y de residuos en los alimentos (Pérez, 1993).

Díaz (1970) indica que malatión a una dosis de 15 ppm ocasionó el 99 % de mortalidad después de 165 días de la aplicación y que con una dosis de 10 ppm, esta protección solo duró 104 días contra el gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* en maíz almacenado.

Díaz (1991), menciona que la aplicación de malatión al 4 % deodorizado a razón de 20 ppm y clorpirifos metílico al 1 %, a dosis de 4 ppm protegieron el maíz y frijol almacenado contra el daño de gorgojo del maíz y gorgojo pinto del frijol por un periodo de tres meses.

Champ y Dyte (1976), señalan que los productos más usados para el control de plagas de almacén después del malatión son la piretrina, piretroides (resmetrina y bioresmetrina) 18 y organofosforados (fenitrotion, diclorvos, pirimifos metílico).

La impregnación adecuada de los granos con la mezcla insecticida depende del método de aplicación. Siempre que sea posible, debe de utilizarse la aplicación de deltametrina en el sistema transportador, lo más cerca del punto de recepción del grano. Con el tratamiento preventivo de este insecticida en los granos a granel se reducirá el nivel de infestación en aproximadamente un 75% en todas las instalaciones donde se recibe esta materia prima (Pérez, 1993).

Los fumigantes bromuro de metilo y fosforo de aluminio son los más usados en el control de plagas de almacén donde la fosfina es la que ofrece la mayor ventaja debido a su fácil aplicación, ya que no se requiere de un equipo de fumigación; debido a su presentación en forma de tabletas las cuales se colocan sobre la superficie de las estibas o por debajo de las parrillas que soportan a las estibas, o bien colocarlas sobre charolas (Pérez, 1993)

Grupos químicos de insecticidas

Piretroides:

Las piretrinas son insecticidas naturales obtenidos de ciertas especies de crisantemos o piretros, sustancias que en la actualidad han sido reemplazadas por productos de síntesis ("piretroides"), más estables que las piretrinas naturales y con mejor efecto residual. En la búsqueda de piretroides poco tóxicos para los mamíferos, altamente eficaces en baja dosis para la lucha contra insectos y de baja persistencia ambiental, estas sustancias han evolucionado desde los productos de primera generación (aletrina) a los de segunda (tetrametrina, resmetrina, bioresmetrina, bioaletrina y fonotrina), tercera (fenvalerato, permetrina) y a los actuales de cuarta generación, que incluye a cipermetrina, decametrina y otros que cumplen con los requisitos buscados.

Hayes (1975), menciona que su acción, como casi todos los insecticidas, es a nivel sistema nervioso, generando una alteración de la transmisión del impulso nervioso.

Aletrina, cypermetrina, permetrina, resmetrina, tetrametrina, etc. son algunos de los piretroides que han salido al mercado.

Alternativas

- Emplear pesticidas que posean una indicación clara de sus componentes activos.
- Utilizar pesticidas de alta degradabilidad y escaso efecto ambiental.
- En el uso agrícola no realizar un uso excesivo de una sola familia de insecticidas, ya que podría generarse resistencia. Intercalar productos que tengan un distinto modo de acción.

Organofosforados

Hayes (1975) menciona que los organofosforados son un grupo de pesticidas artificiales aplicados para controlar las poblaciones plagas de insectos.

La segunda guerra mundial trajo aparejada una gran revolución de la industria química. En dicho marco aparecieron los organofosforados como desarrollo exclusivamente militar (gases neurotóxicos) y luego de la guerra, con un amplio uso agrícola. Así aparecieron en los '50 el paratión y el malatión, organofosforados que se consolidaron como insecticidas principalmente agrícolas y su uso se incrementó enormemente con la prohibición del uso de los organoclorados.

Los organofosforados son sustancias orgánicas de síntesis, conformadas por un átomo de fósforo unido a 4 átomos de oxígeno o en algunas sustancias a 3 de oxígeno y uno de azufre. Una de las uniones fósforo-oxígeno es bastante lábil y el fósforo liberado de este "grupo libre" se asocia a la acetilcolinesterasa inhibiendo la transmisión nerviosa y provocando la muerte. Sus características principales son su alta toxicidad, su baja estabilidad química y su nula acumulación en los tejidos, característica ésta que lo posiciona en ventaja con respecto a los organoclorados de baja degradabilidad y gran bioacumulación.

Se han registrado desde hace varias décadas gran cantidad de casos de resistencia de insectos a los organofosforados, debido principalmente al uso excesivo de estos insecticidas. Además, existe resistencia cruzada con los carbamatos. Esto quiere decir que la resistencia a carbamatos trae aparejada resistencia a los organofosforados, y viceversa. Debido a estos grandes problemas debemos ser en extremo cuidadosos con el uso de estos insecticidas y no sobrecargar al cultivo con los mismos.

Endosulfán, malatión, metamidofos, paratión (integrante de la llamada “docena sucia”), lindane, etc. son algunos de los organofosforados que han salido al mercado (ETO, 1974).

