



**UNIVERSIDAD DE SONORA**  
**DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD**  
**Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos**  
**Programa de Maestría en Ciencias y Tecnología de Alimentos**

**Especialidad en Almacenamiento y Procesamiento de Granos**

**Uso de los Aceites Esenciales de *Eucalyptus globulus* (Labill) y  
*Eucalyptus camaldulensis* (Dehnhardt) en el Control de  
*Rhyzopertha dominica* (Fabricius) y *Tribolium castaneum*  
(Herbst) en Trigo Almacenado**

**TESIS**

**Que para obtener el grado de:**

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**Presenta:**

***Ramiro Reyes Guzmán***

**Hermosillo, Sonora.**

**Octubre del 2011**

# Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

## **CARTA DE APROBACIÓN**

Los miembros del comité designado para revisar la tesis de Ramiro Reyes Guzmán, la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito para obtener el grado de Maestra en Ciencias y Tecnología en Alimentos con Especialidad en Almacenamiento y Procesamiento de Granos dentro del Programa de Posgrado en Ciencias y Tecnología en Alimentos.

---

Dr. Jesús Borboa Flores

---

Dr. Francisco Javier Wong Corral

---

Dr. Francisco Javier Cinco Moroyoqui

---

Dra. Magdalena Ortega Nieblas

## **DEL AUTOR**

Este trabajo se presenta como uno de los requisitos parciales para la obtención del Grado de Maestro en Ciencias y Tecnología de Alimentos con Especialidad en Almacenamiento y Procesamiento de Granos, de la Universidad de Sonora.

Se deposita en la biblioteca del Departamento de Investigación y Posgrado de Alimentos, para ponerlos a disposición de los interesados. Se puede obtener permiso para reproducir y/o referirse a este manuscrito, en forma parcial o total a través del jefe del Departamento, cuando se considere que dicho trabajo apoye el trabajo académico.

En cualquier situación, se debe obtener permiso directamente del autor.

## **ATENTAMENTE**

---

I.BQ. Ramiro Reyes Guzmán

## **APROBACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS**

Este trabajo se aprobó en la fecha que se señala abajo

---

Dr. Jesús Borboa Flores

---

Fecha

## Dedicatoria

Dedicado especialmente a mis padres:

Madre

*María Magdalena Guzmán  
Madariaga*

17/Mayo/1948 – 06/Diciembre/2010

Padre

*Ramiro Reyes Flores*

22/Agosto/1948 – 24/Julio/1997

Q.E.P.D.

## Agradecimientos

**A Dios**, que siempre me llena de bendiciones y me ha dado los mejores regalos que pudiera tener que son unos maravillosos padres y una gran familia que quiero y admiro con todo mi corazón.

**A mis Hermanos**, Carlos Fernando y Alejandro Reyes Guzmán.

**A mí Familia; Guzmán Madariaga.** Tíos y primos que agradezco a Dios contar con esta bella familia que son todos ustedes, gracias por brindarme su amor y apoyo para seguir adelante para poder triunfar en esta vida. También agradezco a tíos y primos por parte de las **Familias Guzmán** y por parte de las **Familias Madariaga** quienes siempre tienen muestras de amor y cariño a este servidor como a mis hermanos.

**A mí Familia; Reyes Flores.** Tío y primos los cuales llevo grandes recuerdos en mi corazón a pesar de la distancia y el tiempo siempre están presentes en mi vida.

**A mi mejor amigo**, Ing. Raúl Eduardo Contreras Martínez, quien es parte importante de mi vida, al igual que su familia; Elsa Fernanda Villa (Esposa), Mariana y Raúl Contreras Villa (Hijos), además del Señor Jesús Contreras y Señora Blanca Martínez por todo su apoyo.

**A mi amigo**, Sebastián Liera (Carlos Sebastián López Cruz) y su hijo Adis Eduardo López Rodríguez, quienes compartimos tiempos de ideales, teatro y amistad.

**A mi comité de tesis**, Dr. Jesús Borboa Flores, Dr. Francisco Javier Wong Corral, Francisco Javier Cinco Moroyoqui, Dra. María Magdalena Ortega Nieblas por compartir sus conocimientos y su amistad.

**Al Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos de la Universidad de Sonora**, Doctores, Maestros, Investigadores y Estudiantes, como el personal que elabora en estas instalaciones quienes compartieron y convivieron conmigo durante el posgrado, también agradecer a la Dra. Gloria I. Ayala Astorga del departamento de tejido vegetal del D.I.C.T.U.S. por su apoyo.

**A compañeros de la maestría y doctorado**, además de aquellas personas que estuve trabajando juntos con ellos en el laboratorio de entomología (Rey David, Paty y Silvia de trabajo social, Elsa encargada de la limpieza) y en especial al soporte técnico del laboratorio de bioquímica quienes agradezco por su apoyo y amistad (Pablo, Ivonne y Nadia).

**Al personal que elabora en las bibliotecas del P.C.I. y Q.B. – UNISON**, especialmente Rafa, Zulema, Karina.

**Agradecimientos especiales**, a mis amigos que he conocido a lo largo de mi vida en las diferentes ciudades que he estado y me han brindado de su amistad o una palabra de apoyo en los momentos difíciles.

En Torreón, Coahuila al Dr. Gregorio Martinez (Goyo), M.C. Ma. Lourdes Froto Madariaga, Q.F.B. Alejandra Chavira, Ing. Jesús Ma. Villareal, y ex compañeros como maestros de Ciencias Biológicas (U.A.de C.), Karina Contreras y amigos del grupo de teatro “Compañeros”, Ing. Benjamín Gómez.

Tijuana Baja California a Talia Cisneros, Karina de León, Julian Vazquez, Sonia Cordoba, Raúl Yin, Benjamín Chaires y Dr. Jorge Leal.

Guadalajara, Jalisco a Mildred, Ian y Alex, ex compañeros de Janssen-Cilag (Johnson & Johnson) Rocío Valencia, Ixchel de la O, Paco Rubio, Arturo García, Alvaro Ochoa, Diego Pérez y además de Liliana Arriaga, Elsa Vazquez, Lupita Orozco.

Hermosillo, Sonora a Leonardo Castillo, Horacio Olivas y Oliver (CSEL)

**A todas aquellas personas que pudiera haber omitido . . . .** Muchas Gracias y Bendiciones.

"Tu tiempo es limitado, así que no lo desperdicias viviendo la vida de alguien más"

"Ten el coraje para seguir tu corazón e intuición. Ellos de algún modo ya saben lo que realmente quieres llegar a ser"

**Steve Jobs**

1955 - 2011

## No te detengas

No dejes que termine el día sin haber crecido un poco,  
sin haber sido feliz, sin haber aumentado tus sueños.

No te dejes vencer por el desaliento.

No permitas que nadie te quite el derecho a expresarte,  
que es casi un deber.

No abandones las ansias de hacer de tu vida algo extraordinario.

No dejes de creer que las palabras y las poesías  
sí pueden cambiar el mundo.

Pase lo que pase nuestra esencia está intacta.

Somos seres llenos de pasión.

La vida es desierto y oasis.

Nos derriba, nos lastima,  
nos enseña,

nos convierte en protagonistas  
de nuestra propia historia.

Aunque el viento sople en contra,

la poderosa obra continúa:

Tú puedes aportar una estrofa.

No dejes nunca de soñar,

porque en sueños es libre el hombre.

No caigas en el peor de los errores:  
el silencio.

La mayoría vive en un silencio espantoso.

No te resignes.

Huye.

"Emito mis alaridos por los techos de este mundo",  
dice el poeta.

Valora la belleza de las cosas simples.

Se puede hacer bella poesía sobre pequeñas cosas,  
pero no podemos remar en contra de nosotros mismos.

Eso transforma la vida en un infierno.

Disfruta del pánico que te provoca  
tener la vida por delante.

Vívela intensamente,  
sin mediocridad.

Piensa que en ti está el futuro

y encara la tarea con orgullo y sin miedo.

Aprende de quienes puedan enseñarte.

Las experiencias de quienes nos precedieron

de nuestros "poetas muertos",

te ayudan a caminar por la vida

La sociedad de hoy somos nosotros:

Los "poetas vivos".

No permitas que la vida te pase a ti sin que la vivas...

**Anónimo**

**"La sociedad de los poetas muertos" (1989)**

## CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	3
General.....	3
Específico.....	3
ANTECEDENTES.....	4
Producción de Trigo en el Mundo.....	4
Producción de Trigo en México.....	4
Producción de Trigo en el Estado de Sonora.....	6
Almacenamiento de Grano de Trigo.....	8
Plaga de Insectos en Granos Almacenados.....	10
<i>Rhyzopertha dominica</i> (Fabricius).....	11
<i>Tribolium castaneum</i> (Herbst).....	15
Métodos de Control de Plagas en Granos Almacenados.....	18
Métodos de control de Insectos de Almacén.....	20
<i>Eucalyptus</i> (Familia Myrtaceae).....	22

## CONTENIDO (Cont....)

<i>Eucalyptus globulus</i> (Labill).....	22
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> (Dehnhardt).....	24
Aceite esencial de <i>Eucalyptus</i> .....	26
MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
Materia Prima.....	30
Aceite de Eucalipto comercial ( <i>Eucalyptus globulus</i> Labill).....	30
Recolecta de la Muestra Vegetal.....	30
Identificación del Especimen Vegetal.....	31
Extracción del Aceite Esencial.....	31
Grano de Trigo.....	33
Insectos.....	33
Elaboración de cultivos patrones para <i>Rhyzopertha dominica</i> .....	33
Elaboración de cultivos patrones para <i>Tribolium castaneum</i> .....	34
Análisis.....	34
Efecto Insecticida en el Control de Plaga en Trigo Almacenado.....	34
Porcentaje de Mortalidad de <i>R. dominica</i> y <i>T. castaneum</i> .....	37
Determinación de las Concentraciones Letales CL <sub>50</sub> y CL <sub>99</sub> para <i>R. dominica</i> y <i>T. castaneum</i> .....	39

## CONTENIDO (Cont....)

Emergencia de progenie ( $F_1$ ) <i>R. dominica</i> y <i>T. castaneum</i> .....	39
Actividad Enzimática Amilolítica y Proteolítica.....	39
Efecto de los Aceites Esenciales sobre la Calidad del Trigo.....	42
Porcentaje de Germinación del Trigo.....	42
Comparación de medias del Vigor en el Trigo Germinado.....	43
Diseño Experimental.....	43
Análisis Experimental.....	43
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	45
Porcentaje de Mortalidad de <i>R. dominica</i> y <i>T. castaneum</i> .....	45
Determinación de las Concentraciones Letales $CL_{50}$ y $CL_{99}$ para <i>R. dominica</i> y <i>T. castaneum</i> .....	50
Emergencia de <i>R. dominica</i> y <i>T. castaneum</i> .....	54
Actividad Enzimática Amilolítica y Proteolítica.....	56
Porcentaje de Germinación del Trigo.....	61
Comparación de medias del Vigor en el Trigo Germinado.....	63

## CONTENIDO (Cont....)

CONCLUSIONES.....	70
RECOMENDACIONES.....	72
BIBLIOGRAFIA.....	73
ANEXOS.....	83

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Insectos que dañan al grano de trigo almacenado en el Estado de Sonora.....	14
2. Métodos de control de insectos en granos almacenados.....	19
3. Ventaja y desventaja de los métodos de control de insectos en trigo almacenado.....	21
4. Porcentaje de mortalidad de <i>R. dominica</i> con los aceites esenciales <i>E. globulus</i> y <i>E. camaldulensis</i> .....	47
5. Porcentaje de mortalidad de <i>T. castaneum</i> con los aceites esenciales <i>E. globulus</i> y <i>E. camaldulensis</i> .....	49
6. Concentraciones letales CL <sub>50</sub> y CL <sub>99</sub> calculadas para la mortalidad de <i>R.dominica</i> por los aceites de esenciales <i>E.globulus</i> y <i>E. camaldulensis</i> .....	51
7. Concentraciones letales CL <sub>50</sub> y CL <sub>99</sub> calculadas para la mortalidad de <i>T.castaneum</i> por los aceites de <i>E.globulus</i> y <i>E. camaldulensis</i> .....	53
8. Emergencia de la generación (F <sub>1</sub> ) de <i>R.dominica</i> de los aceites esenciales <i>E. globulus</i> y <i>E. camaldulensis</i> .....	55

## ÍNDICE DE TABLAS (Cont.....)

9. Actividad amilolítica de la progenie F <sub>1</sub> de <i>R. dominica</i> emergida de muestras de trigo tratadas con diferentes concentraciones de aceites esenciales de <i>E. globulus</i> y <i>E. camaldulensis</i> .....	58
10. Actividad proteolítica de la progenie F <sub>1</sub> de <i>R. dominica</i> emergida de muestras de trigo tratadas con diferentes concentraciones de aceites esenciales de <i>E. globulus</i> y <i>E. camaldulensis</i> .....	60
11. Porcentaje de germinación de los granos de trigo expuestos a los aceites esenciales <i>E.globulus</i> y <i>E.camaldulensis</i> con los insectos <i>R. dominica</i> y <i>T. castaneum</i> .....	62
12. Comparación de medias del peso de la plántula germinada del grano de trigo tratada con aceites de <i>E. globulus</i> y <i>E. camaldulensis</i> con los insectos <i>R. dominica</i> y <i>T.castaneum</i> y sin insectos.....	64
13.Comparación de medias del tallo de la plántula germinada del grano de trigo tratada con aceites de <i>E. globulus</i> y <i>E. camaldulensis</i> con los insectos <i>R. dominica</i> y <i>T.castaneum</i> y sin insectos.....	66

## ÍNDICE DE TABLAS (Cont.....)

14.Comparación de medias de las raíces de la plántula germinada del grano de trigo tratada con aceites de <i>E. globulus</i> y <i>E. camaldulensis</i> con los insectos <i>R. dominica</i> y <i>T.castaneum</i> y sin insectos.....	69
15.Comparación de medias de tamaño de la plántula germinada del grano de trigo tratada con aceites de <i>E. globulus</i> y <i>E. camaldulensis</i> con los insectos <i>R. dominica</i> y <i>T.castaneum</i> y sin insectos.....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Producción de trigo en México en el ciclo agrícola 2010/201.....	7
2. Almacenes de trigo en el Estado de Sonora.....	9
3. Estado adulto de <i>Rhyzopertha dominica</i> (F.).....	12
4. Estado larvario a adulto de <i>Rhyzopertha dominica</i> (F.).....	13
5. Estado adulto de <i>Tribolium castaneum</i> (H.).....	16
6. Estado larvario de <i>Tribolium castaneum</i> (H.).....	17
7. Claves taxonómicas del <i>Eucalyptus globulus</i> (L.).....	23
8. Claves taxonómicas del <i>Eucalyptus camaldulensis</i> (D.).....	25
9. Eventos que inducen a producir metabolitos secundarios como Respuesta de defensa de la planta.....	28
10. Esquema de formación de terpenos en la planta.....	29
11. Aceites esenciales utilizados en la investigación.....	32
12. Diagrama de flujo de experimento sobre tiempo y concentraciones de los aceites esenciales.....	36
13. Diagrama de técnica utilizada para determinar el efecto insecticida de los aceites esenciales en el control de los insectos <i>R.dominica</i> y <i>T.castaneum</i> en trigo almacenado .....	38

## RESUMEN

Los insectos en granos almacenados provocan daños significativos y para su control se usa indiscriminadamente sustancias químicas provocando resistencia en ciertas especies, además de problemas ambientales y de salud. Por consiguiente se evaluaron los aceites esenciales de *Eucalyptus globulus* (Labill) y *Eucalyptus camaldulensis* (Dehnhardt) en el control de *Rhyzopertha dominica* (F.) y *Tribolium castaneum* (H.) en trigo almacenado, usando concentraciones de 0, 5, 10 y 15  $\mu\text{l}$  a diferentes tiempos de exposición 24, 48 y 72 horas en tubos de polipropileno (50 ml). Las variables respuestas evaluadas fueron: porcentaje de mortalidad, concentración letal  $CL_{50}$  y  $CL_{99}$ , emergencia de insectos adultos ( $F_1$ ), así como actividad amilolítica y proteolítica en la emergencias ( $F_1$ ), porcentaje de germinación y vigor del trigo. En esta investigación se empleo un diseño factorial para dos aceites, dos tipos de especie de insectos con 3 repeticiones respectivamente y se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel significancia de ( $P < 0.05$ ) en el paquete estadístico JMP versión 8.

Los resultados a las 24 horas con el insecto *R.dominica* tuvo una mortalidad del 98.3% en la concentración de 5 $\mu\text{l}$  de aceite esencial *E.globulus* y con respecto al *E.camaldulensis* fue 8.3%, ambos tipos de aceites demostraron una disminución en la emergencia de la nueva progenie ( $F_1$ ), además de tener una variaciones en los valores de la actividad amilolítica y proteolítica debido al estrés provocado al insecto, y al grano de trigo no mostro diferencias significativos ( $P < 0.05$ ) en el porcentaje de germinación, sin embargo en el vigor hay diferencias significativas.

## INTRODUCCIÓN

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 (Christensen y Kaufmann, 1969).

En la actualidad más de 250 millones de toneladas de plaguicidas químicos se aplican ampliamente y de manera intensiva en las zonas agrícolas de todo el mundo. Sin embargo, su uso continuo y discriminado ha tenido un negativo impacto ambiental, incluyendo pérdidas de calidad de agua, contaminación del habitat natural y la resistencia de las especies que eran objeto de control, como es el caso del coleóptero *Rhyzopertha dominica* (F.) que ha presentado resistencia al control químico en algunos países (Bouvier *et al.*, 2001; Schlipalius *et al.*, 2008; Guedes *et al.*, 1998).

Todo esto plantea la necesidad de desarrollar nuevos métodos estratégicos para el control de plagas que permitan conservar los rendimientos de producción, que no conlleve un elevado costo medioambiental y que sea compatible con la agricultura sostenible (Isman, 2000; Regnault-Roger *et al.*, 2004).

Los productos naturales obtenidos de plantas de diferentes familias contienen compuestos químicos secundarios (metabolitos secundarios) con una amplia diversidad estructural que pueden proporcionar una importante fuente de nuevos y efectivos métodos para el control de plagas de los granos almacenados, tal como es el caso de los aceites esenciales (Álvarez-Castellanos, 2001; Regnault-Roger, 1997).

Los aceites esenciales contiene metabolitos secundarios de las plantas y están constituidos principalmente por monoterpenos, alcoholes, ésteres y fenoles, los cuales tienen como objetivo de defensa de la planta para ciertas plagas de artrópodos (Bado *et al.*, 2004), como lo son el aceite esencial de *Eucalyptus globulus* (L.) y *Eucalyptus camaldulensis* (D.), que contienen dos grupos de metabolitos secundarios importante como: monoterpenos (1,8 Cineole) y sesquiterpenos, el primero actúa inhibiendo la acetil colinesterasa y provocando la muerte (Moore *et al.*, 2004; Batish *et al.*, 2008) los metabolitos se encuentran en la hojas de los eucaliptus jóvenes y viejos (Close *et al.*, 2005).

