



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES

Centro de Investigaciones en Ecosistemas

Evaluación de *Croton morifolius**
Willd. (Euforbiaceae) como fitoplaguicida
para graneros de pequeños productores
agrícolas

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

P R E S E N T A

Eglantina López Echartea

DIRECTOR DE TESIS: Dr. Francisco Javier Espinosa García

CO-DIRECTOR DE TESIS: Dr. Eduardo García Frapolli

MORELIA, MICHOACÁN

Diciembre, 2011



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento a la Licenciatura en Ciencias Ambientales, a todos mis profesores y personal administrativo que me brindaron apoyo a lo largo de la licenciatura.

Además agradezco el apoyo económico recibido por la beca PFEL.

También agradezco a la Dra. Marta Astier Calderón, al Dr. Eduardo García Frapolli, al Dr. Francisco J. Espinosa García, al Dr. John Larsen y a la Biol. Yolanda Magdalena García Rodríguez; por ser miembros del jurado de mi examen profesional.

A mi asesores el Dr. Francisco J. Espinosa García y el Dr. Eduardo Garcia Frapolli por haber dirigido esta tesis. Por el apoyo, tiempo y dedicación que me dieron a lo largo de la realización de esta tesis y de la licenciatura.

Dedicatoria

Este trabajo, que significa la culminación de una etapa escolar y de mi vida se la dedico a un gran hombre y a una gran mujer, porque sin ellos esto no sería posible.

A Héctor Hugo Echartea Garza, porque sin pedírselo y sin exigir nada a cambio, se convirtió en alguien incondicional. Por ser un ejemplo de fortaleza, seguridad y determinación. Por todo lo que dejó de mí, por su apoyo y amor.

A mi madre, Eglantina Echartea Garza, por ser mi ejemplo a seguir. Por ser una mujer incansable, inteligente, luchadora, paciente y fuerte ante todo. Por las virtudes que forjó en mí y por todo el apoyo y amor que me ha brindado.

*El nombre correcto de la especie con la que trabajamos de acuerdo a Judith Sanchez Blanco es *Croton adpersus* Benth. la aplicación del nombre *Croton morifolius* Willd. es incorrecta para nuestros ejemplares.

Resumen

Las plagas de almacén, como el gorgojo *Sitophilus zeamais*, son un serio problema ya que destruyen los granos disminuyendo la disponibilidad de alimentos y ocasionando pérdidas económicas. Además de que crean condiciones para el establecimiento de otras especies y la proliferación de hongos. Para su control se utilizan plaguicidas sintéticos los cuales presentan serios problemas ambientales y de salud para quienes los aplican. Por lo tanto la aplicación de plantas para el control de plagas es una opción al uso de este tipo de agroquímicos. Para el presente trabajo se utilizó *Croton adpersus* una maleza que se distribuye en las cuencas del lago de Pátzcuaro y a los alrededores de Morelia. La planta se escogió ya que especies de insectos generalistas como el chocho (*Sphenarium purpurascens*) prefieren alimentarse de otras plantas dejando a esta intacta. *C. adpersus* tiene dos estadios, en temporada de secas y lluvias, y cambia su morfología según éstos. Para probar el efecto de *C. adpersus* sobre el gorgojo (*Sitophilus zeamais*), se midió lo siguiente: (1) el efecto insecticida y de repelencia del aceite esencial, del estadio de lluvias, y del extracto metanólico, de ambos estadios de la planta y (2) el efecto insecticida de los polvos, de ambos estadios de la planta.

La dosis letal 50 del aceite esencial fue de 26.8 $\mu\text{L}/\text{mL}$ probado en gorgojo adulto. Aunque el aceite presenta un efecto insecticida en *Sitophilus zeamais* el rendimiento del aceite no es viable debido a que de 4 kg de hojas se obtienen aproximadamente 11 ml de aceite. El aceite esencial mostró que tiene un efecto repelente bajo.

Los extractos metanólicos tuvieron un efecto de mortalidad elevado sobre el gorgojo adulto. El extracto de hoja de lluvia mata al 85% de los insectos con la dosis máxima de extracto. En el extracto de hoja de secas se observó un patrón diferente donde la máxima mortalidad se alcanza en una concentración intermedia la cual llega a matar al 90% de la población de adultos de *Sitophilus zeamais*. Sin embargo, los extractos no mostraron un efecto repelente en *S. zeamais*. Los adultos de *S. zeamais* no se mostraron susceptibles a los polvos de los diferentes tipos de hoja de *Crotón adpersus*.

Además de las pruebas en el laboratorio, se realizó trabajo de campo en la comunidad de Pichátaro, Michoacán, para conocer de forma directa la problemática alrededor de la conservación de maíz en almacén. Al respecto, los agricultores señalaron que el tiempo de almacenamiento del grano ha disminuido en los últimos años. En cuanto a las prácticas de

manejo que pueden incidir en la presencia de plagas están: un adecuado secado de las mazorcas antes de almacenarse; la limpieza y traspaleo de las mazorcas y la utilización de cal en el lugar donde almacenan el maíz. Los granos se almacenan en cuartos de material y trojes de madera, aunque estas últimas son cada vez son más escasas debido a su alta demanda por parte del sector turístico. El cambio en el tipo de construcción para el almacenamiento de granos puede deberse a factores como la modernidad, la pérdida de tradiciones y la migración.

Abstract

The storage pests, such as the weevil (*Sitophilus zeamais*) are a serious problem. They destroy the grains, decreasing availability of food and causing economic losses. Besides, these insects create conditions for the establishment of other insect species and fungi. Synthetic pesticides are used to control these pests, but these products bring serious environmental problems and affect human health. Therefore, the use of botanical extracts to the control of pests is an alternative to the use of these agrochemicals. Extracts and essential oil from *Croton adspersus* (Euphorbiaceae) were evaluated as fitoinsecticides to be prepared and used by peasants to control *S. zeamais*. This plant is an abundant perennial weed in the Lake Patzcuaro basin and in the Morelia surroundings. The plant produces two types of leaves, one in summer and the other in the winter. To study the effect of *C. adspersus* on *S. zeamais* the insecticidal effect and repellency of the essential oil and the methanolic extract of the leaves were tested. The insecticidal effect of the powdered leaves was also studied. The LD₅₀ of the essential oil is 26.8 µL/m and is very high compared with other essential oils. Although the essential oil has insecticidal effect the performance is non-viable because from 4 kg of leaves we obtain only 11ml of oil. And the essential oil showed a low repellent effect.

The methanolic extract from summer and winter leaves caused high mortality on the weevil. The summer leaves extract killed 85% of the insects with the highest dose (150 µl/insect), whereas the winter leaves killed 85% of the population of insects, but in a medium dose (18.5 µl/insect). The extracts did not show repellent effect.

In addition to laboratory experiments, fieldwork was conducted in the community of Pichátaro, Michoacán, with the purpose of learning in a direct way the problems associated with corn grains conservation in storage. The peasants reported that grain storage time has decreased in the last years. Management practices that may affect the incidence of pest are: corn ears drying before storage, cleaning of corn ears and use of lime in the storage area. The corn grains may be stored in conventional constructions (bricks and cement) or trojes (traditional wood rooms), although the last ones are increasingly scarce due to a high demand of trojes from the tourism sector. The shift in the type of storage building could be attributed to factors as modernity, loss of traditions and migration.

Índice

1. Introducción.....	15
2. Antecedentes.....	21
2.2 Metabolitos secundarios.....	21
2.2 Uso de los metabolitos secundarios de plantas para el control de insectos plaga de almacén.....	22
2.2.1 Aceites esenciales.....	23
2.2.2 Polvos.....	24
2.2.3 Extractos.....	27
2.3 Manejo de granos.....	27
2.4 Sistemas complejos.....	31
3. Sistema de estudio.....	32
3.1 Pichátaro Michoacán.....	32
3.2 <i>Croton adspersus</i> Benth.....	33
3.3 <i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky.....	34
4. Hipótesis.....	36
5. Objetivos.....	37
6. Estrategia experimental.....	38
6.1 Obtención de material vegetal.....	38
6.2 Bioensayos.....	38
6.3 Sistema de manejo por agricultores de Pichátaro, Michoacán.....	38
7. Materiales y métodos.....	39
7.1 Aceite de <i>Croton adspersus</i> y <i>Syzygium aromaticum</i>	39
7.1.1 Extracción del aceite esencial de <i>Croton adspersus</i>	39
7.1.2 Obtención del aceite esencial de <i>Syzygium aromaticum</i>	40
7.1.3 Análisis químico del aceite esencial de hojas de lluvia de <i>Croton adspersus</i>	40
7.1.4 Análisis químico del aceite esencial del aceite de <i>Syzygium aromaticum</i>	42
7.1.5 Bioensayos de fumigación con <i>Sitophilus zeamais</i> y aceite esencial de hoja de lluvia de <i>Croton adspersus</i>	43

7.1.6	Bioensayos de repelencia con aceite esencial de hoja de lluvia de <i>Croton adpersus</i> y <i>Sitophilus zeamais</i>	44
	7. 1.6.1 Experimentos de olfatometría.....	45
7.1.7	Bioensayos de fumigación con <i>Sitophilus zeamais</i> y aceite esencial de <i>Syzygium aromaticum</i>	46
7.2	Polvos de hojas de <i>Croton adpersus</i>	46
7.2.1	Obtención de hojas de lluvia y de secas de <i>Croton adpersus</i>	46
7.2.2	Bioensayos por exposición con <i>Sitophilus zeamais</i> y polvos de <i>Croton adpersus</i>	47
7.2.3	Emergencia de insectos (F1).....	49
7.2.4	Pérdida de peso en granos de maíz.....	49
7.3	Extractos metanólicos de <i>Croton adpersus</i>	50
7.3.1	Obtención de las hojas de <i>Croton adpersus</i> para la obtención de los extractos metanólicos.....	50
7.3.2	Mortalidad de insectos adultos de <i>Sitophilus. zeamais</i> expuestos a aplicaciones tópicas de los extractos metanólicos de hojas de lluvias y secas de <i>Croton adpersus</i>	50
7.3.3	Repelencia de <i>Sitophilus zeamais</i> a prueba de impregnación de dieta con extractos de <i>Croton adpersus</i>	51
7.4	Sistema de manejo por agricultores en Pichátaro, Michoacan.....	53
8.	Resultados.....	54
8.1	Bioensayos de fumigación con <i>Sitophilus zeamais</i> y aceite esencial de hoja de lluvia de <i>Croton adpersus</i> y <i>Syzygium aromaticum</i>	54
	8.1.1Análisis de Varianza y Probit.....	54
	8.1.2 Repelencia con aceite esencial de hoja de lluvia de <i>Croton adpersus</i> y <i>Sitophilus zeamais</i>	57
8.2	Polvos de <i>Croton adpersus</i>	57
	8.2.1 Bioensayos de mortalidad, emergencia de adultos y pérdida de pesos en grano de maíz con <i>Sitophilus zeamais</i> y polvos de <i>Croton adpersus</i>	58
	8.2.2 Análisis de varianza para la mortalidad.....	59

8.2.3	Análisis glm (modelo lineal generalizado) para la emergencia de adultos de <i>Sitophilus zeamais</i>	59
8.2.4	Análisis de varianza para pérdida de peso en granos de maíz.....	61
8.3	Extractos metanólicos de <i>Croton adspersus</i>	62
8.3.1	Bioensayos por aplicación tópica con <i>Sitophilus zeamais</i> y extractos de <i>Croton adspersus</i>	62
8.3.1.1	Análisis de varianza.....	62
8.3.1.2	Análisis Probit.....	64
8.3.2	Repelencia de los extractos de <i>Croton adspersus</i> con <i>Sitophilus zeamais</i>	65
8.4	Sistemas de manejo por agricultores en Pichátaro, Michoacán.....	65
8.4.1	Información general.....	65
8.4.2	Manejo pre-cosecha.....	67
8.4.3	Manejo post-cosecha.....	69
8.4.4	Almacenamiento.....	71
9.	Discusión.....	73
9.1	Efecto del aceite esencial de <i>Croton adspersus</i> en <i>Sitophilus zeamais</i>	73
9.2	Efecto de los polvos de hoja de lluvias y secas de <i>Croton adspersus</i> en <i>Sitophilus zeamais</i>	74
9.3	Efecto de los extractos metanólicos de hoja de lluvias y secas de <i>Croton adspersus</i> en <i>Sitophilus zeamais</i>	75
9.4	Sistema de manejo.....	76
10.	Conclusiones.....	82
11.	Bibliografía.....	84
12.	Anexos.....	101

1. Introducción

El cambio climático, la destrucción de la capa de ozono, la lluvia ácida, la escasez de agua, la deforestación, la desertificación, la pérdida de biodiversidad, la alteración de los ciclos biogeoquímicos, son sólo algunas de las problemáticas ambientales que actualmente aquejan a la humanidad. Hasta hace unos 60 años se pensaba que los recursos de la biósfera eran prácticamente ilimitados y que la naturaleza de forma constante se regeneraba para cubrir las necesidades del hombre (De Linaje *et al.*, 2006). Sin embargo, hoy tenemos pruebas tangibles del deterioro de esta naturaleza. La búsqueda de soluciones a la problemática ambiental, que era entendida como un asunto soluble por partes, ha fallado (Sotolongo y Delgado, 2006). Y hasta ahora la mayoría de los esfuerzos encaminados para resolver dichas problemáticas se han basado principalmente en la tecnología, descontextualizando la problemática y volviéndola muchas veces imposible de resolver.