Alternativas

- Utilizar pesticidas de alta degradabilidad y escaso efecto ecotóxico ambiental.
- No emplear pesticidas que no posean una indicación clara de sus componentes activos.
- En el uso agrícola no realizar un uso excesivo de una sola familia de insecticidas, ya que podría generarse resistencia.
- Intercalar productos que tengan un distinto modo de acción.
- Emplear en el uso agrícola insecticidas bajo asesoramiento profesional.

Resistencia

El uso continuado de plaguicidas que muestran una forma de acción similar ha determinado la aparición en los últimos años de organismos (especialmente insectos y roedores) resistentes a estos productos. De todas las causas que pueden provocar resistencias, cabe destacar: Utilización repetitiva de los mismos formulados o ingredientes similares (de la misma familia y/o de acciones similares), Utilización incorrecta de la dosis del plaguicida (infradosificación), características genéticas (hereditarias).

Hoy más de 520 insectos, 150 especies de enfermedades de plantas y cerca de 110 malezas son resistentes a plaguicidas, fungicidas o herbicidas. Antes de 1970, no se habían detectado resistencias en las malezas, las resistencias en insectos y enfermedades de plantas si bien se detectaron hace ya varias décadas, los aumentos se manifestaron en forma alarmante a partir de la década de los cincuenta en el caso de plagas, y de los setenta para las enfermedades de plantas (El Sebae, 1982).

En el valle de Cañete en Perú, el proceso se estudió por un periodo de veinte años en los cultivos de algodón. A partir de 1949, se empezaron a utilizar hidrocarburos clorados, y su aplicación redundó en aumentos importantes de productividad (20%) pero, con la eliminación de los controles biológicos naturales, aparecieron nuevas plagas y, al mismo tiempo, las pestes atacadas desarrollaron resistencias especialmente al DDT y al dieldrin. La respuesta fue una utilización más intensiva de fertilizantes con el único resultado de aumentar violentamente los costos en circunstancias que la productividad se reducía a niveles inferiores al de 1949 (El Sebae, 1982).

En 1982 se tenían detectados 428 casos de artrópodos resistentes todos considerados plaga dentro y fuera del área de la agricultura (Georghiou and Mellon, 1982).

Tipos de resistencia

FAO (1982), la cual menciona a la resistencia como la capacidad desarrollada por una población determinada de insectos, a no ser afectada por la aplicación de insecticidas. Técnicamente se define como la habilidad complementaria y hereditaria propia de un individuo o conjunto de ellos, que los capacita fisiológica y etológicamente, para bloquear la acción tóxica de un insecticida por medio de mecanismos metabólicos y no metabólicos y en consecuencia, sobrevivir a la exposición de dosis que para otros sería mortal.

Existen varias formas de resistencia:

Resistencia cruzada: la cual se considera como un fenómeno por el cual una población de artrópodos, sometida a presión de selección con un plaguicida, adquiere resistencia a él y a otros insecticidas relacionados toxicológicamente que no han sido aplicados, pero que son afectados, al menos, por un mecanismo de resistencia común (Georghiou, 1965).

Resistencia cruzada negativa; se presenta cuando una población que ha adquirido resistencia a un insecticida, regresa a una susceptibilidad cercana a la original, como consecuencia de la aplicación de otro insecticida que es toxicológica diferente (Lagunes and Jimenez, 1994).

Resistencia múltiple; que se presenta en una población que ha adquirido resistencia a varios insecticidas, tanto ha insecticidas a los cuales se haya expuesto como a los que no haya sido expuesto. En este caso, la población posee varios mecanismos de resistencia de forma simultánea (Georghiou, 1965).

Resistencia por comportamiento

Resistencia dada por los cambios en el comportamiento de los insectos que se traducen en una disminución del contacto con el insecticida para aumentar la probabilidad de supervivencia en un entorno tratado con insecticida. Estos cambios pueden implicar una menor tendencia a entrar en las casas rociadas o una mayor tendencia a alejarse de las superficies tratadas una vez que se hace el contacto. Se trata de un mecanismo de resistencia menor en comparación con los otros mecanismos (Hemingway & Ranson, 2005).

La resistencia de comportamiento se limita a los insectos, ácaros y roedores. Ésta se refiere a cualquier modificación en el comportamiento del organismo que ayuda a evitar el efecto letal de los plaguicidas. Este mecanismo de resistencia ha sido informado para varias clases de insecticidas, incluyendo organoclorados, organofosforados, carbamatos y piretroides.

Los 11 insectos pueden simplemente detener su alimentación si ellos llegan a estar cerca de algunos insecticidas o pueden dejar el área que se haya tratado (p. ej. pueden moverse a la parte del envés de la hoja tratada, moverse a las partes inferiores del follaje del cultivo, o volar del área bajo tratamiento. La resistencia de comportamiento no tiene la misma importancia que los mecanismos de resistencia fisiológicas mencionados anteriormente pero que pueden considerarse como un factor contribuyente que conlleva a evitar las dosis letales de un plaguicida (FAO, 2012).