Por lo antes mencionado, en el presente trabajo se plantea evaluar el aceite esencial de *Eucalyptus globulus* (L.) y *Eucalyptus camaldulensis* (D.) como un posible método de control del insecto *Rhyzopertha dominica* (F.) y *Tribolium castaneum* (H.) en trigo almacenado.

## OBJETIVOS

### Objetivo General

Evaluar los aceites esenciales *Eucalyptus globulus* (L.) y *Eucalyptus camaldulensis* (D.) en el control de *Rhyzopertha dominica* (F.) y *Tribolium castaneum* (H.) en trigo almacenado y las afectaciones sobre la germinación y vigor como la actividad amilolítica y proteolítica en la nuevas generaciones (F<sub>1</sub>) de insectos.

### Objetivos Específicos

1. Evaluar los aceites esenciales *E. globulus* y *E. camaldulensis* en las concentraciones 0, 5, 10 y 15  $\mu$ l, a tres tiempos de exposición en la mortalidad, resistencia y emergencia de *R. dominica* y *T. castaneum*.
2. Determinar la concentración letal media (CL<sub>50</sub>) y concentración máxima (CL<sub>99</sub>) de los aceites esenciales.
3. Evaluar el efecto de los aceites esenciales de *E. globulus* y *E. camaldulensis* sobre la germinación y vigor del grano de trigo.
4. Determinar la actividad enzimática amilolítica y proteolítica en la nueva generación (F<sub>1</sub>) de los insectos emergidos.

## **ANTECEDENTES**

El trigo es uno de los alimentos básicos en el mundo y su demanda aumenta día con día por sus aportaciones nutricionales como vitaminas, proteínas, minerales y aminoácidos esenciales (Shewry, 2007). El incremento del consumo de este cereal se ha dado en los últimos años en función del aumento de población. (Hussain *et al.*, 2010).

El trigo fue introducido por los españoles a México en 1529 y desde entonces forma parte importante de la dieta de la población mexicana, por la disponibilidad y el costo que lo hace accesible a gran parte del consumidor en diferentes formas, tortilla y otros (Shewry, 2009).

### **Producción de Trigo en el Mundo**

A nivel mundial la producción de trigo durante el ciclo agrícola 2009/10 fue de 682.7 millones de toneladas. Entre los productores más importantes de trigo en el mundo está la Unión Europea en primer lugar con producción de 138.1 millones de toneladas, seguido por China (115.1), India (80.7), Rusia (61.7) y Estados Unidos (60.4). Estos tres últimos países produjeron el 66.8% de la producción mundial. En el ciclo 2010/11 Rusia pasó del cuarto al quinto lugar mundial debido a la intensa sequía que afectó su producción, la cual se estima alcanzará una disminución de 31.9% (USDA, 2011).

### **Producción de Trigo en México**

En México el trigo ocupa el segundo lugar en la producción de cereales, con alrededor del 14% de la producción nacional. En el 2009 el valor generado por la producción de este grano representó el 2.46% del PIB primario y el 0.10% del PIB Total (Financiera Rural, 2010). La superficie sembrada de trigo en México no tiene una fuerte dependencia de los factores climáticos, ya que un 80.5% cuenta con riego tecnificado, con el 94 % de la producción de este cereal. Es sembrado durante en el ciclo otoño-invierno, debido a los requerimientos de mayor humedad y temperatura más frías, condiciones que ocurren los estados del noroeste y norte del país (Financiera Rural, 2010). Entre los años 1986 y 2004 se registró una disminución en la superficie sembrada de trigo en México, la cual fue del 60%, sin embargo, en el 2005 se observó un incremento en los niveles de producción, impulsados por el alza a nivel mundial en el precio de los principales granos (Financiera Rural, 2010).

Durante el ciclo agrícola 2010/2011, la superficie sembrada fue de 700 mil hectáreas, obteniéndose una producción de 3.6 millones de toneladas con un valor cercano a los 9.9 millones de pesos (SIAP, 2011), representó una caída de 9.1%, debido a que en el ciclo agrícola 2009/2010 la producción fue de 4.1 millones de toneladas, y una disminución de la superficie sembrada de 17.6% entre los ciclos agrícolas 2009/2010 y 2010/2011 (SIAP, 2011; Financiera Rural, 2010).

En México las cosechas de trigo obtenidas durante los años 2007 al 2009 que corresponden al 52.0% de la superficie sembrada, se destino a la variedad suave para la industria de la panificación generando el 46.2% de la producción total de trigo; el 42.1% de la superficie se destinó a trigo cristalino, que generó el 50.1% de la producción y en el 5.9% de la superficie se sembró trigo fuerte y medio fuerte, que generó apenas el 3.7% de la producción nacional (Financiera Rural, 2010).

### **Producción de Trigo en el Estado de Sonora**

El principal estado productor de trigo en México es Sonora, con una aportación en producción durante el año 2010 de 1.9 millones de toneladas, lo cual representa el 52% de la producción nacional teniendo un aumento de productividad en comparación del año 2009. Cabe resaltar que este estado mantiene la totalidad de su producción en zonas de riego, permitiéndole alcanzar una productividad de 6.45 ton/ha en ese año, colocándose como la primera a nivel nacional. En el ciclo agrícola 2009/2010 se registró una producción 1.8 millones de toneladas que representó el 44% de la producción nacional y productividad de 5.7 ton/ha.

Es importante mencionar que los estados de Baja California, Guanajuato y Chihuahua, son también importantes productores de trigo en México. Junto con Sonora generan el 84% de este cereal en el país. Por otro lado Sonora por ser mayor productor de este cereal procesa el 7% de su producción; sin embargo en el Distrito Federal, Estado de México y en Puebla se procesa alrededor de 36% de la producción nacional. (SIAP, 2011; Financiera Rural, 2010).

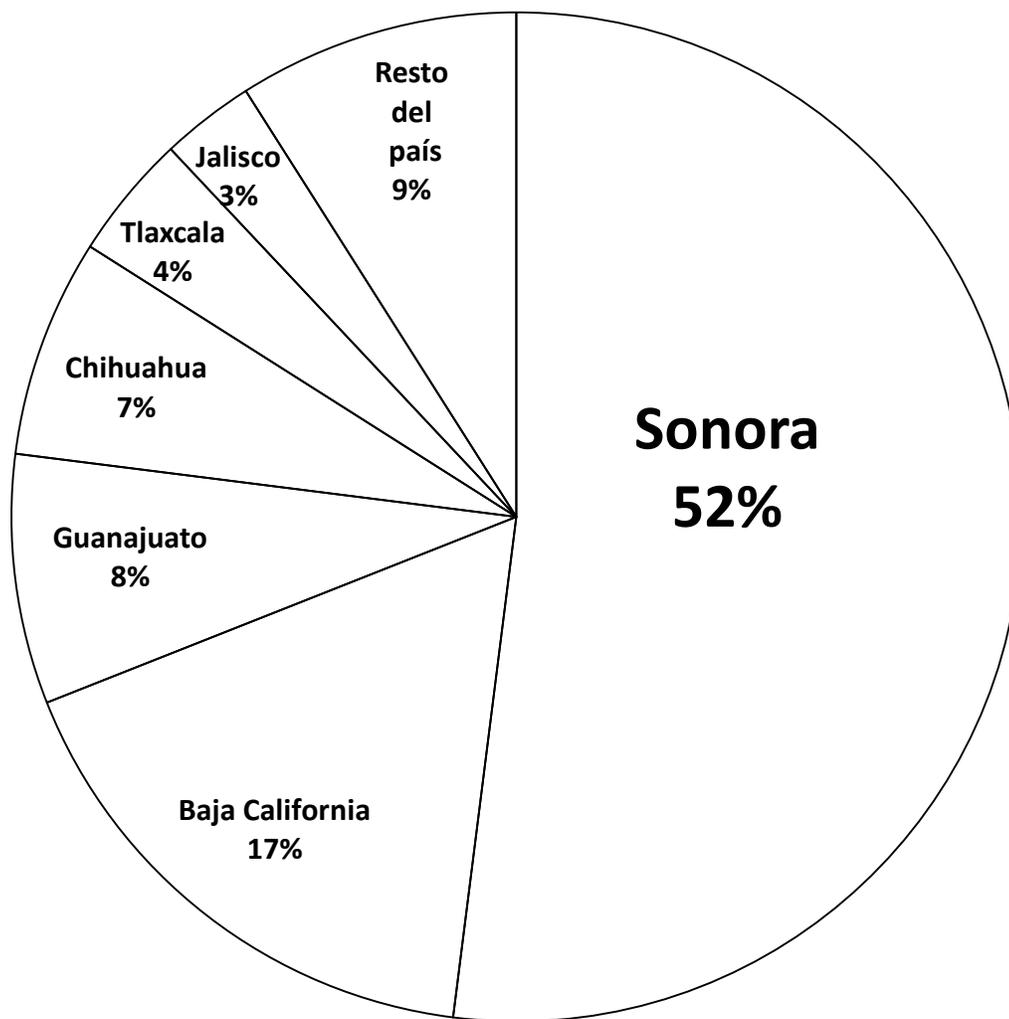


Figura 1. Producción de trigo en México en el ciclo agrícola 2010/2011.

Fuente: SIAP-SAGARPA, 2011.

## **Almacenamiento de Grano de Trigo**

Debido a los volúmenes tan grandes de la producción de trigo cosechado, el grano no puede ser procesado de forma inmediata viéndose la necesidad de garantizar la disponibilidad de granos en cantidad y calidad requeridas. Por esta razón, es necesario recurrir a su almacenamiento y conservación. El almacenamiento se refiere a concentrar la producción del grano en lugares estratégicamente seleccionados; en tanto que la conservación implica proporcionar a los productos almacenados las condiciones necesarias para que no sufran daños por la acción de plagas, enfermedades o del medio ambiente, evitando así mermas en su peso, reducciones en su calidad o en casos extremos la pérdida total (SAGARPA, 2011). En la mayoría de los casos, el uso de insecticidas es el único método de control cuando no se adoptan adecuadas medidas de prevención.

En el Estado de Sonora los sistemas de almacenamiento de granos suelen ser silos de acero o concreto, sin embargo muchas veces la infraestructura es muy obsoleta y deficiente, además que frecuentemente se almacena al aire libre debido a los grandes volúmenes que se producen (Figura 2). Esta situación facilita la infestación de diversas plagas en el grano produciendo pérdidas económicas elevadas, tal como la penalización si es producto de exportación (García et al., 2009; Lagunes y Rodríguez, 1989; Larrain, 1994).



Figura 2. Almacenes de trigo en el Estado de Sonora; A) Silos de Concreto, B) Silos de Acero, C) Patios de almacenamiento al aire libre.

## **Plagas de Insectos en Granos Almacenados**

A nivel mundial se estima pérdidas del 9% y 20% en países en desarrollo de la producción a causa de los daños por insectos en granos almacenados (Phillips y Throne, 210; Trivelli y Velázquez, 1984). Los efectos principales de los daños provocados por los insectos en granos almacenados son: Pérdidas económicas que se traducen en pérdida de peso del grano, disminución del poder germinativo, cambios resultantes de un calentamiento espontáneo debido a la actividad de los insectos, dificultad en el procesamiento del grano, entre otros. Los granos almacenados constituyen un agroecosistema complejo, debido a que se producen una serie de interacciones entre temperatura, humedad y luz, sobre todo agentes bióticos (insectos y hongos). Los daños que son causados por los insectos se clasifican en dos tipos; los directos e indirectos (Larrain, 1994). Los daños directos consisten en que el insecto se alimenta propiamente del grano o semilla, contaminando con sus desechos o disminuyen el porcentaje de germinación, mientras que los indirectos son elevar la temperatura, diseminar las esporas de los hongos (Ramayo, 1983) e incluso atacar y dañar el material de empaque y estructuras de las bodegas (Serna, 1996).

Se conoce aproximadamente 250 especies de insectos que atacan a los granos y sus productos durante el almacenamiento y de ellos, alrededor de 20 especies, son las de mayor relevancia en materia de almacenamiento (Trivelli y Velázquez, 1984). En base al daño que los insectos ocasionan al grano almacenado se han agrupado en especies primarias, las cuales son capaces de dañar granos

enteros y tienen gran importancia económica ya que se alimentan principalmente del endospermo y del germen del grano, por lo cual se les considera más nocivos debido que penetran y se alimentan, ya que utilizan los granos como sitio ideal para ovopositar para el futuro desarrollo de sus larvas tales como *Prostephanus truncatus* (H), *Rhyzopertha dominica* (F) y *Sitophilus granarius* (L). Las especies secundarias son aquellas que alimentan de granos quebrados o que previamente han sido dañados por plagas primarias y se multiplican con facilidad en los productos obtenidos de la molienda de granos como *Tribolium castaneum* (H), *Tribolium confusum* (J. D.), *Oryzaephilus surinamensis* (L), *Crystolestes ferrugineus* (S.) (Curtis *et al*, 2002; Larrain, 1994; Trivelli y Velázquez, 1984; Serna, 1996).

### ***Rhyzopertha dominica* (Fabricius)**

El insecto *Rhyzopertha dominica* (Fabricius, 1792) del orden *Coleoptera* de la familia *Bostrichidae* del género *Rhyzopertha* de la especie *R.dominica* conocido como el pequeño barrenador de los granos (Figura 3 y 4) es considerada una de las plagas de granos almacenados más destructivas debido que la larva y el insecto adulto ataca al grano de trigo causándole extensos daños, debido a que su ciclo biológico en el interior del grano (Figura 4) (García *et al*, 2009).

En 1996 se realizó un estudio sobre la abundancia y distribución de insectos en granos de trigo almacenados en Sonora, México. *R.dominica* fue el insecto de mayor distribución en el Estado en los almacenes de trigo presente en las 10 localidades donde se llevo a cabo el muestreo (Tabla 1).

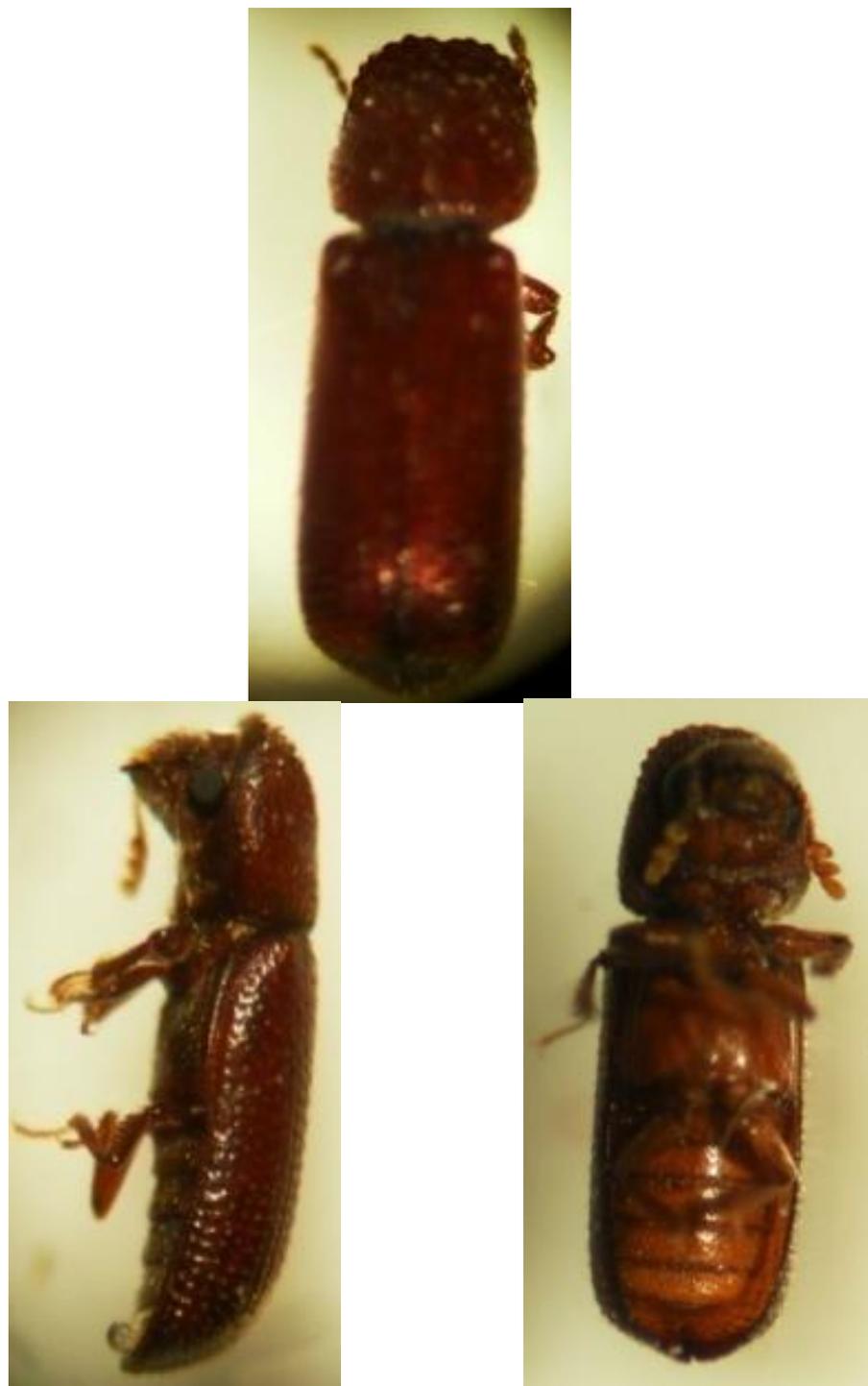


Figura 3. Estado adulto de *Rhyzopertha dominica* (F.).

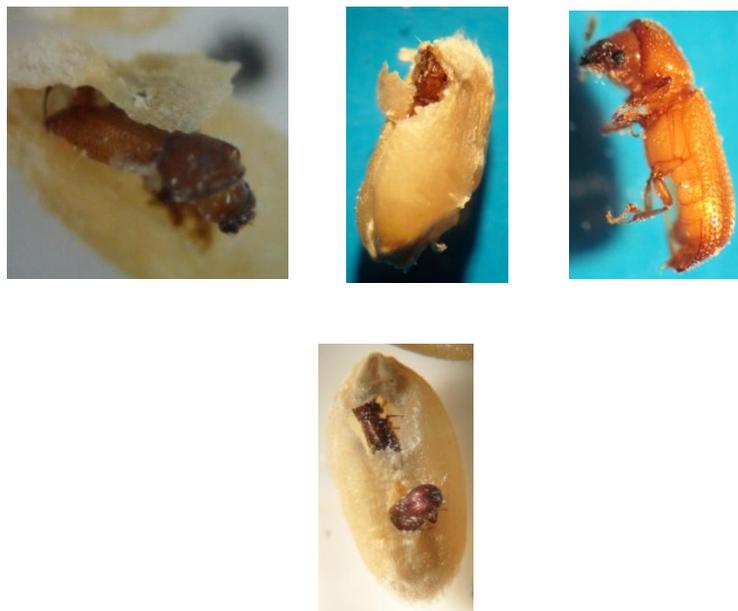
**Larva****Pupa****Adulto**

Figura 4. Estados larvarios, pupa y adulto *Rhyzopertha dominica* (F.).

