

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Efecto Insecticida del Extracto de Ruda (*Ruta graveolens*) y Albahaca (*Ocimum basilicum*)
para el Control de *Tribolium castaneum* Bajo Condiciones de Laboratorio

Por:

JOSÉ ISRAEL RUIZ ORTIZ

T E S I S

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México.
Marzo 2013.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Efecto Insecticida del Extracto de Ruda (*Ruta graveolens*) y Albahaca (*Ocimum basilicum*)
para el Control de *Tribolium castaneum* Bajo Condiciones de Laboratorio

Por:

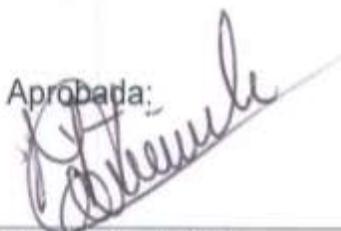
JOSÉ ISRAEL RUIZ ORTIZ

TESIS

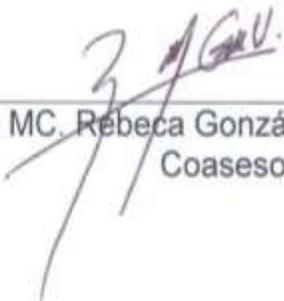
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

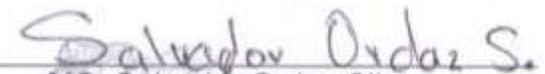
Aprobada:



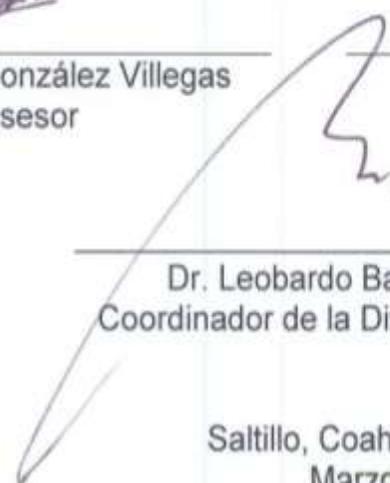
Dr. Mariano Flores Dávila
Asesor Principal



MC. Rebeca González Villegas
Coasesor



MC. Salvador Ordaz Silva
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.
Marzo 2013.

Agradecimientos

A dios y a tí virgencita de Guadalupe, por guiar siempre mi camino y cuidar cada uno de mis pasos. Por acompañarme siempre en este camino que ha sido largo, pero no difícil de caminar al ir de su mano. Gracias por permitirme cumplir uno de los más grandes sueños de mi vida.

A mí UAAAN, mi “Alma Terra Mater” que me abrió las puertas y cobijo por años, para poder formarme como profesionista, jamás en la vida me arrepentiré de haber llegado hasta ti y me siento tan orgulloso de pertenecer a una de las escuelas más importantes de agronomía.

Al Dr. Mariano Flores Dávila, por brindarme siempre su apoyo, por sus consejos, por apoyarme siempre en las actividades que realice junto con mis compañeros de carrera. Gracias Dr. Por las atenciones que siempre tuvo con nosotros.

A la M.C. Rebeca Gonzales Villegas, por su ayuda y apoyo incondicional de siempre, gracias por brindarme un poco de su gran experiencia y conocimientos al realizar este proyecto.

Al M.C. Salvador Ordaz Silva, por su ayuda para la realización de este proyecto y por formar parte de este último trabajo tan importante como estudiante.

A Mis Mejores Amigos, por ser la mejor compañía durante el tiempo que tarde realizando este trabajo. Male, Marisol, Norma y Cuper.

A mis profesores del Dpto. de Parasitología, por haberme brindado parte de sus grandes conocimientos, por motivarnos siempre a luchar y llegar a donde nosotros queramos a través de una formación académica.

Dedicatorias

A mis padres:

♡ *Julieta Ortiz Aguilar* y *Alberto Ruiz García*

Por la confianza que han depositado en mí, por haberme dado las herramientas para construir este sueño, que representa para mí, la mejor de mis herencias.

Especialmente a ti madre que eres el ser más maravilloso de todo el mundo, gracias por el apoyo moral, tu cariño, por esa fuerza que siempre me has transmitido para lograr las cosas y tu amor que desde pequeño me has brindado, por guiar mi camino y estar junto a mí en los momentos más difíciles, por vivir conmigo alentándome, corrigiéndome, comprendiéndome, apoyándome incondicionalmente y compartiendo logros, tropiezos, alegrías y tristezas, por tus esfuerzos y sacrificios que me han permitido crecer como persona y superarme cada día, eres todo para mi TE AM♥.

A mis queridos Hermanos.

☀ *René* εἰ3 *Leidy* ☆ *Erika*

Jamás encontrare la forma de agradecer ese apoyo tan inmenso, gracias por soñar conmigo y hacer tuyas mis metas, por preocuparse siempre por mí, los amo hermanos en ustedes tengo a los mejores amigos a pesar de la distancia y el tiempo que no hemos estado juntos, gracias porque nunca escatimaron en gastos y esfuerzos, que luche para que siempre se vieran reflejados, hermanos en lo bueno y en lo malo, siempre iremos de la mano sin pedirnos nada a cambio, hemos aprendido a escucharnos y a entendernos sin mirarnos. Mi familia hermosa que ha guiado mi vida con energía, esto es lo que ha hecho que sea lo que soy. ♪

A mi abuela:

✿ *Rufina Aguilar*

Gracias madre por todo tu amor, por consentirme siempre, por esos regalos que nunca olvidare, por sus consejos y muestras de amor, por tus palabras tan sabias que han hecho que piense siempre antes de hacer las cosas.

Gracias por su compañía, por ser la mejor amiga con la cual puedo estar horas, días enteros y no aburrirme nunca, abuelita gracias por sus ocurrencias que muchas veces pase de una cara triste a una felicidad inmensa, le agradezco infinitamente la confianza que siempre nos hemos tenido. La amo y le ruego a dios que me la conserve por muchos años, gracias por soñar siempre conmigo abue. ♪

A mis queridos Sobrinos:

★Daniela εἰ3 Fátima ★María Fer ♪Giovannie

Mis pequeños, ustedes han sido una de las razones para ponerle el doble de ganas a todo lo que hago, gracias por hacerme tan feliz con su presencia. ♪

A mis Tíos:

☾ Eleazar Galicia ♣Jaime Galicia ☼Pedro Aguilar ★Perla Vázquez

♂Cornelio Cortez

Gracias por su apoyo tan inmenso, por estar al pendiente de mí siempre. Por su palabras de motivación y aliento. Saben que para mí siempre han valido más unas palabras sinceras que cualquier cosa y se los agradezco infinitamente. ♪

A mis Primos:

ε✱3 Jhoana Domínguez ♣Aldo Abad

Gracias por los buenos momentos que hemos pasado juntos, las locuras que hemos hecho, especialmente a ti more por acompañarme siempre, por tu buenos deseos, te quiero mucho. Nunca olvidare las cosas tan padres que pasamos en nuestra adolescencia, eres una persona muy importante para mí, jamás olvides los años que compartimos y caminamos juntos ♪.

A mis cuñados:

♥Carla Mejía ☺ Marcos Castro ☼ Fidencio Jiménez

Gracias por su apoyo incondicional, jamás olvidare todo lo que han hecho por mí, gracias por formar parte de mi familia. Cuñis Carla eres la mejor del mundo! ♪

A mis amigos de parasitología generación CXIV:

♡ *Malé* (Xime) ♡ *Norma* (Sirena) ♡ *Marisol* (Choko) ♡ *Karina* ☺ *Cuper*
☺ *Richard* ☺ *Pepetoño* ☺ *Esau* ☺ *Jorge* ♡ *Yolis* ☺ *Alex* ☺ *Willi*

Gracias por formar parte de mi vida, por brindarme su amistad sincera, por acompañarme y recorrer el mismo camino juntos y estar siempre conmigo, jamás me olvidare de ustedes porque amistad que hemos construido es única, nunca olviden todo lo que pasamos juntos, gracias por confiar en mí y por soportarme siempre JaJa! Nunca cambien me llevo lo mejor de cada uno de ustedes. ☺

A mis amigos del Edo. De Morelos:

♣ *Lilia* más que mi amiga eres mi hermana y confidente, gracias por la confianza y todos los momentos que hemos pasado juntos, eres una personita muy especial e importante para mí, gracias por no dejarme nunca, yo también estaré siempre contigo, jamás los olvides I love You Forever. ♥ *Paty* gracias por tu sinceridad y amistad siempre incondicional. ♪ *Toño* hermano gracias por ser como eres, por escucharme siempre, por aconsejarme y darme palabras de aliento, gracias por tu amistad tan sincera, siempre estaremos juntos. ♣ *Alex* amigo gracias por tus consejos, por estar siempre al pendiente de mí cuando te necesito, por tu amistad que siempre me has brindado, jamás cambies. ♂ *Felipe* gracias por toda tu confianza. ♡ *Aby* eres una persona única, gracias por permitirme formar parte de tu lista de amigos y todas tus palabras de aliento tan valiosas para mí. ♡ *Kendy* eres una persona muy importante para mí, gracias por tu compañía, amistad, por tus grandes consejos y toda la confianza, gracias por tus muestras de cariño siempre T.Q.M. ♣ *Pablo* gracias por ser como eres, jamás cambies amigo. ♣ *Gaby* eres una gran persona gracias por formar parte de mí, eres de lo mejor. ♥ *Marlene* gracias por ser como eres y por la confianza que has depositado en mí. ♡ *Nadia* y εiz *Celi* jamás las olvidare, con ustedes pase momentos inolvidables. ☺

A mis amigos

εἰς *M.C. Rebeca G. B.*, te agradezco inmensamente todo lo que hiciste por mí, por apoyarme y sacarme de toda dificultad, eres una excelente maestra y amiga, le agradezco mucho a dios por haberte puesto en mi camino. ♪

♥ *Ing. Miriam Fabiola Trejo Rivera*, gracias por tu amistad, compartimos muchos momentos que jamás olvidare, eres una persona muy importante para mí, espero algún día volvamos a compartir experiencias juntos. ♪

* *Grisel* y * *Barby*, gracias por su amistad, hemos pasado por momentos tan especiales que nunca lograre borrar, han sido parte importante en este transcurso de mi vida, les agradezco mucho su compañía, hay muchas historias que al recordar cada una de ellas nos sacara una sonrisa donde quiera que estemos, las quiero mucho. ♪

* *Dulce*, * *Deysi*, ☀ *Lisandro*, ♪ *Leo*, ☀ *Juan*, ♪ *Omar*, ☀ *Ibsan*. Gracias por los momentos que pase en compañía de ustedes, son recuerdos que siempre tendré presentes, gracias por ser como son, me llevo lo mejor de cada uno y los del paraíso 3 jamás olvidare esas fiestas jajá. Espero que esta amistad que construimos en poco tiempo dure para siempre. ♪

Son muchas las palabras que me gustaría expresar, jamás terminaría, pero cada uno de ustedes me conoce y saben que siempre podrán contar conmigo, me llevo a grandes amigos, los mejores. *Xime*, *Choko*, *Sirena* y *Cuper*, espero volver a verlos muy pronto. Los quiero y tengan por seguro que los extrañare mucho AMIGOS.

“No duermas para descansar, duerme para soñar. Porque los sueños están para cumplirse”

Walt Disney

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	III
DEDICATORIAS	IV
ÍNDICE GENERAL	VIII
ÍNDICE DE CUADROS	XII
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
RESUMEN	XIII
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO	3
HIPÓTESIS	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Antecedentes del Origen de los Pesticidas Naturales.....	4
Generalidades de los extractos vegetales usados en el control de plagas.....	6
Plaguicidas botánicos empleados	7
Modos de acción de los metabolitos secundarios sobre insectos.....	9
Extractos vegetales con algún potencial plaguicida.....	9
Diferentes usos de extractos vegetales.....	13
Polvos vegetales	13
Aceites	14
Efectos alelopáticos	15
Efecto insecticida	19
Reguladores de crecimiento	20
Inhibidores de alimentación	20
Repelentes	21
Efecto fungicida	24
Plantas Bajo Estudio.....	28
Ruda (<i>Ruta graveolens</i>).....	28
Historia	28
Taxonomía	29
Botánica y ecología	29

Etnobotánica y antropología	30
Metabolitos secundarios	31
Otros contenidos químicos de la planta	33
Farmacología	33
Efectos de la ruda	34
Utilización	34
Toxicidad	34
Albahaca (<i>Ocimum bacilicum</i>).....	35
Antecedentes agronómicos	36
Farmacodinamia	36
Taxonomía	37
Principios activos	37
Usos	37
Usos terapéuticos y dosis de albahaca	40
Contraindicaciones	40
Precaución efecto toxico	41
Cultivo	41
Organismo a Evaluar.....	42
<i>Tribolium castaneum</i>	42
Taxonomía	42
Morfología e identificación	42
Distribución	42
Hospederos	43
Reproducción y biología	43
Importancia económica	43
Capacidad de dispersión	44
Control Orgánico de Plagas de los Granos Almacenados.....	45
El agroecosistema granos almacenados.....	45
Métodos físicos de control.....	45
Temperatura	45
Radiación	45
Almacenamiento hermético	46

Sonido y percusión	46
Polvos inertes	46
Atmosfera modificada	47
Control biológico.....	48
Parasitoides	49
Hongos entomopatógenos	49
MATERIALES Y MÉTODOS.....	51
Ubicación del experimento.....	51
Incremento de la colonia de <i>T. castaneum</i>	51
Obtención de los extractos vegetales.....	51
Obtención de los extractos.....	52
Bioensayo.....	52
Técnica película residual.....	53
Análisis estadístico.....	53
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	54
Efecto a través del tiempo.....	54
Análisis estadístico.....	56
CONCLUSIÓN.....	59
LITERATURA CITADA.....	60

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PAGINA
1	Cantidad de solventes y planta utilizados para cada tratamiento.....	52
2	Tratamientos para la elaboración del bioensayo.....	54
3	Porcentaje de mortalidad de <i>Tribolium castaneum</i> después de la aplicación de los extractos.....	55
4	Análisis de varianza (Día 5).....	57
5	Comparación de medias con un nivel de significancia de 0.05 (Día 5).....	58
6	Análisis de varianza (Día 7).....	58
7	Comparación de medias con un nivel de significancia de 0.05 (día 7).....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PAGINA
1	Porcentaje de mortalidad de <i>Tribolium castaneum</i> por efecto de los extractos vegetales y ruda y albahaca.....	56

RESUMEN

Debido a los problemas que ocasionan los insecticidas sintéticos tanto en el ambiente como en la salud humana existe un resurgimiento en investigaciones sobre los extractos de origen vegetal para el control de insectos. Los cuales ofrecen una seguridad para el medio ambiente y una eficiente opción agronómica. El uso de extractos vegetales para el control de plagas de importancia agrícola es cada vez más aceptado debido a la necesidad de emplear compuestos eficaces que no provoquen efectos deletéreos a la salud humana. En base a esto se realizó este trabajo con el objetivo de determinar el efecto insecticida de los extractos vegetales de *Ruta graveolens* y *Ocimum basilicum* sobre *Tribolium castaneum*, Se prepararon 8 soluciones con diferentes solventes (Agua y Alcohol) donde se depositó 1 mL de cada solución, teniendo 8 tratamientos, 3 testigos y 3 repeticiones cada uno. Los extractos mostraron un efecto insecticida muy bueno sobre el insecto, matando hasta un 86 % en cada tratamiento en ambos extractos. Cada extracto ha mostrado altos porcentajes de mortalidad a través del tiempo, lo cual demuestra que pueden ser una alternativa para el control de *Tribolium castaneum* en laboratorio.

Se recomienda hacer más pruebas con la finalidad de observar el comportamiento bajo condiciones de almacén para el control de estos insectos, ya que el efecto puede ser modificado por el medio ambiente.

Palabras clave: extractos vegetales, mortalidad, control, *T. castaneum*.

INTRODUCCIÓN

El hombre depende del consumo directo de las plantas tanto vegetales, cultivos, cereales como de la obtención de sus productos. Anualmente, una tercera parte de la producción de alimentos se ve destruida por pestes de cultivos y productos almacenados (Ahmed, 1984), por lo cual se hace imprescindible el estudio de nuevas vías de control de plagas. Las plantas, en conjunto, producen más de 100.000 sustancias de bajo peso molecular conocidas también como metabolitos secundarios. Estos son, normalmente, no-esenciales para el proceso metabólico básico de la planta. Entre ellos se encuentran terpenos, lignanos, alcaloides, azúcares, esteroides, ácidos grasos, etc. Semejante diversidad química es consecuencia del proceso evolutivo que ha llevado a la selección de especies con mejores defensas contra el ataque microbiano, o la predación de insectos y animales (Dixon, 2001).

Hoy en día se sabe que estos metabolitos secundarios tienen un rol importante en el mecanismo defensivo de las plantas (Jacobson, 1989).

Por lo tanto en los últimos años se está retornando al uso de las plantas como fuente de pesticidas más seguros para el medio ambiente y la salud humana (Ottaway, 2001 y Mansaray, 2000).

Ante esta situación los campesinos han recurrido desde épocas inmemoriales al empleo de productos naturales para controlarlas; sin embargo, a través del tiempo la información se ha ido perdiendo y deformando, llegando en la actualidad a carecer mucha de ella de sustento científico. No obstante, hoy día se presentan aún algunas técnicas o prácticas tradicionales para conservar los granos almacenados (Golob y Webley, 1980), como por ejemplo la exposición de los granos al sol para la eliminación de muchos tipos de insectos, ya que estos generalmente no toleran temperaturas superiores a 40 °C. Además, con esta acción se disminuye la humedad excesiva del grano protegiéndolo del ataque de hongos. Otra práctica aplicada por los campesinos de regiones rurales, es la de almacenar sobre plataformas elevadas de madera la mazorca del maíz sin desgranar para hacer pasar posteriormente humo a través de

ellas, con la finalidad de mantener los granos secos y protegidos contra invasiones de insectos plaga. Así mismo, algunos otros acostumbran guardar la cosecha sin desprender las hojas del maíz, dado que estas le dan una cierta protección al ataque de insectos debido a que les impide llegar, posarse, copular, ovipositar y dañar al grano.