La justificación de este trabajo reside en la búsqueda de una solución a un problema ambiental; el uso de plaguicidas sintéticos. Estos agroquímicos son usados en el control de plagas en cultivos y durante el almacenamiento de granos. Este trabajo hace referencia específicamente a la problemática de plagas que rodea al almacenamiento de granos de maíz, en particular al gorgojo de maíz (*Sitophilus zeamais*). Para entender la problemática se trabajó con agricultores de Pichátaro, Michoacán, para conocer su perspectiva en cuanto al problema de las plagas y sus prácticas de manejo relacionadas al almacenamiento de granos de maíz.

Los insectos son los causantes de las mayores pérdidas de granos de maíz en almacén (Iannacone *et al.*, 2005; Silva *et al.*, 2006). Los insectos que atacan y dañan los granos y sus productos durante el almacenamiento, comenzaron a ser importantes después de que el hombre aprendió que podía guardar sus cosechas para utilizarlas posteriormente como alimento o semilla. Estos insectos se trasladan de un continente a otro a través del comercio internacional, por lo que se convierten en una plaga en casi todo el mundo (Arias y Dell'Orto, 1983). Esto es importante en países en desarrollo, donde los productores a pequeña escala ven mermadas sus cosechas a causa de la destrucción de los granos

almacenados por roedores, insectos, hongos y bacterias (Larraín, 1994). Los insectos encuentran condiciones propicias para alimentarse y multiplicarse en las bodegas y lugares de almacenamiento. Si la humedad y temperatura les son favorables, tienen a su disposición una gran cantidad de alimento que asegura su multiplicación y sobrevivencia. Su actividad metabólica incrementa la humedad y temperatura del medio en que se desarrollan creando las condiciones para que otras especies de insectos se multipliquen; el fenómeno se va acelerando automáticamente hasta que la humedad es propicia para la violenta proliferación de hongos que elevan aún más la temperatura, haciéndola intolerable para los insectos que emigran hacia otras fuentes de alimento. De esta manera, el grano queda destruido, disminuyendo la disponibilidad de alimentos y ocasionando graves pérdidas a los agricultores (Arias y Dell'Orto, 1983).

A nivel mundial, se han reportado aproximadamente 227 especies de insectos que afectan con mayor frecuencia a estos productos almacenados, de los cuales para México se reportan aproximadamente 66 especies que causan entre el 15% y el 25% de pérdidas económicas (Guerrero *et al.*, 2003). Las especies más importantes en la pérdida de granos son *Sitophilus oryzae*, *S. granarius* y *S. zeamais* (Rees, 1996). *S. zeamais* es una de las plagas de mayor importancia en granos almacenados (Salvadores *et al.*, 2007; Saini & Rodríguez, 2008). Esta especie provoca una disminución en el peso del grano, disminución en su valor estético y en el mercado, reducción en el poder de germinación, y en la calidad nutricional del grano (Udo, 2005; Akob & Ewete, 2007). Larraín (1994) señala que cerca del 10% de los granos de cereales pueden ser infestados por *S. zeamais* en el momento de la cosecha, y si la infestación continúa durante el almacenaje, alrededor del 30% al 50% de los granos pueden estar dañados al cabo de seis meses. En México, se reporta con mayor frecuencia la existencia de *S. zeamais* en maíz almacenado, principalmente en climas cálidos (Martínez 2003; Silva *et al.*, 2003). El almacenamiento de granos es una tarea difícil que requiere un buen entendimiento de los procesos físicos y biológicos al interior de la masa de granos, así como de buenas prácticas de manejo (Carrera y Ayala, 2008).

Para controlar a los insectos plaga que invaden granos y semillas en almacén se han empleado principalmente insecticidas sintéticos (Silva *et al.*, 2003; Lagunes *et al.*, 2005). Pero el uso indiscriminado de estos insecticidas ha generado resistencia en insectos,

acumulación de residuos en el ambiente, intoxicaciones y aumento en los costos de producción (Silva *et al.*, 2003). Además, la abundancia de plaguicidas sintéticos y la falta de capacitación sobre el manejo integrado de plagas han propiciado que los agricultores intensifiquen el uso de estos productos (Montoya *et al.* 1998). Además, muchos insecticidas sintéticos son teratogénicos, mutagénicos, carcinogénicos y afectan la salud de quienes los usan (Ramirez-Moreno, 2001, Iloba & Ekrakene, 2006; Asawalam *et al.*, 2007; Devine *et al.*, 2008).

Los plaguicidas sintéticos, además de las severas consecuencias que pueden generar en la salud de las personas, también causan graves repercusiones ecológicas. Los plaguicidas tienen efectos en la superficie terrestre, siendo el agua contaminada por la escorrentía de los plaguicidas uno de los principales medios de daños ecológicos. A pesar de que muchos de los efectos son crónicos y pasan con frecuencia desapercibidos, éstos tienen consecuencias en toda la cadena trófica (FAO 1997):

- Muerte del organismo
- Cánceres, tumores y lesiones en peces y animales.
- Inhibición o fracaso reproductivo
- Supresión del sistema inmunitario.
- Perturbación del sistema endocrino (hormonal).
- Daños celulares y en el ADN.
- Efectos teratogénicos (deformidades físicas, como las que se observan en el pico de algunas aves).
- Problemas de salud en los peces revelados por el bajo coeficiente entre células rojas y blancas, el exceso de mucílago en las escamas y agallas de los peces, etc.
- Efectos intergeneracionales (que sólo se observarán en las generaciones futuras del organismo).
- Otros efectos fisiológicos, como disminución del grosor de la cascara de los huevos.

Los efectos negativos medioambientales de los plaguicidas van más allá de los organismos individuales, es decir que pueden afectar a los ecosistemas. Según estudios realizados por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 1997), la aplicación de plaguicidas es uno de los factores que más influyen negativamente en la

biodiversidad. Por tanto, es necesario encontrar otras alternativas para el control de plagas que permitan disminuir los costos de control, la contaminación ambiental y los problemas de salud.

Estas alternativas deben ser congruentes con la realidad de cada país, deben ser baratos, biodegradables e implementados en un marco de un desarrollo sostenible (Rodríguez *et al.*, 2001; Silva *et al.*, 2006; Asawalam *et al.*, 2007). Una alternativa es emplear plantas que presenten compuestos químicos secundarios y activos contra las plagas agrícolas (Sabbour, 2003; Awoyinka *et al.*, 2006). Sin embargo, el control biológico presenta otras modalidades como; conservación de enemigos naturales, liberación de enemigos naturales criados comercialmente e insecticidas microbianos (Van Driesde *et al.*, 2007) Las plantas producen metabolitos secundarios que disuaden el ataque de insectos (Espinosa-García y Delgado 1998), debido a que son compuestos químicos que poseen múltiples funciones en la defensa vegetal, e incluso son ampliamente usados en la industria y como plaguicidas (Isman, 2000; Sepúlveda *et al.*, 2003). Muchas plantas no han sido adecuadamente evaluadas como fuente de sustancias con propiedades insecticidas, repelentes, deterrentes de oviposición y alimentación, y reguladores de crecimiento (Salvadores *et al.*, 2007). Al uso de plantas o de sus derivados se les llama fitoplaguicidas o insecticidas naturales, por su origen biológico. Algunas de las ventajas que muestran los fitoplaguicidas son:

- Ser biodegradables.
- Una toxicidad baja y en algunos casos inexistente.
- Sus componentes son una mezcla de compuestos, que retardan el proceso de resistencia.
- Se obtienen de plantas que son abundantes, sin valor comercial y que no compiten con usos alimenticios.
- Un bajo costo.
- Fácil obtención.
- Rápido y fácil crecimiento de las plantas de donde se obtienen sin necesidad de agregar insumos externos.

Uno de los enfoques de esta investigación es la pertinencia de buscar recursos locales para la preparación artesanal de fitoplaguicidas para el control de las plagas locales. Las plantas potenciales que sean usadas como fuente de fitoplaguicidas deben ser abundantes localmente y espontáneas. Este requisito lo llenan las llamadas malezas, que son plantas que prosperan en ambientes perturbados por el ser humano (Espinosa y Sarukhán, 1997). El uso de malezas implica que no se tengan que agregar insumos como fertilizantes, ya que lo ideal es que la agricultura de subsistencia sea lo más eficiente posible en términos sociales, económicos y ecológicos. Sería ideal que la implementación de esta tecnología fuera accesible a quien lo necesite y se ajustara al modo de vida de los usuarios. Para evitar comprar los fitoplaguicidas, propiciando su fabricación por los mismos usuarios. Puesto que no todas las plantas locales son abundantes o tienen actividad contra las plagas, es necesario desarrollar un programa de prospección para encontrar a las plantas potencialmente útiles. Al mismo tiempo es necesario encontrar si los agricultores de subsistencia estarían dispuestos a utilizar los fitoplaguicidas. Así mismo, se requiere verificar si el método de producción artesanal de fitoplaguicida propuesto es adecuado para ellos. Esta tesis es parte del proyecto de investigación “Prospección de bioplaguicidas de uso campesino a partir de malezas comunes en Michoacán” que se lleva a cabo en el Laboratorio de Ecología Química del Centro de Investigaciones en Ecosistemas de la Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelia.

El caso de estudio que se investiga en esta tesis representa en gran medida una problemática ambiental compleja, debido a la interacción de diversos factores, como intereses económicos basados en la industria de los agroquímicos, una necesidad por parte de los agricultores y almacenadores de granos por combatir las plagas, los problemas de salud asociados a intoxicaciones y consumo de alimentos contaminados con plaguicidas, y especialmente a una creciente degradación del ambiente provocada por la contaminación del suelo y agua, así como la pérdida de biodiversidad, etc. Por lo que además de la búsqueda de una alternativa al uso de los plaguicidas sintéticos, en esta investigación también tiene como objetivo conocer las prácticas de manejo de plagas y la percepción del problema desde la visión de los actores sociales involucrados, es decir, los agricultores. De esta manera podemos conocer un poco más el problema que surge a partir del

almacenamiento de granos en una comunidad donde la siembra de maíz es una actividad productiva importante, no nada más en términos económicos sino también culturalmente.

En términos generales sería ideal confirmar que ciertas prácticas de manejo que realizan los agricultores de Pichátaro disminuyen la incidencia de plagas en sus graneros. Sin embargo, una solución específica no resolverá completamente el problema, sino que el uso de varias alternativas, como los bioplaguicidas y un manejo adecuado de granos, podrían hacer una diferencia importante tanto para el agricultor y como para la salud de los ecosistemas.

2. Antecedentes

2.1 Metabolitos secundarios

Muchas plantas superiores son una fuente de productos naturales usados farmacéuticamente en agroquímicos, como saborizantes y aromáticos, aditivos en alimentos, e insecticidas (Balandrin & Klocke, 1988). Por lo que la búsqueda de compuestos químicos derivados de plantas debería ser una prioridad en los esfuerzos presentes y futuros en relación con la sustentabilidad, la conservación y la biodiversidad (Phillipson, 1990).

Los metabolitos secundarios son sustancias químicas sintetizadas por medio de reacciones secundarias resultantes de los carbohidratos primarios, aminoácidos y lípidos (Ting, 1982). Su papel directo en el metabolismo de la planta no ha sido bien documentado aún, pero su rol ecológico (Dey & Harborne, 1997) y particularmente en las interacciones planta-herbívoro (Feeny, 1976; Swain, 1979), sí está documentado. Los metabolitos secundarios son compuestos de bajo pesos molecular, que además de su papel en la defensa de las plantas, participan en procesos de adaptación, interacciones positivas y de respuesta a estrés ambiental (Sepulveda *et al.*, 2003). La ecología química de los insectos ha demostrado que la actividad de los metabolitos secundarios es variada y que muchos de ellos poseen actividad biológica sobre los insectos, alterando su alimentación, desarrollo, reproducción o comportamiento (Schoonhoven, 1982). Su presencia en plantas reduce también los niveles de utilización de nutrientes, eficiencia alimentaria, productividad y en algunos casos puede llegar a matar a los herbívoros (Makkar & Goodchild, 1996).

El término metabolito secundario se creó hace aproximadamente 100 años para definir compuestos cuya distribución varía dentro de las especies vegetales, a diferencia de los metabolitos primarios que están presentes en todas las células vegetales capaces de dividirse. Existen metabolitos secundarios específicos para alguna especie vegetal o en unas pocas íntimamente relacionadas entre sí, llegando a permitir su caracterización quimiotaxonómica (Rhodes 1994; Bennet y Wallsgrove 1994).

Los metabolitos secundarios pueden ser clasificados dentro de dos grandes grupos, nitrogenados y no nitrogenados. Dentro de los nitrogenados están los alcaloides, aminoácidos no proteicos, aminas, glucosidos cianogénicos y glucosinolatos; y dentro de los no nitrogenados están los terpenoides, fenólicos, poliacetilenos, policétidos y fenilpropanides (Rosenthal y Berenbaum 1991; Harborne 1993; Sepulveda *et al.* 2003).