Tabla 1. Insectos que dañan al grano de trigo almacenado en el estado de Sonora.

Nombre común	Nombre científico	Tamaño	Ovoposición	Ciclo biológico	Daños	Localidades *
Pequeño barrenador de los granos	<i>Rhyzopertha dominica</i> (Fabricius)	2.5 a 3 mm	300 a 400	4 a 10 semanas	Ciclo larva-adultos dentro del grano	H, N, O, V, G, HI, C, A, S, SL
Escarabajo rojo ó castaño	<i>Tribolium castaneum</i> (Herbst)	3 a 4 mm	350 a 400	7 a 12 semanas	Se alimentan de desechos o trigo procesado	H, N, O, V, G, HI, C, A, S, SL
Carcoma aplanada de los granos	<i>Crytolestes ferrugineus</i> (Stephens)	1.5 a 2.2 mm	300 a 350	5 a 9 semanas	Se alimenta del germen del trigo o trigo procesado	H, N, O, V, G, HI, C, A, S, SL
Tribolio de la harina	<i>Tribolium confusum</i> (J. Du val)	3 a 4 mm	450	6 a 8 semanas	En harina disminuye capacidad de horneado	H, N, O, G, HI, C, SL
Carcoma dentada de los granos	<i>Oryzaephilus surinamensis</i> (L)	2.5 a 3.5 mm	45 a 285	5 a 15 semanas	Se alimenta del germen del trigo o de desechos	H, N, O, V, G, HI, C

\*Localidades donde se encontraron la presencia de cada especie de insecto de acuerdo a Wong-Corral *et al.*, 1996. Abundance and distribution of insect in stored wheat grain in Sonora, México. *Southwestern Entomologist*. 21(1):75-81.

H = Huatabampo, N = Navojoa, O = Ciudad Obregón, V = Vicam, G = Guaymas, HI = Hermosillo, C = Caborca, A = Altar, S = Sonoita, SL = San Luis Rio Colorado.

Fuente: Wong-Corral *et al.*, 1996; Trivelli & Velázquez, 1984; Larrain, 1994; Curtis *et al.*, 2002; SAGARPA-Ficha Técnica

***Tribolium castaneum* (Herbst)**

El insecto *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) del orden *Coleoptera* de la familia *Tenebrionidae* del género *Tribolium* de la especie *T.castaneum* llamado comúnmente escarabajo rojo ó castaño de la harina (Figura 5) es la plaga secundaria más importante a nivel mundial (Rees, 2004; García *et al*, 2009), del género *Tribolium* comprende 30 especies, cinco de ellas se encuentran en asociación con los productos almacenados.

*T.castaneum* es una plaga secundaria que su alimentación es grano quebrado, dañado o procesado en harinas, su proceso de metamorfosis es completo sigue un ciclo de cuatro estadios diferentes durante su vida: huevecillo, larva, pupa y adulto, su ciclo de biológico se lleva acabo fuera del grano (Figura 6).

De acuerdo a Wong-Corral (1996), el escarabajo rojo ó castaño de la harina está presente en los almacenes de trigo en Sonora, y su distribución es igual que a la de *R.dominica* (Tabla 1).



Figura 5. Estado adulto *Tribolium castaneum* (H.)

**Larva**

Figura 6. Insecto en estado de larva *Tribolium castaneum* (H.).

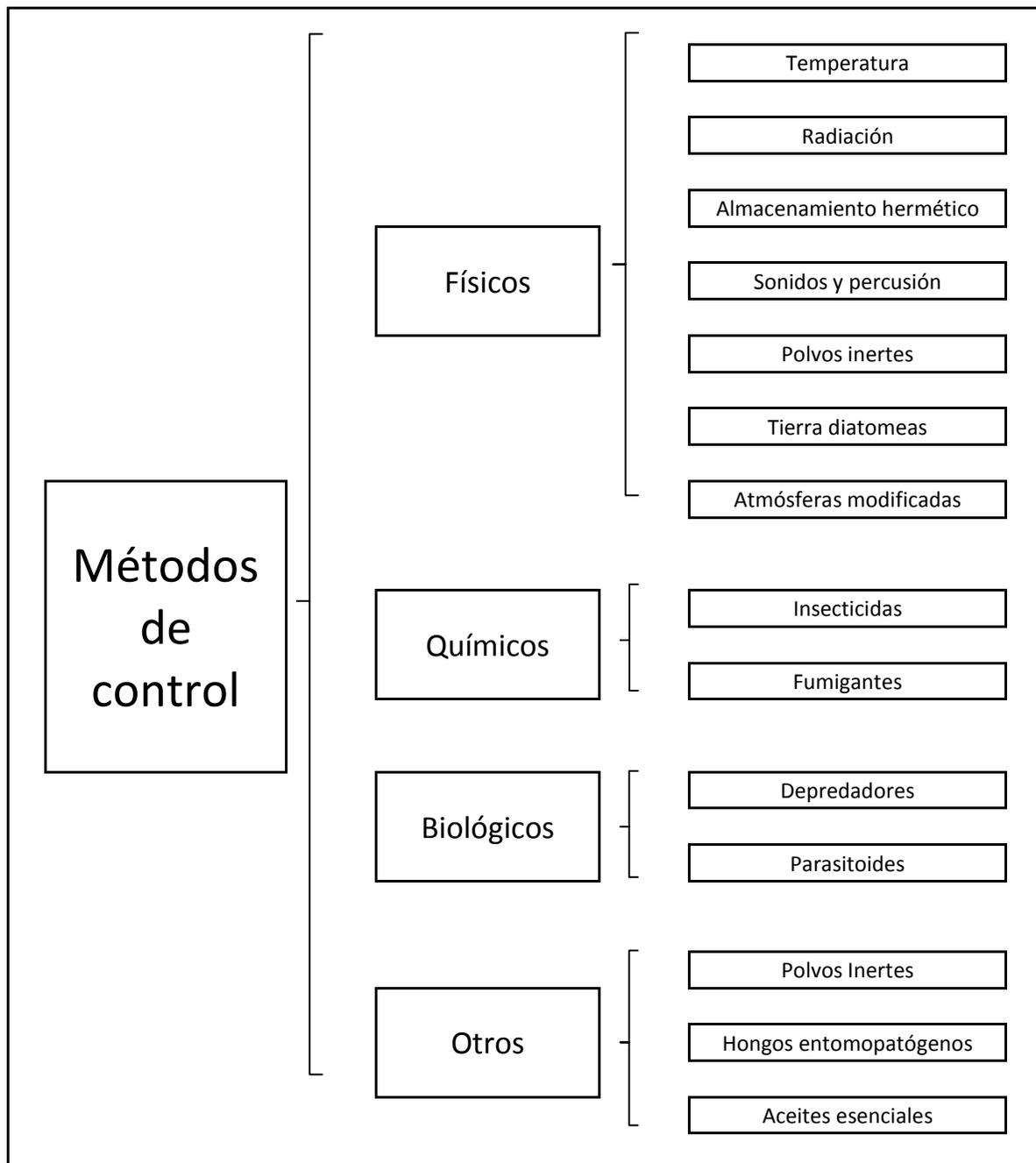
### **Métodos de Control de Plagas en Granos Almacenados**

Los insectos encuentran condiciones propicias para alimentarse y multiplicarse en las bodegas y lugares de almacenamiento. Cuando la humedad y temperatura son favorables tienen a su disposición gran cantidad de alimento que asegura su multiplicación y sobrevivencia.

Algunas especies son capaces de sobrevivir por largos periodos de tiempos en estado de reposo cuando no disponen de suficiente alimento, o las condiciones del medio le son desfavorables. Sin embargo, cuando las condiciones mejoran o con el advenimiento de nuevas cosechas, dejan su estado de reposo para multiplicarse activamente.

Actualmente existen diferentes métodos de control para solucionar y enfrentar estos problemas en la infestación de plagas en los granos almacenado como lo muestra la Tabla 2 (García *et al.*, 2009; Phillips y Throne, 2010). El método químico ha sido el más utilizado debido a su rapidez y eficacia en control de la plaga, sin embargo se ha encontrado que el abuso de los insecticidas y fumigantes está provocando una resistencia y adaptación a los compuestos químicos (Schlipalius *et al.*, 2008; Guedes *et al.*, 1998).

Tabla 2. Métodos de control de insectos en granos almacenados



Fuente: Trivelli y Velázquez, 1984; Larrain, 1994; Curtis *et al.*, 2002, Phillips y Throne, 2010.

## **Métodos de control de insectos de almacén**

Durante su almacenamiento se usan varios tipos de métodos de control en donde algunos son utilizados comúnmente y hay otros que no son una alternativa probable de aplicación por costos, efectividad, tiempos u otros factores que suelen presentar una desventaja en el almacenamiento de granos (Tabla 3). La aplicación de un determinado método de control dependerá de las necesidades de cada almacén ya que el tiempo de almacenamiento llega a ser corto y se busca que durante ese corto tiempo no llegue a presentar una infestación. (Isman, 2000; Batish *et al.*, 2008; Shaaya y Rafaeli, 2007).

En la actualidad se tienen varias opciones para el control de insectos en almacén, pero ha tomado mayor relevancia el uso de aceites esenciales debido a sus componentes que le confieren la función de tipo de insecticida natural (Isman, 2000; Batish *et al.*, 2008; Shaaya y Rafaeli, 2007).

Los aceites de esenciales son motivo de estudio para el control de plagas de insectos en granos almacenados. En estudios recientes se ha utilizado el aceite de eucalipto para el control en insectos de granos almacenados (Isman 2006; Rajendran y Sriranjini, 2007; Batish *et al.*, 2008; Mohammad *et al.*, 2010; Prates *et al.*, 1998).

Tabla 3. Ventaja y desventajas de métodos de control de insectos en trigo almacenado.

Método	Tipo	Descripción	Ventaja	Desventaja
Físicos	Temperatura	No pueden desarrollarse y reproducirse a bajo -13°C y sobre los 35°C	Más utilizado, económico y se realiza muy frecuentemente	Temperaturas son variadas en el año y en ciertas regiones, insectos se adaptan a altas temperaturas ( <i>R. dominica</i> en Sonora)
	Atmosfera modificada	Ambiente rico de CO <sub>2</sub> ó componentes inertes bajando el oxigeno afectando sistema respiratorio del insecto	No contamina a la atmosfera, No deja residuos dañinos y las alteraciones organolépticas son mínimas	Requiere de un tiempo de exposición, no puede ser usado con facilidad, necesita monitoreo permanente
	Sonidos y percusión	Golpe duro o percusión mata fases de los insectos existentes e incluso huevecillos en el interior de granos de cereal	Efectividad en la industria para eliminar los huevecillos	Requiere tiempo de exposición, infraestructura y es costoso
Químicos	Insecticidas	Compuestos químicos líquidos aplicados localmente en el área de infestación	Efectividad en el control de insectos y rapidez	Residuos tóxicos, como requiere de equipo especial para aplicación, dañino para la población que este en contacto
	Fumigantes	Compuesto químico gasificado que se utiliza en lugares cerrados como silos	Efectividad, no hay residuos tóxicos,	Resistencia en <i>R. dominica</i> en E.U. y Brasil.
Biológicos	Depredadores	Son depredadores naturales y en ocasiones comparten el mismo hábitat, como conocer muy bien sus feromonas	Control completamente natural, no hay residuos, no es toxico, son depredadores selectivos y económicos	No son 100% efectivas, no matan a todas las presas, requiere una gran cantidad de depredadores y tiempo para reproducción de estos
	Parasitoides	Parasitan a plagas que se alimentan del interior y exterior del grano	Control totalmente natural y son selectivos	No es muy eficaz ya solo disminuye los porcentaje de emergencia, y requiere de una gran cantidad de insectos
Otros	Polvos vegetales	Plantas con propiedades insecticidas y insectistático	Control totalmente natural, económico	No es 100% eficaz, no es ovicida
	Hongos entomopatógenos	Son enemigos naturales de los insectos atacan el cuerpo penetrando la cutícula o exoesqueleto.	Control totalmente natural, son selectivos	Se requiere una alta humedad y puede dañar al grano y no son ovicidas
	Aceites esenciales	Son extractos de plantas en donde están presentes compuesto volátiles y son Ovicidas	Control totalmente natural, no es toxico, no hay residuos y es económico	Dependiendo del aceite este pueda requerir tiempo de exposición o no

Fuente: Trivelli y Velázquez, 1984; Larrain, 1994; Curtis *et al.*, 2002; Phillips y Throne, 2010

### ***Eucalyptus* (Familia *Myrtaceae*)**

Existen alrededor de 700 especies de eucaliptos (*Eucalyptus*) en donde se encuentra dispersos en gran parte del mundo y debido a su rápido crecimiento se han utilizado en plantaciones forestales para la industria papelera y maderera o para la obtención de productos químicos (Monroy-Ortiz & Monroy, 2006).

En México existe un registro de 12 géneros y 124 especies de la familia *Myrtaceae*, distribuidos ampliamente en regiones templadas, tropicales y semiáridas (Monroy-Ortiz y Monroy, 2006). Los eucaliptos no solamente provee de madera y reduce los niveles atmosféricos del dióxido de carbono directamente (Barton, 2000; Martin, 2002), además de que sus aceites esenciales son usados como repelentes y pesticidas en el control de insectos plagas (Barton, 2000).

#### ***Eucalyptus globulus* Labill**

La especie de *Eucalyptus globulus* Labill del orden *Myrtales* de la familia *Myrtaceae* del género *Eucalyptus* L'Hér conocido como el eucalipto blanco se encuentra en las regiones de clima húmedo y templado, esta especie el aceite esencial que muy cotizado debido al uso en áreas como medicamentos, cosméticos y en alimentos (Monroy-Ortiz & Monroy, 2006; Barton, 2000; Martin, 2002; Batish *et al.*, 2008), sus claves taxonómicas de identificación son la corteza, flor, fruto y hojas (Figura 7).



Figura 7. Claves taxonómicas del *Eucalyptus globulus* (L.); A) Corteza, B) Flor, C) Fruto y hoja. Imágenes tomadas de un proyecto de BSCIT. Universidad de California, Berkeley.

***Eucalyptus camaldulensis* (Dehnhardt)**

La especie de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnhardt del orden *Myrtales* de la familia *Myrtaceae* del género *Eucalyptus* L'Hér conocido como el eucalipto rojo se encuentra principalmente en las zonas áridas y semiáridas debido a su resistencia a la sequía y al frío, es gracias esto que es la especie que se encuentra mayormente distribuida en el mundo (Monroy-Ortiz & Monroy, 2006), los eucalyptus son confundidos entre las diferentes especies y se requiere de claves de taxonómicas para identificarlos como corteza, flor, fruto y hoja por su semejanza (Figura 8).

El *E.camaldulensis* (Figura 8) es la única especie reportada en el estado de Sonora de acuerdo al herbario del Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora (D.I.C.T.U.S.).



Figura 8. Claves taxonómicas del *Eucalyptus camaldulensis* (D.); A) Corteza, B) Flor, C) Hoja. Imágenes tomadas en la localización geográfica a  $29^{\circ} 00' 44''$  LN y  $111^{\circ} 08' 02''$  LE en el estado de Sonora.

### **Aceite esencial del *Eucalyptus***

Los aceites esenciales se definen como los constituyentes odoríferos o esencia de una planta que contienen compuestos volátiles y aromáticos conformados por una mezcla compleja de varias sustancias (Flores *et al.*, 1999), el aceite esencial esta dentro de categoría como producto GRASS (generalmente considerados como seguros) de acuerdo por parte de la autoridad en alimentos y drogas de Estados Unidos (F.D.A.), como además de ser un producto no toxico (USEPA, 1993) por ello es utilizado en alimentos, medicamentos y otros productos (Batish *et al.*, 2008).

Existen reportes científicos donde se demuestra que los aceites de origen vegetal han sido exitosos en el control de insectos de granos almacenados (Gastellum y Rodríguez, 1996). La acción de los aceites esenciales contra los insectos presentan un cuadro de síntomas neurotóxicos similares a los producidos por los insecticidas organofosforados y carbamatos (Isman, 2000).

El aceite de eucalipto que es obtenido de las partes no leñosas de la planta como follaje (hojas) a través de la técnica de arrastre de vapor o hidrodestilación extrae una mezcla compleja de varios terpenos, que son metabolitos secundarios originados de la respuesta de la planta debido ataques de microorganismos, insectos, nematodos, plantas y del exceso de luz (Figura 9), los compuestos que forman parte del aceite esencial son terpenos principalmente monoterpenos (C10) y sesquiterpenos (C15) y una variedad de fenoles aromáticos, óxidos, éteres, esterres, aldehídos y cetonas, que determina las características aroma y olor de la planta, sin

embargo la composición exacta y la proporción varía de acuerdo a la especie de eucalyptus, los precursores de la biosíntesis de los metabolitos secundarios se derivan de rutas del metabolismo primario como la glucólisis, el ciclo de Krebs o la vía de Shikimato, iniciando el proceso del prenil alil difosfatos dimetilalil difosfato (DMAPP) como se muestra en la figura 9 (Langenheinm, 1994; Sepúlveda-Jiménez *et al.*, 2003; Brooker y Kleining, 2006; Tholl, 2003; Cox, 2002).

Algunos monoterpenos poseen actividad insecticida contra plaga de productos almacenados debido a su estructura (hidrocarburo) los hace hidrofobicos que inhiben o inactivan la enzima acetilcolinesterasa, pero también se ha publicado que la octopamina que es un neurotransmisor único en los invertebrados el cual regula en el insecto la frecuencia cardíaca, el movimiento, el comportamiento y el metabolismo suele ser afectada por los terpenos (Lee *et al.*, 2003; Regnault-Roger Y Hamroui, 1995; Shaaya y Rafaeli, 2007; Picollo, *et al.*, 2008).

El aceite de la hoja de *Eucalyptus camaldulensis* posee propiedades antioxidantes se deben principalmente a la presencia de compuestos fenólicos como el timol y carvacrol, el contenido de estos y otros componentes varia de una muestra a otra (Siramón y Ohtani, 2007).