Se refiere a los patrones de comportamiento que contribuyen a la resistencia, estos pueden ser hábitos tales como la preferencia a descansar en áreas no tratadas con insecticidas en lugar de áreas tratadas, o bien la detección del insecticida y la tendencia a evitarlo antes de ponerse en contacto con él (Carrillo, 1984). La interrupción de la exposición al insecticida, se puede deber a una acción irritante o bien a una acción repelente.

Resistencia morfológica

Se presenta cuando alguna característica morfológica ocasiona la resistencia, por ejemplo, una menor área de exposición al tóxico (Carrillo, 1984). Debido a las características morfológicas de los insectos, éstos no son afectados por los insecticidas (principalmente por impermeabilidad en la cutícula), (Monge, 1986).

Resistencia metabólica

La resistencia basada en enzimas detoxificantes se presenta cuando niveles elevados de la actividad enzimática contribuye a disminuir la dosis efectiva de un insecticida evitando que llegue a su sitio de acción (Ranson et al. 2002). En el metabolismo de los insecticidas se involucran principalmente tres familias enzimáticas: oxidasas de función mixta, esterasas y transferasas.

La vía metabólica del insecto llega a ser modificada detoxificándose el insecticida o negando el metabolismo del compuesto aplicado en su forma tóxica. La forma más importante de resistencia metabólica incluye la multifunción oxidada, las glutatión s-transferasas y las esterasas. Estudios recientes de detoxificación en insectos revelan que la versatilidad en la adaptación de los insectos a su medio es provista por el fenómeno de inducción. Este es un proceso en el cual un estímulo químico promueve la actividad del sistema de detoxificación mediante la producción de enzimas adicionales.

Los tres sistemas de detoxificación más importante que constituyen la resistencia metabólica en insectos son: las oxidasas microsomales, la glutatión s-transferasa, de importancia en el metabolismo de insecticidas organofosforados, y las carboxilesterasas, las cuales degradan carbamatos, organofosforados y piretroides (Terriere, 1984).

Técnicas de monitoreo de resistencia

Para identificar las causas de los fenómenos de resistencia, se requiere el estudio de los mecanismos bioquímicos que la confieren, así como del grado de selección de los mismos. En cambio, para determinar los cambios en la susceptibilidad a un principio activo, basta con someter un grupo representativo de una población de la plaga a bioensayos toxicológicos (Robertson & Preisler, 1992).

Sobre la base de esta información, los factores operacionales tales como tipo de insecticida, dosis y modo de aplicación, pueden seleccionarse para conformar una estrategia que permita retrasar el desarrollo de la resistencia, y prolongar la vida útil de los insecticidas en uso. Por estos motivos, el monitoreo de resistencia a insecticidas es una eficaz herramienta para detectar a tiempo la aparición de focos donde se presenta este fenómeno, evitando el fracaso de las medidas de control y los inconvenientes asociados (Frisbie *et al.*, 1989).

Bioensayo

MIP (1993), menciona que el bioensayo es cualquier método que permita determinar alguna propiedad de un material o sustancia (insecticida), en base a la respuesta biológica, que permiten en determinados organismos. Constituyen una herramienta importante para la evaluación de los niveles de resistencia o susceptibilidad de los insectos-plagas a los insecticidas químicos y biológicos, expresado en Dosis Letal Media (DL_{50}), concentración Letal Media (CL_{50}) o tiempo Letal Medio (TL_{50}).

Un bioensayo está determinado por un estímulo y una respuesta. El estímulo puede ser químico, mecánico, físico, eléctrico, etc. La respuesta son los efectos que produce el estímulo a los organismos. La respuesta o efecto puede estar dada como el incremento del tipo o cantidad total de enzimas.

Los bioensayos entre otras cosas se puede utilizar en:

- Para la determinación de la toxicidad de uno o varios tóxicos contra una población de organismos.
- Conocer la susceptibilidad de diferentes especies a un mismo producto.
- Determinar la cantidad de tóxicos de un sustrato.

Para la realización de un bioensayo se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

Organismos sometidos a prueba: dependen del objeto del trabajo o la investigación que se realice, todo es en base al propósito de nuestro trabajo.

Selección del organismo o especie: lo que se recomienda es criar en el laboratorio al organismo que se va a someter a prueba, se tiene que conocer su biología, hábitos alimenticios, etc. Aunque se pueden realizar bioensayos con organismos silvestres se debe tener en cuenta el tamaño, la edad y que sean fáciles de manejar o manipular.

Facilidad del laboratorio: debe contar con todas las condiciones adecuadas de humedad relativa, luz, temperatura ambiental. Estas condiciones deben ser similares a las que tiene el insecto en su nicho ecológico.