Se estima que se conoce la estructura química de alrededor de 200 mil metabolitos secundarios y podría haber al menos un millón de ellos en todas las especies que faltan por estudiar (Verpoorte, 1998), siendo los grupos más estudiados los terpenoides y los alcaloides (Verpoorte, 2000). Los terpenoides se derivan de una fusión de unidades de cinco carbonos, llamada isopreno, y se clasifican de acuerdo al número de unidades de isoprenos que los forman. Algunos terpenoides tienen actividad antimicrobiana, repelente, antifúngica, inhibitoria de alimentación, entre otras (Sepulveda *et al.* 2003). Los alcaloides son compuestos heterocíclicos que se sintetizan a partir de aminoácidos o de purinas. Sus efectos tóxicos radican en la capacidad que tienen para bloquear neuroreceptores, además de tener efectos tóxicos y de crecimiento en algunos insectos, bacterias, hongos, virus, otras plantas, nematodos y vertebrados (Sepulveda *et al.* 2003). Se pueden dividir en alcaloides isoquinolécicos, quinolizidínicos, pirrolizidínicos, tropanicos e ondólicos (Facchini, 2001).

2.2 Uso de los metabolitos secundarios de plantas para el control de insectos plaga de almacén

Los metabolitos secundarios de las plantas, como los terpenos, flavonoides, alcaloides, compuestos fenólicos, son insecticidas biorracionales efectivos cuyo potencial no ha sido aprovechado por completo (Novo *et al.*, 1997; Pascual-Villalobos y Robledo, 1999; Steffanazzi *et al.*, 2004). Se estima que sólo el 10% de las plantas terrestres han sido evaluadas como fuente de aleloquímicos para el control de insectos (Bowers, 1993). Los productos naturales son excelentes alternativas a los plaguicidas sintéticos porque pueden reducir los efectos negativos que estos tienen en la salud y el ambiente (Openden *et al.*, 2008)

Para el control de insectos y plagas en los almacenes se han usado aceites esenciales, polvos y extractos de plantas (Ramírez-Moreno, 2001; Silva *et al.*, 2004; Silva *et al.*, 2005; Pimienta, 2011). Además de evaluar el efecto fumigante de estas sustancias, se ha evaluado su efecto en la emergencia de adultos, su efecto repelente y sus posibles efectos en la alimentación de los insectos (Salvadores *et al.*, 2007).

2.2.1 Aceites esenciales

Los aceites esenciales de plantas son los componentes aromáticos y que contienen metabolitos secundarios y se pueden aislar de las plantas por destilación por arrastre de vapor. Los aceites esenciales generalmente son mezclas complejas de hasta más de 100 componentes que pueden ser: compuestos alifáticos de bajo peso molecular, monoterpenos, sesquiterpenos y fenilpropanos (Martínez, 2003). Son frecuentemente volátiles y son usados como fragancias y saborizantes en alimentos (Hummelbrunner y Isman, 2001). Y recientemente para producir bioplaguicidas (Isman, 2000). En la industria, los aceites esenciales tienen diferentes usos en los alimentos, en los productos cosméticos y en los farmacéuticos (Martínez, 2003).

Es conocida la actividad antibacteriana, antifúngica, antiséptica de los aceites esenciales, por lo tanto sus aplicaciones son variadas (Moreno *et al.*, 2006). Los efectos tóxicos de los aceites esenciales se miden por métodos de contacto, por fumigación o consumo de dieta (Hummelbrunner y Isman, 2001; Steffanazzi *et al.*, 2004) (Cuadro 1). Por ejemplo, aceites con alto contenido de eucaliptol, como el aceite de *Vernonia amigdalina*, tienen efectos tóxicos contra el gorgojo del maíz, además de que reducen la progenie y generan un efecto repelente (Asawalam y Hassanali, 2006). El aceite esencial de cardamomo, *Elletaria cardamomum*, tiene efectos tóxicos sobre dos plagas de almacén, *S. zeamais* y *Tribolium castaneum*, y reduce drásticamente la emergencia de adultos (Huang *et al.*, 2000). También, los aceites se pueden probar de manera individual o en mezcla con otros para crear un efecto sinérgico (Ngamo *et al.*, 2007).

Cuadro 1. Nivel de susceptibilidad de insectos plaga de granos almacenados a compuestos volátiles de aceites esenciales, probados en mezcla y de forma individual (Tomado de Pimienta, 2011).

Insecto	Planta	Compuestos más efectivos o mayoritarios.	Efecto y tiempo de exposición	Nivel de susceptibilidad
<i>Sitophilus zeamais</i> (Nerio <i>et al.</i> , 2009)	<i>Lippia origanoides</i>	Mezcla	Repelente. 2 horas	CL ₅₀ = 0.063 μL/cm ²
<i>Sitophilus zeamais</i> (Bekele y Hassanal, 2001).	<i>Ocimum kenyense</i>	Camfor, limoneno y eucaliptol β-felandreno (individual)	Insecticida 24 horas	CL ₅₀ = 0.85 mg/cm ²
<i>Sitophilus zeamais</i> (Bekele y Hassanal, 2001).	<i>Ocimum kilimandscharicum</i>	Camfor, limoneno, 4-terpineol, eucaliptol, camfeno y trans-cariofileno (Individual)	Insecticida. 24 horas	CL ₅₀ = 0.76 mg/cm ²
<i>Sitophilus zeamais</i> (Long <i>et al.</i> , 2010).	<i>Artemisia capillaris</i>	α-pineno · -Pineno γ-terpineno fitol y α-cadinol. (Mayoritarios)	Insecticida. 24 horas	LC ₅₀ =0.21 μL/mL
<i>Sitophilus zeamais</i> (Long <i>et al.</i> , 2010).	<i>Artemisia mongólica</i>	D-carvona α-cadinol, · · cadineno fitol. (Mayoritarios)	Insecticida. 24 horas	LC ₅₀ = 0.29 μL/mL
<i>Sitophilus zeamais</i> (Huang <i>et al.</i> , 2000).	<i>Elletaria cardamomum</i>	Mezcla	Insecticida 24 horas	LC ₅₀ = 0.028 LC ₉₅ =0.047 μL/mL

2.2.2 Polvos

El uso de polvos vegetales también es una alternativa para el control de plagas en granos almacenados. De acuerdo con Lagunes (1994), estos polvos vegetales han demostrado actuar como repelentes, deterrentes de la oviposición y la alimentación, reguladores de

crecimiento e insecticidas, tanto de adultos como larvas. Pueden usarse polvos inertes o derivados de plantas. Los polvos inertes mezclados con los granos producen grietas en la cutícula de los insectos asociados, por las cuales se evapora la humedad corporal, lo que ocasiona su deshidratación y muerte (Paez *et al.*, 1990). Esto se debe a que los insectos mueren cuando pierden 60% del agua corporal o cerca del 30% de su peso (Fields y Muir, 1995). Los que no mueren quedan con el polvo adherido al cuerpo, lo que disminuye su habilidad de apareamiento y reduce la oviposición (Ebeling, 1971).

En el caso de uso de plantas, estas primero se secan, luego se muelen, y finalmente se mezclan con el grano, lo que modifica el ecosistema de las plagas presentes en los granos almacenados (Weaver y Subramanyam, 2000). Los polvos pueden obtenerse de diversos órganos de las plantas, como hojas, flores, tallos, semillas y raíces, entre otras (Vogel y Berti, 2003). Como se observa en el cuadro 2, los efectos que tienen los polvos de las plantas varían de acuerdo a la temporada de colecta y a la parte de la planta utilizada.

Los efectos más significativos en el comportamiento de los insectos están relacionados con la selección del hospedero para alimentación y oviposición, y en cuanto a la alteración del metabolismo las consecuencias más importantes son aquellas relacionadas con la duración del ciclo del insecto, fecundidad y sobrevivencia (Rodríguez y Lagunes, 1992). La mayoría de las especies vegetales utilizadas como insecticidas no eliminan al insecto por intoxicación, sino que generalmente inhiben su desarrollo normal, al actuar como repelentes o disuasivos de la alimentación u oviposición, lo cual hace que muchas veces se sobredimensionen sus efectos protectores (Silva *et al.*, 2002).

Cuadro 2. Nivel de susceptibilidad de insectos plaga de granos almacenados a compuestos a polvos inertes, y de plantas de diferentes órganos a distintas concentraciones.

Insecto	Planta/ polvo	Parte de la planta	Concentraci ón % (p/p)	Mortalidad %	Emergen- cia de adultos %	Pérdida de peso en grano %	Índice de Repelencia 1 = neutro; IR > 1 atrayente IR < 1 repelente.	Fuente
<i>Sitophilus zeamais</i>	<i>Acacia caven</i>	-	1	39.5	70.6	6.5	-	Silva <i>et al.</i> , 2004
<i>Sitophilus zeamais</i>	<i>Capsicum annuum</i> var. <i>grossum</i>	-	1	28.3	57.2	5.8	.63	Salvador es <i>et al.</i> , 2007

<i>Sitophilus zeamais</i>	<i>Capsicum annuum</i> var. <i>longum</i>	--	1	40.6	56	5.2	.75	Salvador es et al., 2007
<i>Sitophilus zeamais</i>	<i>Chenopodium ambrosioides</i>	Hoja	1	65,8	11,6	6,3	-	Silva et al., 2005
<i>Sitophilus zeamais</i>	<i>Chenopodium ambrosioides</i>	Hoja	1	90.3	4	5.3	-	Silva et al., 2005
<i>Sitophilus zeamais</i>	<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	-	1	43.8	35.7	5	.71	Salvador es et al., 2007
<i>Sitophilus zeamais</i>	<i>Cuminum cyminum</i>	-	1	52.2	49.7	5	.52	Salvador es et al., 2007
<i>Sitophilus zeamais</i>	<i>Cyperus eragrostis</i>	Hoja	1	0,0	16,1	5,5	-	Silva et al., 2005
<i>Sitophilus zeamais</i>	<i>Datura stramonium</i>	Hoja	1	1,8	77,7	6,9	-	Silva et al., 2005
<i>Sitophilus zeamais</i>	<i>Erodium moschatum</i>	Hoja	1	6,9	20,7	6,0	-	Silva et al., 2005
<i>Sitophilus zeamais</i>	<i>Mentha piperita</i>	Hoja	1	0,0	22,2	12,7	-	Silva et al., 2005
<i>Sitophilus zeamais</i>	<i>Myristica fragans</i>	-	1	57.4	56.9	5.6	.5	Salvador es et al., 2007
<i>Sitophilus zeamais</i>	<i>Origanum vulgare</i>	-	1	63	39	4.7	.76	Salvador es et al., 2007
<i>Sitophilus zeamais</i>	<i>Pimpinella anisum</i>	-	1	30.2	60.8	6.2	.74	Salvador es et al., 2007
<i>Sitophilus zeamais</i>	<i>Piper nigrum</i>	-	1	83.4	26.7	3.6	.75	Salvador es et al., 2007
<i>Sitophilus zeamais</i>	<i>Quillaja saponaria</i>	Hoja	1	2,9	12,5	6,3	-	Silva et al., 2005
<i>Sitophilus zeamais</i>	<i>Raphanus sativum</i>	Hoja	1	3,3	24,4	6,6	-	Silva et al., 2005
<i>Sitophilus zeamais</i>	<i>Ruta graveolens</i>	Hoja	1	3,5	67,8	7,4	-	Silva et al., 2005
<i>Sitophilus zeamais</i>	<i>Syzygium aromaticum</i>	-	1	39.3	39.7	4.9	.62	Salvador es et al., 2007
<i>Sitophilus zeamais</i>	<i>Urtica ureas</i>	Hoja	1	0,6	25,4	5,2	-	Silva et al., 2005

2.2.3 Extractos

Los extractos vegetales son utilizados y estudiados en menor medida que los polvos o los aceites esenciales. Los extractos vegetales se preparan con diferentes disolventes como agua, alcohol, éter etílico, aceite, acetona y benceno (Rodríguez, 1993), que extraen distintos metabolitos con diferentes efectos. La disolución acuosa extrae sólo una parte de los metabolitos, pero la técnica es más sencilla y económica para los agricultores además de que reduce el riesgo de contaminación y accidentes (Rodríguez, 1990, Lagunes y Villanueva, 1994). Extractos de diferentes plantas han demostrado tener propiedades insecticidas contra un amplio espectro de insectos-plaga (Abdullahi and Muhammad, 2004).

Al igual que en los polvos se pueden utilizar diferentes partes de la planta (flores, raíces, hojas, tallo, etc.). La lista de plantas que han sido utilizadas es amplia: se han utilizado *Larrea tridentata*, *Karwinskia humboldtiana*, *Ricinus communis*, *Eucalyptus globulus*, *Ambrosia ambrosioides*, *Nicotiana glauca*, *Ambrosia confertiflora*, *Datura discolor*, *Baccharis glutinosa*, *Proboscidea parviflora*, *Solanum rostratum*, *Jatropha cinerea*, *Salpianthus macrodonthus*, *Sarcostemma cynanchoides*, *Piper nigrum*, *Coriandrum sativum*, *Caesalpinia spinosa*, *Bidens pilosa*, *Sambucus peruviana*, *Pteridium aquilinum*, *Equisetum myriochaetum*, *Senecio salignus*, *Tephrosia. vogelii* *Azadirachta. indica*, y *Psidium. guajava* entre otras. Para el control de *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Penicillium chrysogenum*, *Penicillium expansum*, *Fusarium poae* y *Fusarium moniliforme*, *Prostephanus truncatus*, *Sitophilus zeamais*, *Stegobium paniceum*, *Leptophobia aripa* entre otros (Ramirez-Moreno, 2001; Tequida-Meneses *et al.*, 2002; Iannacone *et al.*, 2005; Awoyinka *et al.*, 2006; Garcia *et al.*, 2007).