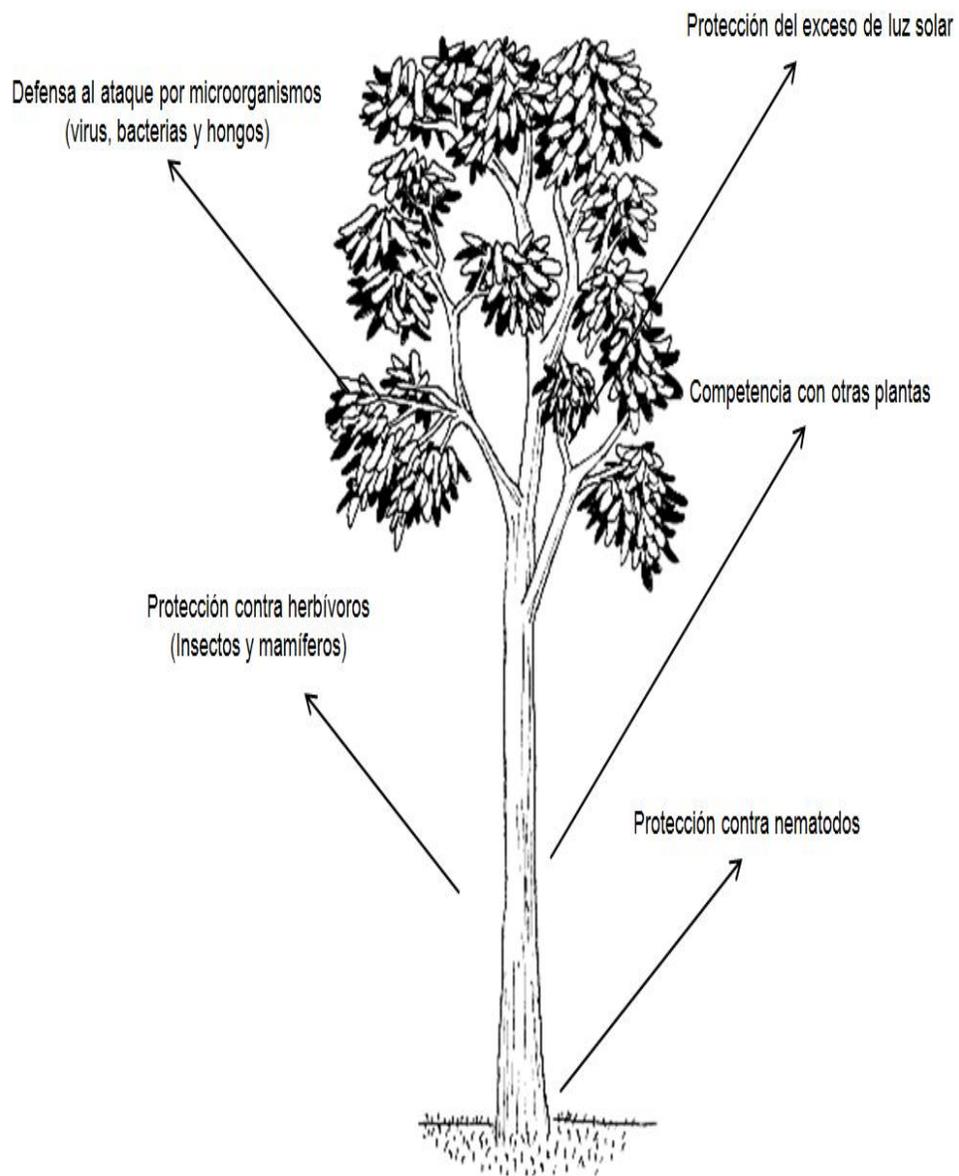


Figura 9. Eventos que inducen a producir metabolitos secundarios como respuesta de defensa de las plantas.

Fuente: Sepúlveda-Jiménez *et al.*, 2003.

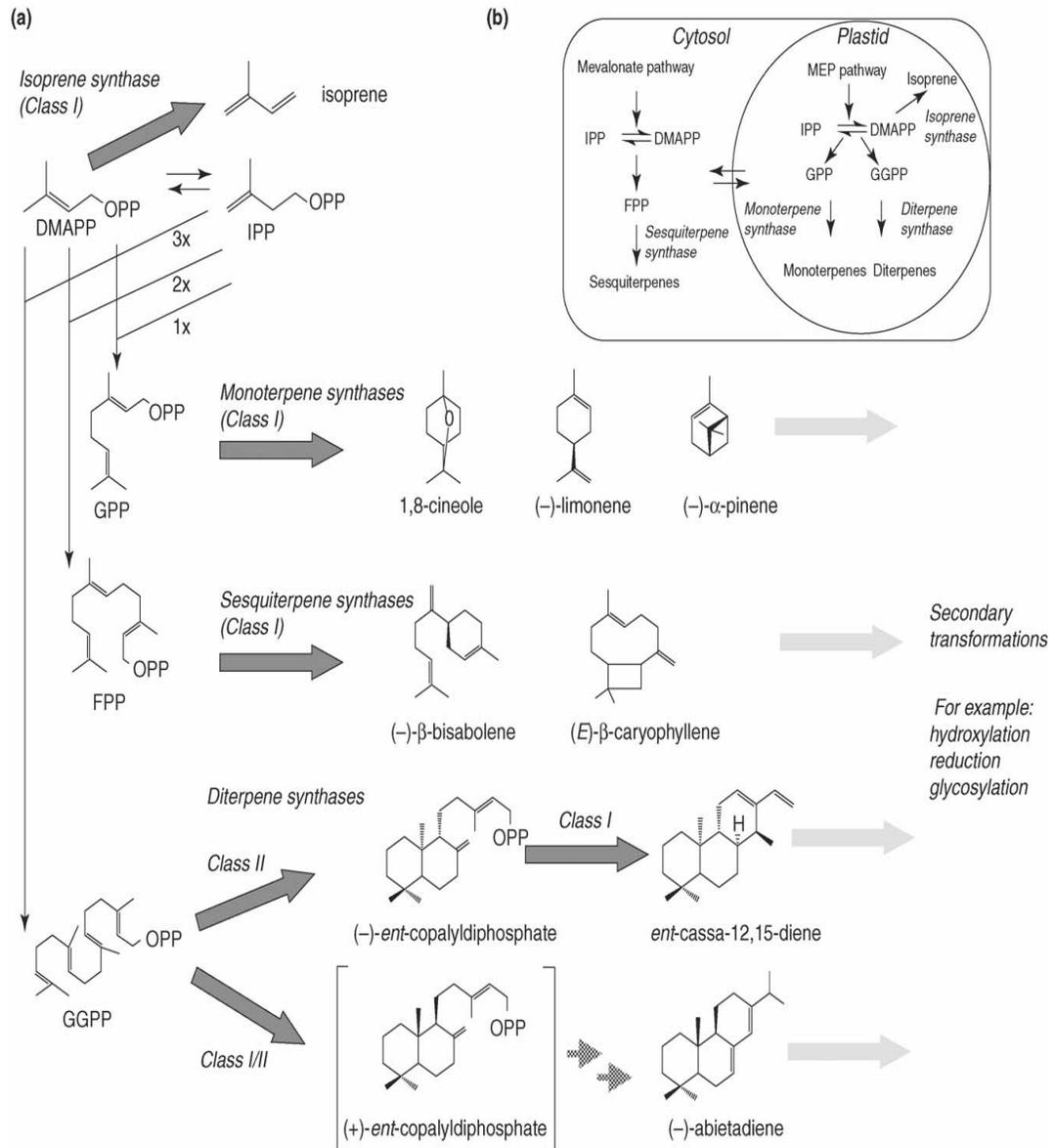


Figura 10. Esquema de formación de terpenos en la planta.

a) Todos los terpenos se derivan de prenil alil difosfatos dimetilalil difosfato (DMAPP), geranyl difosfato (GPP), farnesil difosfato (FPP) y geranylgeranyl difosfato (GGPP) por la acción de las actividades de los terpenos sintetasa.

b) Compartimiento de la biosíntesis de los terpenos en la célula vegetal; se realiza por dos vías independientes, mevalonato y el metil etil fosfato (MEP), forman el C5-IPP y DMAPP unidades en los compartimentos citosólico y plastídico respectivamente. La FPP y metabolitos sesquiterpenos ocurre principalmente en el citosol. Las enzimas responsables de la formación de isoprenos, monoterpenos y diterpeno, se localizan en los plástidos.

Fuente: Tholl, 2003.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materia Prima

Se usaron dos tipos de aceite esencial de eucalipto, uno de marca comercial Soria Natural (*Eucalyptus globulus* Labill) y el otro aceite fue de extracción de las hojas del árbol de eucalipto que hay en la región del Estado de Sonora (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnhardt), se requirió grano de trigo variedad Tarachi (*Triticum aestivum* L), también se trabajo con dos tipos de insectos el pequeño barrenador de trigo (*Rhyzopertha dominica*) y el escarabajo rojo ó castaño de la harina (*Tribolium castaneum*) del laboratorio de Entomología del Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos (D.I.P.A.) de la Universidad de Sonora.

### Aceite de Eucalipto Comercial (*E. globulus* Labill)

Este trabajo fue realizado con aceite esencial de *Eucalyptus globulus* (Labill), de marca comercial “Soria Natural” de España, presentación de 15 ml, numero de lote 0163 (Figura 11), que fue adquirido en comercio local de Hermosillo, Sonora.

### Aceite de Eucalipto de la Región de Sonora

#### Recolecta de la Muestra Vegetal

Se realizo la recolección de la muestra vegetal del árbol de Eucalipto específicamente hojas jóvenes en el mes de enero 2011 en el Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora (29° 00′ 44 ″ LN y 111° 08′ 02″ LE), el material fue colocado en bolsas de polipropileno para su posterior

identificación y extracción en las instalaciones de la Universidad de Sonora (Figura 11).

### **Identificación del Espécimen Vegetal**

La identificación fue del *Eucalyptus camaldulensis* Dehnhardt realizada en el Herbario del Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora (D.I.C.T.U.S.) única especie reportada en el Estado de Sonora por claves taxonómicas (McClintock, 1993).

### **Extracción del Aceite Esencial**

Las hojas de eucalipto se secaron a una temperatura de 25°C por 3 semanas a la sombra, y de acuerdo a la metodología oficial A.O.A.C. 6.006(1975), se colocó una muestra de 100 gramos de hojas de eucalipto cortada a mano en partículas pequeñas de 2 cm.

Se utilizó un equipo hidrodestilación de tipo Clavenger de capacidad de 2 litros y el aceite obtenido después de 70 minutos se separó de forma física con la micro pipeta de volumen variable (0.5 – 10 µL) y se conserva en frascos de vidrio de color ámbar a -4°C (Figura 11).

A



*Eucalyptus globulus* (Labill) marca comercial "Soria Natural"

B

Muestreo vegetal *Eucalyptus camaldulensis* (29° 00' 44'' LN y 111° 08' 02'' LE)



C

Extracción de aceite esencial por medio del equipo de arrastre de vapor tipo clavenger



Figura 11. Aceites esenciales utilizados en la investigación: A) *Eucalyptus globulus* Labill, B) *Eucalyptus camaldulensis* Dehnhardt, C)

Extracción del aceite esencial de *E. camaldulensis* por equipo de arrastre de vapor tipo clavenger.

### **Grano de Trigo**

Se empleo grano de trigo (*Triticum aestivum* L.) variedad *tarachi* sembrado en el ciclo agrícola 2009-2010 en la zona agrícola del valle del empalme Sonora, además que este trigo no se le realizo ningún tratamiento químico para control de plagas durante su formación y se le realizaron los análisis pertinentes, para establecer parámetros siguiendo la Norma Mexicana (NMX-FF-036-1996).

### **Insectos**

Se utilizó dos especies de insectos, *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) y *Tribolium castaneum* (Herbst), ambas del laboratorio de Entomología del Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos (D.I.P.A.) de la Universidad de Sonora.

### **Elaboración de Cultivos Patrones para *Rhyzopertha dominica* (Fabricius)**

Se hicieron cultivos patrones para la obtención de nuevas poblaciones para la realización de las investigaciones pertinentes.

Se uso una incubadora marca FELISA (Fabricantes de Equipos para Laboratorio e Industrias S.A.) modelo 1-42A serie 012, en donde se mantuvieron 6 frascos de vidrio con capacidad de 600 ml los cuales contenían 1000 gramos de trigo y una infestación de 50 insectos adultos.

Se dejaron durante 21 días ya que aseguramos el tiempo suficiente para que el insecto oviposite y este en estado larvario dentro del grano después son retirados y se espera cumplir con el tiempo de los 45 días que tarda el ciclo completo en la incubadora con condiciones controladas de temperatura de 27°C y 60 % de humedad relativa en oscuridad de acuerdo a la metodología (Shaaya *et al.*, 1991).

### **Elaboración de Cultivos Patrones para *Tribolium castaneum* (Herbst)**

Para los cultivos patrones de *Tribolium castaneum* se utilizaron 6 frascos de vidrio (Marca Ball) de 600 ml con 900 gramos de trigo y 100 gramos de harina además de tener una infestación de 50 insectos que estuvieron en el transcurso de 21 días para su ovoposición y continuaron el resto del tiempo hasta completar los 35 días que tiene su ciclo de vida completo en la incubadora marca FELISA modelo 1-42A serie 012 a 27°C con una humedad relativa del 60% de acuerdo a la metodología (Negahban y Moharramipour, 2007).

## **Análisis**

### **Efecto Insecticida en el Control de Plaga en Trigo Almacenado**

Se acondicionaron los tubos de polipropileno marca Corning de 50 ml (12 cm de alto por 3.5 cm de ancho) con modificaciones en la parte superior de la tapa en donde se colocó una esponja absorbente de poliuretano de 0.5 cm x 0.5 cm pegado con silicón.

Los tubos utilizados se colocaron 20 gramos de trigo, se infestó con 20 insectos de *R. dominica* y 20 insectos de *T. castaneum* en estado adulto (edad de 8 días después de emerger) para ambas especies.

Después se impregno la esponja con aceite de *Eucalyptus globulus* (Labill) usando 5 concentraciones 0, 5, 10, 15  $\mu\text{L}$  a un tiempo de exposición de 24, 48 y 72 horas y repitiendo esta operación tres veces. De igual forma se realizo para el aceite *Eucalyptus camaldulensis* (Figura 12), todos los tubos fueron sellados con parafilm (Parafilm "M") para no permitir fuga del aroma del aceite y fueron puestos en la incubadora a 27°C con una humedad relativa del 60%.

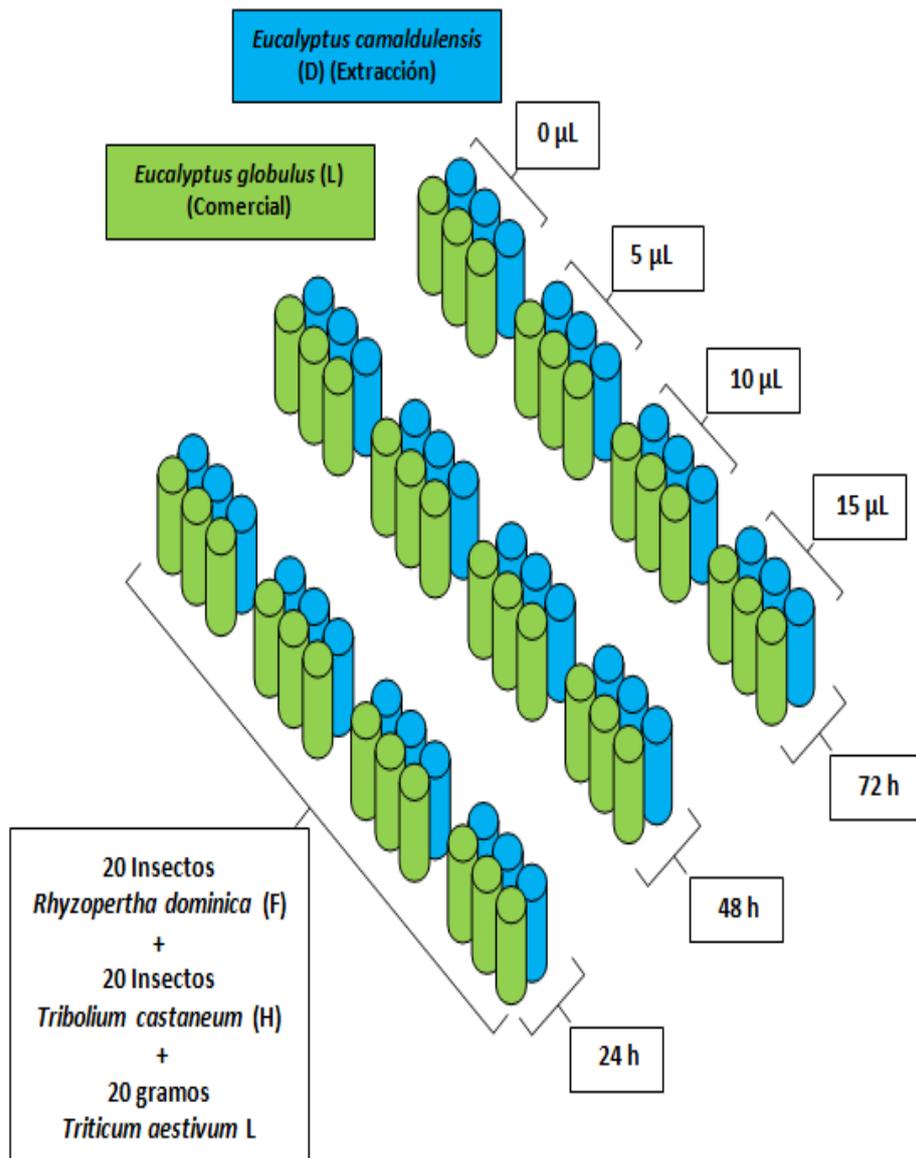


Figura 12. Diagrama de flujo de experimento sobre tiempo y concentraciones de los aceites esenciales.