La albahaca conocida como *Ocimum* Sp. Es una planta rica en aceites esenciales (Paton, 1992). El género abarca casi 90 especies distribuidas en el trópico y subtrópico. (Ramírez *et al.*, 2001). Uno de los centros de diversidad del género se encuentra en la región tropical de Sudamérica (Khosla, 1995). Muchas de sus especies tienen utilidad comercial como fuente de aceites esenciales de uso farmacéutico, alimenticio, condimentario, perfumífero (Martínez *et al.*, 1997) e insecticida (Morales *et al.*, 2002).

Ruda *Ruta graveolens*, Principios activos: Rutina, inulina. Su fuerte olor atrae moscas y polillas negras disminuyendo daños sobre los cultivos cercanos (Stoll, 1989).

Tribolium castaneum conocido comúnmente como el falso gorgojo de las harinas, es muy común en graneros, almacenes y molinos, con frecuencia ocasiona serios daños. Los perjuicios suelen ser importantes, en buena parte por las altas densidades poblacionales con que se presenta. Tanto los adultos como las larvas se alimentan de harinas y subproductos, así como de otras numerosas sustancias. En caso de granos, éstos son preferidos cuando se encuentran partidos o atacados por otros insectos. Las larvas, que son las responsables de los mayores perjuicios horadan los granos alojándose en su interior. Los productos atacados se contaminan y quedan con un olor nauseabundo (Bentancourt *et al.*, 1999).

Objetivo

- ✓ Determinar el efecto insecticida de Ruda (*Ruta graveolens*) y Albahaca (*Ocimum basilicum*) contra Insectos.

Hipótesis

- ✓ Se espera que el extracto de ruda y albahaca tengan efecto insecticida sobre insectos plaga, específicamente en *Tribolium castaneum* bajo condiciones de laboratorio.

REVISIÓN DE LITERATURA

Antecedentes del Origen de los Pesticidas Naturales

Las plantas han evolucionado por más de 400 millones de años y para contrarrestar el ataque de los insectos han desarrollado mecanismos de protección, como la repelencia y la acción insecticida. El método de control de plagas más antiguo son los sacrificios humanos, pero dada su baja efectividad, o tal vez la falta de voluntarios, se comenzaron a utilizar polvos y extractos vegetales, de lo cual hay antecedentes incluso en la biblia. El uso masivo de estos insecticidas ha tenido un camino muy difícil pues en una primera época las recopilaciones que hacían los investigadores, entre los agricultores e indígenas, tenían mucho de superstición y cuando se les sometió a pruebas con rigor científico no mostraron efecto alguno.

Después de la segunda guerra mundial las pocas plantas que mostraron resultados auspiciosos, y alcanzaron a usarse masivamente, fueron reemplazadas por los insecticidas sintéticos. Con la aparición en la década de los cuarenta de estos insecticidas sintéticos se pensó que los insecticidas vegetales desaparecerían para siempre pero problemas como la contaminación del ambiente, los residuos en los alimentos y la resistencia por parte de los insectos han hecho que hoy en día vuelvan a ser tomados en cuenta. Sin lugar a dudas los fitoinsecticidas constituyen una muy interesante alternativa de control de insectos además de que sólo se han evaluado muy pocas plantas de las 250,000 que existen en el planeta por lo que las perspectivas futuras son aun insospechadas. De hecho existen plantas como el neem (*Azadirachta indica* J.; Meliaceae), que han mostrado tener excelentes resultados encontrándose ya en el mercado formulaciones comerciales.

Pero no se debe caer en triunfalismos y pensar que van a reemplazar a los insecticidas sintéticos sino que estos constituyen una alternativa dentro de un programa de Manejo Integrado de Plagas que debe ser complementada con todas las otras medidas de control que existen. Los productos sintéticos destinados a controlar plagas

y enfermedades en los vegetales han tenido un roll muy marcado en el incremento de la producción agrícola. Sin embargo el uso continuo e indiscriminado de estas sustancias, no sólo ha causado enfermedades (Waterhouse, 1996) y muertes por envenenamiento a corto y largo plazo, sino también ha afectado al medio ambiente, acumulándose por bioconcentración en los distintos eslabones de la cadena alimenticia, en el suelo y en el agua.

Son responsables además de la resistencia (Bourguet, 2000) a insecticidas por parte de los insectos, sin por ello restar importancia a la destrucción de parásitos, predadores naturales y polinizadores, entre los otros tantos integrantes del ecosistema (Freemark, 1995), que han visto alterado su ciclo de vida a causa de estos productos. Las plantas son laboratorios naturales en donde se biosintetizan una gran cantidad de sustancias químicas y de hecho se les considera como la fuente de compuestos químicos más importante que existe.

El metabolismo primario de las plantas sintetiza compuestos esenciales y de presencia universal en todas las especies vegetales. Por el contrario, los productos finales del metabolismo secundario no son ni esenciales ni de presencia universal en las plantas. Entre estos metabolitos son comunes aquellos con funciones defensivas contra insectos, tales como alcaloides, aminoácidos no proteicos, esteroides, fenoles, flavonoides, glicósidos, glucosinolatos, quinonas, taninos y terpenoides. Hay quienes sostienen que estos compuestos no tienen un papel definido, e incluso se les llega a catalogar como “basura metabólica”. Sin embargo otros autores indican que constituyen señales químicas importantes del ecosistema.

Existe gran variación en cuanto a la concentración de compuestos secundarios que los individuos de una población expresan. Además, no hay un patrón de máxima producción, ni órganos especiales de almacenaje de metabolitos secundarios, sin embargo lo común es que las mayores concentraciones de este tipo de compuestos se encuentren en flores y semillas.

Sin lugar a dudas los insecticidas naturales a partir de extractos vegetales constituyen una muy interesante alternativa de control de insectos además de que sólo se han evaluado muy pocas plantas en relación a la fuente natural que ofrece el planeta, por lo que las perspectivas futuras en cuanto a investigación, son aún mayores (Evans, 1991).

Generalidades de los extractos vegetales usados en el control de plagas

En la actualidad es evidente la necesidad de adoptar nuevas estrategias para el control de plagas. Los efectos negativos en el medio ambiente y la generación de resistencia de los insectos y fitopatógenos causados por el uso excesivo de los plaguicidas sintéticos hace cada vez más elevados los costos para controlar las plagas y como consecuencia, los costos de producción e impacto ecológico. México es uno de los países más ricos en biodiversidad a nivel mundial, en cuanto a flora posee una de las más abundantes y diversas, esto representa un enorme potencial en cuanto a los usos posibles que se le pueden dar a esta preciada materia prima: las plantas. El hombre le ha dado un amplio uso a las plantas: medicinal, alimenticio, ornamental, etc., dentro de estos variados usos se encuentra también su utilidad como plaguicidas.

En su largo periodo evolutivo las plantas han desarrollado mecanismos de defensa contra insectos, hongos, bacterias y otros organismos nocivos. Entre estos mecanismos podemos encontrar fitoalexinas, enzimas, toxinas, y otros metabolitos secundarios (Vivanco *et al.*, 2005).

En el campo del control de plagas, una estrategia ya utilizada con anterioridad pero poco extendida para la mayoría de los agricultores son los programas de manejo integrado de plagas (MIP), o manejo ecológico de plagas (MEP) que tienen sus orígenes alrededor de 1960. Estos programas tienen como objetivo o filosofía de proteger al máximo las cosechas, al menor costo y con el mínimo riesgo para el hombre, sus animales, sus agro ecosistemas, los ecosistemas y la biosfera (Romero, 2004).

Existen muchos programas de MIP, estos se adaptan al tipo de finca, cultivo, etc. En la mayoría de ellos no se descarta el uso de insecticidas de síntesis, pero solo como apagafuegos. Es aquí donde los insecticidas naturales tienen un gran potencial ya que pueden ser sustitutos de los insecticidas químicos, y reducir significativamente el impacto ecológico y económico ya que presentan una serie de ventajas que a continuación se mencionan:

- Son de bajo costo
- Fácil obtención
- Fácil degradación (biodegradables)
- Son menos agresivos al medio ambiente

- Proviene de materiales renovables
- Menor efecto negativo en enemigos naturales y benéficos
- No producen desequilibrio en el ecosistema

Es importante mencionar que, si bien los insecticidas obtenidos a partir de plantas representan una excelente alternativa para el control de plagas, estos tienen un efecto minimizado si no se utilizan dentro del marco de un programa de Manejo Integrado de Plagas (MIP). Al utilizar insecticidas botánicos se deben tomar ciertas precauciones y no depender únicamente de esta táctica de control (Lannacone y Lamas, 2003; Lannacone *et al.*, 2007).

Plaguicidas Botánicos Empleados

A partir de la necesidad por encontrar una nueva alternativa natural para el control de insectos plagas y reemplazar así los pesticidas sintéticos aparecen los insecticidas botánicos ofreciendo seguridad para el medio ambiente y una eficiente opción agronómica (Borembaum, 1989).

Muchas plantas son capaces de sintetizar metabolitos secundarios que poseen propiedades biológicas con importancia contra insectos plagas (Matthews, 1993; Enriz, 2000; Calderón, 2001; Céspedes, 2001; González-Coloma; 2002).

La selección de plantas que contengan metabolitos secundarios capaces de ser utilizados como insecticidas naturales debe ser de fácil cultivo y con principios activos potentes, con alta estabilidad química y de óptima producción.

Los principales compuestos aislados de plantas usadas desde hace mucho tiempo para fines insecticidas son:

La rotenona: Extraída de una planta llamada derris (*Derris elliptica* y *Lonchocarpus utilis*, Fam. Leguminosae). Es un flavonoide que se extrae de las raíces de estas plantas. De la primera se puede obtener un 13 % de rotenona mientras que de la segunda un 5 % *Derris* es nativa de los trópicos orientales, mientras que *Lonchocarpus* es del hemisferio occidental. Este compuesto es un insecticida de contacto e ingestión, y repelente. Su modo de acción implica una inhibición del transporte de electrones a nivel de mitocondrias bloqueando la fosforilación del ADP a ATP. Por esto se dice que actúa inhibiendo el metabolismo del insecto. Los síntomas que presentan los insectos intoxicados con rotenona son: disminución del consumo de

oxígeno, depresión en la respiración y ataxia que provocan convulsiones y conducen finalmente a la parálisis y muerte del insecto por paro respiratorio (Silva, 2002).

Las piretrinas: Son ésteres con propiedades insecticida obtenidas de las flores del piretro (*Chrysanthemum cinaerifolium*, Fam Compositae). Los componentes de esta planta con actividad insecticida reconocida son seis ésteres, formados por la combinación de los ácidos crisantémico y pirétrico y los alcoholes piretrolona, cinerolona y jasmolona. Estos compuestos atacan tanto el sistema nervioso central como el periférico lo que ocasiona descargas repetidas, seguidas de convulsiones. Diversos estudios han demostrado que estos compuestos taponan las entradas de los iones sodio a los canales, generando que dichos canales sean afectados alterando la conductividad del ión en tránsito. Sin lugar a dudas la característica más importante de estos compuestos es su alto efecto irritante o "knock down" que hace que el insecto apenas entre en contacto con la superficie tratada deje de alimentarse y caiga. Las piretrinas son el mejor ejemplo de la copia y modificación de moléculas en laboratorio porque dieron origen a la familia de los piretroides (Silva, 2002).

La nicotina: Es un alcaloide derivado especialmente de tabaco (*Nicotina tabacum* Fam. Solanaceae). Sus propiedades insecticidas fueron reconocidas en la primera mitad del siglo XVI. Este compuesto no se encuentra en la planta en forma libre sino que formando maleatos y citratos. La nicotina es básicamente un insecticida de contacto no persistente. Su modo de acción consiste en mimetizar la acetilcolina al combinarse con su receptor en la membrana postsináptica de la unión neuromuscular. El receptor acetilcolínico, es un sitio de acción de la membrana postsináptica que reacciona con la acetilcolina y altera la permeabilidad de la membrana; la actividad de la nicotina ocasiona la generación de nuevos impulsos que provocan contracciones espasmódicas, convulsiones y finalmente la muerte. Hoy en día se encuentran en el mercado un grupo de insecticidas conocidos como neonicotinoides que son copias sintéticas o derivadas de la estructura de la nicotina.

La azadirachtina: Es un tetraterpenoide característico de la familia Meliaceae pero especialmente del árbol Neem (*Azadirachta indica*), originario de la india. Este compuesto se encuentra en la corteza, hojas y frutos de este árbol pero la mayor concentración se ubica en la semilla. En el extracto se han identificado alrededor de 18 compuestos entre los que destacan solanina, meliantrol y azadiractina que es el que se

encuentra en mayor concentración. Muestra acción antialimentaria, reguladora del crecimiento, inhibidora de la ovoposición y esterilizante. Hoy en día ya se pueden encontrar formulaciones comerciales de Neem con nombres como Neem Gold, Neemazal, Econeem, Neemark, Neemcure y Azatin entre otros, en países como Estados Unidos, India, Alemania y varios países de América Latina (Silva, 2002).

El modo de acción de estos compuestos extraídos de distintas especies de Meliáceas puede darse a partir de una combinación entre un efecto antialimentario y una toxicidad post-digestiva (Céspedes, 2000).

Modos de acción de los metabolitos secundarios sobre insectos

Alcaloides: Interferencia con la replicación del DNA Interferencia con el transporte en membranas Inhibición de enzimas Agonista de la acetil colina.

Flavonoides: Inhibición de la NADH deshidrogenasa en la cadena de transporte de electrones.

Terpenoides: Repelentes y disuasivos Interfieren en la producción de hormona de la muda y de la muda juvenil, Inhibidores de la síntesis de quitina Inhibición de enzimas digestivas.

Glicosidos cianogenicos: Inhibición de la cito cromó oxidasa en el transporte.

Glucosinolatos: Repelentes y disuasivos.

Cumarinas: Reaccionan de forma irreversible con el ADN.

Taninos y Ligninas: Reductores de la digestibilidad.

Quinonas: Reductor de la digestibilidad.

Piretrinas: Actúan sobre los canales de sodio de las neuronas interfiriendo con la transmisión del impulso nervioso.

Extractos vegetales con algún potencial Plaguicida

Los compuestos químicos que se encuentran en las plantas ejercen diversos efectos sobre los organismos plaga que las atacan, este aspecto es de suma importancia en las estrategias a seguir en el control de plagas y esta intrínsecamente relacionado con los hábitos patogénicos de los organismos plaga.

A continuación se enlistan los efectos más comunes ocasionados por la acción de los plaguicidas de origen botánico (Wink, 2000; Miyoshi, 1998; Mordue y Blackwell, 1993).

- Suspensión de la alimentación
- Reducción de la movilidad del insecto
- Impedimento de la formación de quitina
- Bloqueo de la muda en estados inmaduros
- Reducción del desarrollo y crecimiento
- Toxicidad en larvas y adultos
- Interferencia de la comunicación sexual en la copula
- Suspensión de la ovopositor
- Esterilización de adultos
- Interferencia en los mecanismos de respiración celular

El tipo de efecto que ejercen los productos botánicos en las plagas, varía de acuerdo al tipo de sustancia (compuesto químico) que contengan. Se muestran los modos de acción de los metabólicos secundarios considerando la naturaleza química de estos (Caballero, 2004).

La búsqueda de métodos para la protección natural de cultivos sigue vigente a pesar de que el mercado ofrece una variedad de productos muy amplia. La naturaleza nos proporciona medios para la protección de cultivos que merecen nuestra atención. Estos se originan en la riqueza intrínseca de las especies y que surgen de su lucha por la supervivencia. La protección natural de cultivos reduce el riesgo de la resistencia en los insectos, tiene menos consecuencias letales para los enemigos naturales, reduce la aparición de plagas secundarias, es menos nocivo para el hombre, y no ocasiona daños en el medio ambiente (Stoll, 1989).

Como alternativa, los productos naturales provenientes de una gran variedad de plantas, actúan inhibiendo, repeliendo, disuadiendo o eliminando insectos plagas de distinto tipo (rastreros, voladores, chupadores, defoliadores, etc.) como así también estimulando procesos vitales de los cultivos para fortalecerlos y así protegerse de los ataques de las distintas pestes. Algunas de estas plantas han sido estudiadas científicamente y otras siguen vigentes por leyenda popular (Sánchez, 2002 y Stoll, 1989).

La siguiente lista ofrece una variedad de especies utilizadas desde hace mucho tiempo por distintas culturas y los conocimientos que se tienen de las propiedades de estas plantas se difunden de boca en boca.

Equinácea (*Equinácea angustifolia*): Las raíces de esta planta contienen un componente tóxico para las larvas del mosquito Aedes, la mosca doméstica y es un disruptor del crecimiento y desarrollo de los insectos de la harina.

Hisopo (*Hisopus officinalis*): Al igual que otras plantas aromáticas, el hisopo actúa eficazmente ahuyentando, orugas, pulgones y caracoles.

Lavanda (*Lavandula officinalis*): Sus flores ahuyentan la polilla del armario y es una planta melífera y que atrae insectos beneficiosos como la crisopa.

Poleo (*Mentha pulegium*): Las hojas trituradas y secas son uno de los remedios más efectivos que existen contra las garrapatas de los animales domésticos. Se aplica espolvoreando la piel del animal y las zonas donde descansa, también es efectivo lavar al animal con una infusión bien concentrada de la planta. Ahuyenta también a las hormigas.

Albahaca (*Ocimum basilicum*): Esta planta posee principios activos como: linalol, estregol, leneol. Se asocia al cultivo de tomates para repeler a la mosca blanca. Es insecticida ya que controla polillas, áfidos, moscas, etc. También Acaricida.

Salvia (*Salvia officinalis*): Planta melífera. Contiene principios activos como: boreol, cineol, tuyona. Rechaza la mosca blanca en diferentes cultivos y pulgas y otros insectos voladores.

Falsa acacia (*Robinia pseudoacacia*): Árbol de flores tremendamente melíferas. Las hojas machacadas, mezcladas con azúcar atraen y matan a las moscas.

Romero (*Rosmarinus officinalis*): Planta melífera y que atrae insectos beneficiosos. Las hojas trituradas se usan como repelentes de pulgas y garrapatas.

Toronjil (*Melissa officinalis*): Principio activo: linalol. Repele pulgas, polillas y áfidos.

Mezcla de maíz y frijol con ají (*Capsicum frutescens*): Son usados desde los tiempos aborígenes y sirven actualmente para repeler distintas plagas de insectos.

Ruda (*Ruta graveolens*): Al igual que otras plantas posee principios activos muy importantes como: Rutina, inulina. Su fuerte olor atrae moscas y polillas negras disminuyendo daños sobre los cultivos cercanos.