2.3 Manejo de granos

Con la finalidad de conservar los granos almacenados de las principales plagas que los atacan, se han planteado múltiples métodos, entre los cuales están los de control físico, químico y biológico (Silva, 2006). Para probar el efecto insecticida se usa principalmente el método de mezcla de polvos a diferentes concentraciones con la dieta y para probar el

efecto repelente se utiliza un método basado en una estructura que permite a los insectos elegir si dirigirse a la dieta mezclada con polvos o a una dieta sin polvos. Como se mencionó anteriormente, los métodos químicos son aquellos donde se emplean plaguicidas sintéticos, para este caso. Los métodos biológicos involucran el uso de plantas en distintas formas; polvos, extractos, aceites etc. o el control biológico. A continuación se describen diferentes métodos:

Temperatura

Las condiciones de temperatura tienen una importante influencia en la reproducción de los insectos y sus tasas de sobrevivencia (Fields and Muir, 1996). Por lo que las temperaturas extremas tienen el potencial de ser usadas para el control de insectos. 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), además de que reduce la humedad del grano.

Cuadro 3. Respuesta de insectos plaga, al aumento de temperatura en productos almacenados (Banks and Fields 1995, Fields and Muir, 1996)

Condiciones	Temperatura C°	Efectos
Letal	>62	muerte en menos de un minuto
	50-62	muerte en menos de una hora
	45-50	muerte en menos de un día
	35-42	muerte de poblaciones
Sub optimo	35	se detiene el desarrollo
	33-35	desarrollo lento
Optimo	25-33	máxima tasa de desarrollo
Sub optimo	20-25	desarrollo lento
	13-20	desarrollo lento o detenido
Letal	3-13	muerte en semanas a meses
	-10 - -5	muerte en días y se detiene el movimiento
	-25 - -15	muerte en minutos, congelamiento de insectos

Radiación

Se han empleado radiaciones de varios tipos con la finalidad de evitar o reducir las infestaciones de insectos plaga de los granos almacenados (Ritacco, 1988; Araya, 1993). Se ha reportado que reduce el tiempo de vida e incluso causa esterilidad desde los 250 grays (Gy) (Ritacco, 1988). Según Fields and Muir (1996), para desinfectar granos o harina se necesitan concentraciones entre 0.2-1.0 kGy. Sin embargo, como mencionan, aunque esta concentración no mate a toda la población, los pocos sobrevivientes tendrán menor actividad fágica y serán estériles.

Hermeticidad

La falta de oxígeno tiende a matar a todos aquellos organismos aerobios, por lo que la hermeticidad también se presenta como una alternativa para el control de insectos plagas en granos almacenados. En algunos sitios, los depósitos subterráneos son una alternativa para los agricultores (Lindbland y Druben, 1979). Aunque este método presenta la desventaja de que las semillas que quedan cerca de las paredes se humedecen favoreciendo la formación de hongos y alterando su sabor (Silva, sin fecha).

Sonido y Percusión

Se ha demostrado que el número de insectos nacidos de huevos de *Plodia interpunctella* expuestos durante cuatro días a ondas acústicas amplificadas era cuatro veces menor que en el caso de huevos no expuestos (Hall, 1980). También 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

Existe una gran cantidad de polvos inertes, cenizas y arenas finas, que se mezclan con el grano de manera tradicional y que actúan como barrera física contra el daño por insectos (D'Antonio, 1997; Silva *et al.*, 2004). Estos polvos actúan como abrasivo absorbiendo los lípidos que forman la superficie exterior de la cutícula de los insectos, lo que facilita la pérdida de humedad y mata por deshidratación del insecto (Subramanyan y Roesli, 2000).

Hay estudios que indican que una dosis de 5 g por kilogramo de grano reduce considerablemente la emergencia de insecto de las especies evaluadas (Permual y Le Patourel, 1990). Otro ejemplo se encuentra en Aldryhim (1990), donde un polvo de sílice disminuyó la progenie de *Tribolium confusum* y de *Sitophilus granarius* en un 60%.

Tierra de Diatomeas

Las diatomeas son esqueletos fosilizados de algas unicelulares, que cuando están en contacto con los insectos destruyen su cubierta externa de cera por lo tanto se deshidratan y en consecuencia mueren (Subramanyan *et al.*, 1998; Artur, 2000). Estudios demuestran que la tierra de diatomeas disminuye la progenie de los insectos y aumenta la mortalidad (Mazzuferi, 2006).

Exposición a humo

Está documentado (Latournerie, 2005) que en la comunidad de Yaxcabá, Yucatán, que los agricultores con el fin de dar protección a las semillas de frijol y calabaza de plagas, las colocan cerca de la estufa de leña en las cocinas para que estén expuestas al humo.

Control de humedad

La humedad está asociada con la proliferación de hongos y otras plagas, por lo que los agricultores al momento de cosechar generalmente secan los granos (De los Mozos, 1997). Se ha reportado que con una humedad inferior al 14%, muchas especies de insectos son incapaces de desarrollarse sobre los granos. Plagas como *Sitophilus*, son incapaces de ovipositar en granos con un contenido de humedad inferior al 10% (Birch, 1953). Además, el exceso de humedad favorece la proliferación de hongos.

Existen otros métodos para controlar plagas de almacén. Los menos frecuentes son el volteo de grano para disminuir las poblaciones de insectos, por aplastamiento, o porque impide su capacidad de perforar los granos, debido al movimiento. Otro método poco empleado son las descargas eléctricas aunque es muy poco estudiada y su viabilidad es baja (De los Mozos, 1997).

2. 4 Sistemas complejos

El estudio de un ecosistema natural que ha sufrido la alteración del hombre, ya sea por medio de la explotación de sus recursos o bien por la instalación de asentamientos humanos de diversos tipos, supone la consideración del conjunto de elementos que intervienen en todos los procesos, tanto de sus partes o factores constitutivos, como de sus interrelaciones y sus interacciones con otros fenómenos o procesos. Estos estudios sugieren concebir el objeto de estudio como un sistema complejo. En este sentido, se trata, en primera instancia, de conocer el sistema, no solo por sus partes, que suelen ser analizadas de manera aislada, sino por las interrelaciones que pueden existir entre esas partes y que nos dan información relevante sobre las propiedades del sistema de estudio (Giampietro, 2004). Bajo estas premisas, la metodología de trabajo más adecuada para comprender estos sistemas es la conjunción de diversas disciplinas y de diferentes actores involucrados con el sistema a estudiar (Giampietro, 2004).

Hay pocos trabajos como este, debido a la dificultad de estudiar sistemas complejos, o que involucren diversas disciplinas. Como se menciona en la introducción estos trabajos tienen una gran importancia ya que una solución específica no resolverá completamente el problema. Además es necesario el conocimiento de todo el sistema y sus actores para entenderlo y solucionarlo.

3. Sistema de estudio

3.1 Pichátaro, Michoacán

San Francisco Pichátaro es una comunidad purépecha de la montaña, localizada al suroeste del Lago de Pátzcuaro. Es la comunidad más montañosa de las 27 comunidades indígenas del Lago de Pátzcuaro, con una elevación de 2300 msnm. Evidencia antropológica y etnohistórica (Barrera-Bassols, 2003) muestran que el territorio donde está ubicada la comunidad estuvo ocupado desde el 1200 A.C.. Pichátaro es la comunidad más fría y húmeda de la cuenca de Pátzcuaro debido a su localización geográfica, a su topografía y a su elevación. La precipitación anual es de 1000 mm y el promedio de temperatura anual es de 15°C. La vegetación principal son bosques de pino y encino, matorrales, pastizales y tierras de cultivo. Pichátaro significa en purépecha “lugar donde se hacen clavos de madera”, lo que evidencia la abundancia de recursos forestales (Barrera-Bassols, 2003).



La comunidad, que está dividida en 7 barrios, cuenta con 4300 habitantes y pertenece al municipio de Tingambato. La migración es un fenómeno social muy importante en la comunidad. Para 1997 las principales actividades económicas eran la agricultura (28%), carpintería (27%), extracción de madera (11%), comercio (6%), extracción de resina (6%) (Barrera-Bassols, 2003). El cultivo de maíz es el más importante de la comunidad, razón por lo cual se escogió esta comunidad para llevar a cabo el estudio. En esta comunidad hay una extensa variedad de razas de maíces criollos y tienen un consenso general de rechazo hacia los maíces transgénicos, lo que los llevó a certificarse como el primer territorio libre de maíz transgénico en México. La alta diversidad de maíces en la comunidad es resguardada por los agricultores y esto tiene un alto valor cultural.

3.2 *Croton adspersus* Benth.

Croton es el segundo género más numeroso y diverso de las *Euphorbiaceae*, con cerca de 800 especies de distribución pantropical (Murillo, 1999). Incluye desde hierbas a árboles, con muy variadas formas de hojas, exudado generalmente coloreado. En México, el género presenta alrededor de 130 especies, donde aproximadamente el 53% de las mismas son endémicas y se encuentran distribuidas en todos los tipos de vegetación que existen en el país, aunque con mayor concentración en los de origen tropical. Existen también especies que se distribuyen en vegetación de afinidad templada, principalmente en bosques de *Pinus* o de *Quercus*, aunque pocas son exclusivas de estos tipos de vegetación (Martínez & Cruz, 2002).

Tiene una amplia gama de alcaloides, terpenos y otros compuestos químicos (Farnsworth *et al.*, 1969), poseen propiedades medicinales, industriales, tóxicas y carcinógenas (Schultes, 1987). Las especies de *Croton* crecen desde el nivel del mar hasta una altitud de 3000 m (Murillo, 1999).

El nombre común de *Croton adspersus*, es cuahuilotillo y solimán; es una maleza que pertenece a la familia de *Euphorbiaceae*. Se distribuye desde el centro de México

hasta Guatemala, es arbustiva y puede ser muy común en los matorrales derivados de la selva baja caducifolia (Vibrans, 2009). Presenta la peculiaridad de cambiar sus hojas dependiendo de la estacionalidad en la que se encuentra, por lo que a lo largo del año, cambia sus hojas dos veces, en la temporada de secas y en la de lluvias. Las hojas de la temporada de lluvia son lisas y abundantes, mientras que las hojas de la temporada de secas son afelpadas y menos abundantes. Se eligió esta planta debido que es una maleza y es muy abundante en los alrededores de la cuenca del Lago Pátzcuaro. La información sobre esta planta es escasa, pero se pudo corroborar de manera personal que la especie generalista



de ortópteros como el chocho (*Sphenarium purpurascens*) prefieren alimentarse de otras plantas dejando a esta intacta.

Reino:	Plantae
Filo:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida (Dic.)
Orden:	Euphorbiales
Familia:	Euphorbiaceae
Nombre científico:	<i>Croton adspersus</i>



Hoja de lluvias



Hoja de secas

3.3 *Sitophilus zeamais* (Motschulsky)

Esta especie pertenece al orden *Coleóptera* y a la familia *Curculionidae*, su nombre común es gorgojo del maíz. El adulto mide de 2,5 a 3,5 mm y el color varía de café a negro. La cabeza está proyectada en forma de trompa, antenas acodadas en forma de maza. El protórax está densamente cubierto de depresiones circulares. Tiene alas y vuela con gran facilidad. Los élitros presentan cuatro manchas de color amarillento. Se le encuentra principalmente en las zonas cálidas húmedas, tropicales y subtropicales. Se considera una plaga primaria porque los adultos son capaces de perforar los granos.

Las larvas se desarrollan en el interior del grano. Ataca principalmente los cereales, tanto en el campo como en la bodega. El adulto y las larvas se alimentan vorazmente de los granos, mientras que las hembras horadan el grano y depositan en cada diminuta perforación un huevecillo que posteriormente es cubierto con una secreción, por lo que su presencia pasa inadvertida. Cada hembra, deposita de 300 a 400 huevos que tardan entre 4 y 6 semanas en transformarse en adultos. La larva, carente de patas, se alimenta, se transforma en pupa y finalmente en adulto dentro del grano.

El adulto vive de 4 a 5 meses. La hembra alcanza su máxima actividad de oviposición después de 3 semanas de haber emergido. Ataca casi todos los cereales (Arias y Dell'Orto, 1983). Son considerados los insectos más destructivos de los granos en el mundo. Ocasionan la destrucción total de granos en instalaciones de almacenamiento o en bodegas que favorecen su crecimiento y donde el grano no es movido durante un periodo de tiempo relativamente largo. Ocasiona



pérdidas económicas sufridas como resultado del daño al grano en el país de origen y pérdidas adicionales debidas a la negativa de los países importadores de aceptar el grano infestado o si se requieren tratamientos cuarentenarios para permitir su ingreso al país importador, lo cual hace que el costo final para el importador pueda ser casi inaceptable (Bautista, 2006).

Reino	Metazoa
Phylum	Arthropoda
Clase	Insecta
Orden	Coleoptera
Familia	Curculionidae
Subfamilia	Dryophthoridae
Genero	<i>Sitophilus</i>
Especie	<i>Sitophilus zeamais</i>

4. Hipótesis

- Los metabolitos secundarios del aceite esencial de hoja de lluvia de *C. adspersus* tienen efecto insecticida y repelente sobre *S. zeamais*.
- Los metabolitos secundarios de los polvos de hojas de secas y de lluvias de *C. adspersus* tienen efectos insecticidas sobre *S. zeamais*.
- Los metabolitos secundarios de los extractos metanólicos de hojas de secas y de lluvias de *C. adspersus* tienen efectos insecticidas y repelentes sobre *S. zeamais*.