Las variables respuestas evaluadas para ambos aceites de eucalipto fueron las siguientes:

**Porcentaje de Mortalidad de *R. dominica* y *T. castaneum***

Se realiza el cálculo del porcentaje de mortalidad siguiendo la formula W. S. Abbott (1925), después de abrir los tubos y sacar el trigo e insectos para contar los vivos, caídos y muertos en los tiempos de exposición y concentraciones (Figura 18).

$$\% \text{ mortalidad} = \frac{100 (\% \text{ muertos tratados} - \% \text{ muertos control})}{(100 - \% \text{ muertos control})}$$

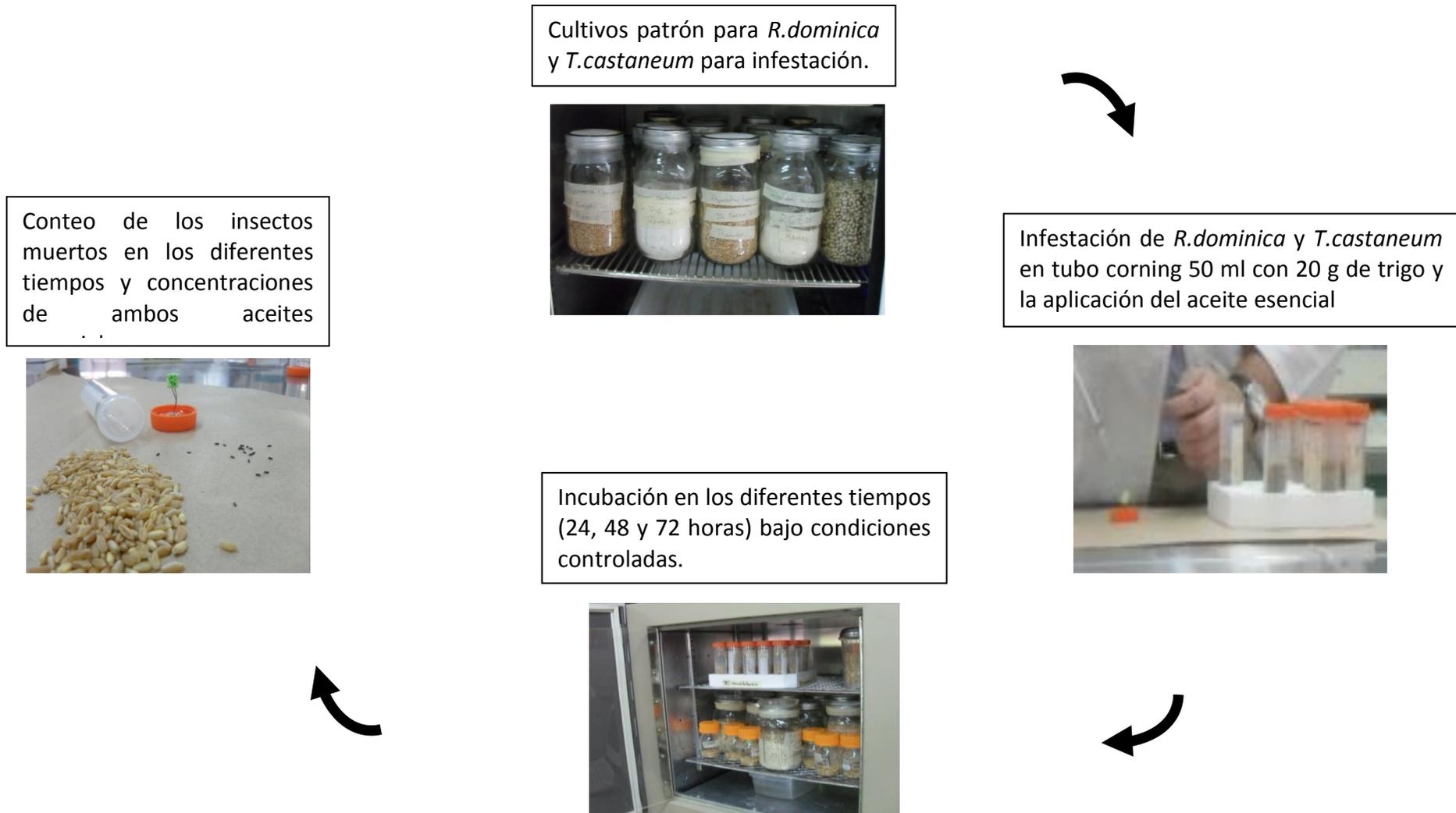


Figura 13. Diagrama de técnica utilizada para determinar el efecto insecticida de los aceites esenciales en el control de los insectos *R.dominica* y *T.castaneum* en trigo almacenado.

### **Determinación de las concentraciones letales CL<sub>50</sub> y CL<sub>99</sub> para *R. dominica* y *T.***

#### ***castaneum***

Se estimó los valores de las concentraciones letales CL<sub>50</sub> y CL<sub>99</sub> con Probit analysis de Finney, D.J. (1971) usando el paquete estadístico NCSS versión 2007 (Ebadollahi *et al.*, 2010; Prates *et al.*, 1998).

### **Emergencia de progenies (F<sub>1</sub>) de *R. dominica* y *T. castaneum* en el trigo**

Para la emergencia se tomó una muestra representativa de 50 gramos que estuvieron expuestos a los insectos y aceite esencial y fue puesto un frasco de vidrio que fueron depositados en la incubadora con las condiciones de temperatura de 27°C y una humedad relativa del 60%, donde se esperaran 45 días para tener la progenie (F<sub>1</sub>) de los insectos *R.dominica* y *T.castaneum* completando el ciclo biológico del especie de insecto.

### **Actividad enzimática amilolítica y proteolítica de progenies (F<sub>1</sub>) de *R. dominica* y**

#### ***T. castaneum***

La determinación de la actividad amilolítica y proteolítica de la progenie (F<sub>1</sub>), de *Rhyzopertha dominica* se realizó en insectos adultos. Se toma una población de insectos (aproximadamente 100 mg) fue colocada en un mortero, se le agregó 20 ml de una solución amortiguadora Tris-HCl 20 mM, pH 7, conteniendo NaCl 20 mM y CaCl<sub>2</sub> 10 mM. El amacerado fue centrifugado a 4°C por 30 minutos a 10,000 rpm. El sobrenadante fue recuperado y filtrado a través de papel whatman # 42. El filtrado

fue colectado y empleado como solución enzimática amilolítica y proteolítica sin tratamientos adicionales, excepto que se mantuvo a temperatura de 4°C durante su almacenamiento hasta su utilización

### **Actividad enzimática amilolítica**

La determinación de actividad amilolítica se realizó de acuerdo al procedimiento descrito por Cinco *et al* (2006). El procedimiento consistió para la actividad amilolítica de los extractos crudos, fracciones cromatográficas y ensayos enzimáticos fueron determinadas mediante la técnica de Bernfeld (1955), el cual cuantifica la producción de azúcares reductores valorada como equivalentes de maltosa. El sustrato fue almidón comercial de papa tratado previamente con borohidruro de sodio para eliminar grupos reductores (Strumeyer, 1972). En tubos de ensayo de 18 X 150 mm, se tomaron alícuotas (20-150 µl) de los extractos enzimáticos y se combinaron con 375 µl de la solución del almidón preparado, en un volumen final de 1 ml, ajustado con buffer de ensayo (Tris-HCl 20 mM, conteniendo NaCl 20 mM y CaCl<sub>2</sub> 0.1 mM). La temperatura de reacción fue de 28°C y el tiempo de reacción fue de 10 minutos, al final de los cuales se adicionó 1 ml de la solución de agente de color (ácido dinitrosalicílico al 1%, conteniendo tartrato de sodio y potasio al 30% en NaOH 0.5M). Los tubos fueron colocados en un baño de agua a temperatura de ebullición por un periodo de 10 minutos para el desarrollo de color. La absorbancia fue leída a 546 nm en un espectrofotómetro UV/Vis Shimadzu UV-12015, en celdas de cuarzo de paso de luz de 1 cm (Thomas Spectrometer cell, 6Q).

Para la cuantificación de azúcares reductores como equivalentes de maltosa, se empleó una curva estándar de maltosa utilizando una solución 10 mM de maltosa monohidratada. La selección de la alícuota de los extractos enzimáticos fue en base en la pérdida de la linealidad de la curva. Una unidad de actividad enzimática (UA) se definió como la cantidad de proteína en la solución enzimática que produce 1  $\mu$ M de maltosa/min bajo las condiciones de ensayo. Los ensayos fueron realizados por duplicado y al menos con 3 repeticiones.

La cuantificación de proteína en los extractos enzimáticos de *R. dominica* y fracciones cromatográficas se determinó de acuerdo al método de Bradford (1972) el cual se basa en un cambio en el espectro de color del colorante azul de Coomassie G-250 al unirse a las proteínas. Este colorante se une vía interacción electrostática a residuos de arginina, histidina, lisina, tirosina, triptófano y fenilalanina. Este método tiene una sensibilidad hasta de 1  $\mu$ g de proteína y presenta una baja interferencia ante la presencia de agentes químicos. El procedimiento de determinación de proteína consistió en combinar alícuotas de 50  $\mu$ l de solución proteica con 1 ml de reactivo comercial de Bradford. Se dejó reposar por 15 min antes de tomar la lectura de absorbancia a 650 nm. Se utilizó albúmina de suero bovino como estándar.

#### **Actividad enzimática amilolítica**

La determinación de actividad proteolítica se realizó de acuerdo al procedimiento descrito por Kakade *et al* (1974) con modificación. El procedimiento consistió para la actividad proteolítica de los extractos crudos, fracciones

cromatográficas y ensayos enzimáticos fueron determinadas usando. Protease N- $\alpha$ -benzoyl-DL-arginine *p*-nitroanilide (BApNA) como sustrato (Hosseinaveh y col., 2007). Se utilizaron 75  $\mu$ l de extracto proteolítico los cuales fueron combinados con 325  $\mu$ l de buffer de fosfato 100 mM, pH 8. La reacción dio inicio al agregar 200  $\mu$ l de BApNA 1 mM, esta solución se incubo por 10 minutos a 37 °C, finalizo al adicionar 150  $\mu$ l de ácido acético al 30%. La liberación de *p*-nitroanilina por la acción de la enzima sobre el sustrato BApNA fue medida en un espectrofotómetro a 410 nm. Una unidad de actividad proteolítica se definió como un cambio de 0.01 unidades en la absorbancia con respecto al blanco. La actividad específica se determino dividiendo las unidades de actividad entre el contenido de proteína presente en la alícuota de 75  $\mu$ l de extracto proteolítico utilizado para el ensayo.

### **Efecto de los AE sobre la Calidad del Trigo**

#### **Porcentaje de Germinación del Trigo**

Se llevaron a cabo las pruebas de germinación siguiendo la metodología del International Seed Testing Association (ISTA) 1999, usando una muestra representativa de 100 granos de trigo de los 60 gramos que estuvo expuesto a los insectos y aceite esencial en los tubos, parte de esta prueba determina el porcentaje del total de semillas que se colocaron en una germinadora marca Cleland International Inc. Serial 1-S1-110-64 modelo 10000 TAAT, bajo condiciones controladas de una temperatura de 20°C y una humedad relativa del 90% por 9 días.

Al mismo tiempo se realizó pruebas de germinación con trigo tratadas con diferentes concentraciones y tiempos de exposición (0, 5, 10 y 15  $\mu$ l a 24, 48 y 72 horas) de aceite esencial de *E.globulus* y *E.camaldulensis* y se evaluó el porcentaje de germinación.

### **Porcentaje de Vigor en el Trigo**

Para el vigor se toma una muestra representativa de 5 plántulas al azar evaluando peso y tamaño de plántula además de número de raíces, tamaño de tallo.

### **Diseño Experimental**

Para este experimento se utilizó un diseño factorial para dos aceites, y dos tipos de insectos a cuatro concentraciones (0, 5, 10 y 15  $\mu$ L) con tres tiempos de exposición (24, 48 y 72 hrs) teniendo 3 repeticiones respectivamente. Las variables respuestas a medir fueron: porcentaje de mortalidad, emergencia y su actividad enzimática amilolítica y proteolítica, porcentaje de germinación y vigor.

### **Análisis Experimental**

Con los datos obtenidos se analizaron con el paquete estadístico JMP versión 8, Se efectuó análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia de  $P < 0.05$ . Para analizar si el aceite esencial tienen efecto insecticida sobre las especies *R. dominica* y *T. castaneum*.

Para la fase de evaluación del efecto del aceite esencial sobre el porcentaje de germinación se uso con el paquete estadístico JMP versión 8, se realizó un análisis ANOVA con nivel de significancia de  $P < 0.05$ , para determinar si había diferencia significativa en la comparación de medias de la prueba de vigor en el grano trigo germinado con exposición al aceite esencial e insectos con respecto al grano trigo germinado con exposición solamente al aceite esencial.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### **Porcentaje de Mortalidad de *R. dominica* con aceite esencial *E. globulus***

El porcentaje de mortalidad de *R. dominica* por la actividad del aceite esencial de *E. globulus* presentó una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ), entre la concentración 0 con respecto a 5, 10 y 15  $\mu\text{l}$ , con respecto a los tiempos de exposición 24, 48 y 72 horas no hay diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) (Tabla 4).

A las 24 horas a 5  $\mu\text{l}$  de aceite esencial *E. globulus* presento mortalidad del 98%, y su aumento fue de acuerdo al tiempo de exposición como al incremento de concentración del aceite esencial, la particularidad de este experimento de saturar el ambiente mediante concentraciones de aceite esencial se utilizó una esponja de poliuretano, evitando el contacto directo del aceite con los insectos y el grano de trigo, resultó ser efectivo ya que generó toxicidad a través de las vías respiratorias del insecto (espiráculos). Lo anterior puede ser posible debido a los componentes presentes en el aceite esencial de *E. globulus* como una pesticida natural en el control de *R. dominica* (Batish *et al.*, 2008; Ebadollahi *et al.*, 2010).

### **Porcentaje de Mortalidad de *R. dominica* con aceite esencial *E. camaldulensis***

La mortalidad que provoco el aceite esencial de *E. camaldulensis* al insecto *R. dominica* presentó una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ), entre la concentración 0 con respecto a 5, 10 y 15  $\mu\text{l}$  y diferentes tiempos de exposición 24, 48 y 72 horas (Tabla 4).

El porcentaje de mortalidad a las 24 horas a 15  $\mu$ l de aceite esencial *E. camaldulensis* presento mortalidad del 25.7 %, y su aumento fue acorde al tiempo de exposición y concentración del aceite esencial, mientras que el porcentaje de mortalidad del insecto a 15  $\mu$ l a las 72 horas fue 31 % (Tabla 4), por todo lo anterior el insecto *R. dominica* es sensible al aceite esencial *E. camaldulensis* provocando su toxicidad y su muerte debido a las concentraciones, y diferentes componentes que posee el aceite esencial de *E. camaldulensis*, ya que la cantidad y tipo de componente varia acorde la edad de la planta, estación de recolecta y sitio de recolecta (Cox, 2002; Siramon *et al.*, 2007; Batish *et al.*, 2008; Zhang *et al.*, 2010).

Tabla 4. Porcentaje de mortalidad de *Rhyzopertha dominica* (F.) con los aceites esenciales de *Eucalyptus globulus* (L.) y *Eucalyptus camaldulensis* (D.)

Concentración ( $\mu$ l)	<i>E. globulus</i>			<i>E. camaldulensis</i>		
	Tiempo (h)			Tiempo (h)		
	24	48	72	24	48	72
0	0 <sup>(a)B</sup>	0 <sup>(a)B</sup>	0 <sup>(a)B</sup>	0 <sup>(a)C</sup>	0 <sup>(a)C</sup>	0 <sup>(a)C</sup>
5	98.3 $\pm$ 0.6 <sup>(a)A</sup>	100 <sup>(a)A</sup>	100 <sup>(a)A</sup>	8.3 $\pm$ 0.6 <sup>(b)B</sup>	11.7 $\pm$ 1.2 <sup>(b)B</sup>	21.7 $\pm$ 0.6 <sup>(a)B</sup>
10	100 <sup>(a)A</sup>	100 <sup>(a)A</sup>	100 <sup>(a)A</sup>	13.3 $\pm$ 0.6 <sup>(b)B</sup>	20.0 $\pm$ 1.0 <sup>(ab)A</sup>	23.3 $\pm$ 1.5 <sup>(a)B</sup>
15	100 <sup>(a)A</sup>	100 <sup>(a)A</sup>	100 <sup>(a)A</sup>	25.0 $\pm$ 1.0 <sup>(a)A</sup>	26.7 $\pm$ 0.6 <sup>(a)A</sup>	31.7 $\pm$ 1.2 <sup>(a)A</sup>

Valores con letra diferente en minúscula en paréntesis en una fila son diferentes significativamente (alpha 0.05)

Valores con letra diferentes en mayúscula en una columna son diferentes significativamente (alpha 0.05)

Los resultados se expresan en porciento de mortalidad

### **Porcentaje de Mortalidad de *T. castaneum* con aceite esencial *E. globulus***

El porcentaje de mortalidad de *T. castaneum* con el aceite de *E. globulus* indica diferencia significativa ( $p < 0.05$ ), entre la concentración 0  $\mu\text{l}$  con respecto a 5, 10 y 15  $\mu\text{l}$  en los tres tiempos de exposición 24, 48 y 72 horas (Tabla 5).

Sin embargo no se encontró diferencia significativa entre los tiempos de exposición 24, 48 y 72 horas pero si entre concentraciones 5, 10 y 15  $\mu\text{l}$  y con respecto a los tiempos mostro no tener una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ). El mayor porcentaje de mortalidad (36.7) fue en la concentración de 15  $\mu\text{l}$  a las 72 horas (Tabla 5).

### **Porcentaje de Mortalidad de *T. castaneum* con aceite esencial *E.***

#### ***camaldulensis***

La mortalidad obtenida del insecto *T. castaneum* con aceite esencial de *E. camaldulensis* presentó una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ), en las concentración 0  $\mu\text{l}$  con respecto a 5, 10 y 15  $\mu\text{l}$  de aceite en los tres tiempos de exposición 24, 48 y 72 horas (Tabla 5). La concentración de 5  $\mu\text{l}$  a las 24 horas mostro una diferencia significativa con respecto a la de 15 en el mismo tiempo de exposición ( $p < 0.05$ ). La concentración de 15  $\mu\text{l}$  a las 24 horas no presento diferencia significativa en comparación con de 15  $\mu\text{l}$  de 72 horas (Tabla 5). Los resultados concuerdan con Negahban y Moharramipour, 2007 y Lee *et al.*, 2004 que *T. castaneum* posee mayor resistencia que *R. dominica* a los compuestos activos de este género *Eucalyptus*. Sin embargo se conoce que los insectos cuentan una protección por enzimas que ayudan a tolerar a diferentes compuestos químicos (Guedes y Dover, 1997; Guedes *et al.*, 1998; Silva *et al.*, 2010).

Tabla 5. Porcentaje de mortalidad de *Tribolium castaneum* (H.) con aceites esenciales de *Eucalyptus globulus* (L.) y *Eucalyptus camaldulensis* (D.)

Concentración ( $\mu$ l)	<i>E. globulus</i>			<i>E. camaldulensis</i>		
	Tiempo (h)			Tiempo (h)		
	24	48	72	24	48	72
0	0 <sup>(a)C</sup>	0 <sup>(a)C</sup>	0 <sup>(a)C</sup>	0 <sup>(a)B</sup>	0 <sup>(a)C</sup>	0 <sup>(a)C</sup>
5	6.7 $\pm$ 0.2 <sup>(a)B</sup>	10.0 $\pm$ 1.0 <sup>(a)BC</sup>	15.0 $\pm$ 0.0 <sup>(a)B</sup>	1.7 $\pm$ 0.6 <sup>(b)B</sup>	10.0 $\pm$ 1.0 <sup>(b)BC</sup>	11.7 $\pm$ 1.7 <sup>(a)B</sup>
10	26.7 $\pm$ 1.5 <sup>(a)A</sup>	21.7 $\pm$ 3.2 <sup>(a)B</sup>	26.7 $\pm$ 1.5 <sup>(a)AB</sup>	15.0 $\pm$ 1.0 <sup>(a)A</sup>	10.0 $\pm$ 0.6 <sup>(a)B</sup>	18.3 $\pm$ 0.6 <sup>(a)B</sup>
15	36.7 $\pm$ 2.1 <sup>(a)A</sup>	40.0 $\pm$ 1.7 <sup>(a)A</sup>	36.7 $\pm$ 2.1 <sup>(a)A</sup>	20.0 $\pm$ 1.0 <sup>(a)A</sup>	25.0 $\pm$ 1.0 <sup>(a)A</sup>	28.3 $\pm$ 1.5 <sup>(a)A</sup>

Valores con letra diferente en minúscula en paréntesis en una fila son diferentes significativamente (alpha 0.05)

Valores con letra diferentes en mayúscula en una columna son diferentes significativamente (alpha 0.05)

Los resultados se expresan en porciento de mortalidad

**Resultados de las concentraciones letales CL<sub>50</sub> y CL<sub>99</sub> para *R. dominica* con el aceite esencial *E. globulus***

En la (Tabla 6) se muestra la concentración letal máxima (CL<sub>99</sub>) de 6±0.40 µl de aceite esencial de *E.globulus* en comparación con otro trabajo publicado (Ebadollahi *et al*, 2010), se observó que es menor esta concentración con respecto a lo reportado donde CL<sub>95</sub> es de 52.43±4.23 µl con aceite esencial de *E.globulus* a las 24 horas. Sin embargo conforme aumenta el tiempo de exposición disminuye las concentraciones letales, el comportamiento del aceite que se trabajó en esta investigación fue similar ya que con el aumento del tiempo en su exposición disminuye la concentraciones letales CL<sub>99</sub> y CL<sub>50</sub>.