Ajo (*Allium cepa*): Se aisló al agente activo básico del ajo, la allina, que cuando es liberada interactúa con una enzima llamada allinasa y de esta forma se genera la allicina, la sustancia que contiene el olor característico y penetrante del ajo. Es usado

contra piojos. Otro principio activo: disulfuro de alipropilo: Controla larvas de plagas de diferentes cultivos. Como lechuga. Zanahoria, apio y fresas.

Frijol (*Canavalia ensiformis*): Esta planta posee el principio activo que es la canavalina y controla las hormigas y actúa como funguicida.

Citronella (*Cymbopogon nardus*): Esta especie se produce a partir de dos variedades: *var, lana batu*, la cual suministra un aceite relativamente pobre en geraniol (55-65 %); y otra conocida con el nombre de *var. maha pangiri*, de mejor calidad por su alto contenido en geraniol, de hasta el 90 %. Los principales compuestos son el citronelal y el geraniol, l-limoneno, canfeno, dipenteno, citronelol, borneol, nerol, metileugenol, los cuales son utilizados en la preparación de insecticidas a base de aceites esenciales, o como aromatizante de algunos insecticidas.

Menta (*Mentha spicata*): Esta especie tan utilizada en diferentes partes del mundo, los principios activos que esta posee son: mentol, felandreno, menteno, Se le utiliza para controlar hormigas.

Albahaca (*Ocimum basilicum*): Esta planta es muy utilizada de muchas formas posee principios activos como: linalol, estregol, leneol, etc. Repelente, insecticida, acaricida controla polillas, áfidos, moscas.

Yerbabuena (*Mentha piperita*): Como muchas plantas tiene principios activos como: mentol, cíñelo. Es una planta excelente para el control de insectos chupadores como piojos, pulgones, áfidos en frutales.

Quassia (*Quassia amara*): Esta planta es de las más importantes ya que contiene principios activos concentrados en la madera, hojas y raíces. Es insecticida, actuando por contacto o ingestión. Se usa contra insectos chupadores, minadores, barrenadores, áfidos y algunos coleópteros.

La búsqueda de métodos para la protección natural de cultivos sigue vigente a pesar de que el mercado ofrece una variedad de productos muy amplia. La naturaleza nos proporciona medios para la protección de cultivos que merecen nuestra atención. Estos se originan en la riqueza intrínseca de las especies y que surgen de su lucha por la supervivencia. La protección natural de cultivos reduce el riesgo de la resistencia en los insectos, tiene menos consecuencias letales para los enemigos naturales, reduce la aparición de plagas secundarias, es menos nocivo para el hombre, y no ocasiona daños

en el medio ambiente. Algunas de estas plantas han sido estudiadas científicamente y otras siguen vigentes por leyenda popular (Sánchez, 2002 y Stoll, 1989).

La calidad y concentración de las sustancias activas pueden llegar a variar hasta un 500 % de una estación a otra o con la localización de la planta, edad y madurez del material vegetal con que se prepara el extracto. La sustancia activa se encuentra a menudo concentrada en una parte específica de la planta, aunque frecuentemente y por razones comerciales se emplee toda la planta. Otra causa de la variabilidad incluye el hecho de que la sustancia activa suele estar ligada a una azúcar y necesita ser separada por una enzima antes de activarse, y el secado rápido impide o reduce este proceso, por lo tanto baja su efectividad. Dejar las plantas en remojo también puede destruir la sustancia o dejarla escapar. Se deduce de todo esto que una dosificación precisa se hace muy difícil con preparados caseros. Además del problema de la variabilidad estacional y la actividad a corto plazo nos encontramos con los efectos secundarios.

Los extractos pueden actuar contra insectos beneficiosos y microorganismos no patógenos, incluidos los antagonistas. A pesar de encontrarnos con ciertas dificultades en el uso de preparados de plantas hay ciertos extractos que han mostrado ser efectivos de forma segura, incluso preparados por el agricultor sin disponer de mayor equipamiento, un ejemplo lo constituyen las acederas (*Rumex* sp.), cuyo difícil control como malezas se debe en gran parte a su resistencia a prácticamente todo tipo de patógenos y plagas de insectos, lo que parece indicar que tienen un mecanismo de defensa particularmente bien desarrollado (Nicolás, 1998).

Diferentes usos de extractos vegetales.

Polvos vegetales

El uso de polvos vegetales es una técnica recuperada de la agricultura de subsistencia de países principalmente de África y América Central (Lagunes y Rodríguez, 1989).

Las plantas que tradicionalmente se han utilizado en graneros rústicos para evitar el daño del grano por insectos son: cebolla (*Allium cepa*), ajo (*Allium sativum*), neem (*Azadirachta indica*), ají o chile (*Capsicum* spp), cedro (*Cedrela* spp), *Croton* spp., colorín (*Erythrina americana*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*), paraíso (*Melia azedarach*),

menta (*Mentha spicata*), tabaco (*Nicotiana tabacum*), hierba santa (*Piper auritum*), homeoquelite (*Piper sanctum*), saúco (*Sambucus mexicana*), jaboncillo (*Sapindus* spp.) y ramatinaja (*Trichilia havanensis*).

Sin lugar a dudas este es un método de control que ha tenido una segunda época, pues se podría decir que ya está quedando atrás el tiempo en que hablar de insecticidas vegetales se limitaba al uso de piretro (*Tanacetum cinerariifolium*), tabaco (*Nicotiana tabacum*) y rotenona (*Derris* spp.) entre otros, ya que hoy en día en varios lugares del mundo hay grupos de investigación trabajando en la búsqueda de nuevas plantas con propiedades insecticidas.

La mayoría de las especies de plantas que se utilizan en la protección vegetal, exhiben un efecto insectistático más que insecticida (Silva *et al.*, 2002). Es decir, inhiben el desarrollo normal de los insectos. Sin embargo, no se puede olvidar que algunas sustancias vegetales si provocan un efecto insecticida como sucede con las piretrinas, la nicotina o la rotenona (Izuru, 1970).

Según Coats, (1994) los compuestos naturales tienen un efecto protector que principalmente se debe a repelencia, disuasivo de la alimentación u oviposición y regulador de crecimiento. Además, Metcalf y Metcalf (1992) también señalan el efecto confusor o disruptor. Por lo tanto, debemos considerar a todos aquellos compuestos que sabemos que su efecto es insectistático como preventivos más que como curativos (Rodríguez, 1993). Un ejemplo de lo último lo encontramos en el caso de los granos almacenados en donde una vez que el insecto ya penetró el grano, cualquier polvo vegetal de probada eficacia protectora no tendrá efecto (Lagunes, 1994).

Aceites

Los aceites que se utilizan en el control de plagas de granos almacenados pueden ser de origen vegetal o mineral. Ninguna de estas alternativas tiene problemas para ser utilizada en un programa orgánico de producción.

Los aceites de origen vegetal han sido utilizados desde muy antigua data para el control de diferentes insectos a nivel doméstico y de agricultura de subsistencia. Se han propuesto varias explicaciones para su acción tóxica sobre los insectos.

La primera se refiere al efecto ovicida donde eliminaría los huevecillos de los insectos debido a que los cubre completamente con una película que impide el

intercambio gaseoso (Davidson, *et al.*, 1991). Otros autores, también para la eliminación de huevecillos, señalan que endurece la cubierta externa de modo que la larva una vez que completo el estadio es incapaz de romperlo y emerger. Además se plantea que altera el equilibrio osmótico, es decir el huevo perdería tanta agua que se secaría muriendo el embrión (Larrain, 1982). Por último alteraría la actividad enzimática del huevo produciéndose una coagulación del protoplasma.

Como adulticida se plantea que cubre al adulto con una capa oleosa que tapa los espiráculos de respiración matándolo por asfixia (Davidson, *et al.*, 1991). La eficiencia de los aceites vegetales ha sido reportada exitosamente contra insectos de granos almacenados (Gastelúm y Rodríguez, 1996). El modo de acción que se les atribuye es principalmente ovicida (FAO, 1983) y larvicida en instares tempranos (Aguilera, 1991).

Existen variados antecedentes sobre el uso de estos compuestos en granos almacenados. Por ejemplo FAO, (1983), señala que en el Caribe se utiliza aceite de maní en una concentración de 2 a 5 % para el combate de *Callosobruchus maculatus*. A su vez Diaz (1985), evaluó aceites de algodón, cártamo, girasol, maíz, soya y olivo contra *Sitophilus zeamais* encontrando que los mejores resultados se obtienen con aceite de maíz a una concentración del 6 %.

Otro antecedente lo proporciona Salas (1985), quien indica que la aplicación de 10 ml por kg de cualquiera de los siguientes aceites: semilla de aceites de soya, ricino, coco, maní, sésamo y olivo en maíz almacenado, provocan 100 % de mortalidad en *Sitophilus oryzae*, a las 3 horas de realizada la aplicación.

Efectos alelopáticos

La interferencia de las malezas con los cultivos es la suma de la competencia por agua, luz, nutrientes y CO₂, lo que produce como resultado pérdidas en calidad y cantidad de los productos agrícolas, y el desperdicio de enormes cantidades de energía. El control de malezas se originó desde el inicio de la agricultura. El hombre ha dedicado grandes esfuerzos para combatir las manualmente y, luego, empleando herramientas y equipos para mejorar la eficiencia en su control. Actualmente existen sofisticados equipos mecánicos para su remoción y sustancias químicas o biológicas para prevenir o retardar su germinación o crecimiento. En las últimas décadas se han logrado significativos avances para obtener sustancias químicas o biológicas que sean

menos tóxicas para el ambiente y el hombre y, al mismo tiempo, más selectivas respecto a los cultivos donde se usen. Dentro del control biológico se ha planteado la utilización de compuestos alelopáticos en la formulación de herbicidas (Chiapusio *et al.*, 2004). El término alelopatía se refiere a los efectos detrimentales de una especie de planta superior o donante sobre la germinación, crecimiento y desarrollo de otra especie de planta receptora. Sin embargo, algunos investigadores incluyen efectos estimulantes bajo condiciones alelopáticas, asemejándolos al caso de algunos herbicidas en bajas concentraciones, que activan el crecimiento por efectos hormonales aun cuando continúan siendo clasificados como herbicidas; Chiapusio *et al.*, 2004).

Una manera de examinar las propiedades alelopáticas de una especie es mediante bioensayos en los que se cuantifica la germinación o emergencia de plántulas y se mide la radícula o hipocótilo (Lovett y Ryuntyu, 1992). Una ventaja de los compuestos aleloquímicos en el desarrollo de pesticidas naturales es que son fácilmente biodegradables y muchos de ellos son seguros y limpios desde el punto de vista ambiental (Rizvi *et al.*, 1992). Fajardo *et al.*, (2005) sostienen que, debido a la situación existente en la producción agrícola, se han encontrado nuevas vías para obtener una agricultura sostenible basada en recursos naturales y renovables. Una de las soluciones a esta situación ha sido la alelopatía. Estos autores realizaron un ensayo donde evaluaron el efecto de extractos acuosos de girasol (*Helianthus annuum*) al 50 % v/v. Se encontraron diferencias significativas en la germinación de las malezas en comparación con el testigo, al mostrar un mayor efecto inhibitorio en la germinación y en el retardo del crecimiento.

El potencial alelopático de exudados radicales fue estudiado por Miquilena y Lazo, (2005), quienes encontraron que las malezas *Amaranthus dubius*, *Echinochloa colona* y *Trianthema portulacastrum* influían sobre el porcentaje de germinación y la longitud radical de las especies cultivadas cebolla, pepino, lechuga, tomate y arroz. Los resultados permitieron concluir que los extractos metanólicos de las plantas donadoras ejercieron efectos potencialmente alelopáticos, estimulatorios e inhibitorios sobre la longitud radical de las especies indicadoras, según el tratamiento aplicado, el sustrato utilizado y la especie receptora.

La actividad alelopática y tipos de metabolitos presentes en el follaje de *Lantana trifolia* L. fueron estudiados por Valerino *et al.*, (2005), con el fin de obtener compuestos

puros potencialmente activos, a partir de extractos de plantas con actividad alelopática contra malezas. Se determinó la actividad alelopática en condiciones de laboratorio de extractos de n-hexano y etanol, al evaluarse los índices de vigor y reducción de plántulas de pepino, tomate y trigo frente a dichos extractos. Se observó que ambas fracciones redujeron el crecimiento de la raíz y el coleóptilo, estando más marcado este efecto en el extracto etanólico. En *L. trifolia* se detectó la presencia de triterpenos/esteroides y flavonoides en el extracto clorofórmico y triterpenos/esteroides, flavonoides y glicósidos en el extracto de n-butanol. En ambos extractos se determinaron las concentraciones mínimas inhibitorias frente a las plántulas estudiadas. Blanco *et al.*, (2005) evaluaron el efecto de extractos acuosos de malezas sobre el desarrollo radical temprano del plátano (*Musa AAB*). Para ello, se sembraron cormos de 'Plátano Hartón', con eliminación previa de raíces, los cuales fueron tratados cada tres días con extractos acuosos provenientes de tres malezas: *Cyperus rotundus*, *Rottboellia cochinchinensis* y *Commelina diffusa* y agua como testigo. Se midió número, longitud, peso fresco y peso seco de raíces de plátano. Adicionalmente, los extractos fueron aplicados sobre semillas de maíz, frijol y guandul para verificar el poder alelopático de los extractos, al determinarse la longitud radical. Se obtuvieron diferencias significativas a los 21 días después de la siembra, donde las especies *C. rotundus* y *R. cochinchinensis* favorecieron el desarrollo radical del plátano, mientras que la *C. diffusa* ocasionó una reducción del 70, 50 y 61 % en el número, longitud total y peso fresco de raíces, respectivamente, comparado con el testigo. También hubo efecto alelopático de los extractos sobre maíz, frijol y guandul, observado en el incremento ocasionado en la longitud total de raíces. Estos resultados indicaron un potencial alelopático de estas malezas sobre el cultivo del plátano.

Mediante análisis fitoquímicos en laboratorio y campo, Alfonso *et al.*, (2005) estudiaron el efecto alelopático de extractos acuosos de *Nerium oleander*, *Aleuritis fordii*, *Ocimum sanctum*, *Gliricidia sepium* y *Thevetia peruviana* sobre la germinación de semillas y desarrollo del eje radículo-hipocotilar en cinco especies de malezas. Todos los extractos evidenciaron efectos inhibitorios, los metabolitos secundarios más frecuentes fueron triterpenos, fenoles y flavonoides.

Cuevas, (2007) evaluó los extractos etanólicos de *Swinglia glutinosa Murray* y *Lantana camara* en ensayos de preemergencia y poseemergencia, con aplicaciones de

siete concentraciones (0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0 y 5,0 % V/V) a cinco especies de arvenses (chilinchil, bleado, lengüevaca, gualola y nabo) y cinco de cultivos comerciales (arroz, maíz, zanahoria, lechuga y tomate). En los ensayos de preemergencia se observó que el extracto de *S. glutinosa* inhibió la germinación y disminuyó la longitud radicular de las arvenses, cuando se aplicó a las semillas con la concentración más baja (0,5 %). Para los extractos de *L. camara*, se requirió de una dosis media de 2,0 % para observar el efecto de control en las variables evaluadas.

Los estudios sobre el efecto de extractos de Piperaceae sobre semillas y plántulas de arvenses y cultivos indicadores de fitotoxicidad son escasos. Robayo y Rodríguez, (2006) evaluaron el efecto alelopático de extractos etanólicos de *Swinglia glutinosa* y *Piper aduncum*, en tres dosis diferentes, sobre semillas de cinco arvenses asociadas a cultivos de clima cálido. Se presentó inhibición de germinación para todas las especies estudiadas en las diferentes concentraciones. Así mismo, al evaluar el efecto de los extractos sobre plántulas germinadas de las mismas especies de arvenses, se observó fitotoxicidad en un alto grado.

Chávez y Pérez, (2008) evaluaron el efecto de seis extractos: fruto y madera de *Piper aduncum*, hojas y raíz de *Piper hispidium*, parte aérea de *Piper holtonii* y madera de *Piper eriopodon*, sobre germinación y desarrollo de plántulas de caminadora (*Rotboellia cochichinensis*), sorguillo (*Sorghum halepense*), nabo (*Brassica rapa*), frijolillo (*Phaseolus lathyroides*), bleado (*Amaranthus dubius*) y lengüevaca (*Rumex crispus*). También se evaluaron estos extractos en semillas de cultivos que pueden indicar fitotoxicidad como maíz, arroz, lechuga, tomate y zanahoria.

Los principales resultados indican que los diferentes extractos en las diferentes concentraciones inhiben germinación en las arvenses y en los cultivos indicadores de fitotoxicidad sobresalen los extractos de madera de *P. aduncum* y raíz *P. hispidium*. Igualmente, los extractos mencionados produjeron reducciones fuertes en el desarrollo radicular y en la parte aérea de las arvenses y las plantas de cultivo. Estos resultados se atribuyeron a la presencia de metabolitos secundarios en los extractos de *Piper* sp., los cuales contienen terpenos (Delgado *et al.*, 2007), compuestos precursores del ácido abscísico (ABA). Sin embargo, de acuerdo con estudios realizados por Zamorano y Fuentes, (2005) en los que evalúan el potencial alelopático de extractos de nabo silvestre y raigrás sobre las arvenses de la sabana de Bogotá, cenizo, malva blanca y

bledo, se determinó que no se puede generalizar el efecto herbicida de los extractos, debido a una posible selectividad. Por esta razón se sugiere realizar estudios específicos con extractos vegetales para cada especie de arvense a controlar.

Efecto insecticida

Las plagas constituyen la principal limitante de la producción agrícola. Cada año, una tercera parte de la producción de alimentos debe destruirse, por plagas de cultivos y de productos almacenados, por lo cual se hace imprescindible el estudio de nuevas vías para su control (Medina, 2001). Este se ha basado, tradicionalmente, en el uso de productos químicos sintéticos, muchos de los cuales han producido, como efecto secundario, problemas de desequilibrio ambiental, salud humana y el surgimiento de poblaciones de plagas más agresivas (FAO, 2002). Son responsables además de resistencia a insecticidas por parte de los insectos (Bourguet *et al.*, 2000) y la pérdida de predadores naturales y polinizadores (Freemark, 1995), que han visto alterado su ciclo de vida a causa de estos productos.