Predicciones

Si los metabolitos secundarios del aceite esencial de hoja de lluvia de *C. adspersus* tienen efecto insecticida y repelente sobre *S. zeamais*, entonces la mortalidad de los insectos tendrá una correlación directa con la concentración de vapores de aceite esencial en un ámbito cerrado, mientras que la repelencia se incrementará con la concentración de los vapores de aceite esencial en un ámbito abierto.

Si los metabolitos secundarios de los polvos de hojas de secas y de lluvias de *C. adspersus* tienen efectos insecticidas sobre *S. zeamais*, entonces la mortalidad de los insectos tendrá una correlación directa con la concentración de los polvo de hoja de secas y lluvias de la planta en un ámbito abierto.

Si los metabolitos secundarios de los extractos metanólicos de hojas de secas y de lluvias de *C. adspersus* tienen efecto insecticida y repelente sobre *S. zeamais*, entonces la mortalidad de los insectos tendrá una correlación directa con la concentración de los extractos en un ámbito cerrado, mientras que la repelencia se incrementará con la concentración de los extractos en un ámbito abierto.

5. Objetivos

- Evaluar el efecto insecticida y repelente del aceite esencial de hoja de lluvia de *C. adpersus* contra *S. zeamais*.
- Evaluar el efecto insecticida del aceite esencial de *S. aromaticum* contra *S. zeamais*.
- Evaluar el efecto insecticida de los polvos de hojas de secas y de lluvias de *C. adpersus* en la emergencia y mortalidad de adultos de *S. zeamais*
- Evaluar el efecto de los polvos de hojas de secas y de lluvias de *C. adpersus* en la pérdida de peso de granos de maíz atacados por *S. zeamais*
- Evaluar el efecto insecticida y repelente de los extractos metanólicos de hojas de secas y lluvias de *C. adpersus*
- Conocer la percepción de la problemática de plagas y prácticas de manejo relacionados con el cultivo y almacenamiento de maíz en agricultores de Pichátaro, Michoacán para saber si estas percepciones y prácticas de manejo son compatible con el uso de fitoinsecticidas preparados artesanalmente.

6. Estrategia experimental

6.1 Obtención de material vegetal

Se recolectaron aproximadamente 8 kg. de hojas de lluvias y de invierno de *C. adpersus* en Erongarícuaro, Michoacán Una parte de hojas frescas se sometieron a destilación de arrastre de vapor para la obtención de su aceite esencial. Otra parte se maceró en metanol para preparar el insecticida artesanal y la tercera parte de hojas frescas se secó a temperatura ambiente bajo la sombra y después se molió hasta obtener polvo.

6.2 Bioensayos

Para probar el efectos insecticida y repelente del aceite esencial se expuso a los insectos *in vitro* a vapores del aceite, con bioensayos de fumigación y olfatometria. Para validar el método de fumigación, se usó aceite esencial de clavo (*Syzygium aromaticum*). Los efectos insecticidas y repelentes de los extractos metanólicos se evaluaron mediante aplicación tópica y por impregnación de los granos de maíz, respectivamente. El efecto insecticida de los polvos se evaluó espolvoreando al maíz e infestándolo con insectos. Los resultados se analizaron con estadística paramétrica (ANOVA, GLM, Análisis Probit) y no paramétrica (Chi cuadrada) en el programa R.

6.3 Sistema de manejo por agricultores de Pichátaro, Michoacán

Se realizaron entrevistas semi-estructuradas utilizando el método de muestro no probalístico llamado bola de nieve (Goodman, 1961) para recabar información sobre el manejo actual de plagas que realizan los agricultores de Pichátaro, Michoacán; así como sus actividades agrícolas pre y post-cosecha, su forma de almacenar el maíz y sus percepciones en torno al problema de plagas.

7. Materiales y métodos

7.1 Aceites de *Croton adspersus* y *Syzygium aromaticum*

7.1.1 Extracción del aceite esencial de *Croton adspersus*

El aceite esencial de *C. adspersus* se obtuvo a partir de 8 kg de hoja colectadas en Agosto de 2009 en el municipio de Erongarícuaro, Michoacán. Este municipio es uno de los cuatro que rodean el lago de Pátzcuaro, con una altitud de 2100 msnm.

Figura 1. Sitio de colecta en el Municipio de Erongarícuaro, Michoacan. Las flechas indican las plantas que corresponden a *C. adspersus*.

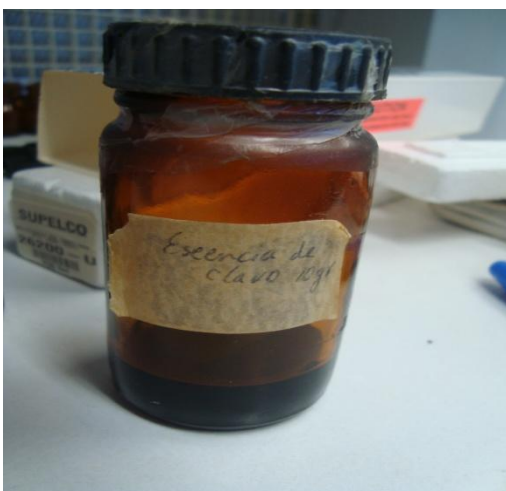


La extracción del aceite esencial se realizó por arrastre con vapor de agua, utilizando los 4 kg de hojas previamente separadas del tallo. Las hojas se depositaron en el interior de una autoclave a una temperatura de 120°C y a 15 libras de presión durante 2 horas. Los compuestos no polares de la planta quedaron disueltos en 15 ml de hexano (Ríos Ramírez, 2010).



7.1.2 Obtención del aceite esencial de *Syzygium aromaticum*

El aceite de *S. aromaticum* utilizado para los bioensayos se obtuvo de manera comercial. Cuyo compuesto mayoritario es el eugenol, el cual es conocido por su efecto insecticida (Cobar *et al.*, 2006).

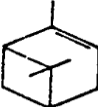

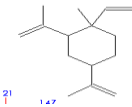
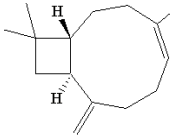


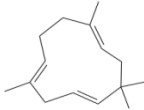
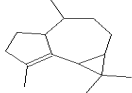

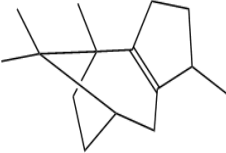
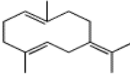
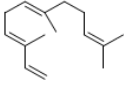
7.1.3 Análisis químico del aceite esencial de hojas de lluvia de *Croton adspersus*

El aceite esencial de *C. adspersus* se analizó en un cromatógrafo de gases (HP Agilent 6890) acoplado a un detector selectivo de masas (HP MS 5973N). Se inyectaron 0.5 μL del

aceite esencial, usando una inyección con división de flujo (60:1) a una temperatura de 220°C, usando Helio como gas acarreador a una presión de 8.84 psi y un flujo en columna de 1 mL/min, en una columna no polar (ULTRA 2 Agilent). El programa de la temperatura en el horno inició a 60 °C por 5 minutos, aumentó a 5 °C/min hasta llegar a 200 °C y finalmente se aumentó a 25 °C/min hasta llegar a 300 °C. Las condiciones usadas en el detector selectivo de masas fueron: voltaje de ionización a 69.9 eV, temperatura de la interfase a 280 °C, modo SCAN y un rango de masas de 50-550 m/z. La señal de detector fue procesada con el programa Enviromental ChemStation (Agilent Technologies), el cual identifica automáticamente los espectros de masas generados por comparación automática con los de la Biblioteca National Institute of Standars and Technology (NIST02). Se aceptó solamente la identificación de aquellos espectros que concordaban por arriba del 90% y cuya pureza de pico era de 1, es decir compuestos puros. La cuantificación de los compuestos fue hecha por el método de área: se sumaron todas las áreas de los componentes y se calculó el porcentaje de cada uno de los compuestos.

Cuadro 4. Composición química del aceite esencial de *Croton adspersus* expresado como el porcentaje de los compuestos mayoritarios en orden ascendente según su tiempo de retención (TR) durante su análisis por cromatografía de gases.


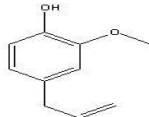
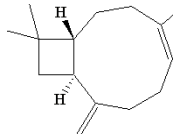
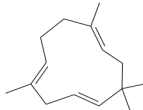

T.R	Nombre	Porcentaje%	Estructura
5.06	pineno	1.89	
16.71	bourboneno	2.56	
16.85	elemeno (-)-	2.82	
17.64	β cariofileno	21.95	

18.46	Humuleno	5.54	
18.84	gurjuneno	2.06	
19.17	germacreno D	25.77	
19.28	patchouleno	3.16	
19.53	germacreno β	13.57	
19.63	α -farneseno	2.3	

7.1.4 Análisis químico del aceite esencial del aceite de *Syzygium aromaticum*

Se utilizó el mismo método empleado para el análisis químico del aceite esencial de *C. adspersus*.

Cuadro 5. Composición química del aceite esencial de *S. aromaticum*. Porcentaje de los compuestos mayoritarios en orden ascendente según su tiempo de retención (TR).

T.R	Nombre	Área %	Estructura
7.39	alcohol bencílico	19.52	
16.11	eugenol	72.25	
17.62	β cariofileno	3.86	
18.46	α - cariofileno	0.88	
21.6	óxido de cariofileno	2.33	

7.1.5 Bioensayos de fumigación con *Sitophilus zeamais* y aceite esencial de hoja de lluvia de *Croton adspersus*.

La actividad insecticida por exposición a los volátiles de *C. adspersus* fue evaluada en insectos adultos de *S. zeamais* de aproximadamente 15 días de edad, previamente identificados con las claves de Bautista (2006). Las crías se realizaron en completa oscuridad y a temperatura ambiente (que osciló entre los 25 y 27°C). Se usaron granos de maíz como sustrato de alimentación, los cuales fueron previamente sometidos a una temperatura de -4°C por 48 hrs para eliminar insectos o contaminantes que pudieran alterar los resultados (Silva *et al.*, 2004).

Los bioensayos se realizaron con la técnica de impregnación de papel filtro. Para ello se colocaron cinco insectos de *S. zeamais* en frascos de color ámbar de 9 mL, con cinco

diferentes concentraciones de aceite esencial: 30, 15, 7.5, 3.7, 1.9 $\mu\text{L}/\text{mL}$ y un control (1 μL de hexano). Estas concentraciones fueron aplicadas sobre discos de papel filtro de 2 cm de diámetro con una jeringa Hamilton y se colocaron en las tapas de los frascos. Por cada concentración se realizaron 5 réplicas que se mantuvieron a una temperatura de 25°C y en completa obscuridad. El efecto del aceite esencial se evaluó después de una semana, tomando como criterio de mortalidad la ausencia total de movimiento del insecto (Huang *et al.*, 2000). Posteriormente se calculó la concentración letal cincuenta y noventa y cinco (CL50 y la CL95, respectivamente) a través de un análisis PROBIT, usando el programa POLO-PLUS versión 2.0.

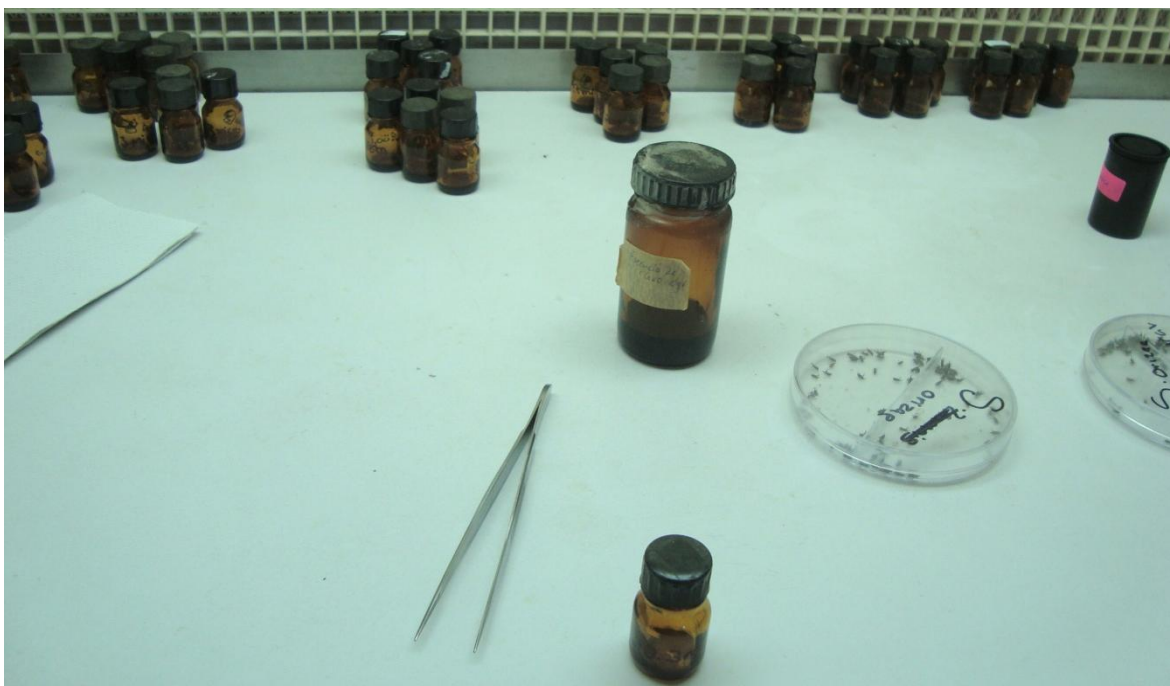


Figura 2. Bioensayos con técnica de impregnación de papel filtro.