Criterios para un buen Bioensayo

- Que la dosis sea precisa (cantidad aplicada).
- Seguridad en la determinación de la respuesta (vivos o muertos)
- Que el medio donde se realiza el bioensayo tenga condiciones estables durante el desarrollo del estudio.
- Que el método permita diferenciar al cambiar la dosis.
- Que el método sea reproducible.
- Uso de la fórmula de Abbott (1925) para corregir la mortalidad natural en caso de muerte en el testigo.

$$MC = [(X - Y) / (100 - Y)](100)$$

Dónde: MC = Mortalidad corregida (%)

X = Mortalidad en el tratamiento (%)

Y = Mortalidad en el testigo (%)

En general cuando se obtiene más del 15% de mortalidad en el testigo, los resultados deben desecharse o repetirse.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo de investigación se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en el laboratorio de Toxicología y Fisiología de insectos del Departamento de Parasitología, que se encuentra ubicada en Saltillo, Coahuila, México.

Material biológico.

El presente trabajo se desarrolló a partir de una colonia de *Tribolium confusum*, proveniente del laboratorio de Toxicología de esta Universidad. Para evitar problemas de heterogeneidad en la población, en frascos de vidrio con capacidad de tres litros se colocó harina de maíz nueva, se metió al refrigerador por 72 horas, esto con la finalidad de matar cualquier otro tipo de insecto de granos almacenados que pudiera traer la harina. Una vez que se sacó del refrigerador se dejó a temperatura ambiente para quitar el frío. Posteriormente se introdujeron 200 adultos para que ovopositaran, y se retiraron a las 24 horas, dejando solo los huevecillos. Se le dio seguimiento hasta que emergieron los adultos.

Bioensayo

El método de bioensayo utilizado es la técnica de película residual.

Técnica de película residual

La técnica de película residual consiste en realizar diferentes concentraciones (Cuadro 1), de cada uno de los productos con seis tratamientos y tres repeticiones más un testigo sin aplicación. Cada concentración se tomó 1 ml y se distribuyó uniformemente en toda la superficie de la caja Petri, se vació el sobrante y se secó cada caja con papel secante (destraza), posteriormente se introducen diez insectos de prueba y finalmente se realizaron las lecturas para evaluar la mortalidad en cada dosis.

Cuadro 1. Dosis utilizadas en los diferentes ingredientes activos para evaluar la mortalidad en *Tribolium confusum*.

Productos	Dosis (ppm)					
Cipermetrina	500	1000	2000	4000		
Diazinon	500	2000	3000	4000	5000	
Endosulfan	3000	5000	12000	20000	25000	30000

Los conteos se realizaron a las 24 horas de haber hecho el bioensayo utilizando una plancha eléctrica para dar calor y así estimular a los insectos vivos y diferenciar a los muertos, así como pincel para manipular y tocar al insecto, con un criterio de muerte de cero movimiento.

Con los datos obtenidos de los insectos se determinó los porcentajes de mortalidad para cada concentración y así determinar las CL_{50} y CL_{95} .

Análisis estadístico

Con los datos obtenidos de los bioensayos se determinó el % de mortalidad, además se usó el análisis Probit utilizando el software SAS (SAS Institute, 2002), para estimar CL_{50} , CL_{90} , la línea de respuesta Dosis-Mortalidad y la ecuación de predicción.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Porcentaje de mortalidad de *Tribolium confusum*.

Como podemos observar (Figura 1), para el producto cipermetrina, la mayoría de los tratamientos presentaron mortalidades relativamente bajas.

Siendo el tratamiento de 4000 ppm el que mejor resultado demostró con un 46.66% de mortalidad. Por otro lado podemos mencionar que los tratamientos que mostraron las mortalidades más bajas fueron el de 500, 1000 y 2000 ppm con una mortalidad de 16, 20 y 33% respectivamente.