En humanos, existe referencia de una alta incidencia de enfermedades y diversos cuadros clínicos por intoxicación, al encontrarse elevados niveles de pesticidas en la población (Waterhouse, 1996 y Ramírez, 2001). Estos problemas han llevado a la búsqueda de alternativas de control incluidas en el desarrollo de agrosistemas sostenibles, basados en un manejo integrado del cultivo sin alterar el equilibrio del sistema (Bunch, 1997). Una de estas alternativas es el uso de extractos vegetales que actúan como biocontroladores, debido a la presencia de metabolitos secundarios (Cuttler y Schmutteres, 1999; Ducrot, 2005). Las plantas producen sustancias de bajo peso molecular conocidas como metabolitos secundarios. Estos son normalmente no esenciales para el proceso metabólico básico de la planta. Entre ellos se encuentran terpenos, lignanos, alcaloides, esteroides y ácidos grasos. Esta diversidad química es consecuencia del proceso evolutivo que ha llevado a la selección de especies con mejores defensas contra el ataque microbiano o la predación de insectos y animales (Dixon, 2001 y Ducrot, 2005).

Actualmente se sabe que estos metabolitos secundarios tienen un rol importante en el mecanismo defensivo de las plantas (Jacobson, 1989); por tanto, en los últimos años, se está retornando al uso de las plantas como fuente de pesticidas más seguros

para el medio ambiente y la salud humana (Mansaray, 2000 y Ottaway, 2001). Los insecticidas naturales a partir de extractos vegetales constituyen una interesante alternativa de control de insectos, además que solo se han evaluado muy pocas plantas en relación a la fuente natural que ofrece el planeta, por lo que las perspectivas futuras en investigación, son aún mayores. A partir de la necesidad por encontrar una nueva alternativa natural para el control de insectos plagas y reemplazar así los pesticidas sintéticos, aparecen los insecticidas botánicos que ofrecen seguridad para el ambiente y son una eficiente opción agronómica (Céspedes *et al.*, 2000; Medina, 2001).

Como alternativa, los productos naturales provenientes de una gran variedad de plantas actúan inhibiendo, repeliendo, disuadiendo o eliminando insectos plagas de distinto tipo (rastreros, voladores, chupadores, defoliadores, etc.) y también estimulando procesos vitales de los cultivos para fortalecerlos y así protegerse de los ataques de las distintas plagas. Algunas de estas plantas han sido estudiadas científicamente y otras siguen vigentes por leyenda popular (Duke, 1990). La mayoría de las especies de plantas que se utilizan en la protección vegetal exhiben un efecto insectistático más que insecticida, es decir, inhiben el desarrollo normal de los insectos.

Reguladores de crecimiento

Efecto que se manifiesta de diversas formas. Por un lado, se presentan moléculas que inhiben la metamorfosis, al evitar que esta se produzca en el momento preciso. Otros compuestos hacen que el insecto tenga una metamorfosis precoz y se desarrolle así en una época poco favorable. También se ha observado que determinadas moléculas pueden alterar la función de las hormonas que regulan estos mecanismos, de modo que se producen insectos con malformaciones, estériles o muertos (Silva *et al.*, 2002).

Inhibidores de la alimentación

Es el modo de acción más estudiado de los compuestos vegetales como insecticidas. Un inhibidor de alimentación es un compuesto que, luego de una pequeña prueba, hace que el insecto se deje de alimentar y muera por inanición. Muchos de los compuestos que muestran esta actividad pertenecen al grupo de los terpenos y se han

aislado principalmente de plantas medicinales originarias de África y la India (Cutler y Schmutter, 1999).

Repelentes

El uso de plantas como repelentes es muy antiguo, pero no se le ha brindado la atención necesaria para su desarrollo (Tripathi *et al.*, 2000). Esta práctica se realiza con compuestos que tienen mal olor o efectos irritantes, como el ají y el ajo. Un ejemplo se observa en las prácticas realizadas por indígenas de Costa Rica, que espolvorean con ají los recipientes en los que almacenan maíz y frijol para que no se infesten de plagas (Silva *et al.*, 2002).

Numerosos compuestos químicos se producen naturalmente y funcionan en algún grado como insecticidas (Molina, 2001). El rango de su efecto protector va desde repelencia, disuasión de la alimentación y oviposición, hasta toxicidad aguda e interferencia con el crecimiento y desarrollo de los insectos. Los insecticidas vegetales presentan la ventaja de ser compatibles con otras opciones de bajo riesgo aceptables en el control de insectos, como feromonas, aceites, jabones, hongos entomopatógenos, depredadores y parasitoides, lo que aumenta enormemente sus posibilidades de integración a un programa de Manejo Integrado de Plagas (Molina, 2001).

Entre los compuestos aislados de plantas usadas para fines insecticidas se encuentra la rotenona extraída de *Derris elliptica* y *Lonchocarpus utilis* y es un flavonoide que se extrae, respectivamente, en un 13 % y un 5 % de las raíces de estas plantas. Este compuesto es un insecticida de contacto e ingestión y repelente. Su modo de acción implica una inhibición del transporte de electrones a nivel de mitocondrias, bloqueando de esta forma la fosforilación del ADP a ATP. Por esto actúa inhibiendo el metabolismo del insecto. Los síntomas que presentan los insectos intoxicados con rotenona son disminución del consumo de oxígeno, depresión en la respiración y ataxia que provocan convulsiones y conducen finalmente a la parálisis y muerte del insecto por paro respiratorio (Silva *et al.*, 2002).

Otro grupo de compuestos con propiedades insecticidas son las piretrinas, obtenidas de flores del piretro (*Chrysanthemum cinerifolium*). Los componentes de esta planta con actividad insecticida reconocida son ésteres, formados por la combinación de los ácidos crisantémico y pirétrico y los alcoholes piretrolona, cinerolona y

jasmolona. Estos compuestos atacan el sistema nervioso central y periférico, lo que ocasiona descargas repetidas, seguidas de convulsiones. Estos compuestos taponan las entradas de los iones de sodio a los canales, lo que genera que dichos canales sean afectados al alterarse la conductividad del ión en tránsito. La característica más importante de estos compuestos es su efecto *knock down* que hace que el insecto, al entrar en contacto con la superficie tratada, deje de alimentarse y muera. Las piretrinas son el mejor ejemplo de la copia y modificación de moléculas en laboratorio, porque dieron origen a la familia de los piretroides (Silva *et al.*, 2002).

La nicotina es un alcaloide derivado especialmente de tabaco (*Nicotiana tabacum*). Sus propiedades insecticidas fueron reconocidas en la primera mitad del siglo XVI. La nicotina es básicamente un insecticida de contacto no persistente y su modo de acción consiste en mimetizar la acetilcolina al combinarse con su receptor en la membrana postsináptica de la unión neuromuscular. El receptor acetilcolínico es un sitio de acción de la membrana postsináptica que reacciona con la acetilcolina y altera la permeabilidad de la membrana. La actividad de la nicotina ocasiona la generación de nuevos impulsos que provocan contracciones espasmódicas, convulsiones y, finalmente, la muerte. Hoy se encuentran en el mercado insecticidas conocidos como neonicotinoides, que son copias sintéticas o derivadas de la estructura de la nicotina como Imidacloprid, Thiacloprid, Nitempiram, Acetamiprid y Thiamethoxam, entre otros. Azadiractina es un tetraterpenoide característico de la familia Meliaceae especialmente del árbol Neem (*Azadirachta indica*). Este compuesto se encuentra en la corteza, hojas, frutos y, principalmente, en la semilla del árbol (Valladares *et al.*, 1997). En el extracto se han identificado alrededor de 18 compuestos, entre los que se destaca azadiractina, que se encuentra en mayor concentración. Muestra acción antialimentaria, reguladora del crecimiento, inhibidora de la oviposición y esterilizante. Actualmente se pueden encontrar formulaciones comerciales de Neem como Neem Gold, Neemazal, Econeem, Neemark, Neemcure y Azatin, entre otros (Grainge *et al.*, 1988).

De plantas de la familia Rutaceae, se han aislado numerosos limonoides (naturales y modificados) para estudiar los efectos antialimentarios que provocan sobre especies de insectos plagas pertenecientes a Lepidopteros (Suresh *et al.*, 2002).

Hortalizas tan comunes como papa, tomate y berenjena (familia Solanaceae) producen alcaloides conocidos como chaconina, solanina, tomatina, atropina y escopolamina, que poseen un efecto insecticida poderoso en la mayoría de los insectos, aunque algunas especies han desarrollado tolerancia a estas toxinas (Menjívar, 2001).

El papel de los metabolitos secundarios de las plantas como agentes de control ha sido establecido por Baladrin *et al.*, (1985) y una aproximación de identificación de los compuestos de posible valor práctico se pueden tener al identificar plantas que son resistentes al ataque de insectos y al separar sus principios activos. Muchas familias de plantas como las Myrtaceae, Asteraceae y Piperaceae son bien conocidas por tener principios como los terpenoides y grupos de amidas que tienen efecto antialimentario, repelente e insecticida que inhibe el desarrollo y el crecimiento de muchos insectos del orden *Lepidóptera* (Srivastava *et al.*, 2000).

Carrero y Lizarazo, (2006) estudiaron el efecto de extractos acuosos, etanólicos y de diclorometano de hojas de carbonero (*Calliandria pittieri*), hierba mora (*Solanum nigrum*) y barbasco (*Polygonum hydropiperoides*), en diferentes dosis y encontraron que el extracto de *P. hydropiperoides* obtenido con diclorometano produjo un efecto antialimentario e insecticida tipo know down de importancia económica en larvas de *Spodoptera frugiperda* criadas en condiciones de laboratorio.

Scott *et al.*, (2004) trabajaron con extractos de tres especies de plantas de la familia Piperaceae, *Piper nigrum*, *P. guineense* y *P. tuberculatum*, que fueron evaluados en insectos de cinco órdenes. Las tres especies contenían isobutyl amidas, compuestos secundarios de plantas que actúan como neurotoxinas contra los insectos. Estos compuestos se consideran seguros para los mamíferos, ya que Piper ha sido usado por siglos como especia y elemento medicinal. En esta investigación los valores de LD50 de *P. nigrum* fueron comparados entre insectos-plagas y las especies más sensibles en orden del incremento de la concentración letal fueron: *Malacosoma antericanum*, *Neodiprion sertifer*, *Yponomeuta cagnagella*, *Pyrrhalta viburni*, *Acalymma vittatum*, *Leptinotarsa decemlineata*, *Popillia japonica* y *Blissus leucopterus hirtis*. Los mismos autores encontraron que las formulaciones de *Piper* sp., también tienen una actividad repelente, protegen las hojas de las plantas de comedores de follaje, adultos, larvas y de oviposición.

Soberón *et al.*, (2006) evaluaron la acción biocida de extractos de *Piper tuberculatum* sobre larvas de *Diatrea saccharalis*. Utilizaron extractos acuosos, diclorometano-metanol y etanólico de hojas, tallos y espigas maduras, en larvas del tercer estadio. Los extractos de diclorometano-metanol y etanólico de espigas maduras y extracto de diclorometanometanol de plantas in vitro mostraron niveles significativos de mortalidad larval.

La aplicación de extractos etanólicos de diez especies de *Piper* presentes en la región del Sumapaz (Cundinamarca) en larvas de *Spodoptera frugiperda* de tercer instar ocasionó un efecto antialimentario y altos porcentajes de mortalidad, similares al presentado con el testigo comercial biológico (*Bacillus thuringiensis*). Estos resultados se pueden deber a la acción de los metabolitos secundarios presentes (Delgado *et al.*, 2007) y a una posible asociación de plantas del género *Piper* con *B. thuringiensis*, lo que se evidencia en la similitud de la sintomatología en las larvas tratadas con el control biológico (BT) (Murcia y Bermúdez, 2008).

Efecto fungicida

El control biológico de enfermedades de plantas constituye una práctica ampliamente difundida y sigue siendo objeto de investigación y desarrollo. Un concepto amplio de control biológico incluye nociones como las de prácticas de cultivo y resistencia a las enfermedades. Desde esta perspectiva se acepta que es "la reducción de la cantidad del inóculo o en la actividad en la producción de la enfermedad producida por un patógeno o parásito en su estado activo o latente, por acción de uno o más organismos, efectuado naturalmente o por medio de la manipulación del ambiente, del huésped o del antagonista o por la inducción de uno o más antagonistas" (Izquierdo *et al.*, 1995). Por otra parte, se encuentra el concepto clásico que se restringe a que control biológico es el uso deliberado de un organismo para controlar a otro. Sin embargo, y en relación a este último concepto, es necesario considerar que las interacciones de múltiples variables presentes en el medio ambiente pueden modificar las interacciones entre los microorganismos y su entorno, muchas de las cuales pueden favorecer o impedir un control biológico efectivo (McSpadden-Gardener, 2002).

Fusarium oxysporum f. sp. *Lycopersici* es el causante de la marchitez del tomate y otros productos agrícolas y se ha observado que los fungicidas actuales tienen poca efectividad en su control, por lo que se buscan alternativas de control biológico utilizando extractos vegetales. Con ese objetivo se colectaron hojas sanas de dos Euphorbiaceae (*Croton rhamnifolius* var. *Caudatus* y otra aún sin identificar) y una Sterculiaceae (*Waltheria* sp.), se prepararon extractos que se adicionaron a un medio semisólido sobre el cual se sembró el hongo. Se determinó el diámetro de la colonia, se calculó el porcentaje de reducción del crecimiento en relación al testigo y se encontraron diferencias significativas. Los resultados muestran un potencial de uso de estos extractos en un programa de control del patógeno (Rodríguez *et al.*, 2003).

García *et al.*, (2006), al realizar la evaluación de la actividad antifúngica con los aceites esenciales obtenidos en plantas aromáticas, determinaron una mayor actividad biológica con limonaria (*Cymbopogum citratus*) y tomillo (*Thymus vulgaris*). Se realizó la evaluación fitotóxica sobre plantas de tomate de árbol, mostrando que la aplicación sistemática y en altas concentraciones no ocasionó ninguna lesión de las contempladas en las escalas de daño a las plantas evaluadas.

Stauffer *et al.*, (2000) evaluaron los extractos de 98 especies vegetales pertenecientes a 46 familias botánicas (7 monocotiledóneas; 46 dicotiledóneas; 1 conífera y 2 pteridofitas) para determinar su posible efecto fungicida o bactericida, con la factibilidad de ser utilizados en el control de enfermedades en plantas. Nueve de los extractos evaluados (ajo, cebolla, quebracho colorado, agríal, palo santo, chirca, guayaba, eucalipto y pino) demostraron inhibición de crecimiento de la bacteria *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*. La inhibición del crecimiento fungoso solo se obtuvo con extractos de ajo y cebolla (utilizados como referencia), así como con el extracto de mamón contra *Colletotrichum* sp. El extracto de ajo tuvo efecto inhibitor sobre siete especies de hongos (*Penicillium italicum*, *Aspergillus flavus*, *Fusarium* sp., *Rhizoctonia solani*, *Alternaria* sp., *Colletotrichum* sp. y *Pythium* sp.). El efecto de la cebolla fue menor en intensidad y afectó sólo a *Fusarium* sp., *Alternaria* sp., *Colletotrichum* sp. y *Pythium* sp.

También se ha evaluado el efecto de extractos vegetales sobre bacterias. Loaiza *et al.*, (1996) determinaron el potencial biosida de extractos de veinte plantas del bosque tropical de Costa Rica. Se obtuvieron extractos hidroalcohólicos de diferentes

partes de cada planta. Se utilizó un cultivo de bacterias desarrollado en el medio PDA. De los extractos evaluados *Picramia antidesma*, *Platimicium pleiostachium*, *Jacquinea pungens*, *Vatairea lundeli*, *Ateleia herbert* y *Cassia emerginata* exhibieron los mayores halos de inhibición en comparación de los testigos comerciales para las bacterias evaluadas. Los metabolitos secundarios identificados a los cuales se les aduce la acción inhibitoria son de naturaleza antroquinónica y flavonoides de naturaleza catequínica.

Puente *et al.*, (2005) sostienen que el uso indiscriminado de pesticidas en las prácticas agrícolas ha causado contaminación ambiental, problemas a la salud humana y productos agrícolas inseguros. Por tal motivo, realizaron un trabajo en condiciones de campo con el objetivo de estudiar el efecto del extracto vegetal de *Phylla strigulosa* var. *sericea*, sobre el hongo fitopatógeno del suelo *Sclerotium rolfsii* Sacc., causante de pudriciones en el cuello y la raíz de plántulas de cultivos susceptibles, al evaluarse el efecto de estos extractos al 50 % de concentración. Estos extractos mostraron actividad inhibitoria frente a este hongo fitopatógeno y su potencial como especie alelopática.

Srivastava *et al.*, (2001) describen en un estudio la actividad antibacterial de aislamientos de *Piper longum* y *Taxus baccata*. Los aislamientos de *P. longum* fueron activos contra bacterias Gram-positivas y moderadamente activas contra bacterias Gram-negativas.

Arciniegas *et al.*, (2002) realizaron la evaluación de extractos etanólicos crudos a partir de diferentes partes de las plantas pertenecientes a trece familias, entre las que se encontraba la Piperaceae. Diferentes concentraciones de estos extractos se estudiaron bajo condiciones *in vitro* y se midió el efecto de la actividad antifúngica contra *Mycosphaerella fijiensis*, causante de la sigatoka negra en plátanos y bananos. De veinte extractos etanólicos, solo los de ocho especies (*Commelina difussa*, *Momordica charantia*, *Pavonea* sp., *Plenas* sp., *Sida rhombifolia*, *Syzygium aromaticum*, *Piper hispidum* y *Piper peltatum*) mostraron actividad antifúngica, tanto en germinación de esporas como en desarrollo de colonias de *M. fijiensis*, y en algunos casos eran más efectivos que el fungicida comercial propiconazole, por lo que estos extractos fueron rotulados como promisorios. El fraccionamiento de estos extractos crudos mediante diclorometano reveló que los constituyentes antifúngicos activos en la planta son encontrados en una u otra de las fracciones analizadas.

Estos resultados podrían permitir aislar estos compuestos para utilizarlos como sustancias promisorias para el control de la sigatoka negra.