7.1.6 Bioensayos de repelencia con aceite esencial de hoja de lluvia de *Croton adspersus* y *Sitophilus zeamais*.

La estrategia metodológica consistió en hacer pruebas de atracción y discriminación utilizando insectos adultos de *S. zeamais* de aproximadamente 15 días de edad, previamente identificados con las claves de Bautista (2006). Las crías se realizaron en completa obscuridad y a temperatura ambiente (que osciló entre los 25 y 27°C). Se utilizaron granos de maíz como sustrato de alimentación, los cuales fueron previamente sometidos a una

temperatura de -4°C por 48 hrs para eliminar insectos o contaminantes que pudieran alterar los resultados (Silva *et al.*, 2004). Las pruebas se realizaron utilizando un olfatómetro de dos vías o “Y”, con el cual se midió la elección de los insectos cuando se les presentan dos fuentes de olor. Para interpretar mejor los resultados y poder discriminar entre la atracción de una fuente de olor y la repelencia hacia la otra, se probó cada fuente de olor por separado (Hare, 1998).

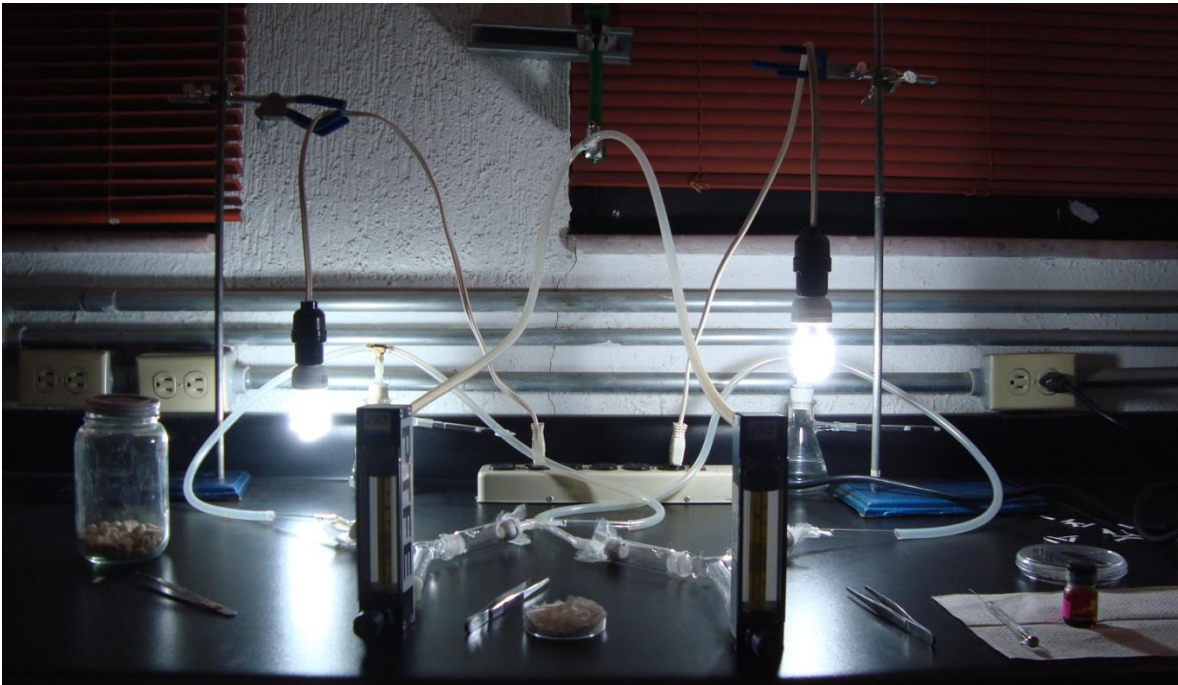


Figura 3. Sistema para pruebas de olfatometría

7.1.6.1 Experimentos de olfatometría

El olfatómetro de “Y” fue colocado a 15 cm de la mesa sujeto con un soporte universal por el cuerpo del olfatómetro. En el mismo soporte se sujetó un flujómetro conectado a la base del mismo con un pedazo de tubo de teflón acoplado a un conector de teflón de 1 cm de diámetro. Para que embonara a la perfección con la base del olfatómetro se cubrió con cinta teflón. Los brazos del olfatómetro se conectaron directamente a los conectores de manguera de las cámaras de vidrio a través de conectores de teflón acoplados a tapones. Para evitar el paso de los insectos se utilizó tela de organza. El flujo de aire fue de 65 ml/min. en

condiciones de oscuridad con una fuente de luz (55W) a 30 cm del olfatómetro. Los olfatómetros, los tubos de teflón y las cámaras de vidrio fueron lavados con agua y jabón, secados en una estufa a 100°C por 24 hrs. y posteriormente lavados con acetona. Para cada medición se determinó un periodo de observación de 5 minutos. Se realizaron 50 repeticiones, con 25 hembras y 25 machos. Las 2 fuentes del olor utilizadas fueron el aceite esencial de hojas de lluvia de *C. adspersus* y hexano. Ambos se inyectaron en papel filtro y se colocaron en los extremos del olfatómetro. De aceite se inyectó 0.9 μ este cálculo se obtuvo de la dividir la DL. 95 (383 μ) entre los 9 ml del vial donde se probaron los bioensayos por fumigación entre los 5 insectos que fueron expuestos a los volátiles. De hexano se inyectó 1 μ . El índice de repelencia se calculó con la siguiente fórmula:

$$IR = 2 (\% \text{ repelencia}) / 100$$

Porcentaje de repelencia = (número de repeticiones repelidas * 100) / número total de repeticiones

Posteriormente se realizó un análisis de X^2 para probar independencia entre los bioensayos con el programa R versión 2.10.1. Se analizaron los residuales de cada análisis estadístico para comprobar que se utilizó el modelo adecuado.

7.1.7 Bioensayos de fumigación con *Sitophilus zeamais* y aceite esencial de *Syzygium aromaticum*

Se utilizó el mismo método que para los bioensayos por fumigación en *S. zeamais* con aceite esencial de *C. adspersus*. Pero las concentraciones que se probaron fueron 50, 25, 12.5, 6, 3, 1.5, 1, 0.5, 0.3, 0.1 μ l/mL, además del control (1 μ L de hexano). Para este bioensayo también se realizaron 5 repeticiones para cada tratamiento. También se calculó el nivel de susceptibilidad [Concentración letal cincuenta y noventa y cinco (CL50 y la CL95, respectivamente)] a través de un análisis PROBIT, usando el programa POLO-PLUS versión 2.0.

7.2 Polvos de hojas de *Croton adspersus*

7.2.1 Obtención de hojas de lluvia y de secas de *Croton adspersus*

El material vegetal se colectó en diciembre del 2009 en un terreno. En esta colecta se hizo evidente que la planta tiene dos estadios de hojas durante el año, ya que presenta un tipo de hoja diferente en la temporada de lluvias y otra en la temporada de secas. En diciembre, cuando se realizó la colecta, la planta estaba en la transición entre estos estadios, en la base de su tallo presentaba hojas gruesas, cubiertas por un terciopelo blanco, lo que le daba a las



Figura 4. Molino utilizado para la pulverización de hojas

hojas una tonalidad verde pistache. En la parte superior de la planta tenía las hojas como las de primera colecta la de época de lluvias, estas son más delgadas y de un color verde más oscuro. En la colecta se obtuvieron más de 4 kilos de hojas que fueron llevadas al laboratorio para separarlas en los 2 estadios. Finalmente se colectaron 1900 g de la hoja de temporada secas y 2300 g de hoja de temporada de lluvia. Este material se deshidrató en sombra y se molió en un molino eléctrico (Figura 4).

7.2.2 Bioensayos por exposición con *Sitophilus zeamais* y polvos de *Croton adspersus*

La actividad tóxica por exposición a los polvos de *C. adspersus* fue evaluada en insectos adultos de *S. zeamais* de aproximadamente 15 días de edad, previamente identificados con las claves de Bautista (2006). Las crías se realizaron en completa obscuridad y a temperatura ambiente (que osciló entre los 25 y 27°C). Se utilizó como sustrato de alimentación granos de maíz, los cuales fueron previamente esterilizados sometiéndolos a una temperatura -4°C durante 48



hrs para eliminar insectos o contaminantes que pudieran alterar los resultados (Silva *et al.*, 2004).

Se evaluaron 4 concentraciones de 0.5%, 1%, 2% y 4% de polvo vegetal en 20 g de granos de maíz para los dos tipos de hoja por separado. Se realizaron 5 repeticiones incluyendo un testigo absoluto sin polvo vegetal. Para ello, se utilizó la metodología propuesta por Tavares (2002). En placas Petri de 6 cm de diámetro se mezclaron 20 g de granos maíz con los polvos vegetales de los 2 distintos tipos de hojas por separado a las respectivas concentraciones, finalmente resultaron 45 tratamientos; 5 por cada una de las concentraciones (4) y de igual forma para los 2 tipos de hojas, además del testigo y sus 5 repeticiones. Los granos de maíz utilizados para el experimento fueron previamente esterilizados como se describe anteriormente (Silva *et al.*, 2004). Una vez realizada la mezcla, cada placa se infestó con 20 insectos. Y, se selló su contorno con cinta adhesiva y se rotuló con la información correspondiente a cada tratamiento (Figura 5). Para estimar la toxicidad de cada uno de los tratamientos, se midieron las siguientes variables: mortalidad de insectos adultos, emergencia de insectos (F1) y pérdida de pedo en granos de maíz.

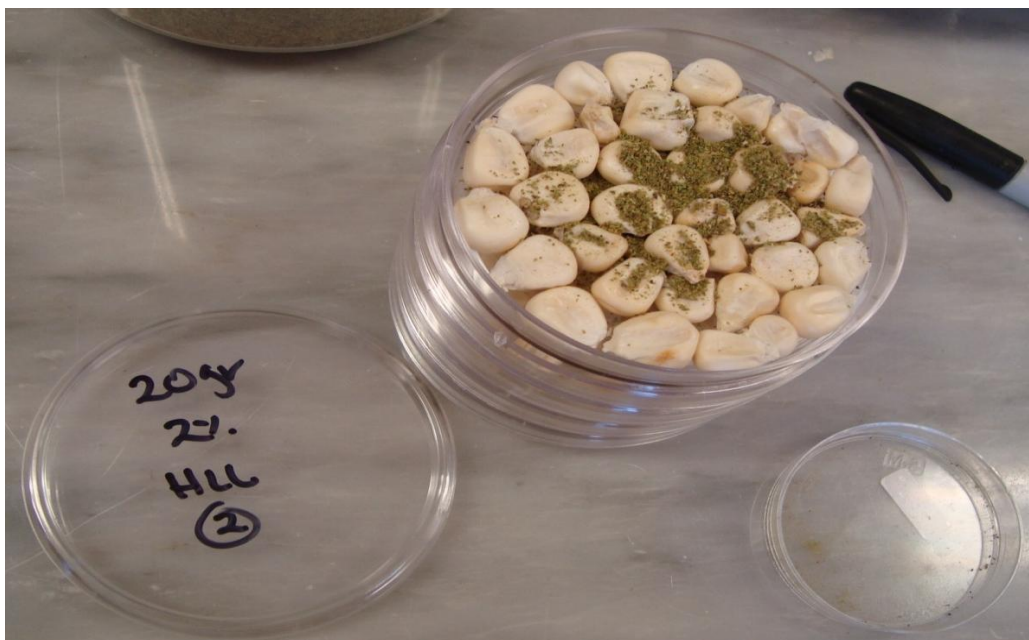


Figura 5. Cámaras de experimentación con polvos de hojas de *C. adpersus*

Después de 10 días de realizada la infestación, se contabilizaron los insectos adultos vivos y muertos en cada tratamiento, que se retiraron de las placas en forma definitiva. Los resultados se expresan en porcentaje aplicando la corrección de Abbott (1925):

$$MC = [(Mtr - Mte)/(100 - Mte)] * 100$$

Donde:

MC = Mortalidad corregida.

Mtr = Mortalidad del tratamiento.

Mte= Mortalidad del testigo

7.2.3 Emergencia de insectos (F1)

Se evaluó a los 30 días de realizada la infestación considerando la emergencia del testigo como 100%, para expresar el numero de insectos emergidos en porcentaje relativo a este 100%; según la fórmula descrita por Aguilera (2001):

$$E = \left(\frac{X}{Y} \right) * 100$$

Donde:

E= Porcentaje de emergencia

X = Porcentaje de emergencia en el tratamiento.

Y = Porcentaje de emergencia en el testigo.

7.2.4 Pérdida de peso en granos de maíz

La pérdida de peso se evaluó a los 55 días de realizada la infestación. Para su estimación se utilizó la diferencia de peso entre los 20 g iniciales de cada placa y el peso al final de la evaluación expresando esta diferencia en porcentaje. A todos los análisis anteriores se les realizó un análisis de varianza y a los datos obtenidos del bioensayo de emergencia de adultos se le realizo un análisis glm (modelo lineal generalizado) con el programa R versión 2.10.1.