**Resultado de las concentraciones letales CL<sub>50</sub> y CL<sub>99</sub> para *R. dominica* con el aceite esencial *E. camaldulensis***

Para *Rhyzopertha dominica* (F.) con el aceite esencial de *E. camaldulensis* (Dehnh.) a las 24, 48 y 72 horas de exposición se observó que la CL<sub>99</sub> a las 24 horas fue de 55±3.05 µl de aceite esencial, comparado este valor con el obtenido del aceite esencial de *E.globulus*, se observo un aumento en la concentración, también se observó que al aumentar el tiempo de exposición disminuye la concentración del aceite esencial (Tabla 6). En comparación con otros trabajos (Lee *et al.*, 2004) reporto CL<sub>95</sub> de 18.6 µl a las 24 horas de aceite esencial de *Eucalyptus blakelyi* con un 56.92% de 1,8 Cineole en el aceite, como también se estimo CL<sub>95</sub> de 30.4 µl a las 24 horas de 1,8 Cineole. Lo anterior sugiere que entre las especies de *Eucalyptus* exististe una variación en cuanto a cantidad y contenido de compuesto metabólicos.

Tabla 6. Concentraciones letales CL<sub>50</sub> y CL<sub>99</sub> calculadas para la mortalidad de *Rhyzopertha dominica* por los aceites esenciales de *Eucalyptus globulus* (L.) y *Eucalyptus camaldulensis* (D.)

Parámetros	<i>E. globulus</i>			<i>E. camaldulensis</i>		
	Tiempo (h)			Tiempo (h)		
	24	48	72	24	48	72
CL <sub>50</sub>	3.0 ± 0.51	2.5 ± 0.19	2.0 ± 0.65	27 ± 3.53	23 ± 2.95	20 ± 2.80
CL <sub>99</sub>	6 ± 0.40	5 ± 0.42	4 ± 0.37	55 ± 3.05	46 ± 3.10	40 ± 3.03

CL<sub>50</sub> y CL<sub>99</sub> se expresa en µl de aceite esencial

**Resultado de las concentraciones letales CL<sub>50</sub> y CL<sub>99</sub> para *T. castaneum* de aceite esencial *E. globulus***

Las estimaciones por el programa NCSS versión 2007 probit analysis para *T. castaneum* fue de CL<sub>99</sub> de 49±2.05 µl de aceite esencial a las 24 horas de exposición, además se observó que conforme aumenta el tiempo de exposición disminuye la concentración del aceite esencial (Tabla 7). En comparación con otros autores (Lee *et al.*, 2004) se reportó CL<sub>95</sub> de 19.6 µl de *E. blakelyi* y CL<sub>95</sub> de 21.0 µl de 1, 8 Cineole, se reafirma que las composiciones de los aceites esenciales varía por cada especie y su contenido al igual que el porcentaje de mortalidad y las concentraciones letales para cada especie de insecto (Close *et al.*, 2005; Isman, 2006).

**Resultado de las concentraciones letales CL<sub>50</sub> y CL<sub>99</sub> de aceite esencial *E.***

***camaldulensis* para *T. castaneum***

La concentración letal CL<sub>99</sub> para insecto *T. castaneum* con el aceite esencial de *E. camaldulensis* a las 24 es de 67±3.05 µl, y de igual forma que se había reportado anteriormente a mayor tiempo de exposición disminuyó la concentración de aceite esencial que se utilizó (Tabla 7). Entre ambos aceites esenciales utilizados (*E. globulus* y *E. camaldulensis*) se observó diferencias en las concentraciones utilizadas a pesar de ser la misma especie de insecto, lo anterior reafirma que depende de la muestra vegetal para determinar la cantidad y los componentes que estén presentes en los aceites esenciales en la mortalidad del insecto (Zhang *et al.*, 2010; Ohara *et al.*, 2010; Siramon Y Ohtani, 2007).

Tabla 7. Concentraciones letales CL<sub>50</sub> y CL<sub>99</sub> calculadas para la mortalidad de *Tribolium castaneum* por aceites esenciales de *Eucalyptus globulus* (L.) y *Eucalyptus camaldulensis* (D.)

Parámetros	<i>E. globulus</i>			<i>E. camaldulensis</i>		
	Tiempo (h)			Tiempo (h)		
	24	48	72	24	48	72
CL <sub>50</sub>	24 ± 1.55	22 ± 1.58	18 ± 1.50	33.5 ± 2.50	30.5 ± 1.95	25 ± 1.80
CL <sub>99</sub>	49 ± 2.05	45 ± 2.10	37 ± 2.03	67 ± 3.05	61 ± 3.15	50 ± 3.03

CL<sub>50</sub> y CL<sub>99</sub> se expresa en µl de aceite esencial

### **Emergencia de *R. dominica* y *T. castaneum***

La progenie F<sub>1</sub> para *R. dominica* emerge después de haber completado el ciclo biológico del insecto (33 días), mientras que en *T. castaneum* no ocurrió lo mismo, esto es debido a que no se utilizó la técnica adecuada para elaborar el cultivo para el insecto (harina, granos quebrados o dañados y avena) que el insecto requiere para ovipositar (Negahban y Moharramipour, 2007).

### **Emergencia de *R. dominica* en grano tratado con *E. globulus***

La cantidad de insectos emergidos mostró una disminución a mayor concentración teniendo diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), entre la concentración 0  $\mu\text{l}$  con respecto 5, 10 y 15  $\mu\text{l}$  de aceite a las 24, 48 y 72 horas de exposición. Se observó diferencias significativas cuando aumentaba el tiempo de exposición a 48 y 72 horas con respecto a las 24 horas en las cuatro concentraciones 0, 5, 10 y 15  $\mu\text{l}$  de aceite (Tabla 8).

En la oviposición se tiene reporte que con el uso del aceite *E. globulus* tiende a disminuir el porcentaje de insectos emergidos específicamente cuando se asperjó directamente al grano, mientras que técnica utilizada en esta investigación por saturación del medio ambiente sin tener contacto el aceite con el grano e insectos disminuyó la emergencia en con diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). Se reportó que impregnando al grano con el aceite esencial de *Eucalyptus* endurece la capa externa del huevecillo y evita su desarrollo por la falta de oxígeno (Batish *et al*, 2008).

Tabla 8. Emergencia de la generación (F<sub>1</sub>) de *Rhyzopertha dominica* (F.) de los aceites esenciales *Eucalyptus globulus* (L.) y *Eucalyptus camaldulensis* (D.)

*Concentración	<i>E. globulus</i>			<i>E. camaldulensis</i>		
	Tiempo (h)			Tiempo (h)		
	24	48	72	24	48	72
0	32.66±2.51 <sup>(a)A</sup>	34.33±3.78 <sup>(a)A</sup>	32.00±2.00 <sup>(a)A</sup>	31.33 ±2.30 <sup>(a)A</sup>	31.66±3.21 <sup>(a)A</sup>	30.00±1.00 <sup>(a)A</sup>
5	26.66±2.51 <sup>(a)B</sup>	25.00±1.0 <sup>(a)B</sup>	1.66±1.52 <sup>(b)B</sup>	27.33±5.50 <sup>(a)AB</sup>	29.33±1.52 <sup>(a)AB</sup>	26.33±2.51 <sup>(a)A</sup>
10	22.33±2.088 <sup>(a)C</sup>	22.33±0.57 <sup>(a)B</sup>	0 <sup>(b)B</sup>	22.00±4.35 <sup>(a)BC</sup>	22.00±3.46 <sup>(a)BC</sup>	24.33±2.51 <sup>(a)A</sup>
15	20.00±1.73 <sup>(a)C</sup>	14.00±1.73 <sup>(b)C</sup>	0 <sup>(c)B</sup>	15.66±6.55 <sup>(b)C</sup>	14.00±7.55 <sup>(b)C</sup>	29.33±5.03 <sup>(a)A</sup>

Valores con letra diferente en minúscula en paréntesis en una fila son diferentes significativamente (alpha 0.05)

Valores con letra diferentes en mayúscula en una columna son diferentes significativamente (alpha 0.05)

\*Concentraciones en µl de aceite esencial que fue expuesto el grano de trigo y el insecto

### **Emergencia de *R. dominica* en grano tratado con *E. camaldulensis***

Se observó que hay diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) a las 24 horas de exposición en las concentraciones 5, 10 y 15  $\mu\text{l}$  con respecto a 0  $\mu\text{l}$  aceite esencial, se mostró que al incrementar la concentración hay una disminución en la emergencia de la nueva progenie ( $F_1$ ), solo exceptuando a las 72 horas de exposición que no tuvo una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) en las concentraciones 0, 5, 10 y 15  $\mu\text{l}$  (Tabla 8).

Entre ambos aceites *E.globulus* y *E.camaldulensis* se observó un comportamiento similar donde el tiempo de exposición no presenta una afectación en la emergencia, sin embargo en las concentraciones 0, 5, 10 y 15  $\mu\text{l}$  a las 24 y 48 horas presentan diferencia significativas ( $p < 0.05$ ) (Tabla 8).

### **Actividad enzimática amilolítica**

Para la progenie  $F_1$  de *Rhyzopertha dominica* (F.) tratados con aceite esencial *Eucalyptus globulus* (L.) mostró una actividad amilolítica con diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) en las concentraciones 0, 5, 10 y 15  $\mu\text{l}$  de aceite a las 24 de horas de exposición (Tabla 9).

La actividad amilolítica con *E. globulus* mostró que a los tiempos de exposición 24, 48 horas de exposición hay diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) Tabla 9, sin embargo para las concentraciones 5, 10 y 15  $\mu\text{l}$  a las 72 horas no presento emergencia y no se realizo la actividad enzimática (Tabla 9).

Para el aceite esencial *E. camaldulensis* hay diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en las concentraciones 0, 5, 10 y 15  $\mu\text{l}$  de aceite a las 24 de horas de exposición y

también a los tiempos de exposición 24, 48 y 72 horas de exposición hay diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) Tabla 9.

La actividad amilolítica del aceite esencial *E. globulus* a las 48 horas se observó en comparación con 24 y 72 horas un incremento en los valores (Tabla 9).

y *E. camaldulensis* se observó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre las concentraciones 0, 5, 10 y 15  $\mu\text{l}$  de aceite a las 48 horas mostro la actividad con respecto a la concentración 0  $\mu\text{l}$  de aceite esencial (Tabla 9).

Se reportó que los cambios enzimáticos por parte de la nueva progenie afectada por un estrés provocado estrés de compuestos químicos (Fumigantes) tiene un costo metabólico para la adaptación y resistencia al compuesto (Guedes y Dover, 1997; Guedes *et al.*, 1998; Schlipalius *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2010).

Tabla 9. Actividad amilolítica de la progenie F<sub>1</sub> de *Rhyzopertha dominica* emergida de muestras de trigo tratadas con diferentes concentraciones de aceites esenciales de *Eucalyptus globulus* (L.) y *Eucalyptus camaldulensis* (D.)

Concentración	<i>E. globulus</i>			<i>E. camaldulensis</i>		
	Tiempo (h)			Tiempo (h)		
	24	48	72	24	48	72
0	342.4±12.2 <sup>(c)B</sup>	468.4±17.3 <sup>(b)C</sup>	530.24±13.6 <sup>(a)A</sup>	126.99±21.3 <sup>(c)D</sup>	2602.6±83.2 <sup>(a)A</sup>	335.1±04.8 <sup>(b)C</sup>
5	512.3±29.8 <sup>(b)A</sup>	769.2±21.7 <sup>(a)B</sup>	0 <sup>(c)B</sup>	235.93±39.0 <sup>(b)C</sup>	227.8±10.6 <sup>(b)C</sup>	588.7±67.6 <sup>(a)B</sup>
10	372.5±23.7 <sup>(b)B</sup>	768.4±14.9 <sup>(a)B</sup>	0 <sup>(c)B</sup>	553.82±43.7 <sup>(b)A</sup>	682.2±50.0 <sup>(a)B</sup>	79.0±16.8 <sup>(c)D</sup>
15	239.1±13.4 <sup>(b)C</sup>	824.5±21.3 <sup>(a)A</sup>	0 <sup>(c)B</sup>	416.42±30.5 <sup>(c)B</sup>	749.7±11.1 <sup>(b)B</sup>	1197.7±54.8 <sup>(a)A</sup>

Valores con letra diferente en minúscula en paréntesis en una fila son diferentes significativamente (alpha 0.05)

Valores con letra diferentes en mayúscula en una columna son diferentes significativamente (alpha 0.05)

La actividad amilolítica esta expresada como actividad específica (unidades de actividad /mg proteína)

### Actividad enzimática proteolítica

Para la nueva progenie ( $F_1$ ) de *R. dominica* tratados con aceite esencial *E. globulus* mostró una actividad proteolítica con diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) en las concentraciones 0, 5, 10 y 15  $\mu\text{l}$  de aceite a las 24 de horas de exposición Tabla 10.

Continuando la actividad proteolítica del *R. dominica* con el aceite *E. globulus* mostró que a los tiempos de exposición 24, 48 horas de exposición hay diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) Tabla 10, sin embargo para las concentraciones 5, 10 y 15  $\mu\text{l}$  a las 72 horas no presento emergencia y no se realizó la actividad enzimática.

Hay diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en las concentraciones 0, 5, 10 y 15  $\mu\text{l}$  de aceite esencial *E. camaldulensis* a las 24 de horas de exposición.

También a los tiempos de exposición 24, 48 y 72 horas de exposición hay diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) Tabla 10.

En ambos aceites la actividad amilolítica a las 48 horas mostró mayor cambios en la actividad con respecto al control concentración 0  $\mu\text{l}$  (Tabla 10).

Tabla 10. Actividad proteolítica de extractos de la nueva progenie F1 de *Rhyzopertha dominica* (F.) de los tratamientos con aceites esenciales *Eucalyptus globulus* (L.) y *Eucalyptus camaldulensis* (D.)

Concentración	<i>Eucalyptus globulus</i> (L.)			<i>Eucalyptus camaldulensis</i> (D.)		
	Tiempo (h)			Tiempo (h)		
	24	48	72	24	48	72
0	72.5±8.72 <sup>(a)A</sup>	74.3±11.39 <sup>(a)B</sup>	62.8±6.70 <sup>(a)A</sup>	63.6±10.91 <sup>(b)BC</sup>	79.7±4.83 <sup>(a)D</sup>	70.4±0.16 <sup>(ab)D</sup>
5	45.7±4.84 <sup>(b)C</sup>	103.7±4.95 <sup>(c)A</sup>	0 <sup>(c)B</sup>	67.96±6.72 <sup>(b)B</sup>	105.7±3.81 <sup>(c)C</sup>	34.4±1.23 <sup>(a)C</sup>
10	69.8±4.84 <sup>(a)A</sup>	74.2±6.32 <sup>(a)B</sup>	0 <sup>(b)B</sup>	83.21±0.73 <sup>(b)A</sup>	149.4±2.55 <sup>(a)A</sup>	80.9±10.8 <sup>(b)A</sup>
15	58.0±4.68 <sup>(b)B</sup>	106.3±6.1 <sup>(a)A</sup>	0 <sup>(c)B</sup>	51.56±3.82 <sup>(c)C</sup>	122.0±9.86 <sup>(a)B</sup>	80.2±4.77 <sup>(b)B</sup>

Valores con letra diferente en minúscula en paréntesis en una fila son diferentes significativamente (alpha 0.05)

Valores con letra diferentes en mayúscula en una columna son diferentes significativamente (alpha 0.05)

La actividad amilolítica esta expresada como actividad específica (unidades de actividad /mg proteína)

### Porcentaje de Germinación del Trigo

La germinación del grano de trigo con el aceite esencial de *E. globulus* y los insectos *R.dominica* y *T.castaneum* fue mayor del 95 % en general, Aunque solo un caso fue del 94 % en la concentración de 15  $\mu$ l a 48 horas de exposición, se reportó que a las 72 horas en las diferentes concentraciones presento mejores porcentajes de germinación (Tabla 11).

Con respecto al aceite esencial *E.globulus* sin insectos mostro una germinación mayor del 98 % de germinación exceptuando la concentración de 5  $\mu$ l a 48 horas de exposición que fue de 96 % (Tabla 11).

La germinación del grano de trigo con el aceite esencial de *E. camaldulensis* y los insectos *R.dominica* y *T.castaneum* fue mayor del 86 % de germinación, además a las 48 de exposición presento mayor cantidad de semillas no germinadas, esto puede deberse al ataque de los insecto al grano (Tabla 13).

La germinación del grano de trigo con el aceite esencial de *Eucalyptus camaldulensis* fue mayor del 98 %.

Tabla 11. Porcentaje de germinación de los granos de trigo expuestos a los aceites esenciales *Eucalyptus globulus* (L.) y *Eucalyptus camaldulensis* (D.) con los insectos *Rhyzopertha dominica* (F.) y *Tribolium castaneum* (H.)

Tratamientos al grano de trigo	Tiempo (h)											
	24				48				72			
	Concentraciones de aceite ( $\mu$ l)											
	0	5	10	15	0	5	10	15	0	5	10	15
<i>E. globulus</i> con <i>R.dominica</i> y <i>T.castaneum</i>	100	99	98	99	100	99	99	98	100	99	99	98
<i>E.globulus</i>	100	100	98	100	100	98	99	99	100	100	100	100
<i>E. camaldulensis</i> con <i>R.dominica</i> y <i>T.castaneum</i>	100	97	96	97	100	91	96	92	100	98	97	100
<i>E. camaldulensis</i>	100	100	100	100	100	98	100	99	100	100	100	100

### Comparación de Medias del Vigor en el Trigo Germinado

La comparación de medias del vigor en el trigo germinado de 8 días con el aceite esencial de *E. globulus* y los insectos *R.dominica* y *T.castaneum* se observó en el peso de la plántula que hay diferencia significativa ( $p<0.05$ ) entre la concentración 0  $\mu\text{l}$  con respecto 5, 10, 15  $\mu\text{l}$  de aceite esencial, con respecto al tiempo se mostro diferencia significativa ( $p<0.05$ ) entre la misma concentración a diferentes tiempo de exposición (Tabla 12). La comparación de medias con *E. globulus* sin insectos se observó la concentración 0  $\mu\text{l}$  con respecto 5, 10, 15  $\mu\text{l}$  de aceite esencial hay diferencia significativa ( $p<0.05$ ), y con respecto al tiempo se mostro que la misma concentración a diferentes tiempo de exposición hay diferencia significativa ( $p<0.05$ ) (Tabla 12).