Silva *et al.*, (2002), en un estudio sobre plantas de la familia Piperaceae separaron amidas, con un alto contenido de isobutyl, pyrrolidina, dihydropyridona y piperidina. Al realizar una separación de bioactivos por fraccionamiento, *Piper arboreum* presentó dos nuevas amidas: N-(10-(13,14-methylenedioxyphenyl)-7(E),9(Z)-pentadienoyl)-pyrrolidina y arboreumina y otros compuestos conocidos N-(10-(13,14-methylenedioxyphenyl)-7(E)-pentaenoyl)-pyrrolidina y N-(10-(13,14-methylenedioxyphenyl)-7(E), 9(E)-pentadienoyl)-pyrrolidina. También se separaron seis amidas y dos derivados antifungosos cinnamoyl derivados de semillas y hojas de *Piper tuberculatum*. La mayoría de estos compuestos mostraron actividad antifungosa contra *Cladosporium sphaerospermum*. Un estudio realizado por Hernández y Vásquez, (2007) determinó que la aplicación de extractos vegetales de hojas de *Piper aduncum* y *Thymus vulgaris* y de flores de *Matricharia chamomilla* permite controlar, bajo condiciones *in vitro* y en plántulas, el desarrollo del hongo *Colletotrichum gloeosporoides*, causante de la antracnosis en el tomate de árbol. Los resultados obtenidos en este estudio mostraron que el mayor control del hongo se obtuvo con el extracto floral de *M. chamomilla*. Debido a la actividad biológica de la familia Piperaceae, los autores sugieren realizar estudios para determinar si existe una mayor inhibición de *C. gloeosporoides* con extractos de inflorescencias de *P. aduncum*, debida a la presencia de lignanos y flavonoides.

A partir de los resultados anteriormente expuestos queda claro que es necesario desarrollar nuevos sistemas de manejo integrado basados en productos naturales de plantas, que reduzcan la dependencia de los productos sintéticos y, por tanto, menos contaminación ambiental y mayor calidad en los alimentos agrícolas producidos.

Plantas Bajo Estudio

Ruda (*Ruta graveolens*)

Esta planta en su crecimiento, puede alcanzar el metro de altura y las estaciones en las que florece son la primavera y el verano, concretamente entre los meses de mayo y julio, siendo el mes de agosto el más propicio para su recolección. Para su multiplicación, se emplean semillas, plantándolas en abril. A la hora de regar, es importante que no abusemos del agua, puesto que una humedad excesiva no la favorece. Con un par de riegos por semana bastará.

Las áreas preferidas para su desarrollo son los terrenos soleados y secos, pudiendo también cultivarse bien en semisombra. En cuanto a las condiciones, se prefieren los de carácter ligero y que sean permeables. Ruda con principios activos: Rutina, inulina. Su fuerte olor atrae moscas y polillas negras disminuyendo daños sobre los cultivos cercanos (Stoll, 1989).

Historia

En el siglo XVI Francisco Hernández relata que "mitiga los ardores de las fiebres, fortalece y es remedio prontísimo y seguro de las picaduras venenosas principalmente de los escorpiones, quita el ardor de los riñones, mitiga las inflamaciones de la garganta y los dolores del pecho". Posteriormente a mediados del siglo XVIII, Ricardo Ossado menciona que bebida en infusión aumenta las contracciones del parto. A finales del mismo siglo Vicente Cervantes refiere: la planta es resolutive, carmitiva, diurética, expelente y antihelmíntica. Se usa en la peste, histérico, epilepsia, cefalalgia y singulto.

Durante el siglo XIX Francisco Flores refiere su uso para cuando aparecían gusanos en las úlceras. Eleuterio González en el mismo periodo señala su empleo en la amenorrea atónica, clorosis e histerismo; como antihelmíntica, resolutive; carminativa, y antiespasmódica. Bean indica: ejerce su acción sobre el útero, en las hemorragias pasivas o cuando dependen de la presencia de los restos de la placenta o del feto.

En el siglo XX Alfonso Herrera describe: ejerce localmente una acción irritante sobre piel y las mucosas, al interior puede determinar accidentes de gastroenteritis

intensa con vértigos y convulsiones. Se le emplea como emenagogo, estimulante de las contracciones uterinas y antihemorrágico; no provoca el aborto sino indirectamente y a dosis tóxicas. Posteriormente, Maximino Martínez menciona los siguientes usos: antiartrálgico, antiespasmódico, antiparasitario, antitusígeno, emenagogo, diurético. Para la ciática, cefalalgias, oxitócico, inflamación del sistema respiratorio, astringe el vientre, analgésico y provoca gastroenteritis. Luis Cabrera la describe como: Acaricida, antiepiléptica, antiespasmódica, antiparasitaria, oxitócica, para la amenorrea y la histeria. Finalmente la Sociedad Farmacéutica de México repite parte de la información proporcionada por Martínez y agrega, detiene la menstruación (UNAM, 2009).

Taxonomía

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Sapindales

Familia: Rutaceae

Subfamilia: Rutoideae

Género: *Ruta*

Especie: *R. graveolens*

Botánica y ecología

Arbusto de 50 a 90 cm de altura, el tallo está muy ramificado. Tiene hojas carnosas, muy divididas de color verde azulado y con aroma fuerte. Las flores son amarillas de 5 pétalos como con dientecillos, con el centro verde. Los frutos son carnosos por dentro, por encima son rugositos y al madurar se abren en 4 partes, empezando por la punta hasta la mitad. La Ruda está compuesta por tallos fuertes y erectos y por hojas amarillo-verdosas de caracteres alternos y exentos de vello. Sus flores tienen pelitos minúsculos y son de color amarillo, de tamaño pequeño, con cuatro pétalos ondulados de forma cóncava y racimos en los extremos. La cápsula que produce el fruto llama la atención por su olor fuerte. Algunos de sus componentes son el tanino o los glucósidos. Es originaria del Sur de Europa y está presente en climas cálido, semicálido, semiseco, muy seco y templado desde los 10 y hasta los 2750

msnm. Se trata de una planta cultivada en huertos familiares para uso medicinal u ornamental, asociada a bosques tropicales caducifolio, subcaducifolio y perennifolio, matorral xerófilo, bosques de encino, de pino, mixto de pino-encino y bosque de juníperos (UNAM, 2009).

Etnobotánica y antropología

La ruda es usada principalmente para el dolor de estómago. En Michoacán se le llama a este padecimiento matzarani y se atribuye su causa a la abundante ingestión de alimentos, para lo cual se recomienda el cocimiento de ramas de ruda y manzanilla (*Matricaria chamomilla*), tomado sin azúcar, como agua de uso o el cocimiento de las hojas con sal. Se dice que este malestar también puede ser causado por andar con los pies descalzos (V. frialdad), entonces duele y se inflama el estómago, si éste es el caso, se bebe la infusión de las ramas. Cuando el malestar es debido a un coraje, entonces se toma en ayunas todos los días hasta mejorar, un té hecho con la rama con o sin flor de la ruda, como lo hacen en el Estado de México, o té de tallos y hojas como en Oaxaca y Baja California Sur. Con frecuencia se le utiliza para el dolor de oído como sugieren en Guerrero, Michoacán y Morelos. Se dice que es un dolor fuerte, común en las personas que salen de un lugar caliente a uno más frío, para quitarlo se soasa una rama de ruda que se envuelve en algodón y se coloca dentro del oído. Además, para la bilis se toma la infusión de las hojas, durante 9 días o se muelen las hojas y se exprimen en agua o pulque sin azúcar. En ambos casos debe tomarse en ayunas.

Asimismo es muy usada en diversos problemas de tipo ginecológico, como cólicos menstruales que se caracterizan por fuertes dolores en el vientre durante los días de la menstruación, se ocasionan porque cuando están reglando se bañan en agua fría o comen cosas ácidas o irritantes (V. dolor de regla). En este caso se prepara un té con las ramas de epazote (*Chenopodium ambrosioides*), las de ruda y las hojas de hierbabuena (*Mentha piperita*), se toma cuando se tiene el dolor. Para ayudar al parto (oxitócico), regularizar la menstruación, como abortivas, espasmolíticas y para estimular la lactancia se emplean las hojas, tallos y fruta, machacadas y mezcladas con pimienta dulce, todo esto se hierve y se bebe (UNAM, 2009).

También, suele utilizarse en dolores de aire, tomando en ayunas la infusión de las ramas o de las flores con la semilla de durazno. Cuando estos son ocasionados por

salir caliente sin taparse, entonces las hojas se ponen en alcohol, con él se frota el cuerpo hasta que se quiten los dolores. En caso de mal aire se frotran las hojas molidas. Además, se menciona su uso para aire que enchueca la boca (V. torcidos de la boca) y sacar aire de los oídos.

Metabolitos secundarios

Todas las partes de la planta contienen los principios activos, aunque la mayor concentración está en las hojas (especialmente antes de floración).

Los principales principios activos de la planta son:

- Los glucósidos, como rutina, un flavonoide.
- Los alcaloides (quinolonas): coquisagenine y skimmianine graveoline.
- Furocoumarins (psoralenos): bergaptene (3 –metoxipsoraleno) y xantotoxine (8-metoxipsoraleno).
- Los aceites esenciales: metil-nonil-cetona, metil-n-octil – cetona y heptil-metil-cetona.
- Alcoholes: metil-etil-carbinol, pineno, limenenes.
- Otros compuestos son: dictamine, gammafagarine, skimmianine, pteleine y kokusaginine.
- Aceite esencial (0,1 %) de composición compleja.
- Alcoholes: 2-undecanol (1,5 %).
- Cetonas alifáticas: 2-nonanona (35 %),
- 2-decanona, 2-undecanona (2,5 %), heptanona, 2-octanona.
- Esteres.
- Cumarinas.
- Fotocumarinas.
- Monoterpenos.
- Flavonoides: rutósido (2 %).
- Alcaloides del grupo de la quinolina.

Las ramas hojas frutos y raíz de *R. graveolens* contienen un aceite esencial cuya composición química varía de acuerdo al órgano o parte de la planta de que se extraiga. En el aceite de la raíz se han identificado los monoterpenos beta-ciclocitral,

mirreno, acetato de nonilo, metil-nonil-carbinol y sabineno; los sesquiterpenos 1,4 dimetil-azuleno, alfa-pergapteno, cariofileno, beta-elemeno, elemol, alfa-farneseno y geijereno; los componentes fenólicos fenil-benzaldehído, isopropil-benzeno, bifenilo, dimetil-bifenilo, xileno, isovalerato de etil y trans-cinamilo; y los componentes policíclicos antraceno y pireno. En el aceite esencial de las hojas se han detectado los monoterpenos alcanfor, carvacrol, para-cimeno y linalol; los bencenoides ácido anísico, glicol-anetol, guaiacol y vainillina; las cumarinas umbeliferona y xanthotoxina; el flavonoide rutinólido; y el alcaloide metil-amina. El aceite esencial de las ramas está constituido por los monoterpenos, camfeno, alcanfor, para-cimeno, cineol, limoneno, linalol, alfa y beta-pineno; y el sesquiterpeno 4-1-dimetil-azuleno. En el aceite esencial de fruto se han identificado monoterpenos similares a los de las ramas (UNAM, 2009).

La raíz de esta planta se caracteriza también por la presencia de quinolina y cumarinas. En el primer grupo se describen varios derivados metil-hidroxi-metoxilados de acridona, dictamina, gama-fagarina, gama-fagarina, furacridona, grava-cridonclorina, el iso-derivado, gravacridondiol y sus acetato, glucósido y éter monometílico, gravacridoneclorina, grava-cridonol, gravacridontriol y su glucósido kokusaginina, varios derivados de la quinol-4-ona, ribalinium, rutacridona y rutaverina; las cumarinas bergapteno, byakangeliein, exo-dehidro-chalepín, dafnorín, escopoletín, graveliferona, mar-mesín, marmesinín, naftohemiarín, iso-pimpinellín, rutacultín, rutamarín, rutamarimol, rutaretín, rutarín, y el iso compuesto, suberenon, suberonona, xantotoxín y xantiletín. En la hoja se han identificado los alcaloides de quinolina gama-fagarina, kokusaginina, platidesminium, ribalinium, skimianina; las cumarinas bergapteno, psoralen, umbeliferona y xantotoxín; y los flavonoides camferol, quercetín, isoramnetín y sus rutinósidos y rutín. Tanto en los frutos, como en las ramas y en la planta completa se detectaron alcaloides de quinolina y cumarinas similares a las de la raíz y hojas (UNAM, 2009).

Los principios activos de importancia clínica son los psoralenos, responsable de la hepatotoxicidad y la fotosensibilización y metil-nonil-cetona, que tiene efectos sobre el útero.

Otros contenidos químicos de la planta

Taninos, resinas y el ácido ascórbico también se han encontrado en la planta. La composición de la esencia ruta es de 90 % heptil-metil-cetona y metil-nonil-cetona, pero los demás componentes son: la-pineol, cineol y l-limoneno (aproximadamente el 1 % y el metil- n –nonylcarbinol (UNAM, 2009).

Farmacología

Se ha demostrado la actividad antihelmíntica que posee el extracto etéreo de las hojas sobre *Strongyloide stercoralis*, *Artcylostoma caninum* y *A. duodenale*, y el aceite esencial sobre *Ascaris suilla*, *Hirudo medicinalis*, *Tubifex riuolorum* y *Anguillula aceti*. En un sistema de tejido aislado se ha comprobado el efecto estimulante sobre el útero de coneja normal, preñada y rata preñada por el extracto fluido, sobre el útero de cuyo hembra por el extracto acuoso y útero de rata por el aceite esencial. El extracto de diclorometano-metanol obtenido de las ramas, ejerció una acción relajante de músculo liso cuando se probó en íleon de perro. Esta misma acción se observó usando el aceite esencial sobre tejido uterino de perro y sobre tejido de intestino delgado en cuyo y conejo. El extracto etanólico de la planta completa ejerció un efecto de antiimplantación del óvulo fecundado en rata cuando se administró por vía intramuscular a la dosis de 40 y 8 mg/kg, al igual que un extracto acuoso por vía oral a la dosis de 1 ml/kg.

La actividad antiespasmódica del aceite esencial se comprobó en intestino delgado de perro en el que se indujeron contracciones con aceite de anís. Del mismo modo se observó un efecto anticonvulsivo en ratón debido al extracto etanólico de las ramas administrado por vía intraperitoneal en dosis de 2-4 ml/kg, cuando se indujeron convulsiones en los animales mediante choques eléctricos supramaximales y por la administración de corazol. Se describe en la literatura la acción antiinflamatoria en rata de un extracto etanólico de las partes floridas por intubación gástrica a la dosis de 100mg/kg probado al inducir edema de la pata con carragenina. Extractos acuosos de las hojas y el aceite esencial ejercieron una actividad antibiótica sobre *Staphylococcus aureus*, sobre *Escherichia coli* y *Bacillus subtilis* sólo el extracto, y sobre *Pseudomona aeruginosa* sólo el aceite. Extractos de la raíz fueron activos sobre *B. subtilis*, *Serratia marcescens* y *Mycobacterium phlei* (UNAM, 2009).

Efectos de la ruda

- Espasmolítico.
- Antihistamínico.
- Antihelmíntico.
- Emenagogo – abortivo.
- Venotónico (rutósido).
- Fitofotosensibilizante. Origina eritemas, vesicación e hiperpigmentación en la piel sometida a rayos UVA o radiación actínica (fototoxicidad).
- Antiparasitario (aceite esencial).
- Efecto insecticida.
- Efecto bactericida.
- Efecto fungicida.

Utilización

Uso culinario: como aperitivo en las bebidas alcohólicas (un sabor amargo) y como aditivo para ensaladas carnes y quesos en algunos países europeos.

Uso medicinal: La planta ruda ay sus infusiones de la calle fueron utilizados como antiespasmódicos. Se recomienda la planta ruda en tratamientos de insomnio, dolores de cabeza, nerviosismo, abdominal calambres, y problemas renales. La planta ruda puede ser parte utilizada como un sedante hipnótico (la planta tiene un aceite que se utiliza como medicamento homeopático, para ciertas dermatosis como la psoriasis y eczemas), y puede utilizarse como un agente antiviral cuando se combina con otras hierbas. El uso más frecuente e para la inducción del aborto intencional (UNAM, 2009)..

Toxicidad

La dosis letal media del aceite esencial de las ramas en ratón fue de 2.543 g/kg, en la rata de 5 g/kg, y en el conejo de 5 g/kg aplicado externamente. En otros estudios se encontró que la dosis letal media del aceite esencial del fruto en el ratón fue de 3.73 g/kg, y del aceite esencial de las ramas de 2.54 g/kg, aunque no se indicó la vía de administración. La tintura obtenida de las ramas ejerció una acción citotóxica y mutagénica sobre *Salmonella typhimurium* TA98 y TA100. Se describen además la acción embriotóxica del extracto clorofórmico de las ramas en ratas preñadas al

administrarse por vía intragástrica a la dosis de 0.8 y 1 g/kg en los días 1 a 10 después de la fecundación del óvulo. Igualmente se observó una acción abortiva del aceite esencial en conejas preñadas, efecto hepatotóxico y nefrotóxico.

En el hombre se describe la acción irritante y fotosensibilizante del aceite esencial y las hojas aplicadas externamente, lo que provocó severos eritemas, hiperpigmentación; edema y aparición de ampollas. Se describe también el efecto abortivo y tóxico al ingerir el extracto acuoso de las hojas en grandes dosis y con frecuencia. La intoxicación se manifiesta en la mujer embarazada con vómito, claro y luego bilioso, salivación, dolor estomacal, delirio, temblores, colapso, el pulso baja y se vuelve irregular. De las 12 a 24 hrs después de la ingestión, empieza el trabajo de parto que con frecuencia es fatal para la madre. El aceite esencial ingerido en grandes cantidades causa los mismos síntomas, además de hemorroides, convulsiones y la muerte.

El efecto externo de la ruda es tan irritante que el manejo continuo de la planta puede ocasionar ardor, eritema, picazón, y vesicación de la piel. Causa además dermatitis y fotodermatitis. Tomado internamente el aceite puede causar un severo dolor de estómago, vómito, confusión y convulsión, y hasta la muerte. Las hojas de esta planta pueden inducir fotodermatitis en personas sensibles (UNAM, 2009).

Albahaca (*Ocimum basilicum*)

Las plantas agrupadas en la familia Lamiaceae son de gran importancia económica. Han sido ampliamente utilizados en sistemas tradicionales de medicina y de horticultura. Hierbas o arbustos, aromáticos, anuales o perennes. Tallos erectos o ascendentes, ramificados, frecuentemente con la base leñosa, glabros pubescentes o tomentosos. Hojas opuestas, simples, pecioladas, glabras, pubescentes o tomentosas. Inflorescencias laxas o congestas, con verticilos de hasta 6 flores; brácteas foliáceas, persistentes o caducas, glabras o pelosas (Winkel 2002 y Paton, 1994).