7.3 Extractos metanólicos de *Croton adspersus*

7.3.1 Obtención de las hojas de *Croton adspersus* para la obtención de los extractos metanólicos

El material vegetal utilizado fue de la misma colecta del material usado para los experimentos con polvos vegetales. Se colectó en diciembre del 2009 en Erongarícuaro, Michoacán. Las hojas se dejaron secar en sombra y se colocaron dentro de dos frascos de cristal color ámbar de 1.5 litros. Dentro se colocaron 500 g de cada tipo de hoja (de lluvia y de secas), por separado y 1 litro de metanol. Se dejó reposar el extracto durante 1.5 meses. Los extractos obtenidos se filtraron bajo condiciones de vacío en papel filtro cualitativo. Los extractos obtenidos se guardaron en frascos de vidrio. Y se concentraron en un rotovapor hasta



Figura 6. Rotovapor utilizado para la concentración de extractos

eliminar el solvente. De cada extracto se obtuvo una pasta espesa; para la hoja de lluvias era más un tono de verde más oscuro que la pasta de hoja de secas.

7.3.2 Bioensayos de aplicación tópica con extractos metanólicos de hojas de lluvias y secas de *Croton adspersus*

Para medir mortalidad se utilizaron insectos adultos de *S. zeamais* de aproximadamente 15 días de edad. Las crías se realizaron en completa obscuridad y a temperatura ambiente (25-27°C). Se utilizaron granos de maíz como sustrato de alimentación, los cuales fueron previamente esterilizados a -4°C por 48 hrs para eliminar insectos o contaminantes que pudieran alterar los resultados (Silva *et al.*, 2004).

Primero se probaron los extractos crudos para evaluar el efecto del solvente; aplicando 1 μ l del extracto de manera t3pica sobre los insectos con una micropipeta. Se realizaron 20 repeticiones, por cada uno de los 2 extractos, adem3s de tres controles: uno con metanol, otro con acetona y un control sin ning3n solvente o extracto. Los insectos se colocaron dentro de un frasco tipo perfumero de vidrio tapado y previamente etiquetado. Se revis3 la mortalidad a las 24 horas.



Figura 7. C3maras usadas durante los bioensayos de aplicaci3n t3pica con extractos metan3licos.

Una vez comprobada la efectividad de los extractos y el efecto del solvente se procedi3 a diluir la pasta obtenida de las hojas en agua con detergente en polvo marca Roma, a una concentraci3n de 1g/Lt.

Se probaron siete concentraciones: 150, 75, 37.5, 18.7, 9.4, 4.7 mg/ml. para cada uno de los dos extractos de cada tipo de hoja y un control con agua y detergente en concentraci3n de 1g/Lt. Se aplic3 1 μ l de cada una de las concentraciones de manera t3pica sobre los insectos con una micropipeta. Para cada tratamiento se realizaron 30 replicas. La mortalidad se midi3 a las 24 horas tomando como criterio de mortalidad la ausencia total de movimiento del insecto (Huang *et al.*, 2000).

Posteriormente se calcul3 la concentraci3n letal cincuenta y noventa y cinco (CL50 y la CL95, respectivamente) a trav3s de un an3lisis PROBIT, usando el programa POLO-PLUS versi3n 2.0.

7.3.3 Repelencia de *Sitophilus zeamais* a prueba de impregnaci3n de dieta con extractos metan3licos de *Croton adspersus*

Para evaluar el efecto repelente se utiliz3 el m3todo de impregnaci3n de granos de ma3z. Se utilizaron insectos adultos de *S. zeamais* de aproximadamente 15 d3as de edad criados en

completa obscuridad y a temperatura ambiente (que osciló entre los 25 y 27°C). Se utilizó como sustrato de alimentación granos de maíz, los cuales fueron previamente sometidos a -4°C por 48 hrs para eliminar insectos o contaminantes que pudieran alterar los resultados (Silva *et al.*, 2004).



Para disolver el extracto concentrado se usó una mezcla disolvente (agua con detergente en polvo marca Roma) en concentración 1g/L, por ser un emulsionante que está disponible para los usuarios artesanales. Además se le adicionó azúcar en concentración 10g/L para que la mezcla fuera más pegajosa. El extracto de cada tipo de hoja se disolvió en esa mezcla para obtener las siguientes concentraciones: 75 y 18.7 mg/mL. Se procedió a sumergir 20 g de granos maíz en 25 mL de cada solución, luego se escurrieron hasta que no

gotearan. Después se pesaron para conocer la cantidad exacta de solución adsorbida en el maíz, se pusieron en una estufa a 50°C durante seis horas, en las que se secaron al tacto, y finalmente se pesaron nuevamente para saber la cantidad de sólidos que impregnaron a los granos.

Los 20 gr de maíz tratado se colocaron en un recipiente plástico conectado a otro recipiente igual por una “T” de tubo plástico de 1 cm de diámetro (Fig. 8). En el otro recipiente se 20 g de maíz sumergido solo la mezcla disolvente y secado en las mismas condiciones usadas para el maíz tratado. Finalmente se colocaron 10 insectos en la parte vertical del tubo “T” que fue tapada con algodón. Después de 24 horas se contó el número de insectos en cada recipiente.

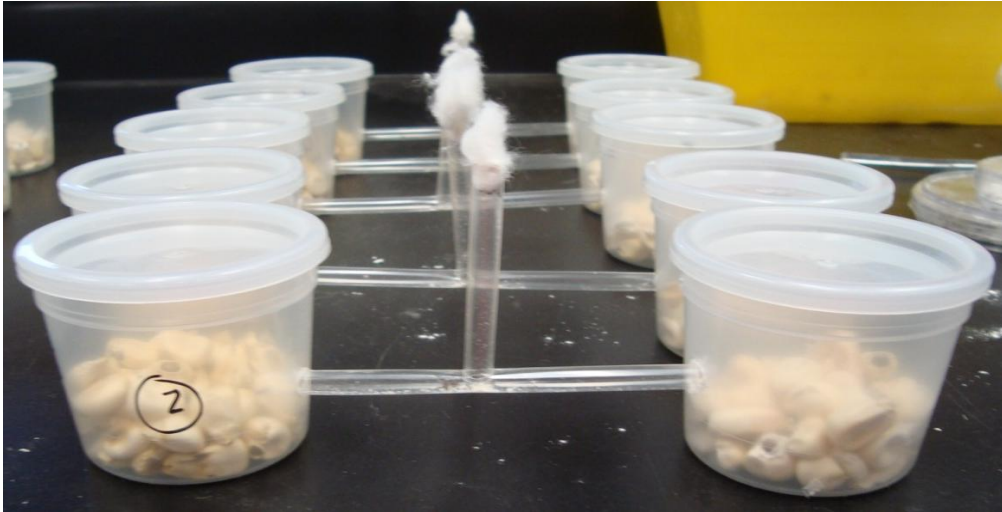


Fig. 8. Cámaras empleadas para bioensayos de repelencia para extracto de *C. adspersus*

7.4 Sistema de manejo por agricultores en Pichátaro, Michoacán

Para tener un entendimiento más amplio sobre el fenómeno de plagas que perjudican al agricultor cuando almacena su maíz, en esta investigación se trabajó con un conjunto de agricultores de la comunidad de Pichátaro, Michoacán. Con el objetivo de saber si sus percepciones y prácticas de manejo son compatible con el uso de fitoinsecticidas preparados artesanalmente, se llevaron a cabo entrevistas semi-estructuradas en donde se buscó recabar información sobre el manejo actual de plagas que llevan a cabo los agricultores de la comunidad, así como sus actividades agrícolas pre y post-cosecha, su forma de almacenar el maíz y sus percepciones en torno a la magnitud del problema.

Debido a la dificultad de realizar las entrevistas a una muestra significativa de los productores de la comunidad, se decidió que la manera más factible de llevarlas a cabo sería siguiendo el método de muestro no probalístico llamado bola de nieve (Goodman, 1961), pero a través de una sola red. La idea central es identificar a un individuo clave que sea socialmente reconocido como experto en la materia, para que después esta persona nombre a otros individuos en su círculo social que también pueden ser expertos en la materia, pero que no son tan visibles. El supuesto subyacente es que los miembros de la población escogida no viven en completo aislamiento, es decir, tienen por lo menos una “red social” con la cual es posible contactarlos. Este método tiene la ventaja de ser muy

eficiente en casos donde se tiene una población de escasos elementos o donde cierto grado de confianza es requerido para que los otros individuos estén dispuestos a participar en la investigación (Goodman, 1961).

En esta investigación se realizaron 5 entrevistas semi-estructuradas divididas en cinco grandes rubros: i) información personal, ii) percepción de plagas, iii) manejo pre-cosecha, iv) manejo postcosecha, y v) forma de almacenamiento. Para la realización de las entrevista se consultó bibliografía acerca de aquellas actividades, características personales, o formas de almacenamiento que pudieran tener alguna relación positiva o negativa con la presencia de plagas. Todas las entrevistas se realizaron durante los meses de marzo y abril de 2011 en la comunidad de Pichátaro, Michoacán. Las entrevistas se realizaron a cuatro hombres y a una mujer, todos pertenecientes a la población objetivo, y éstas se llevaron a cabo en los lugares donde los agricultores almacenan su maíz cosechado. A los entrevistados se les pidió que contestaran las preguntas y que permitieran observar el lugar donde almacenan sus granos, para posteriormente hacer observaciones al respecto. La entrevista realizada se encuentra en el **Anexo 1**.

8. Resultados

8.1 Bioensayos de fumigación con *Sitophilus zeamais* y aceite esencial de hoja de lluvia de *Croton adspersus* y de *Syzygium aromaticum*.

Se realizaron bioensayos con ambos aceites; el aceite de interés es el de *C. adspersus*, el aceite de *S. aromaticum* fue utilizado únicamente con fines de validación del método. Se anexan resultados de ambos aceites.

8.1.1 Análisis de Varianza y Probit

En los ensayos de exposición a los volátiles del aceite esencial de *C. adspersus* se observó que la respuesta de mortalidad de *S. zeamais* fue afectada significativamente ($F= 3.13$ (5), $P= 0.009$).

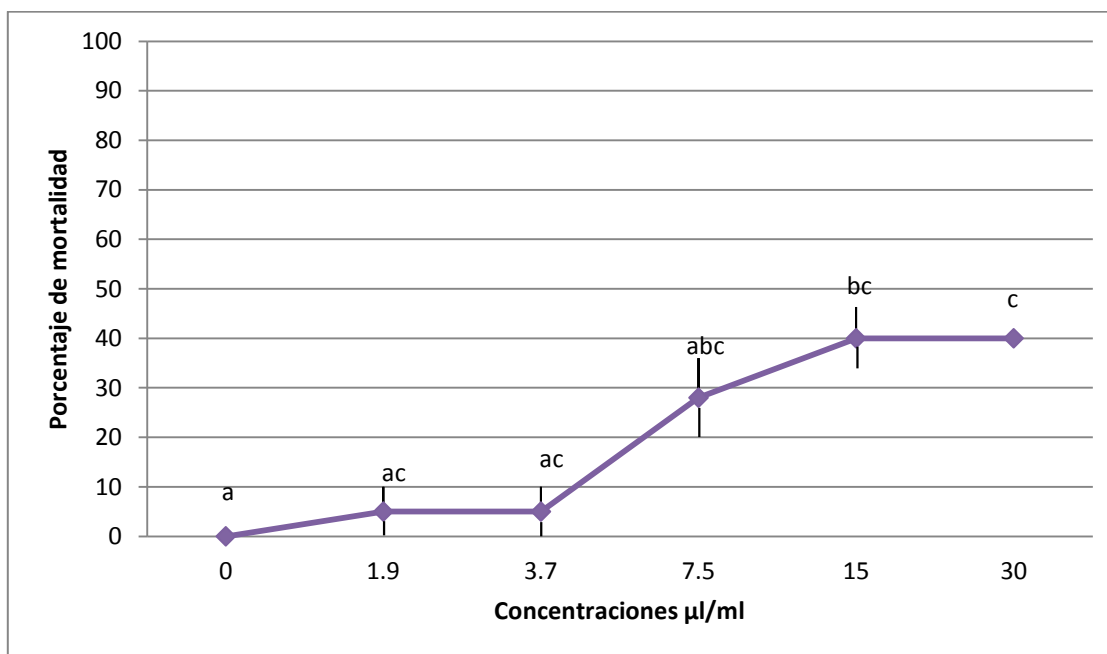


Figura 9. Gráfico de porcentaje de mortalidad de *S. zeamais* expuesto a vapores del aceite esencial de *C. adspersus*. Las barras de error corresponden al error estándar.

En el gráfico se observa como el porcentaje de mortalidad de *S. zeamais* aumentó conforme la concentración del aceite esencial de *C. adspersus* se incrementa (Figura 3).

En los ensayos de exposición a los volátiles del aceite esencial de *S. aromaticum* se observó que la respuesta de mortalidad de *S. zeamais* fue afectada significativamente ($F= 120.62$ ₍₁₀₎, $P = 2.2e-16$).