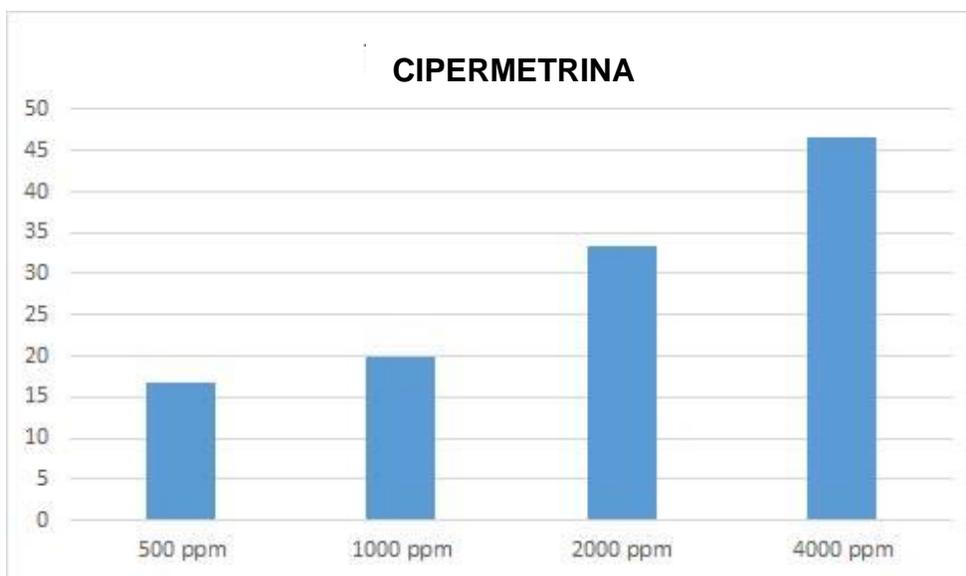


Figura 2. Porcentaje de mortalidad del insecticida Cipermetrina sobre adultos de *Tribolium confusum*.

En relación al producto Diazinon, podemos observar (Figura 3), que la mayoría de los tratamientos presentan mortalidades altos (63.3-86.66%). Siendo los tratamientos 3000, 4000 y 5000 ppm quienes muestran los mejores resultados. También podemos observar que los tratamientos 500 y 2000 ppm muestran los resultados más bajos presentando una mortalidad de 16.66 y 36.66% respectivamente.

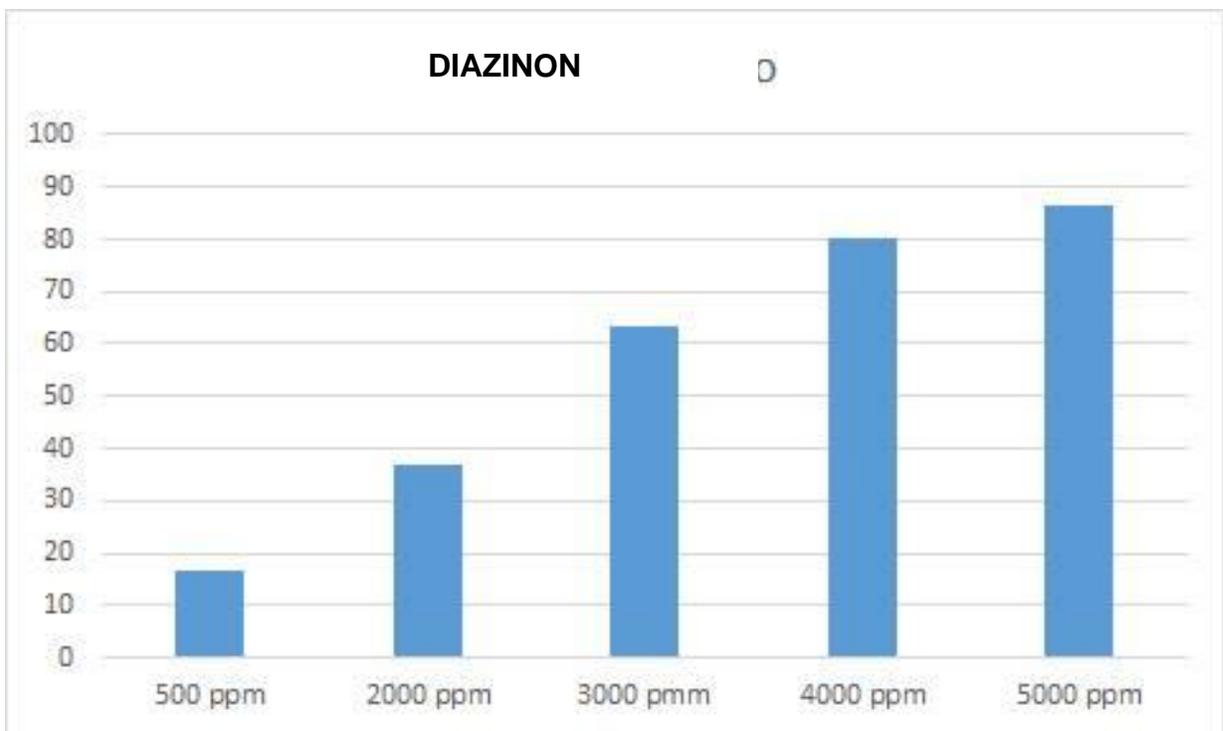


Figura 3. Porcentaje de mortalidad del insecticida Diazinon sobre adultos del gorgojo confuso de la harina *Tribolium confusum*.

Para el caso del insecticida Endosulfan (Figura 4), podemos observar que los tratamientos de 25000 y 30000 ppm presentan una mortalidad de 43.33 y 46.66% respectivamente. Sin embargo los tratamientos de 3000, 5000, 12000 y 20000 ppm quienes mostraron mortalidades más bajas al tener una mortalidad entre el 10-26.66% de mortalidad.