La albahaca es una hierba anual, cultivada como perenne en climas tropicales, de crecimiento bajo (entre 30-130 cm), con hojas opuestas de un verde lustroso, ovales u ovadas, dentadas y de textura sedosa, que miden de 3 a 11 cm de largo por 1 a 6 cm de ancho. Emite espigas florales terminales, con flores tubulares de color blanco o violáceo las cuales, a diferencia de las del resto de la familia, tienen los cuatro estambres y el pistilo apoyados sobre el labio inferior de la corola. Tras la polinización

entomofílica (por insectos), la corola se desprende y se desarrollan cuatro aquenios redondos en el interior del cáliz bilabiado.

Antecedentes agronómicos

La albahaca es una planta de origen presumiblemente asiático, que se cultiva actualmente en muchas regiones cálidas y templadas del mundo, especialmente del área mediterránea. Existen algunas variedades, las que pueden diferir en cuanto a la concentración de sus principios activos; así, por ejemplo, las hay con un mayor contenido de antocianinas (Phippen y Simon, 1998). Se multiplica por semillas o esquejes. La germinación se hace en viveros durante los meses de julio – agosto, y se trasplanta en septiembre a terreno o a maceta, cuando las plántulas tienen unas 6 hojas o han alcanzado 10 cm de altura; para favorecer su crecimiento vegetativo, se recomienda desmochar las puntas de las ramas cuando empiezan a formarse los capullos florales. La albahaca requiere suelos livianos, permeables, bien expuestos a la luz y sobre todo con abundante riego si el periodo es seco.

Ocimum basilicum (L.) o albahaca es una planta de uso común en la sociedad. Se puede comer y es muy típica con pasta o en ensaladas. Es muy aromática y tiene muchos otros usos (digestiva, tónico capilar, estimulante láctico, etc.). Según el país es considerada como planta de buen augurio o como planta maldita. He leído en varias fuentes diversas opiniones acerca de esta planta y todas coinciden en que su olor desagrade a los mosquitos y puede ser utilizada como repelente. En India hay plantaciones masivas de albahaca y parece ser que la población de mosquitos es menor que en zonas en que no hay albahaca.

Albahaca ahuyenta moscas y mosquitos, plantadas cerca de puertas o ventanas ya sea en el suelo o en macetas evita el ingreso de estos insectos al hogar. En la huerta se puede plantar junto al tomate para repeler los insectos que lo atacan. Las partes utilizadas de la albahaca son principalmente las hojas y las sumidades floridas.

Farmacodinamia

La actividad biológica de esta planta se atribuye especialmente a su aceite esencial que le confiere propiedades digestivas, carminativas, espasmolíticas, además de antisépticas (contra bacterias y parásitos), insecticidas y sedantes. En medicina

popular se emplean las hojas frescas o secas (en infusión) para tratar malestares del aparato digestivo (inapetencia, dispepsia, estreñimiento, cólicos, dolor de estómago, vómitos, meteorismo); como emenagogo en menstruaciones difíciles; en forma externa para lavar heridas; macerada en alcohol se usa en friegas para calmar dolores reumáticos y articulares. También se puede utilizar el jugo fresco de las hojas de albahaca para uso interno y para aplicar directamente sobre la piel en casos de acné (Phippen y Simon, 1998).

Taxonomía

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Lamiales

Familia: Lamiaceae

Subfamilia: Nepetoideae

Tribu: Ocimeae

Género: *Ocimum*

Especie: *O. basilicum*

Principios activos

Aceite esencial (0,04 a 0,7 %), rico en estragol o metilcavicol (87 %), linalol (75 % en algunos quimiotipos), cineol, eugenol (20 %), acetato de linalilo. saponósidos. flavonoides: quercetrósido, kenferol, esculósido. ácido caféico (Lawrence, 1992).

Usos

La albahaca conocida como *Ocimum* Sp. Es una planta rica en aceites esenciales (Lawrence, 1992). El género abarca casi 90 especies distribuidas en el trópico y subtrópico (Ramírez *et al.*, 2001). Uno de los centros de diversidad del género se encuentra en la región tropical de Sudamérica (Khosla, 1995). Muchas de sus especies tienen utilidad comercial como fuente de aceites esenciales de uso farmacéutico,

alimenticio, condimentarlo, perfumífero (Martínez *et al.*, 1997) e insecticida (Morales *et al.*, 2002). También han sido utilizadas desde la antigüedad en rituales tradicionales y religiosos (Simón *et al.* 1984).

Esta hierba aromática se ha utilizado tradicionalmente como fuente medicinal en el tratamiento de los dolores de cabeza, toses, diarrea, estreñimiento, verrugas, gusanos y para el mejoramiento del riñón (Morales, Phippen, Vieira y Hao, 1999). Tiene una larga historia como hierba culinaria, gracias a su follaje que agrega un sabor distintivo a muchos alimentos.

Es también una fuente de compuestos aromáticos y de aceites esenciales que contienen los componentes biológicamente activos que poseen insecticida (Deshpande y Tipnis, 1997), nematocida (Chaterje, Sukul, Laskal y Ghoshmajumdar, 1982), fungistático (Reuveni, Fleisher y Putievsky, 1984) y características antimicrobianas (Wannissorn, Jarikasem, Siritwangchai y Thubthimthed, 2005). El aroma, varía cualitativa y cuantitativamente dentro de algunas especies de *Ocimum*. Se encuentran también variantes morfológicas que se manifiestan en la ramificación, hojas, inflorescencia, flores y frutos en *O. basilicum*, *O. gratissimum* y *O. americanum* (moreno *et al.*, 1987).

Es consumida en la alimentación gracias a su buen gusto, al cual agrega variedad y sabor la dieta. Los estudios alimenticios han indicado que la albahaca es una buena fuente de carbohidratos, proteínas, minerales y vitaminas (Ismail, 2000). Otros estudios demuestran la demanda que tiene *Ocimum* sp., como planta medicinal tales como limpiadores de sangre, inductor de contracciones uterinas, además es utilizada en la prevención o curación de dolencias tales como diabetes, presión, enfermedad cardiovascular, artritis, fiebre y tos. Asimismo, también se cree que esta planta desempeña un papel vital en la baja incidencia del cáncer, así como el control del envejecimiento y de las enfermedades relativas a la edad (Norhanom, Ashril y Mustafa, 1999).

O. americanum y *O. gratissimum* se usan en África como repelentes de mosquitos. *O. basilicum* se emplea en el nordeste de Brasil por pequeños agricultores para ahuyentar insectos de huertas o plantaciones. Se suelen disponer las plantas alrededor del cultivo, en puntos considerados estratégicos. Singh y Singh (1991) comprobaron que el aceite esencial de *O. gratissimum* posee actividad insecticida contra *Musca*

doméstica. Lo mismo observaron Bhatnagar *et al.*, (1993) con *O. basilicum*, contra los mosquitos *Anopheles stephensi*, *Aedes aegypti* y *Culex quinquefasciatus*. Githinji y Kokwaro (1993), relatan el uso de *O. gratissimum* en Kenia como insecticida, aplicado sobre espigas de maíz. El uso como repelente de insectos es común a muchas especies de *Ocimum*, y algunas investigaciones, como las citadas más arriba, han demostrado el poder insecticida de los aceites esenciales de cierta especie.

Los valores medicinales de las especies pertenecientes al género *Ocimum* se deben a la presencia de importantes compuestos fitoquímicos que producen acciones fisiológicas, que defienden el cuerpo humano. Los más importantes de estos componentes fitoquímicos son los alcaloides, taninos, flavonoides y compuestos fenólicos (Hill, 1952 y Nakatani, 1997). Por otra parte también se han encontrado en ellas antioxidantes que son los que protegen otras moléculas contra la oxidación cuando se exponen a radicales libres y especies reactivas del oxígeno que tienen implicado en la etiología de muchas enfermedades y en la deterioración y desperdicios del alimento (Halliwell y Gutteridge, 1992; Kasaikina, 1997; Farombi, 2000; Koleva *et al.*, 2000).

Rastogi *et al.*, (2007) demostraron que el extracto de hoja de *O. sanctum* proporciona la protección contra la sustancia química carcinogénesis actuando como un antioxidante, modulando fase y/o enzimas.

Murillo y Viña (1999), compararon la composición química de las esencias de *O. basilicum*, *O. americanum* y *O. minimum* cultivadas en Ibagué, bajo la influencia de dos métodos de extracción: hidrodestilación y fluidos supercríticos. El trabajo dejó ver que la hidrodestilación es un buen método para extraer el aceite esencial de albahaca debido al buen rendimiento obtenido, se requiere poca cantidad de operaciones y de parámetros para controlar. No obstante, en ambos métodos los primeros 15 minutos se extrae la mayor cantidad de aceite esencial, tiempo después del cual no se observan cambios apreciables en los volúmenes de aceite extraído.

La composición química de 12 variedades de albahaca cultivadas en el Tolima, despertó el interés de Viña y Murillo (2003), encontrando un químico típico para ellas “cinamato de metilo”, y que los volátiles de estos vegetales eran ricos en fenilpropanoides. Esta conclusión fue confirmada por Murillo *et al.*, (2004), al establecer

las características físicas y químicas de una de estas especies: *O. americanum*, vulgarmente conocida como albahaca querendona morada.

La actividad antibacteriana también se ha sido probada por Thomas (1989) en *O. gratissimum*. Janssen *et al.*, (1989) encontraron actividad antimicrobiana en *O. gratissimum* y *O. americanum* sobre *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* y *Trichophyton mentagrophytes* var. *Interdigitale*.

Los aceites esenciales de *O. basilicum* L. var. *basilicum* y de *O. gratissimum* L. mostraron actividad inhibitoria sobre varias cepas de *S. aureus* y de *K. pneumoniae* multirresistentes de origen nosocomial (Acosta *et al.*, 2003).

Uso terapéutico y dosis de la albahaca:

Uso interno:

Infusión: una cucharada de postre por taza, 3 tazas al día, después de las comidas.

Aceite esencial deterpenado: 2 a 3 gotas, dos o tres veces al día, o en cápsulas (25 a 50 mg/cápsula): 2 o 3 cápsulas al día, al final de las comidas (Dixon, 2001).

Uso externo:

Macerado: lociones, compresas.

Aceite esencial deterpenado, puro o en solución alcohólica u oleosa, aplicado en forma de fricciones (Dixon, 2001).

Contraindicaciones

No prescribir formas de dosificación con contenido alcohólico a niños menores de dos años ni a consultantes en proceso de deshabitación etílica.

Salvo indicación expresa, recomendamos abstenerse de prescribir aceites esenciales por vía interna durante el embarazo, la lactancia, a niños menores de seis años o a pacientes con gastritis, úlceras gastroduodenales, síndrome del intestino irritable, colitis ulcerosa, enfermedad de Crohn, hepatopatías, epilepsia, parkinson u otras enfermedades neurológicas (Dixon, 2001).

Precaución efecto tóxico

Tener en cuenta el contenido alcohólico del extracto fluido y de la tintura. El aceite esencial de albahaca es irritante de las mucosas y, en dosis elevadas puede resultar neurotóxico (Dixon, 2001).

Cultivo

Las plantas alcanzan a medir alturas cercanas a los 100 cm, aunque habitualmente no superan los 70 cm. Esta planta puede ser cultivada en el suelo directo o en macetas. El mejor método para plantar la albahaca es mediante la siembra de semillas, esta acción se debe realizar a comienzos de la primavera. Las semillas de la albahaca tienen un gran porcentaje de germinación, por lo tanto es fácil iniciar este cultivo. *Ocimum sp.*, es una planta cultivada en todo el mundo desde la antigüedad debido a sus propiedades medicinales y condimentarias. Pruebas arqueológicas e históricas revelan que se cultivaba muy tempranamente en la región mediterránea (Rivera & Castro, 1992; Morales, 1996). Esta planta es muy sensible a las heladas. Se cultiva únicamente por semillas, que se pueden sembrar en semilleros o macetas en un invernadero a principios o mediados de la primavera. El suelo donde se cultivará esta planta debe ser rico en materia orgánica y poseer un buen drenaje, ya que la albahaca a pesar de necesitar abundante humedad, no tolera el agua estancada, porque puede verse afectada por microorganismos.

Los insecticidas naturales también representan riesgos y beneficios, los cuales es necesario considerar, así como sus formas de uso. Numerosos químicos se producen naturalmente y funcionan en algún grado como insecticidas. Los compuestos son tan variados como las plantas de las cuales han sido aislados y el rango de su efecto protector va desde repelencia, disuasión de la alimentación y ovoposición hasta toxicidad aguda e interferencia con el crecimiento y el desarrollo de los insectos. Los insecticidas vegetales presentan la gran ventaja de ser compatibles con otras opciones de bajo riesgo aceptables en el control de insectos, tales como feromonas, aceites, jabones, hongos entomopatógenos, depredadores y parasitoides, lo que aumenta enormemente sus posibilidades de integración a un programa de Manejo Integrado de Plagas. La actividad biológica de un compuesto natural está en función de su estructura y en la dosis usada para tales fines (Dixon, 2001).

Organismo a Evaluar

Tribolium castaneum

Taxonomía

Reino: Animalia

División: Exoterygota

Clase: Insecta

Orden: Coleóptera

Familia: Tenebrionidae

Género: *Tribolium*

Especie: *T. castaneum*

Morfología e identificación

El escarabajo confuso de la harina aparentemente recibió este nombre debido a la confusión sobre su identidad como es tan similar al escarabajo rojo de la harina a primera vista (Walter, 1990).

El adulto mide de 3 a 4 mm de largo, es alargado, estrecho con bordes paralelos y aplanados dorso-ventralmente. Presenta coloración parda rojiza con pequeñas puntuaciones en cabeza y tórax. Los élitros son estriados con puntuaciones entre las estrías. La larva mide de 6 a 7 mm y tiene el cuerpo alargado y cilíndrico. Inicialmente es blanca, pero luego toma un tono amarillento.

Distribución

Es cosmopolita se les encuentra distribuidos en todo el mundo. Son capaces de sobrevivir en regiones frías en el interior de molinos, panaderías o lugares con calefacción. *T. castaneum* predomina en las regiones tropicales y subtropicales mientras que *T. confusum* en las regiones templadas y de temperaturas más frías (Walter, 1990).

Hospederos

Productos almacenados (harinas, granos, semillas, frutas secas, especias, bizcochos).

Poscosecha: Hospederos de *T. castaneum* incluyen cereales, mijo, salvado del trigo, harina, granos rotos, productos del grano, mezcla de alimentos, habas, guisantes, lentejas, judías, semilla de la alfalfa, semilla del cacahuete, lino, semilla de lino, semilla de goma, semilla del algodón, semilla del alazor, semilla de girasol, carne de soya, jengibre, mostaza, chiles, cinamomo, nuez moscada molida, cacao, cocotero, la comida del cocotero, ñames, tapioca, pasas, higos secos, fruta seca, nueces de areca, nueces de Brasil, nueces, almendras, rapé, raíz del Derris, residuos de algodón y *Semecarpus anacardium*. Etapas afectadas de la planta: Poscosecha. Puede comer larvas pequeñas y las etapas desprotegidas de otras plagas de productos almacenados (Walter, 1990).

Reproducción y biología

Las hembras del adulto de *T. castaneum* ponen hasta 450 huevos en productos almacenados. El período de incubación de los huevos es entre 5 y 12 días. Las etapas larvales y adultos de *T. castaneum* infestan al anfitrión. Las larvas crecen completamente hasta 6 milímetros de largo, en 27-29 días. La pupación ocurre en el anfitrión. Las pupas de *T. castaneum* están desnudas (sin un capullo). Los adultos emergen de las pupas en 3-7 días.

Los adultos pueden vivir hasta 18 meses dependiendo de condiciones atmosféricas. Los adultos del *T. castaneum* producen feromonas sexuales y de agregación. El período de desarrollo del huevo a la etapa del adulto es cerca de 20 días bajo condiciones óptimas de 35 °C y 70 % HR, pero puede llegar a 141 días. Puede haber entre cuatro y siete generaciones de *T. castaneum* en un año, dependiendo de condiciones atmosféricas, una generación puede durar 1-4,5 meses (Walter, 1990).

Importancia económica

Muy común en graneros, almacenes y molinos, con frecuencia ocasiona serios daños. Los perjuicios suelen ser importantes, en buena parte por las altas densidades poblacionales con que se presenta. Tanto los adultos como las larvas se alimentan de harinas y subproductos, así como de otras numerosas sustancias. En caso de granos,

éstos son preferidos cuando se encuentran partidos o atacados por otros insectos. Las larvas, que son las responsables de los mayores perjuicios horadan los granos alojándose en su interior. Los productos atacados se contaminan y quedan con un olor nauseabundo (Walter, 1990).

Capacidad de dispersión

Los adultos vuelan en gran número a finales de la tarde. Sobrevive la transportación en cubos de ruedas de aviones. Vector de enfermedades: Estos coleópteros son vectores conocidos de una variedad de patógenos incluyendo a *Salmonella*, virus de la enfermedad infecciosa de la bolsa (*infectious bursal disease virus*), *Aspergillus*, *Escherichia coli* y la enfermedad de Marek (Walter, 1990).

Control Orgánico de Plagas de los Granos Almacenados

El agroecosistema granos almacenados

Los granos almacenados constituyen un agroecosistema complejo. Esto se debe a que se producen una serie de interacciones entre luz, temperatura, humedad y agentes bióticos (insectos y hongos). Después de la cosecha los cereales pueden ser atacados por numerosos insectos y los daños que estos causan pueden ser directos e indirectos (Larrain, 1994). Los directos consisten en alimentarse propiamente de la semilla, contaminarlas con sus desechos o bajar el porcentaje de germinación y 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). La infestación puede producirse ya sea en el campo, durante el transporte o en la bodega (Ramayo, 1983). En base a todas estas consideraciones es que se deben tomar las medidas de control necesarias ya sean preventivas curativas.