El aceite esencial de *E. camaldulensis* con los insectos *R.dominica* y *T.castaneum* mostró diferencia significativa ( $p<0.05$ ) entre la concentración 0  $\mu\text{l}$  con respecto 5, 10, 15  $\mu\text{l}$  de aceite esencial, sin embargo en los diferentes tiempos de exposición 24, 48 y 72 horas no se observó diferencia significativa ( $p<0.05$ ) en la concentración de 0 y 15  $\mu\text{l}$  de aceite e insectos, pero las concentración 5 y 10  $\mu\text{l}$  hay diferencia significativa ( $p<0.05$ ) (Tabla 12).

En relación con los tratamientos se observó que el grano germinado con aceite esencial de *E.globulus* y *E.camaldulensis* sin insecto respectivamente mostró en ambos un incremento de peso en la concentración 0  $\mu\text{l}$  con respecto a las concentración 5, 10 y 15  $\mu\text{l}$  de aceite esencial en los tiempos de exposición de 24, 48 y 72 horas (Tabla 12).

Tabla 12. Comparación de medias del peso de la plántula germinada del grano de trigo tratada con aceites esenciales de *Eucalyptus globulus* (L.) y *Eucalyptus camaldulensis* (D.) con los insectos *Rhyzopertha dominica* (F.) y *Tribolium castaneum* (H.) y sin insectos.

Tratamientos al grano de trigo	Tiempo (h)											
	24				48				72			
	Concentración de aceite esencial <i>Eucalyptus globulus</i> (μl)											
	0	5	10	15	0	5	10	15	0	5	10	15
<i>E.globulus</i> con insectos	0.190±0.10 <sup>(b)B</sup>	0.139±0.023 <sup>(c)B</sup>	0.164±0.017 <sup>(a)AB</sup>	0.138±0.014 <sup>(a)A</sup>	0.350±0.111 <sup>(a)A</sup>	0.265±0.036 <sup>(b)B</sup>	0.245±0.039 <sup>(a)B</sup>	0.182±0.039 <sup>(a)B</sup>	0.247±0.028 <sup>(ab)A</sup>	0.242±0.045 <sup>(a)A</sup>	0.200±0.058 <sup>(a)A</sup>	0.242±0.056 <sup>(a)A</sup>
<i>E.globulus</i>	0.183±0.128 <sup>(a)B</sup>	0.198±0.013 <sup>(b)AB</sup>	0.224±0.391 <sup>(a)AB</sup>	0.286±0.661 <sup>(a)A</sup>	0.345±0.101 <sup>(a)A</sup>	0.212±0.231 <sup>(b)B</sup>	0.249±0.105 <sup>(a)B</sup>	0.264±0.403 <sup>(a)B</sup>	0.287±0.298 <sup>(ab)A</sup>	0.361±0.903 <sup>(a)A</sup>	0.320±0.079 <sup>(a)A</sup>	0.292±0.072 <sup>(a)A</sup>
<i>E.camaldulensis</i> con insectos	0.190±0.10 <sup>(b)B</sup>	0.139±0.023 <sup>(b)B</sup>	0.164±0.017 <sup>(b)AB</sup>	0.138±0.014 <sup>(b)A</sup>	0.350±0.111 <sup>(a)A</sup>	0.265±0.036 <sup>(a)B</sup>	0.245±0.039 <sup>(a)B</sup>	0.182±0.039 <sup>(b)B</sup>	0.247±0.028 <sup>(ab)A</sup>	0.242±0.045 <sup>(a)A</sup>	0.200±0.058 <sup>(ab)A</sup>	0.242±0.056 <sup>(a)A</sup>
<i>E.camaldulensis</i>	0.190±0.10 <sup>(b)B</sup>	0.218±0.0213 <sup>(b)AB</sup>	0.237±0.091 <sup>(a)AB</sup>	0.296±0.066 <sup>(a)A</sup>	0.350±0.111 <sup>(a)A</sup>	0.222±0.023 <sup>(b)B</sup>	0.241±0.015 <sup>(a)B</sup>	0.252±0.043 <sup>(a)B</sup>	0.247±0.028 <sup>(ab)A</sup>	0.301±0.043 <sup>(a)A</sup>	0.320±0.099 <sup>(a)A</sup>	0.298±0.022 <sup>(a)A</sup>

Valores con letra diferente en minúscula en paréntesis en una fila son diferentes significativamente (alpha 0.05) misma concentración en diferentes tiempos

Valores con letra diferentes en mayúsculas en una columna son diferentes significativamente (alpha 0.05) diferentes concentraciones mismo tiempo

El peso de la plántula esta expresada en gramos

Con respecto al grano germinado con aceite esencial de *E.globulus* y *E.camaldulensis* e insectos *R.dominica* y *T.castaneum* respectivamente presentó una disminución en ambos en la concentración 0  $\mu\text{l}$  con respecto a las concentraciones 5, 10 y 15  $\mu\text{l}$  de aceite esencial en los tiempos de exposición de 24, 48 y 72 horas (Tabla 12).

En el tamaño del tallo del grano de trigo germinado (plántula) con aceite esencial de *E.globulus* con *R.dominica* y *T.castaneum* mostro diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre la concentración de 0  $\mu\text{l}$  con respecto a la concentración de 15  $\mu\text{l}$  de aceite esencial en los tratamientos con insectos a las 24 y 48 horas de exposición. Se observó que no hay diferencia significativa en los tratamientos sin insectos (Tabla 13). Con respecto del grano de trigo germinado (plántula) con aceite esencial de *E.camaldulensis* con *R.dominica* y *T.castaneum* mostro diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre la concentración de 0  $\mu\text{l}$  con respecto a la concentración de 15  $\mu\text{l}$  de aceite esencial en los tratamientos con insectos a las 24 y 48 horas. Se observó que no hay diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) en la concentración 0, 5, 10 y 15  $\mu\text{l}$  de aceites esenciales de *E.camaldulensis* y *E.globulus* en el tiempo de exposición de 48 y 72 horas sin insectos (Tabla 13).

Tabla 13. Comparación de medias del tamaño del tallo de la plántula germinada del grano de trigo tratada con aceites esenciales de *Eucalyptus globulus* (L.) y *Eucalyptus camaldulensis* (D.) con insectos *R. dominica* y *T. castaneum* y sin insectos

Tratamientos al grano de trigo	Tiempo (h)											
	24				48				72			
	Concentración de aceite esencial <i>Eucalyptus globulus</i> ( $\mu$ l)											
	0	5	10	15	0	5	10	15	0	5	10	15
<i>E. globulus</i> con insectos	14.21±1.94 <sup>(a)A</sup>	13.84±1.95 <sup>(b)B</sup>	11.08±0.890 <sup>(b)B</sup>	10.06±2.97 <sup>(b)B</sup>	13.04±1.091 <sup>(a)A</sup>	11.02±0.014 <sup>(b)B</sup>	10.8±1.398 <sup>(b)B</sup>	9.01±4.01 <sup>(b)B</sup>	16.08±0.582 <sup>(a)A</sup>	16.06±0.820 <sup>(a)A</sup>	14.02±2.680 <sup>(a)A</sup>	13.64±0.028 <sup>(a)A</sup>
<i>E. globulus</i>	15.14±2.34 <sup>(a)AB</sup>	13.5±2.31 <sup>(a)A</sup>	14.82±2.06 <sup>(b)B</sup>	18.01±2.26 <sup>(b)A</sup>	17.34±1.201 <sup>(a)A</sup>	16.06±0.983 <sup>(a)A</sup>	17.30±1.015 <sup>(ab)A</sup>	17.62±2.202 <sup>(a)A</sup>	16.8±0.952 <sup>(a)A</sup>	16.1±1.773 <sup>(a)A</sup>	16.6±0.692 <sup>(a)A</sup>	16.4±1.477 <sup>(a)A</sup>
<i>E. camaldulensis</i> con insectos	15.14±2.34 <sup>(a)AB</sup>	11.44±1.795 <sup>(b)C</sup>	10.58±1.289 <sup>(b)B</sup>	9.16±1.197 <sup>(a)A</sup>	17.34±1.201 <sup>(a)A</sup>	10.62±2.204 <sup>(a)A</sup>	10.8±1.839 <sup>(ab)A</sup>	9.68±2.00 <sup>(a)A</sup>	16.28±0.952 <sup>(a)A</sup>	16.66±0.482 <sup>(a)A</sup>	14.82±2.368 <sup>(a)A</sup>	15.64±1.028 <sup>(a)A</sup>
<i>E. camaldulensis</i>	15.14±2.34 <sup>(a)AB</sup>	16.9±1.431 <sup>(a)A</sup>	14.52±1.07 <sup>(b)B</sup>	17.1±1.126 <sup>(a)A</sup>	17.34±1.201 <sup>(a)A</sup>	16.66±0.798 <sup>(a)A</sup>	15.22±2.199 <sup>(ab)A</sup>	17.62±2.602 <sup>(a)A</sup>	16.28±0.952 <sup>(a)A</sup>	16±1.773 <sup>(a)A</sup>	16.6±0.692 <sup>(a)A</sup>	16.04±1.477 <sup>(a)A</sup>

Valores con letra diferente en minúscula en paréntesis en una fila son diferentes significativamente (alpha 0.05) misma concentración en diferentes tiempos  
 Valores con letra diferentes en mayúsculas en una columna son diferentes significativamente (alpha 0.05) diferentes concentraciones mismo tiempo  
 El tamaño del tallo de la plántula esta expresada en cm

Para la comparación las raíces de la plántula del grano de trigo germinado con los tratamientos de aceites esenciales de *E. globulus* y *E.camaldulensis* con y sin insectos *R.dominica* y *T.castaneum* no mostró diferencia significativa ( $p<0.05$ ) en la concentración 0, 5 10 y 15  $\mu\text{l}$  de aceites esenciales con respecto el tiempo de exposición 24, 48 y 72 horas (Tabla 14).

Para el peso de la plántula del grano de trigo germinado con el tratamiento de aceite esencial de *E. globulus* con insectos *R.dominica* y *T.castaneum* no hay diferencia significativa ( $p<0.05$ ) en la concentración 0, 5, 10 y 15  $\mu\text{l}$  de aceite esencial en el tiempo de exposición de 24, 48 y 72 horas (Tabla 14). Sin embargo para el tratamiento de aceite esencial de *E. globulus* sin insectos hay diferencia significativa ( $p<0.05$ ) en la concentración 0  $\mu\text{l}$  con respecto a 10  $\mu\text{l}$  de aceite esencial en el tiempo de exposición de 48 (Tabla 14)

A las 72 horas de exposición los tratamientos no hay diferencia significativa ( $p<0.05$ ) los tratamientos de aceites esenciales de *E. globulus* y *E.camaldulensis* con y sin insectos *R.dominica* y *T.castaneum* respectivamente (Tabla 14).

Tabla 14. Comparación de medias de las raíces de la plántula germinada del grano de trigo tratada con aceite esencial de *E.globulus* y *E.camaldulensis* con insectos *R.dominica* y *T.castaneum* y sin insectos.

Tratamientos al grano de trigo	Tiempo (h)											
	24				48				72			
	Concentración de aceite esencial <i>Eucalyptus camaldulensis</i> D. ( $\mu$ l)											
	0	5	10	15	0	5	10	15	0	5	10	15
<i>E.globulus</i> con insectos	6 $\pm$ 0 <sup>(a)A</sup>	6 $\pm$ 0 <sup>(a)A</sup>	5.4 $\pm$ 0.894 <sup>(a)A</sup>	5.4 $\pm$ 0.894 <sup>(a)A</sup>	6 $\pm$ 0 <sup>(a)AB</sup>	6 $\pm$ 0 <sup>(a)A</sup>	5.6 $\pm$ 0.547 <sup>(a)AB</sup>	6 $\pm$ 0 <sup>(a)B</sup>	6 $\pm$ 0 <sup>(a)A</sup>	5.8 $\pm$ 0.447 <sup>(a)A</sup>	6 $\pm$ 0 <sup>(a)B</sup>	5.8 $\pm$ 0.447 <sup>(a)B</sup>
<i>E.globulus</i>	6 $\pm$ 0 <sup>(a)B</sup>	6 $\pm$ 0 <sup>(a)A</sup>	6 $\pm$ 0 <sup>(a)A</sup>	5.4 $\pm$ 0.547 <sup>(a)B</sup>	5.4 $\pm$ 0.547 <sup>(a)A</sup>	5 $\pm$ 0 <sup>(a)A</sup>	5 $\pm$ 0 <sup>(a)B</sup>	5.4 $\pm$ 0.547 <sup>(a)B</sup>	5.8 $\pm$ 0.447 <sup>(a)A</sup>	5 $\pm$ 0 <sup>(a)B</sup>	5 $\pm$ 0 <sup>(a)B</sup>	5 $\pm$ 0 <sup>(a)B</sup>
<i>E.camaldulensis</i> con insectos	5.2 $\pm$ 0.44 <sup>(a)B</sup>	6 $\pm$ 0 <sup>(a)A</sup>	5.4 $\pm$ 0.894 <sup>(a)A</sup>	5.4 $\pm$ 0.894 <sup>(a)B</sup>	5.4 $\pm$ 0.547 <sup>(a)A</sup>	6 $\pm$ 0 <sup>(a)B</sup>	5.6 $\pm$ 0.547 <sup>(a)B</sup>	5 $\pm$ 0.707 <sup>(a)B</sup>	5.8 $\pm$ 0.447 <sup>(a)A</sup>	5.8 $\pm$ 0.447 <sup>(a)B</sup>	5 $\pm$ 0 <sup>(a)B</sup>	5 $\pm$ 0 <sup>(a)B</sup>
<i>E.camaldulensis</i>	5.2 $\pm$ 0.44 <sup>(a)B</sup>	6 $\pm$ 0 <sup>(a)A</sup>	6 $\pm$ 0 <sup>(a)A</sup>	5.4 $\pm$ 0.547 <sup>(a)B</sup>	5.4 $\pm$ 0.547 <sup>(a)A</sup>	5 $\pm$ 0 <sup>(a)B</sup>	5 $\pm$ 0 <sup>(a)B</sup>	5 $\pm$ 0 <sup>(a)B</sup>	5.8 $\pm$ 0.447 <sup>(a)A</sup>	5 $\pm$ 0 <sup>(a)B</sup>	5 $\pm$ 0 <sup>(a)B</sup>	5 $\pm$ 0 <sup>(a)B</sup>

Valores con letra diferente en minúscula en paréntesis en una fila son diferentes significativamente (alpha 0.05) misma concentración en diferentes tiempos  
Valores con letra diferentes en mayúsculas en una columna son diferentes significativamente (alpha 0.05) diferentes concentraciones mismo tiempo

Tabla 15. Comparación de medias del tamaño de la plántula germinada del grano de trigo tratada con aceite esencial de *E.globulus* y *E.camaldulensis* con insectos *R.dominica* y *T.castaneum* y sin insectos.

Tratamientos al grano de trigo	Tiempo (h)											
	24				48				72			
	Concentración de aceite esencial <i>Eucalyptus camaldulensis</i> D. (μl)											
	0	5	10	15	0	5	10	15	0	5	10	15
<i>E.globulus</i> con insectos	3.94±0.56 <sup>(b)A</sup>	4.4±1.372 <sup>(a)A</sup>	4.6±0.903 <sup>(a)A</sup>	4.98±0.043 <sup>(a)A</sup>	4.08±0.71 <sup>(ab)B</sup>	4.3±0.96 <sup>(a)A</sup>	4.4±0.84 <sup>(a)A</sup>	4.2±0.61 <sup>(a)AB</sup>	4.1±0.15 <sup>(a)A</sup>	4.2±0.36 <sup>(a)A</sup>	4.4±0.51 <sup>(a)A</sup>	4.54±0.50 <sup>(a)B</sup>
<i>E.globulus</i>	4.1±0.1 <sup>(b)C</sup>	4.06±0.343 <sup>(a)A</sup>	4.14±0.5318 <sup>(b)BC</sup>	4.22±0.130 <sup>(a)AB</sup>	3.58±0.370 <sup>(ab)C</sup>	4.18±0.432 <sup>(a)AB</sup>	4.22±0.178 <sup>(a)A</sup>	4.38±0.506 <sup>(a)BC</sup>	4.1±0.1 <sup>(a)A</sup>	4.36±0.233 <sup>(a)A</sup>	4.59±0.178 <sup>(ab)A</sup>	4.92±1.30 <sup>(a)A</sup>
<i>E.camaldulensis</i> con insectos	3.340±0.56 <sup>(b)A</sup>	4.3±1.337 <sup>(a)A</sup>	4.2±0.930 <sup>(b)A</sup>	3.98±0.083 <sup>(a)A</sup>	3.58±0.370 <sup>(ab)C</sup>	4.38±0.396 <sup>(a)AB</sup>	4.3±0.484 <sup>(a)A</sup>	4.02±0.601 <sup>(a)BC</sup>	4.1±0.1 <sup>(a)A</sup>	4.02±0.356 <sup>(a)A</sup>	4.24±0.151 <sup>(ab)A</sup>	3.54±0.260 <sup>(a)A</sup>
<i>E.camaldulensis</i>	3.340±0.56 <sup>(b)C</sup>	4.26±0.343 <sup>(a)A</sup>	3.54±0.531 <sup>(b)BC</sup>	4.1±0.474 <sup>(a)AB</sup>	3.58±0.370 <sup>(ab)C</sup>	4.18±0.432 <sup>(a)AB</sup>	4.22±0.178 <sup>(a)A</sup>	3.68±0.506 <sup>(a)AB</sup>	4.1±0.1 <sup>(a)A</sup>	4.36±0.723 <sup>(a)A</sup>	3.9±0.519 <sup>(ab)A</sup>	4.22±0.130 <sup>(a)A</sup>

Valores con letra diferente en minúscula en paréntesis en una fila son diferentes significativamente (alpha 0.05) misma concentración en diferentes tiempos

Valores con letra diferentes en mayúsculas en una columna son diferentes significativamente (alpha 0.05) diferentes concentraciones mismo tiempo

El tamaño de la plántula esta expresada en cm

## CONCLUSIONES

1. El aceite esencial de *Eucalyptus globulus* controló al 100% de mortalidad a *Rhyzopertha dominica* en las concentraciones de 10 y 15  $\mu\text{l}$  utilizadas a las 24 horas de exposición.
2. El aceite esencial de *Eucalyptus globulus* (Labill) no controló al *Tribolium castaneum* (Herbst) en las concentraciones 5, 10 y 15  $\mu\text{l}$  utilizadas a las 24, 72 y 48 horas de exposición para tener el 100% de mortalidad.
3. El aceite esencial de *Eucalyptus camaldulensis* (Dehnhardt) no controló a *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) en concentraciones de 5, 10 y 15  $\mu\text{l}$  a las 24, 48 y 72 horas de exposición para tener el 100% de mortalidad.
4. El aceite esencial de *Eucalyptus camaldulensis* (Dehnhardt) no controló a *Tribolium castaneum* (Herbst) en concentraciones de 5, 10 y 15  $\mu\text{l}$  a las 24, 48 y 72 horas de exposición para tener el 100% de mortalidad.
5. Se confirmó el control de *Rhyzopertha dominica* con el aceite de *Eucalyptus globulus* en la estimación de las concentraciones letales  $\text{CL}_{99}$  con 6  $\mu\text{l}$  y  $\text{CL}_{50}$  con 3  $\mu\text{l}$  de aceite a las 24 horas.
6. Se estimó las concentraciones letales  $\text{CL}_{99}$  con 49  $\mu\text{l}$  y  $\text{CL}_{50}$  con 24  $\mu\text{l}$  de aceite esencial de *Eucalyptus globulus* a las 24 horas para *Tribolium castaneum*.