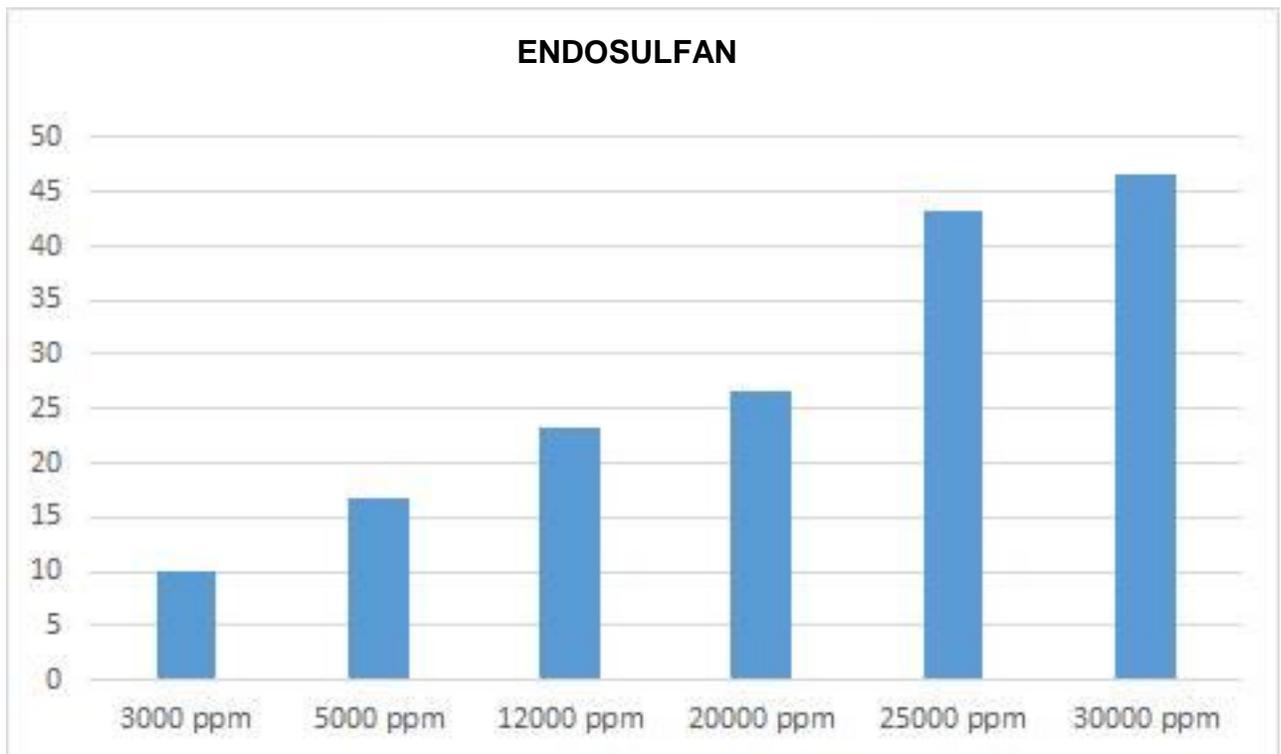


Figura 4. Porcentaje de mortalidad del insecticida Endosulfan sobre adultos del gorgojo confuso de la harina *Tribolium confusum*

Determinación de la CL₅₀, CL₉₅

Cuadro 2. CL₅₀ y CL₉₅ a las 24 horas para adultos de *Tribolium confusum*.

Productos	N° de ind.	CL ₅₀	LFI-LFS	CL ₉₅	Ecuación de producción
Cipermetrina	120	11,346	8848.5-15,809	22588497	$Y=-2.0216+0.4985(X)$
Diazinon	150	1,900	733.54-3270	11,804	$Y=-6.7987+2.0735(X)$
Endosulfan	180	44695	32047-77479	1345543	$Y=-5.1730+1.1124(X)$

Con respecto a los valores de la concentración letal media (CL₅₀), podemos observar (Cuadro 1), que el producto con una mayor CL₅₀, el Endosulfan, seguido de la Cipermetrina y Diazinon con valores de 44695, 11346 y 1900 ppm respectivamente. Por lo anterior podemos mencionar que el Diazinon es el producto con una mayor eficiencia. Mientras que para el producto malation un organofosforado al igual que el Diazinon. Arenas y Sanchez (1988), reportan una CL₅₀, de 134.1 ppm, estos resultados son menores a los reportados en esta investigación. Finalmente para Cipermetrina estos mismos autores reportan una CL₅₀, de 240 ppm, resultado inferior a lo encontrado en este trabajo. Por lo anterior podemos mencionar que el producto Diazinon sigue siendo una buena alternativa de control de esta especie.

Líneas de respuesta Dosis/Mortalidad

En la figura 5 se muestra las líneas de respuesta dosis/mortalidad de los insecticidas Diazinon, Cipermetrina y Endosulfan, en donde podemos observar que las líneas son heterogéneas, es decir se encuentra horizontales con respecto a la dosis.