Métodos físicos de control

Temperatura

Las temperaturas extremas son usualmente las más utilizadas como método de control físico ya que los insectos no pueden desarrollarse y reproducirse bajo los 13 °C y sobre los 35 °C (Fields y Muir, 1996). Dentro de la agricultura tradicional una práctica común es la exposición del grano al sol debido a que los insectos no toleran las elevadas temperaturas (Lindbland y Druben, 1979). Un ejemplo del uso de las bajas temperaturas se da en lugares de otoños e inviernos fríos donde se exponen las semillas al ambiente debido a que las bajas temperaturas reducen la tasa de desarrollo, la alimentación, fecundidad y porcentaje de supervivencia de los insectos (Fields y Muir, 1996).

Radiación

Se han utilizado radiaciones de varios tipos con la finalidad de evitar o reducir las infestaciones de insectos plaga de los granos almacenados (Araya, 1993). La radiación. Gamma con cobalto 60 como fuente radiactiva es el método más común para irradiar alimentos pudiendo penetrar alimentos sólidos entre 25 a 50 mm (Aguilera, 1991).

Según Fields y Muir (1996), para desinfectar granos o harina se necesitan concentraciones entre 0.2-1.0 kg y aunque hacen la aclaración que esta concentración no mata a toda la población pero los pocos sobrevivientes tendrán menor actividad fágica y sin lugar a dudas serán estériles.

Almacenamiento hermético

En un recipiente completamente hermético los insectos plaga que pudiera haber en el grano mueren por falta de oxígeno (Hall, 1980). En algunos lugares los agricultores almacenan los granos en depósitos subterráneos y secos que pueden resultar completamente herméticos (Lindbland y Druben, 1979). Aunque cabe señalar que este método presenta la desventaja que las semillas que quedan cerca de las paredes se humedecen formándose hongos y alterándose el sabor.

Sonido y percusión

Ciertos estudios han demostrado que el número de insectos nacidos de huevos de *Plodia interpunctella* puestos durante una exposición de cuatro días a ondas acústicas amplificadas era cuatro veces menor que en el caso de huevos no expuestos (Hall, 1980). A su vez se ha comprobado que un golpe brusco o percusión mata las fases de los insectos existentes en los productos almacenados e incluso los huevos depositados en el interior de granos de cereal (Hall, 1980).

Polvos inertes

Entre los métodos físicos de combate de insectos plaga de los granos almacenados se encuentran algunas prácticas de la agricultura poco tecnificada que aprovechan los recursos disponibles del medio como herramientas de control (Stoll, 1989). Así es como una gran cantidad de polvos inertes, cenizas y arenas finas, se han mezclado con el grano de manera tradicional como barrera física contra el daño por insectos (D'Antonio, 1997).

Estos polvos minerales, comúnmente llamados polvos inertes tienen un efecto abrasivo o bien absorben los lípidos que forman la superficie exterior de la cutícula de los insectos, facilitando una pérdida de agua que conduce a la muerte por deshidratación del insecto (Luca y Pincao, 1995; Subramanyan y Roesli, 2000). Según

Golob *et al.*, (1981), todos los polvos minerales disminuyen la infestación de las plagas pero la efectividad está directamente relacionada con la dosis. Este antecedente es avalado por Permual y Le Patourel (1990) quienes además indican que una dosis de 5 g por kg de grano reduce considerablemente las F1 de todas las especies evaluadas. Otro ejemplo se encuentra en Aldryhim (1990), donde un polvo de sílice disminuyó la progenie de *Tribolium confusum* y *Sitophilus granarius* en un 60 %.

En América Latina también existen algunos antecedentes sobre el tema, por ejemplo González y Lagunes (1986), encontraron que después de 65 días de almacenamiento el maíz tratado con cal y ceniza volcánica al 1 % mostró menores infestaciones que el testigo. A su vez Paez (1987) con esta misma ceniza a una concentración del 1 %, obtuvo una progenie de *Sitophilus zeamais* un 50 % menor al testigo. Como se puede ver este es un método de control que se muestra muy promisorio y que sin lugar a dudas merece ser investigado con mayor profundidad.

Atmósfera modificada

La atmósfera modificada ofrece una alternativa al uso de los fumigantes químicos residuales para controlar plagas de los granos almacenados. Este método ha sido usado por los humanos durante siglos (González, 1995) y de hecho el almacenamiento hermético es un tipo de atmósfera modificada (Banks y Fields, 1995) ya que crea un ambiente rico en dióxido de carbono y bajo en oxígeno (White y Leesch, 1996). Según estos últimos autores, este método de control presenta ventajas como que no contamina la atmósfera y es seguro para los aplicadores, no deja residuos dañinos y las alteraciones organolépticas del grano son mínimas. Pero, también presenta desventajas como por ejemplo que se necesita un determinado tiempo para que produzca su efecto, el CO₂ no puede ser usado con facilidad debido a que en su forma de uso carbónico causa trastornos en el sabor y se requiere un monitoreo permanente. Estudios de laboratorio muestran que el CO₂ tiene un mayor efecto biocida que el N₂ y aunque su modo de acción no ha sido aún determinado con exactitud este le es atribuido a interacciones a nivel del cerebro, procesos metabólicos, sistema endocrino, respiratorio y circulatorio de los insectos (Banks y Fields, 1995).

Control biológico

El control biológico fue definido en 1987 por la Academia Nacional de Ciencias (NAS) de Estados Unidos como el uso de organismos naturales o modificados, genes o productos genéticos que reducen el efecto de organismos indeseables (plagas) y favorece a organismos útiles como cultivos, árboles, animales e insectos benéficos y microorganismos (García, 1988). Según Brower *et al.*, (1996), el uso del control biológico en granos almacenados presenta muchas ventajas como es que la liberación de los enemigos naturales en ambientes confinados los protege de las condiciones adversas del clima, además que los agentes controladores que sobreviven hasta las últimas etapas del almacenamiento no son dañinas como pueden llegar a serlo los residuos de plaguicidas, no se conoce resistencia por parte del insecto plaga (huésped) y no ponen en peligro a los operadores que realizan la aplicación (liberación en este caso).

Aunque también estos autores señalan algunas desventajas como por ejemplo que los enemigos naturales son muy específicos y actúan lentamente además de que se requiere de infraestructura permanente para su reproducción y su éxito puede requerir liberaciones demasiado frecuentes lo cual podría producir que el grano se pueda contaminar por la presencia de los restos de los insectos muertos producto de las múltiples liberaciones. El uso de enemigos naturales para el control de plagas de los granos almacenados puede ser con insectos depredadores o parasitoides. Depredadores Una amplia variedad de depredadores atacan a plagas de los granos, semillas y productos almacenados en general (Brower *et al.*, 1996). Sin lugar a dudas los dos órdenes más importantes son Coleoptera y Hemiptera. Según Baur (1992), las familias más importantes de coleopteros depredadores son Carabidae, Staphylinidae e Histeridae pero los depredadores más comúnmente encontrados en productos almacenados son los chinches de la familia Anthracoridae y específicamente *Xylocoris flavipes*. Antecedentes reportados por Brower *et al.*, (1996), indican que este depredador después de 16 semanas fue capaz de disminuir en un 97 a 99 % la población de *Oryzaephilus surinamensis*, en un 97.6 % la de *Tribolium casteanum* y en un 78.8 % la de *Plodia interpunctella*.

Parasitoides

La mayoría de los parasitoides que atacan plagas de los granos almacenados son del orden Hymenoptera (Baur, 1992). Según Brower *et al.*, (1996), los parasitoides en este contexto se pueden dividir en aquellos que parasitan a plagas que se alimentan del interior del grano y aquellas que atacan a las que se alimentan de la parte externa. De las primeras se destacan pteromalidos como *Anisopteromalus calandrae* (Howard), *Lariophagus distinguendus*, *Pteromalus cerealellae* y *Theocolax elegans*. Por ejemplo Baur (1992), señala que *Anisopteromalus calandrae* y *Theocolax elegans* reducen la población de *Sitophilus zeamais* Motshulsky en un 25 a 50% en maíz almacenado. En el caso de aquellos que parasitan plagas externas al grano Brower *et al.*, (1996), menciona a *Trichogramma pretiosum* y *Trichogramma evanescens* quienes atacan a los diferentes estados inmaduros de estas plagas pero especialmente huevecillos. A su vez también se destaca el braconido *Bracon bebetor* Say que parasita larvas de varias polillas como por ejemplo *Plodia interpunctella* en la que reduce la emergencia en un 74 % y en un 97 % en *Ephestia cautella* (Baur, 1992).

Hongos entomopatógenos

Los hongos entomopatógenos también son enemigos naturales de los insectos y para algunos autores constituyen una alternativa interesante en la protección de semillas almacenadas. Estos básicamente actúan invadiendo el cuerpo de su huésped penetrando la cutícula o exoesqueleto. Una vez en el celoma, se multiplican rápidamente y se dispersan a través del cuerpo. La muerte del insecto es ocasionada por la destrucción de tejidos y, ocasionalmente, por toxinas producidas por los hongos. Una vez que la plaga muere, los hongos emergen de su cuerpo para producir esporas, las cuales, llevadas por el viento, lluvia o por otros insectos pueden expandir la infección (Boucias y Pendland, 1998).

Los hongos entomopatógenos requieren de una humedad alta para poder infectar a su huésped, por lo que las epizootias naturales son más comunes durante condiciones de humedad. La eficacia de estos hongos contra los insectos plaga depende de los siguientes factores: especie y/o cepa específicas del hongo patógeno, etapa de vida susceptible del hospedero y humedad y temperatura adecuadas.

Como se puede ver la limitante de este método es que necesitan humedad para poder actuar, situación que no es recomendable si se trata de almacenamiento de semillas. Sin embargo, existen algunos casos de control de insectos plaga de semillas con estos microorganismos. Por ejemplo, Moino y Alves (1995), de un total de 72 aislamientos de *Beauveria bassiana*, encontraron 10 que demostraron tener efecto sobre *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus zeamais* y *Rhizopertha dominica*, llegando en algunos casos hasta una mortalidad cercana al 100 %.

En un trabajo posterior los mismos autores (1998), obtuvieron reducciones de hasta un 60 % de *Sitophilus zeamais* con inoculaciones de este mismo hongo. Otro antecedente lo aportan Padin *et al.*, (1995), quienes evaluaron aislamientos de *Beauveria bassiana*, *Metarhizun anisopliae*, *Nomuraea rileyi* y *Verticillium lecanii* sobre *Sitophilus oryzae*, *Rhizopertha dominica* y *Tribolium castaneum*. Los resultados obtenidos mostraron que *Beauveria bassiana* era el hongo más efectivo y que *Sitophilus oryzae* era la plaga más susceptible.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del Experimento

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en el área de cámaras bioclimáticas del Departamento de Parasitología Agrícola, ubicada en Buenavista, que se encuentra a 7 km del sur de la ciudad de Saltillo.

Incremento de la colonia de *T. castaneum*

Las poblaciones de *Tribolium castaneum*, se incrementaron en una cámara bioclimática de la Universidad para posteriormente llevar a cabo los bioensayos en área de cámaras bioclimáticas del Departamento de Parasitología, para lo anterior se utilizó harina de trigo, la cual se sometió a desinfección en un congelador a -6° C por 5 días para evitar la presencia de fuentes de inóculo de algunos organismos.

Para el incremento se utilizaron 500 adultos de 5 días de edad por cada kilogramo de harina de trigo, los insectos se tomaron de una colonia ya establecida en la institución. Los insectos se mantuvieron en condiciones controladas de temperatura a 28° C, una humedad relativa de 65 % y un fotoperiodo de 12:12 (L:O). Los adultos progenitores fueron retirados del medio de cría a los 15 días, pasándolos a nuevos recipientes con alimento fresco. La hembra oviposita de 300 a 500 huevecillos en promedio durante su ciclo de vida. El desarrollo, desde el huevo hasta el adulto, necesita 30 a 35 días en condiciones favorables.

Obtención del Material Vegetal

Las plantas de albahaca y ruda se compraron frescas en un mercado y se procedió a realizar lo siguiente:

Las Planta de ruda y albahaca se pusieron a secar a temperatura ambiente a la sombra sin que los rayos del sol les afectara, se monitoreaban diariamente y rotaban

constantemente para evitar la presencia de hongos debido al alto contenido de humedad que las plantas poseían.

Pulverizado y tamizaje: Una vez que las plantas estuvieron completamente secas se molieron en una licuadora casera separando tanto hojas y tallos hasta obtener partículas del tamaño más pequeño posible, posteriormente se pasaron por un tamiz de 100 mallas para obtener partículas de tamaño uniforme, después de haberse molido por separado se juntaron las partes de la planta y se colocaron en frascos de vidrio para guardarlos en una área seca y oscura con el fin de evitar la degradación de los metabolitos secundarios por efecto de la luz y temperatura. El material triturado sobrante que no pasó por la malla del tamiz se utilizó para realizar algunas concentraciones y ser probados en el experimento.

Obtención de los extractos

Una vez obtenido el material vegetal de albahaca y ruda (pulverizado y triturado), se realizaron las diferentes soluciones para la obtención de extractos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cantidad de solventes y planta utilizados para cada tratamiento.

Tratamiento	Material vegetal	Solvente
T1	10 gr Polvo albahaca	100 mL de agua.
T2	10 gr Polvo albahaca	50 mL de agua + 50 mL de alcohol.
T3	10 gr Triturado albahaca	100 mL de alcohol.
T4	10 gr Triturado albahaca	50 mL de agua + 50 mL de alcohol.
T5	10 gr Polvo ruda	100 mL de agua.
T6	10 gr Polvo ruda	50 mL de agua + 50 mL de alcohol.
T7	10 gr Triturado ruda	100 mL de alcohol.
T8	10 gr Triturado ruda	50 mL de agua + 50 mL de alcohol.
T9	-	100 mL de agua

Para cada caso se pesó el matraz por separado y después se le agregó el sustrato, posteriormente se le agregó el solvente correspondiente (Cuadro 1), por último se colocaron los matraces en el Incubator Shaker a 75 rpm con una temperatura de 28°

C durante 3 días, transcurrido este tiempo se filtró la solución y el extracto obtenido se colocó en frascos de vidrio bien cerrados previamente etiquetados.

Bioensayo

El método de bioensayo utilizado en el desarrollo del presente trabajo fue el de película residual (FAO, 1985), utilizando diferentes concentraciones para dicho trabajo (Lagunés y Vázquez, 1994).

Cuadro 2. Tratamientos para la elaboración del bioensayo.

Tratamiento	Material vegetal	Solvente
T1	10 gr Polvo albahaca	100 mL de agua.
T2	10 gr Polvo albahaca	50 mL de agua + 50 mL de alcohol.
T3	10 gr Triturado albahaca	100 mL de alcohol.
T4	10 gr Triturado albahaca	50 mL de agua + 50 mL de alcohol.
T5	10 gr Polvo ruda	100 mL de agua.
T6	10 gr Polvo ruda	50 mL de agua + 50 mL de alcohol.
T7	10 gr Triturado ruda	100 mL de alcohol.
T8	10 gr Triturado ruda	50 mL de agua + 50 mL de alcohol.
T9	-	100 mL de agua

Técnica película residual

Una vez obtenidas las diferentes soluciones (Cuadro 1), se depositó 1 mL de la solución en frascos de vidrio de 100 mL (Frasco Gerber) rodando los frascos para cubrir toda la superficie de los frascos con la solución correspondiente dejándolos secar por 24 h. Una vez evaporada la solución de los frascos se depositaron 10 insectos en cada uno. Se utilizaron 8 tratamientos y un testigo con 3 repeticiones cada uno.

Toma de datos

Los conteos de mortalidad se realizaron cada 24 h durante 7 días. Se consideró como individuo muerto a aquel que no presentara movilidad alguna, si los insectos presentaban algún tipo de movilidad se tomaban como vivos. Con los datos obtenidos se determinaron los porcentajes de mortalidad de cada solución.

Análisis estadístico

Una vez obtenidos los porcentajes de mortalidad los datos se analizaron en el paquete estadístico de Diseños Experimentales de la UANL (Olivares Emilio, S/F), utilizando un Diseño Completamente al Azar (DCA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efectos a través del tiempo

Como se muestra en el cuadro 3, el efecto del T7 y T8 elaborados a base de ruda, fueron los más efectivos y eficientes ya que desde el primer día que estuvieron en contacto con los insectos se observó mortalidad, aunque ésta fue baja, se mostró un incremento paulatino conforme pasaron los días de hasta un 86 % en el séptimo día, tal es el caso del T4, T5 y T6 que fueron los que mayor porcentaje de mortalidad presentaron.

Seguido del T1, T2, T3 y T7 que presentaron mortalidad entre el 70 y el 80 %. El tratamiento con material triturado de ruda mezclado con agua y alcohol fue el que mostró menor porcentaje de mortalidad en el séptimo día (66 %), aunque la mortalidad fue baja en este tratamiento.

Ambos extractos tuvieron un efecto insecticida sobre *T. castaneum* estando en contacto durante los 7 días, pero el extracto de ruda el que mostró efectos más rápidos.

Según Cuevas (S/F), encontró un efecto de mortalidad de ruda aplicado a *Sitophilus zeamais* muy bajo con un 43 % a las 96 h, lo cual coincide con lo encontrado en este trabajo.

Cuadro 3. Porcentaje de mortalidad de *Tribolium castaneum* después de la aplicación de los extractos.

Trat.	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
T1	0	3.33	23.33	30	43.33	43.33	73.33
T2	0	0	0	26.66	33.33	56.33	76.66
T3	0	0	6.66	10	16.66	40	80
T4	0	3.33	16.66	33.33	33.33	46.66	86.66
T5	0	10	30	36.66	50	63.33	86.66
T6	3.33	3.33	13.33	23.33	30	60	86.66
T7	6.66	6.66	10	26.66	33.33	53.33	80
T8	3.33	3.33	23.3	26.66	33.33	53.33	66.66
Testigo T9	0	0	0	0	0	0	0

Esto coincide con (Linares y Jhormangel, 2007), quien observo el efecto lento del extracto de ruda en larvas de *Aedes aegypti* pero con porcentajes de mortalidad muy altos con el paso del tiempo. Para la albahaca aunque mostro gran porcentaje de mortalidad en este trabajo realizado, según (Hanif *et al.*, 2011) tiene más propiedades antimicrobianas principalmente debido a la presencia de altas concentraciones de linalol y actividad inhibitoria sobre varias cepas de hongos (Acosta *et al.*, 2003).