### CONCLUSIONES (Cont.....)

7. El aceite esencial *Eucalyptus camaldulensis* se estimó las concentraciones letales CL<sub>99</sub> con 55 µl y CL<sub>50</sub> con 27 µl de aceite para *Rhyzopertha dominica* a las 24 horas de exposición.
8. Se estimó para *Eucalyptus camaldulensis* las concentraciones letales CL<sub>99</sub> con 67 µl y CL<sub>50</sub> con 33.5 µl de aceite a las 24 horas para *Tribolium castaneum*.
9. En ambos aceites esenciales a mayor concentración disminuyó la emergencia de la progenie (F<sub>1</sub>) de *Rhyzopertha dominica*.
10. Los valores de la actividad amilolítica de la progenie la progenie (F<sub>1</sub>) de *Rhyzopertha dominica* mostró
- 11.
12. Los aceites esenciales *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus camaldulensis* no afectaron a la germinación de trigo en ninguna de las concentraciones aplicadas en los diferentes tiempos de exposición (24, 48 y 72 horas).
13. *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus camaldulensis* estimulan al vigor en lo que se refiere a peso y tamaño de la plántula.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda continuar trabajando con el aceite esencial de las hojas del *Eucalyptus camaldulensis* Dehnhardt de la región del Estado de Sonora.
2. Se recomienda realizar la recolecta de la especie de planta de estudio durante los cambios de estación y en diferentes etapas fenológica de la planta.
3. Se recomienda continuar con esta investigación en la identificación y cuantificación de los compuestos metabólicos activos (Terpenos) en ambos aceites esenciales utilizados.
4. Se recomienda la separación de los compuestos presentes en los aceites esenciales identificados y cuantificados.
5. Se recomienda después de fraccionar los compuestos identificados determinar posibles afectaciones la actividad amilolítica y proteolítica de las nuevas progenies (F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> y F<sub>3</sub>) de los componentes activos del aceite esencial (Monoterpenos y Sesquiterpenos).

## BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez-Castellanos, P., Bishop, C.D., Pascual-Villalobos, N.J. 2001. Antifungal activity of the essential oil flowerheads of garland chrysanthum (*Chrysanthum coronarium*) against agricultural pathogens. *Phytochemistry* 57:99-102.
- Association of Official Analytical Chemist (AOAC). 1975. William Horwintz, Alam Sen Zel, Helen Reynolds. *Res. Vet. Sci.* 6:006. Ed. (25). Pp.77.
- Association of Official Seed Analysts (AOSA). 2009. Rules for testing seeds. Vol. I, Principles and procedures. Section 6: Germination tests.
- Bado, S.G., Mareggiani, G., Amiano, N., Velerio A.; Burton, G. 2004. Lethal and sublethal effects of withanoides from *Salpichroa organifolia* and analogues on *Ceratitis capitata* (Diptera : Tephritidae). *J. Agric. Food chem.* 52:2875-2878.
- Barton, A. F. M. 2000. The oil mallee project, a multifaceted industrial ecology case study. *Journal Ind. Eco.* 3:161-176.
- Batish, D. R., Pal-Singh, H., Kohli, R. K., Kaur, S. 2008. Eucalyptus essential oil as a natural pesticide. *Forest Ecology and Management.* 256:2166-2174.
- Bernfeld, P. 1955. Amylase,  $\alpha$  and  $\beta$ . *Methods Enzymol.* 1:149-158
- Bouvier, J.C., Bues, R., Boivin, T., Boudinhon, L., Beslay, D., Sauphanor, B. 2001. Deltamethrin resistance in the codling moth (Lepidoptera: Tortricidae): inheritance and number of gen involved. *Heredity* 87(4):456-462.
- Brooker, M.I.H., Kleinig, D. A. 2006. Field Guide to Eucalyptus vol.1 South-eastern Australia. Third edition. Bloomings. Melbourne.

- CICOPLAFEST (Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas). 2004. Catálogo Oficial de Plaguicidas, México, D.F. Pp. I-XI.
- Christensen, C. M. & Kaufmann, H.H. 1969. Grain storage: the role of the fungi in quality loss. University of Minnesota Press. Pp.164.
- Cinco-Moroyoquí, F. J., Rosas-Burgos, E. C., Borboa-Flores, J., Cortez-Rocha, M. O. 2006.  $\alpha$ -Amylase activity of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) reared on several wheat varieties and its inhibition with kernel extracts. J.Econ. Entomol. 99:2146-2150.
- Close, D., Mc Arthur, C., Hagerman, A. E., Fitzgerald, H. 2005. Differential distribution of leaf chemistry in eucalypt seedlings due to variation in whole-plant nutrient availability. Phytochemistry 66(2):215-221.
- Cox, P. 2002. Potential for using semiochemicals to protect stored products from insect infestation. J. Stored. Prod. Rrs. 40:1-25.
- Curtis, B. C., Rajaram, S., Gómez-Macpherson, H. 2002. Bread Wheat; Improvement and Production. Harvest and storage management of wheat. FAO Plant Production and Protection Series. No.30. Rome. Disponible en línea (Consultado 17/06/ 2011)
- <http://www.fao.org/DOCREP/006/Y4011E/y4011e00.htm#Contents>
- Deans, S. G., Svoboda, K. P., Gundidza, M., Brechany, E. J. 1992. Essential oil profiles of several temperate and tropical aromatic plants: their antimicrobial and antioxidant activities. Acta Horticulturae 306:229-232.

- Ebadollahi, A., Safaralizadeh, M. H., Pourmirza, A. A. 2010. Fumigant toxicity of essential oils of *Eucalyptus globulus* Labill and *Lavandula stoecha* L., grown in Iran, against the two Coleopteran Insect Pest; *Lasioderma serricorne* F. and *Rhyzopertha dominica* F. Egyptian Journal of Biological Pest Control. 20(1):1-5.
- García-Lara, S., Espinosa, C. C., Bergvinson, D. J. 2007. Manual de Plagas en Granos Almacenados y Tecnologías Alternas para su Manejo y Control. México, D.F. CIMMYT. (Consultado el 17/06/2011)  
[http://apps.cimmyt.org/english/docs/field\\_guides/manualPlagas.pdf](http://apps.cimmyt.org/english/docs/field_guides/manualPlagas.pdf)
- García, G. C., Bautista, M. N., González, M. M. B. 2009. Tecnologías de Granos y Semillas; Principales plagas en granos almacenados. UAIM, CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa, COLPOS. México. Pp. 85.
- Gastellum, R., Rodríguez, C. 1996. Empleo de aceites y jabones como alternativas bioracionales para el control de plagas en: Rodríguez, C. (Editor): Control Alternativo de Insectos plaga. Colegio de Posgraduados. Fundación Mexicana para la Educación Ambiental A.C. Tepotzotlán. Edo. de México. Mexico. Pp 79-88.
- Guedes, R. N. C. & Dover, B. A. 1997. Acetylcholinesterase inhibition in organophosphate resistant *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). An. Soc. Entomol. Brasil. 26(3):561-564.
- Guedes, R. N. C., Zhu, K. Y., Kambhampati, S. 1998. Altered acetylcholinesterase associated with organophosphate resistance in *Rhyzopertha dominica*

- (F.)(Col., Bostrichidae) populations from Brazil and the United States. J. Appl. Ent. 122:269-273.
- Flores, Q. E., Velazco, A. P., Irahola, S. P., Gimenez, T. A. 1999. Aceites esenciales con actividad citotóxica como indicador de propiedades insecticidas. Biofarbo Vol. VII-Diciembre Pp. 35-38.
- FAO. 1955. El eucalipto en la repoblación forestal. (Consulta Junio 2011)  
<http://www.fao.org/docrep/004/ac459s/AC459S03.htm#ch3>
- Hussain, S., Maqsood., M. A., Rahmatullah. 2010. Increasing grain zinc and yield of wheat for the developing world. Journal Food Agriculture. 22(5):326-339.
- Hosseininaveh, V., Bandani, A., Azmayeshfard, P., Hosseinkhani, S., Kazzazi, M., 2007. Digestive proteolytic and amylolytic activities in *Trogoderma granarium* Everts (Dermestidae: Coleoptera). Journal of Stored Product Research 43, 515–522.
- International Seed Testing Association. 1999. International Rules for Seed Testing. Zurich, Switzerland. Pp. 65-80
- Isman, M. B. 2000. Plant essential oils for pest and disease management. Crop protect. 19:603-608.
- Isman, M. 2006. Botanical insecticides, deterrents and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Annual Review of Entomology 55:45-66.

- Kakade, M. L., Rackis, J. J., McGhee, J. E., Puski, G. 1974. Determination of trypsin inhibitor activity of soy products: A collaborative analysis of an improved procedure. *Cereal Chem.* 51:376 - 381.
- Lagunes, A., Rodriguez, C. 1989. Búsqueda de tecnología apropiada para el combate de plagas del maíz almacenado en condiciones rústicas. CONACYT. Colegio de posgraduados. México. Pp. 150.
- Langenheim, J.H.1994. Higher plant terpenoids: a phytocentric overview of their ecological roles. *J. Chem. Ecol.* 20:1223-1280.
- Larrain, P. 1994. Manejo integrado de plagas en granos almacenados. *IPA La Platina.* 81:10-16.
- Lee, B. H., Annis, P. C., Tumaalij, F. Choi, W. S. 2004. Fumigant toxicity of essential oils from the Myrtaceae family and 1,8 cineole against 3 major stored-grain insects. *Journal of Stored Products Research* 40(5):553-564.
- López, M. D. & Pascual-Villalobos, M. J. 2010. Mode of inhibition of acetylcholinesterase by monoterpenoids and implications for pest control. *Industrial Crops Products.* 31:284-288.
- Martin, B. 2002. Eucalyptus: A strategic forest tree. In Wei. R-P., Xu, D. (Eds.). *Eucalyptus Plantations: Research, Management and Development.* Proceedings of International Symposium. Guangzhou.China. 1- 6 September 2002. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore. Pp. 3-18.

- McClintock, E. 1993. Myrtaceae - Myrtle Family. The Jepson Manual: Higher Plants of California. University of California Press. Berkeley and Los Angeles California. Pp. 766.
- Monroy-Ortiz, C., Monroy, R. 2006. Las plantas, compañeras de siempre: la experiencia en Morelos. Comisión nacional para el conocimiento y uso de biodiversidad. México. Pp. 582.
- Moore, B., Wallis, I. R., Palá-Paul, J., Brophy, J. J. , Willis, R. H., Foley, W. J. 2004. Antiherbivore chemistry of Eucalyptus-cues and deterrents for marsupial herbivore. Journal of Chemical Ecology 30(9):1743-1769.
- Negahban M., Moharramipour, S. 2007. Fumigant toxicity of *Eucalyptus intertexa*, *Eucalyptus sargentii* and *Eucalyptus camaldulensis* against stored-product beetles. J. Appl. Entomol.131(4):256-261.
- Ohara, K., Matsunaga, E., Nanto, K., Yamamoto, K., Sasaki, K., Ebinuma, H., Yakazi, K. 2010. Monoterpene engineering in a woody plant *Eucalyptus camaldulensis* using a limonene synthase cDNA. Plant Biotechnology Journal. 8:28-37.
- Picollo, M.I., Toloza, A.C., Mougabure-Cueto, G., Zygadlo, J., Zerba, E., 2008. Anticholinesterase and pediculicidal activities of monoterpenoids. Fitoterapia. 79:271-278.
- Phillips, T.W., Throne, J.E. 2010. Biorational Approaches to Managing Stored - Product Insects. Ann. Rev. Entomol. 55: 375 - 397.

- Rajendran, S., Sriranjini, V. 2008. Plant products as fumigants for stored-product insect control. *Journal of stored-product insect control. Journal of stored product research.* 44:126-135.
- Ramayo, L. 1983. *Tecnología de granos.* Departamento de industrias agrícolas. Universidad de Chapingo. México. Pp. 216.
- Rees, D. 2004. *Insectes of stored products.* CSIRO. Australia. Pp. 181.
- Regnault-Roger, C. 1997. The potential of botanical essential oils for insect pest control. *Integrated Pest Manage. Rev.* 2:25-34.
- Regnault-Roger, C., Philogéne, G. J. R. & Vincent, C. 2004. *Biopesticidas de origen vegetal.* Mundi-Prensa. Madrid. Pp. 337.
- SAGARPA – Ficha técnica sobre actividades agrícolas, pecuarias y de traspatio – Almacenamiento y conservación de granos y semillas. (Consultado el 17/06/2011)
- <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Publicaciones/Paginas/FichasTecnicas.aspx>
- Schlupalius, D.I., Chen, W., Collins, P.J., Nguyen, T., Reilly, P.E.B., Ebert, P.R. 2008. Gene interactions constrain the course of evolution of phosphine resistance in the lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica*. *Heredity* 100:506-516.
- Sepúlveda-Jiménez, G., Porta-Ducoing, H., Rocha-Sosa, M. 2003. La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. *Revista Mexicana de Fitopatología.* 21(3):354-363.

- Serna, S. 1996. Química, almacenamiento e industrialización de los cereales. AGT Editores. Mexico. Pp. 521.
- Silva, L.B., Lopes, K.V.G., Oliveira, M.G.A., Guedes, R.N.C. 2010. Altered proteolytic and amyolytic activity in insecticide susceptible and resistant strains of the maize weevil, *Sitophilus zeamais*. 10<sup>th</sup> International Working Conference on Stored Product Protection. Julius-Kühn-Archiv, 425:845-850.
- Siramon, P., Ohtani, Y. 2007. Antioxidative and antiradical activities of *Eucalyptus camaldulensis* leaf oils from Thailand. *J Wood Sci.* 53:498-504.
- Shaaya, E. & Rafaeli, A. 2007. Essential oils as biorational insecticides potency and mode action. Chapter 11. *In* ishaaya, Naeun and Rami Horowitz “ Insecticides design using advanced technologies” Pp. 249-261.
- Shewry, P. R. 2009. Wheat. *Journal of experimental botany.* 60(6):1537-1553.
- Shewry, P. R. 2007. Improving the protein content and composition of cereal grain. *Journal of Cereal Science.* 46:239-250.
- Tholl, D. 2006. Terpene synthases and the regulation, diversity and biological roles of terpene metabolism. *Current Opinion in Plant Biology.* 9:1-8.
- Trivelli, H. D’O., Velázquez, C. J. A. 1984. Insectos que dañan a granos y productos almacenados. FAO América Latina y Caribe. Serie: Tecnología Postcosecha 4. Santiago-Chile. Pp. 146. (Consultado el 17/06/ 2011)
- <http://www.fao.org/docrep/x5053S/x5053s00.htm#Contents>

Wong-Corral, F. J., Cortez-Rocha, M. O., Borboa-Flores, J. 1996. Abundance and distribution of insect in stored wheat grain in Sonora, Mexico. Southwestern Entomologist. 21(1):75-81.

Zhang, J., An M., Wu, H., Stanton, R., Lemerle, D. 2010. Chemistry and bioactivity of Eucalyptus essential oils. Allelopathy Journal 25(5):313-330.

### Páginas consultadas en internet

<http://www.siap.gob.mx/>

<http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>

<http://faostat.fao.org/default.aspx>

<http://www.sorianatural.es/>

<http://www.ers.usda.gov/Data/Wheat/>

[http://www.financiarural.gob.mx/informacionsectorrural/.../Monografía%20Trigo%20\(dic%2010\)%20vf.pdf](http://www.financiarural.gob.mx/informacionsectorrural/.../Monografía%20Trigo%20(dic%2010)%20vf.pdf) (Consultada en Junio 2011)

<http://www.financiarural.gob.mx/informacionsectorrural/Paginas/Agr%c3%adcola.aspx>

<http://www.colpos.mx/bancodenormas/.../NMX-FF-036-1996.PDF> (Norma Oficial Mexicana: NMX-FF-036-1996)

[http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/new\\_else/x5693s/x5693s00.htm](http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/new_else/x5693s/x5693s00.htm)  
(Consulta Junio 2011)

<http://plants.usda.gov/java/profile?symbol=EUCA2> (Consulta Junio 2011)

[http://www.papelnet.cl/elarbol/10\\_c.html](http://www.papelnet.cl/elarbol/10_c.html) (Consultada Junio 2011)

<http://plants.usda.gov/java/profile?symbol=EUGL> (Consultada Junio 2011)

CalPhotos is a project of BSCIT. University of California, Berkeley. (Consultado en Junio 2011)

[http://calphotos.berkeley.edu/cgi/img\\_query?query\\_src=photos\\_index&where-taxon=Eucalyptus+globulus](http://calphotos.berkeley.edu/cgi/img_query?query_src=photos_index&where-taxon=Eucalyptus+globulus)

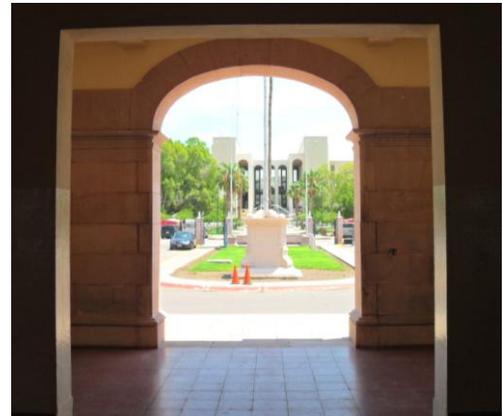
<http://www.trigo.gob.mx/index.php?portal=trigo>

# Universidad de Sonora

2009 -2011



Edificio Principal de Rectoría (1942), Hermosillo Sonora.



Vitrail en el Edificio Principal de Rectoría

Imágenes de:

Ramiro Reyes Guzmán (Mayo 2009 - Agosto 2011)



**Ala Derecha e Izquierda del Edificio Principal Rectoría y Parte Trasera**



**67 Aniversario de la Universidad de Sonora (12 Octubre 2009) Y Mural en el Antiguo Edificio del D.I.C.T.U.S. (Héctor Martínez Arteché, 1963-1964; [www.extension.uson.mx/murales/martinezarteché.htm](http://www.extension.uson.mx/murales/martinezarteché.htm))**

Imágenes de:

Ramiro Reyes Guzmán (Mayo 2009 - Agosto 2011)



**Edificio del Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos de la Universidad de Sonora**



**Edificio 5H – Nutrición, Bioquímica y Entomología del Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos de la Universidad de Sonora**



**Edificio 5H- Laboratorio de Entomología del Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos de la Universidad de Sonora**

Imágenes de:

Ramiro Reyes Guzmán (Mayo 2009 - Agosto 2011)