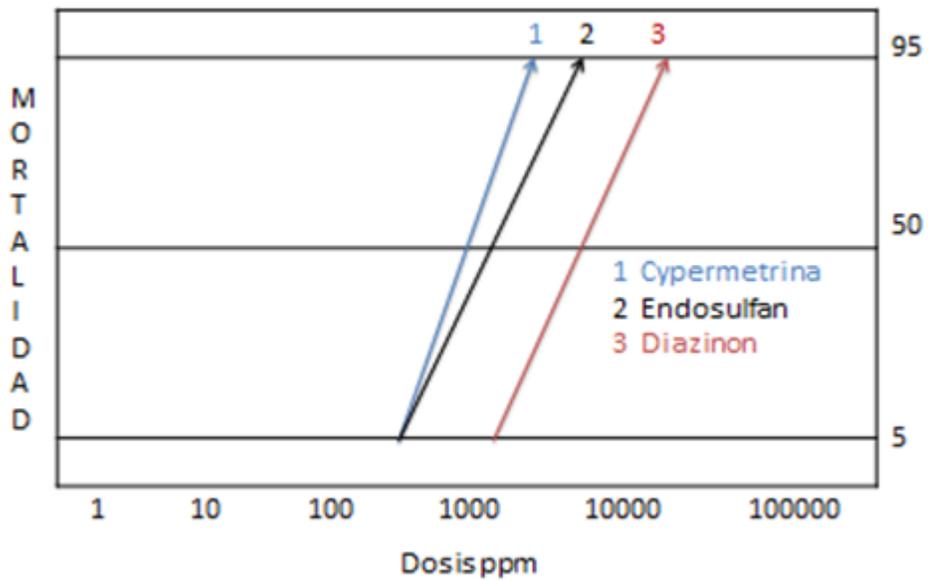


Figura 5. Línea de respuesta dosis-mortalidad de tres insecticidas de diferentes grupos toxicológicos sobre una población del gorgojo confuso de la harina *Tribolium confusum*

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos podemos concluir:

El diazinon del grupo toxicológico de los organofosforados a dosis de 1900 ppm, en donde podemos observar una mortalidad de 50% de la población del gorgojo confuso de la harina *Tribolium confusum*, seguido de la cipermetrina (piretroide), con una dosis de 11346 ppm y por ultimo observamos al endosulfan (organoclorado), con dosis de 44695 ppm.

El control de *Tribolium confusum* el efecto fue rápido llegando a alcanzar el 86.66 % de mortalidad a los 24 hrs con insecticida diazinon con la dosis más alta de 5000 ppm. Aunque también para los otros dos insecticidas cipermetrina y endosulfan se encuentra porcentajes de mortalidad por arriba del 46 % para ambos casos.

El diazinon de acuerdo a la mortalidad presenta una buena alternativa para el control de insectos de *Tribolium confusum* ya que para esto caso mostraron buen efecto de mortalidad a los 24 horas.

LITERATURA CITADA

- Anónimo, citado de: http://www.eurosur.org/medio_ambiente/bif62.htm, el 07/12/14. A las 05:13 a.m.
- Arthur, F.H. 1996. Grain protection: Current Status and Prospects for the Future, *Journal of the Stored Products Research*, 32 (4): 293-302.
- Badii, M., Garza, V. 2007. Resistencia en Insectos, Plantas y Microorganismos. CULCyT//Impacto Ecologico. Universidad Autonoma de Nuevo Leon. Año 4, No 18.
- Baldwin, R., Fasulo, T. 2003. Confused Flour Beetle, *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Insecta: Coleoptera: Tenebrionidae) and Red Flour Beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst) (Insecta: Coleoptera: Tenebrionidae). University of Florida.
- Carrillo, R. H. 1984. Análisis De Acción Conjunta de Insecticidas en Larvas del Gusano Cogollero del Maíz (J.E: Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Entomología y Acarología. Colegio de Postgraduados. Chaíngo, México, p. 82.
- Champ, B. R. y C. E. Dyte. 1976. Informe de la prospección mundial de la FAO sobre susceptibilidad a los insecticidas de las plagas de granos almacenados. Organización Mundial de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 336p.
- Cotton, RT. 1979. Silos y granos, plagas y desinfección. Trad. por Pedro Lunell. Barcelona, España, Editorial. 328 p.

- De los Mozos P.M. 1997. Plagas de los productos almacenados. Centro de Investigación Agraria de Albaladejito. Cuenca España. 17p.
- Díaz, C. G. 1970. Evaluación de malathión para controlar el gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleóptera:Curculionidae) en tres tipos de granos. Agricultura Técnica en México, pp: 36-38.
- Díaz, A. A.L. 1991. Combate físico y biológico de insectos de granos de almacenados. Curso teórico práctico. Taller: insectos de granos almacenados. Unidad de investigación en granos y semillas. PUAL. UNASM. INIFAP. Pabellón de Arteaga, Ags. (Sin publicar). 29 p.
- ETO, M. 1974. - Organophosphorus pesticides: organic and biological chemistry. CRC Press, USA.
- FAO. 1985. Oficina regional de la FAO para américa latina y el caribe. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Insectos que dañan granos productos almacenados. 146p.
- FAO.1985. Manual of pest control for food security reserve grain stocks. FAO. Plan production and protection paper n° 63 Rome (Italy).200 pp.
- FAO, 1983. Distribución e importancia de los insectos que dañan granos y productos. Departamento de Agricultura.
<http://www.fao.org/docrep/x5030s/x5030S01.htm>
- Fumigadora continente, 2014. Escarabajo castaño de la harina. Citado de <http://www.fumigacontinente.com.ar/escarabajo-castano-de-la-harina/>
- FAO, 1993. Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural. Controles curativos. Depósito de documentos de la FAO. Departamento de agricultura.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 1982. Recommended methods for the detection and measurement of resistance of agricultural pests to pesticides. Plant Protection Bull. 30:36 71 and 141-143.