En la figura 1, podemos observar claramente que la mortalidad va lenta para en todos tratamientos, durante los 7 días de toma de datos. El extracto a base de albahaca (T4), y el T5 y T6 (Ruda), obtuvieron un comportamiento casi similar, al presentar los porcentajes más altos de mortalidad, por el contrario, el T8 y T1 (Ruda y Albahaca, respectivamente) fueron los que presentaron menor porcentaje de mortalidad, aunque hubo un incremento gradual a través del tiempo.

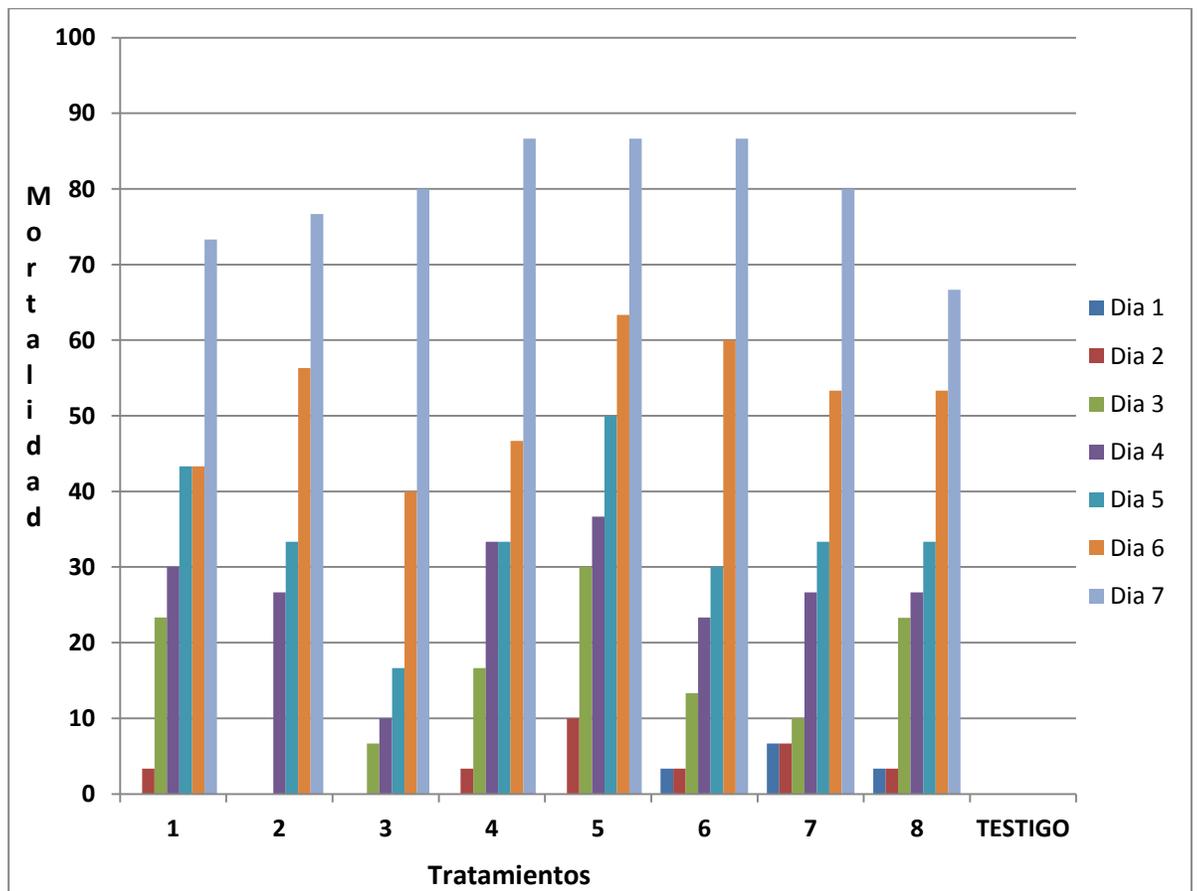


Figura 1. Porcentajes de mortalidad de *Tribolium castaneum* por efecto de los extractos vegetales de Albahaca y Ruda.

Análisis estadístico

Una vez que se obtuvieron los porcentajes totales se introdujeron en el paquete estadístico de la UANL utilizando el método de diseño completamente al azar. Se analizaron los datos del día 5 y de acuerdo al análisis de varianza, el presente trabajo muestra que hay una diferencia altamente significativa con un 99.99 % de confiabilidad, con un coeficiente de variación entre los datos de 42.51 % (Cuadro 4), lo cual nos indica que todos los tratamientos muestran diferencia en relación al testigo y pueden ser tomados en cuenta como posible método de control biológico de *T. castaneum* en condiciones controladas.

Cuadro 4. Análisis de varianza.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	8	50.962967	6.370371	3.8222	0.009
ERROR	18	30.000000	1.666667		
TOTAL	26	80.962967			
C.V. = 42.51 %					

En la comparación de medias se puede observar que en la toma de datos a los 5 días no hay diferencia estadística en 7 de los 9 tratamientos evaluados (T1, T2, T4, T5, T6, T7 y T8), a excepción del T3 que no presentó diferencia en comparación con el testigo. Para el caso de T1 y T5 muestran diferencia significativa en comparación con el testigo con un 95 % de confiabilidad, mientras que la mortalidad en los T2, T4, T6, T7 y T8 son estadísticamente iguales entre sí (Cuadro 5). En este cuadro nos indica que ambos extractos funcionan mejor en polvo que triturado, ya que tanto el T1 como el T5, que consistieron en probar ambos extractos en polvo (albahaca y ruda) fueron los que presentaron datos más uniformes. Los datos muestran que el alcohol pudiera afectar la disponibilidad de los metabolitos secundarios de ambos extractos ya que para el quinto día los tratamientos que no iban mezclados con etanol fueron los que mayor porcentaje de mortalidad presentaron.

Cuadro 5. Comparación de medias con un Nivel de significancia de 0.05.

TRATAMIENTO	MEDIA
5	5.0000 A
1	4.3333 A
4	3.3333 AB
2	3.3333 AB
7	3.3333 AB
8	3.3333 AB
6	3.0000 AB
3	1.6667 BC
9	0.0000 C

* Medias con la misma letra no muestran diferencia significativa.

A diferencia de Cuevas (S/F), que encontró un efecto de mortalidad de ruda aplicado a *Sitophilus zeamais* muy bajo con un 43 % a las 96 h con una diferencia significativa en todos sus tratamientos, lo cual no coincide con lo encontrado en este trabajo. Debido a que en todos los tratamientos no hay diferencia estadísticamente hablando.

Para el día 7 el análisis de varianza muestra un 100 % de confiabilidad, con un coeficiente de variación entre los datos de 16.32 %, lo cual nos indica una menor diferencia entre las medias de los tratamientos (Cuadro 6).

Cuadro 6. Análisis de varianza.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	8	179.851807	22.481476	16.8611	0.000
ERROR	18	24.000000	1.333333		
TOTAL	26	203.851807			

C.V. = 16.32 %

Los datos de mortalidad del día 7 muestran que todos los tratamientos son estadísticamente diferentes al testigo. Como se puede observar T4, T5 y T6 no mostraron diferencia entre ellos al igual T1, T2, T3 y T7. A diferencia del día 5, aquí no podemos atribuir que el alcohol o el agua hayan o no influido en la eficacia de los extractos al ser aplicados, ya que en todos los tratamientos hubo una mortalidad altamente significativa, así como la manera en la que se utilizó el extracto (polvo o triturado) presentando algún tipo efecto adicional a la utilización de manera individual o separada de los solventes. Aunque si podemos decir que todos presentan un buen porcentaje de mortalidad en comparación con el testigo, por lo que podemos concluir que ambos extractos utilizados pueden emplearse como un método alternativo para el control de *T. castaneum* en laboratorio (Cuadro 7).

Cuadro 7. Comparación de medias con un Nivel de significancia de 0.05.

TRATAMIENTO	MEDIA
4	8.6667 A
5	8.6667 A
6	8.6667 A
3	8.0000 AB
7	8.0000 AB
2	7.6667 AB
1	7.3333 AB
8	6.6667 B
9	0.0000 C

* Medias con la misma letra no muestran diferencia significativa.

Por ultimo podemos observar que los datos anteriores muestran la eficiencia de cada uno de los extractos al ser aplicados, al hacer un pequeño comparativo con los cuadros de medias del día 5 y 7 la relación que tienen los tratamientos no es tan significativo con el testigo. A un que en el tratamiento 3 y 8 fue donde se observó una diferencia más clara, donde hubo un nivel de mortalidad que aumento gradualmente del día 5 al 7.

CONCLUSIONES

Los extractos vegetales de Ruda y Albahaca mostraron un buen efecto insecticida sobre *T. castaneum* con ambos solventes, ya que los ocho tratamientos presentaron un % de mortalidad significativo. Aunque el extracto de ruda mostro efectos un poco más rápido sobre el insecto en casi todos sus tratamientos. Lo cual demuestra que ambos extractos pueden ser una alternativa para el control de *T. castaneum* en laboratorio.

Se recomienda realizar más pruebas con la finalidad de observar el comportamiento de estos extractos bajo condiciones de almacén de granos para el control de estos insectos, debido a que el comportamiento y función puede ser modificado por el medio ambiente.

LITERATURA CITADA

- Aguilera, M. 1991. Validación semicomercial de polvos vegetales y minerales para el combate de *Sitophilus zeamais* Motsc, *Prostephanus truncatus* (HORN) y *Rhyzopertha dominica* (FABR). Tesis Magíster en Ciencias. Colegio de Postgraduados. México.138 p.
- Aldryhim, Y. 1990. Efficacy of the amorphous silica dust, dryacide, against *Tribolium confusum* Duv and *Sitophilus granarius* (L.) Coleoptera: Tenebrionidae and Curculionidae). J. Stored Product Research 26(4):207-210.
- Allen, S. 2001. Inert dust offer safe insect control option. Farming Ahead N° 109. (Enero):49-50.
- Araya, J. 1993. Evaluación de polvos minerales y vegetales contra plagas de maíz y frijol almacenado en los estados de Zacatecas y Guerrero. Tesis Magíster en Ciencias. Colegio de Postgraduados. México.95 p.
- Ahmed, H. R. 1984. Insecticidas Naturales. Consulta: 12 enero 2012. [Disponible en <http://www.rapaluruquay.org/organicos/articulos/InsecticidasNaturales.pdf>].
- Agropuli, (agroquímicos públicos libres). 2008, CONTROL DE PLAGAS DE LOS GRANOS ALMACENADOS. Consulta: 31 enero de 2013. [Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos-pdf4/granos-almacenadosdiatomeas/granos-almacenados-diatomeas.pdf>].
- Bentancourt, M. y Scatoni E., Iris B., Guía de Insectos y Ácaros de importancia agrícola y forestal en el Uruguay. Universidad de la República, Fac. De Agronomía, Montevideo, 1999. Uruguay. 258 p.
- Bourguet D., Genissel A., Raymond M., J. Econ. Entomol. 2000, 93, 1588-1595.
- Banks, J; P. Fields.1995. Physical methods for insect control in stored-grain ecosystems. In: Jayas, D; N. White y W. Muir (Eds) Stored Grain Ecosystems. Marcel Dekker Inc. New York. USA. P 353-409.
- Boucias, D, J. Pendland. 1998. Principles of insect pathology. Kluwer Academic Publishers, Norwell. Massachussets. USA. 550p.

- Brower, J.; L. Smith. P. Vail. Y P., Flinn. 1996. Biological Control In: Subramanyam, B y D. Hagstrum (Eds). Integrated Management of insects in stored products. Marcel Dekker, nc. New York. USA p 223-286.
- Blanco, 1880-1883. Medicamentos herbolarios tradicionales *Ocimum basilicum* L.,
 Consulta: 19 Febr. 2013. [Disponible: <http://www.minsal.go.cl/portal/url/item/7d983cf52ca38bd6e04001011e011da0.pdf>].
- Coats, J. R. 1994. Risks from natural versus synthetic insecticides. Annu. Rev. Entomol. 39:489-515.
- Celis A., Mendoza C., Pachón M., Cardona J., Delgado W. y Cuca E., 2008. Extractos vegetales utilizados como biocontroladores con énfasis en la familia Piperaceae.
 Consulta: 12 febrero 2013. [Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-99652008000100012&script=sci_arttext].
- Davidson, N.; J. Dibble, M. Flint, P. Marere, A. Guye. 1991. Managing insects and mites with Spray oils. IPM Education and Publications. Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 3347. USA. 47p.
- Duque, S. O. pesticidas naturales de las plantas. En. J. Janick y JE Simón (eds.). Los avances en la nueva prensa de madera cultivados, 1990, 511-517.
- D'Antonio, L. 1997. Principais pragas de graos armazenados. In: Armazenamento de graos e sementes nas propriedades rurais. XXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Campina Grande. Paraiba. Brasil p 189-291.
- Dixon R. Nature, 2001, 411, 843. Consulta: 19 octubre 2012. [Disponible: en <http://www.nature.com/nature/journal/v411/n6839/full/411843a0.html>].
- Evans, W. C. 1991. Farmacognosia. Editorial Interamericana. 45: 692-714 pp.
- Edison J., Sánchez C., Gómez J, Parra L., Cicery D, Turner F. 2006. Actividad antioxidante de extractos de tres especies de albahaca cultivadas en el Tolima (Colombia).
- Freemark, K., C. 1995. Boutin, agricultura, ecosistemas y medio ambiente. 52, 67-91pp.
- Golob, P. B y Webley D. V. 1980. The use of plants and minerals as tradicional protectants of stored products. Tropical Products Institute. London. pp. 31

- Heiden, S. M. 1991. Componentes P. insecticidas de *Azadirachta indica* y *Melia azedarach* (Meliaceae). En: biorreguladores de origen natural de plagas. Heidin, P Ed. A C S Simposio. Series, Washington, DC., pp 293-304.
- Jacobson, M. F. 1989. Plaguicidas botánicos: pasado, presente y futuro. En los insecticidas de origen vegetal. Arnason, JT; Philogene, BJR y Morand, P. ACS Symposium Series, 387. PP.10-10
- Lagunés, T. A. y Vázquez, N. M. 1994. El bioensayo en el manejo de insecticidas y acaricidas. Colegio de Posgraduados. México. 159 p.
- Lampkin N. S. 1998. Agricultura Ecológica Ediciones Mundi - Prensa.
- Linares, M. y Perez, J. 2007. Elaboración artesanal de extractos acuosos a base de Ruda para el Control de Larvas del *Aedes aegypti*.
- Menjívar, R. Insecticidas naturales. Riesgos y Beneficios. 2001. Consulta: 5/5/004.
[Disponible: www.elsalvador.com/hablemos/Ediciones/290701/actualidad.htm].
- Martinez, A., Kasaikina OT, Kortenska VD, Marinova EM, Rusina IF Yarisbheva NV (1997). Russ. Chem. Bull. 46: 1070-1073.
- Morales, R. T. 2002. La albahaca, es una planta cultivada de origen remoto. *Quercus* 126:12-14. Pp.
- Ottaway, P. B. 2001, Mansaray, Extractos vegetales para el control de granos almacenados. 42- 4 pp.
- Paton, A. (1992). Asynopsis of *Ocimum* L. (Labiatae) in África. *KewBull.* 47(2): 403-435.
- Peck, T. C. y Russell, V. D. 1987. *Tribolium castaneum* *Herbst*. Consulta: 19 febrero 2012. [Disponible en http://rockbugdesign.com/invert_ref/es/species/show/169/].
- Rivera, N. D. y Obón C. P. 1992. Palaeoethnobotany and archaeobotany of the Labiatae in Europa and the Near East In: KM. Harley & T. Reynolds (eds.), *Advances in Labiate Science*: 437-454 pp.
- Sanchez, T. C. 2002 Contaminación del suelo y lucha biológica. Consulta 23 enero 2013. [Disponible en www.corazonverde.org/proyectos/ecojardin.html].
- Silva, G. A. Lagunes, J. C. Rodríguez y D. Rodríguez. Insecticidas vegetales; Una vieja-nueva alternativa en el control de plagas. *Revista Manejo Integrado de Plagas (CATIE)* 2002.
- Suresh, G., Gita Gopalakrishman, Daniel Wesley, S.; Pradeep ND; Malathi, R. y Rajan, SS actividad antialimentaria de insectos de tetranortriterpenoids de las rutaes.

- Una lectura atenta de las relaciones estructurales. J. Agric. Food Chem., 2002, 50, 4484-4490.
- Stoll, G. Protección Natural de Cultivos en zonas tropicales. J. Margaf Ed. 1989.
- Silva., A. Lagunés, J. C. Rodríguez y D. Rodríguez. 2002. Insecticidas vegetales; Una vieja-nueva alternativa en el control de plagas. Revista Manejo Integrado de Plagas (CATIE) (en prensa).
- Smith, E. H., Whitman, R. C. 1992. Field Guide to Structural Pests. National Pest Management Association, Dunn Loring, VA.
- Tripathi, A. K.; Prajapati, V. P. y Aggarwal, K. K. 2000. Repelencia al SPS y la toxicidad del aceite de *Artemisia annua* para ciertos productos almacenados escarabajos. J. Econ. Entom. 93, 43-47 pp.
- Tripathi, A. K.; Prajapati, V. P. y Aggarwal, K. K. 2001. Toxicity, feeding deterrence, and effect of activity of 1, 8,-Cineole from *Artemisia annua* on progeny production of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). Journal of Economic Entomology 94: 979-983 pp.
- UNAM. 2009. Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana. Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana. Consulta: 13 febrero 2012. [Disponible:<http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/monografia.php?l=3&t=&id=7464>].
- Valladares, G.; Defago, M.T.; Palacios, S. M. y Carpinella, M.C. La evaluación de laboratorio de *Melia azedarach* (Meliaceae) extractos contra el escarabajo de la Hoja del Olmo (Coleóptera: Chrysomelidae). J. Econ. Entomol. 1997, 90, 747-750.
- Via, S. 1999. Cannibalism facilitates the use of a novel environment in the flour beetle, *Tribolium castaneum*. Heredity 82: 267-275.
- Walter V. E. 1990. Stored product pests. In Handbook of Pest Control Story K, Moreland D. (editors). Franzak y Foster Co., Cleveland, OH. pp. 526-529 pp.
- Weston, P. A. 2000. Rattlingourd PL. Progeny production by *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae) on maize previously infested by *Sitotroga cerealla* (Lepidoptera: Gelechiidae) Journal of Economic Entomology 93: 533-536 pp.
- Winkel, S. B. 2002. Biosynthesis of flavonoids and effects of stress. Current Opinion in Plant Biology. 5:218–223 pp.