- FAO, 2012. Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas. Directrices sobre la Prevención y Manejo de la Resistencia a los Plaguicidas.
- FRISBIE, R. E., K. EL ZIK, & L.T. WILSON. 1989. Integrated Pest Management systems and cotton production. Wiley, New York, 437 pp.
- Gallo, D., O. Nakano, S. S. Neto, R.P.L. Carvalho, G.C. Baptista, E. B. Filho, J.R.P. Parra, R.A Zucchi, S.B. Alves, J.D. Vendramin, L.C Marchini, J.R.S. Lopez y C. Omoto. 2002. Entomologia Agricola. Fundacao de Estudios Agrarios Luis de Queiroz-FEALQ Piracicaba, Brasil. Pp. 815-912.
- Golob, P. y Webley D., J. (1980). The use of plants and minerals as traditional protectants of stored products. Tropical Products Institute. London. 31 p.
- Georghiou, G. P. 1965. Genetic Studies on Insecticide Resistance. Adv. Pest. Control Res. 6: 171.
- Georghiou, G. P. 1965, *Op. cit.*
- Georghiou, G. P. and R. B. Mellon. 1982. Pesticide resistance in time and space. In: Georghiou, G. P. and T. Saito (eds). Pest resistance to pesticides. Plenum Press. New York. 1-15 pp.
- Gutierrez, D. L. J. Y Gümes, G. M. J. 1991. Manejo poscosecha de maíz en el estado de Morelos.
- Gutiérrez, Díaz L.J. 1999. Insectos asociados a granos y productos almacenados. In: Catalogo de insectos y ácaros plaga de los cultivos agrícolas de México. Sociedad Mexicana de Entomología. Publicaciones Especiales Número 1. México. Pp. 107-124.
- HAYES, W.J. Jr. 1975.- Toxicology of pesticides. The Williams and Wilkins Company, USA.
- H. El-Sebae, Gestión de residuos de plaguicidas en el ambiente egipcio, Universidad de Alejandría, el Centro de Investigación, 1982.
- INTA PRECOP - EFICIENCIA DE POSCOSECHA. 2012. Control de insectos en granos almacenados. Material de divulgación INTA.

- Lagunes-Tejeda, A., and J. A. Villanueva-Jiménez. 1994. Toxicología y manejo de insecticidas. Colegio de Postgraduados. México. 264 pp.
- Larraín, P. 1994. Manejo integrado de plagas en granos almacenados. IPA La Platina 81: 10-16.
- Levinson, H.Z. and Levinson, A.R. 1994. Origin of grain storage and insects species consuming desiccated food. *Anzeiger fur Schadlingskunde Pflanzenschutz Umweltschutz*, 67: 47-59.
- Metcalf, C.L. y W. P. Flint. 1979. Insectos destructivos e insectos útiles sus costumbres y su control. Editorial Continental S.A. Cuarta edición. México, D.F. 1208 p.
- Pérez, J. M. 1993. Uso de polvos minerales y vegetales para el control de insectos de almacén. En *insectos de granos almacenados, biología, daños, detección y combate*. Pp: 18-22.
- Pérez, Mendoza J. 1993. Modified atmospheres (use of CO₂). *Bull. Assoc. Of Operative Millers*. pp: 5991-5994.
- Ramirez-Genel, M. 1976. Almacenamiento y conservación de granos y semillas. Compañía Editorial Continental. Mexico , D.F. 300 pag.
- ROBERTSON, J. L. & H. K. PREISLER. 1992. *Pesticide Bioassays with Arthropods*. CRC Press. Boca Raton, FL, 127pp.
- Savidan, A. and Bergvinson, D. J. 2000. Insects in stored maize. *In: EMBRAPA (ed.) XXI International Congress of Entomology*. Iguassu Falls, Brazil. p. 89.
- Terriere C. L. 1984. Induction of detoxication enzymes in insects. *Ann Rev Entomol*, 29:71-8.
- WILKINSON, C.F. 1976.- *Insecticide biochemistry and physiology*. Plenum Press, USA-UK.
- HAYES, W.J. Jr. 1975.- *Toxicology of pesticides*. The Williams and Wilkins Company, USA.