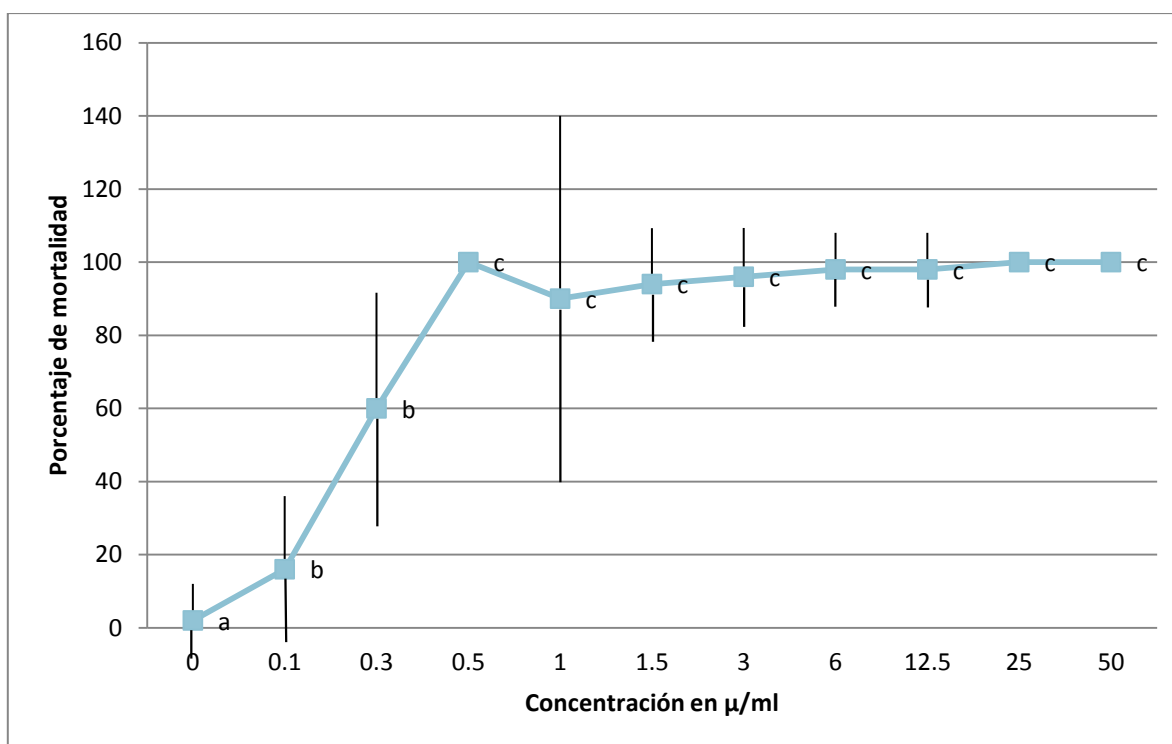


Figura 10. Porcentaje de mortalidad de adultos de *S. zeamais* expuesto a compuestos volátiles del aceite esencial de *S. aromaticum*. Las barras de error corresponden al error estándar.

En el gráfico se observa que el porcentaje de mortalidad de los adultos de *S. zeamais* fue aumentando conforme la concentración del aceite esencial de *S. aromaticum* aumenta. Además, se muestra en cuáles tratamientos se encontraron diferencias significativas.

Los adultos de *S. zeamais* fueron susceptibles a los compuestos volátiles del aceite esencial de *C. adspersus* y de *S. aromaticum*. La dosis letal 50 fue de 26.8 $\mu L/mL$, y la 95 fue de

383.9; esto para el aceite esencial de *C. adspersus*. Para el aceite esencial de *S. aromaticum* la dosis letal 50 fue de 0.194 μ L/mL, y la 95 fue de 2.13 (Cuadro 6).

Cuadro 6. Análisis Probit para evaluar los aceites esenciales de *C. adspersus* y de *S. aromaticum* sobre *S. zeamais*.

Aceite	CL ₅₀	95% Limites de confianza	CL ₉₅	95% Limites de confianza	Pendiente \pm E.E	Intercept \pm E.E.	(X ²)
	(μ L/mL)		(μ L/mL)				
<i>Croton adspersus</i>	26.8	15.32-141.241	383.9	92.21-71925	1.42 \pm .42	-2.03 \pm 0.42	2.18
<i>Syzygium aromaticum</i>	0.194	0.046-0.0384	2.13	1.093-8.427	1.57 \pm 0.2	1.12 \pm 0.12	21.01

8.1.2 Repelencia con aceite esencial de hoja de lluvia de *Croton adspersus* y *Sitophilus zeamais*

El aceite esencial de *C. adspersus* no tiene un efecto repelente significativo en adultos de *S. zeamais* con una concentración de 0.9 μ L ($X^2=0.721$ (g.l. =1) $p= 0.395$) (Cuadro 6).

Cuadro 7. Porcentaje de adultos de *S. zeamais* atraídos e índice de repelencia del aceite esencial de *C. adspersus*.

Concentración (μ L)	Sexo	Insectos atraídos (%)	Índice de repelencia (IR)
0.9	Ambos	48	0.96
0.9	Machos	56	1.12
0.9	Hembras	40	0.8

IR: Valores mayores a (1) se consideran atrayentes, valores menores a (1) se consideran repelentes y valores cercanos a (1) neutros.

8.2 Polvos de hojas de *Croton adspersus*

8.2.1 Bioensayos de mortalidad, emergencia de adultos y pérdida de peso en granos de maíz con *Sitophilus zeamais* y polvos de *Croton adspersus*.

Los adultos de *S. zeamais* no se mostraron susceptibles a los polvos de los diferentes tipos de hoja de *C. adspersus* (Cuadro 8). Tampoco murieron más insectos conforme iba aumentando la concentración de los polvos. Ni fue significativa la interacción entre el tipo de hoja y la concentración de los polvos. En el bioensayo de emergencia de adultos tampoco se encontró el efecto deseado, ni tampoco en el bioensayo de pérdida de peso en grano de maíz.

Cuadro 8. Efectos de polvos de los dos distintos tipos de hoja de *C. adspersus* sobre la mortalidad y emergencia de adultos de *S. zeamais* y la pérdida de peso en grano de maíz.

Tratamientos	Concentración (%)	Mortalidad (%)	Emergencia (%)	Pérdida de Peso (%)
Hoja de Lluvia	0.5	1.41	20	2.6
	1	3.03	0	1.46
	2	-1.01	0	1.96
	4	0.40	40	2.06
Hoja de Secas	0.5	-0.60	80	2.14
	1	2.02	20	2.11
	2	1.21	100	2.3
	4	1.61	0	2.1
Testigo	-----	-----	100	1.84

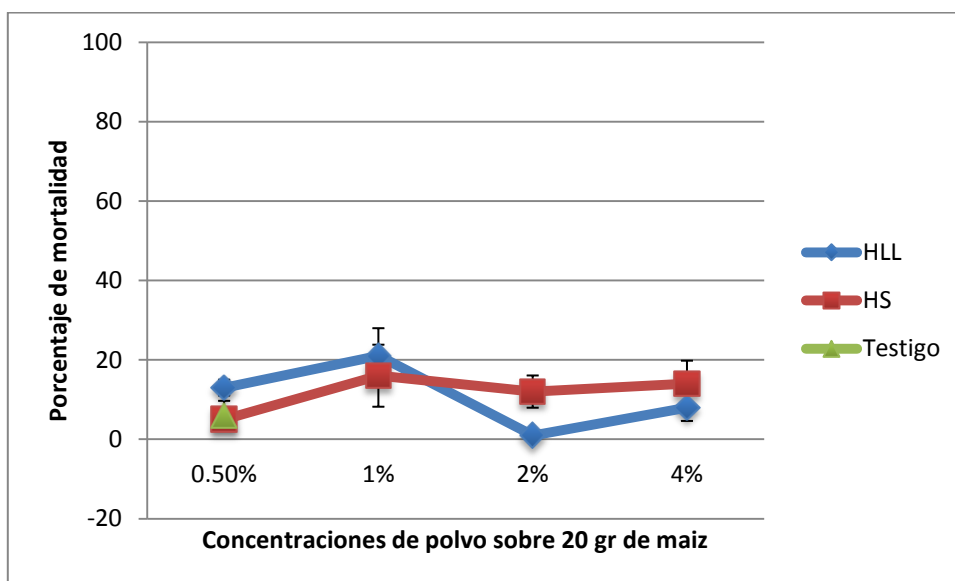
8.2.2 Análisis de varianza para la mortalidad

En los bioensayos para medir mortalidad de adultos de *S. zeamais* expuestos a polvos de los dos distintos tipos de hoja de *C. adspersus* no se encontraron resultados estadísticamente significativos. Por lo que no se encontró el efecto deseado de mortalidad.

Cuadro 9. Análisis de varianza de dos vías para evaluar el efecto de mortalidad de polvos de los dos distintos tipos de hojas de *C. adspersus* sobre *S. zeamais*, así como la comparación entre tratamientos y la comparación de tratamientos y hojas.

	F	g.l.	ρ
Hojas	0.0864	1	0.7703
Tratamiento	2.2319	4	0.0827
Hojas-Tratamiento	1.9107	4	0.1275

Como se puede observar en la figura 5, la mortalidad de *S. zeamais* no supera el porcentaje de mortalidad del 20% para ninguno de los 2 tipos de polvos.



HLL= hoja de lluvia HS= hoja de secas

Figura 11. Porcentaje de Mortalidad de adultos de *S. zeamais* en contacto con polvos de los 2 tipos de hoja de *C. adspersus*.

8.2.3 Análisis glm (modelo lineal generalizado) para la emergencia de adultos de *Sitophilus zeamais*.

En los bioensayos para medir la emergencia de adultos de *S. zeamais* expuestos a polvos de los dos distintos tipos de hoja de *C. adspersus* no se encontraron resultados

estadísticamente significativos para ningún caso. Esto significa nuevamente que no se encontró el efecto deseado de emergencia de adultos.

Cuadro 10. Análisis de modelo lineal generalizado (glm) para evaluar la emergencia de adultos de *S. zeamais* en exposición a los polvos de los dos distintos tipos de hojas de *C. adspersus*, en varias concentraciones.

Tratamiento	Z	ρ
testigo HLL	-1.91e-15	1
testigo HLL/ testigo HS	4.56e-16	1
testigo HLL/ HLL 0.5	-1.469	0.142
testigo HLL/ HLL 1	-0.005	0.996
testigo HLL/ HLL 2	-0.005	0.996
testigo HLL/ HLL 4	-1.095	0.273
testigo HLL/HS 0.5	1.079	0.28
testigo HLL/HS 1	0.004	0.997
testigo HLL/HS 2	0.005	0.996
testigo HLL/HS 4	-0.004	0.997

HLL= Hoja de temporada de lluvias, HS= hoja de temporada de secas

En la Figura 6 se observa el promedio de emergencia de *S. zeamais*; para ninguno de los casos se observa ser superior a 1 insecto. Los datos superiores corresponden al testigo y al tratamiento de polvo de hoja de secas al 2%.

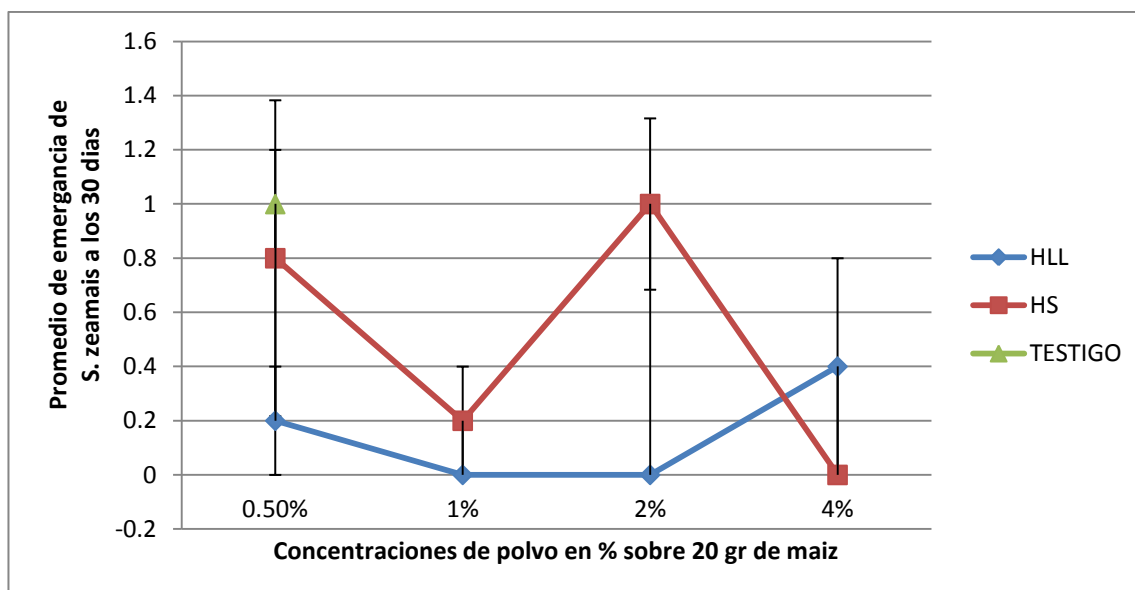


Figura 12. Promedio de la emergencia de insectos *S. zeamais* a los 30 días en contacto con los polvos de los 2 tipos de hojas de *C. adspersus*.

HLL= Hoja de temporada de lluvias, HS= hoja de temporada de secas

8.2.4 Análisis de varianza para pérdida de peso en granos de maíz

En los bioensayos de pérdida de pesos en granos de maíz donde se evaluaron mortalidad y emergencia, tampoco se encontraron resultados estadísticamente significativos entre los polvos de los dos tipos de hoja ni entre sus concentraciones (Cuadro 11). Por lo que no se encontró el efecto deseado de pérdida de peso en los granos.

Cuadro 11. Análisis de varianza de dos vías para evaluar el efecto de pérdida de peso en granos de maíz expuesto a *S. zeamais*, así como la comparación entre las concentraciones y la comparación de concentraciones y tipos de hojas.

	F	g.l.	ρ
Hojas	0.2376	1	0.6286
Tratamiento	0.8380	4	0.5093
Hojas-Tratamiento	0.3790	4	0.8222

Como se puede observar en la Figura 7 no hay una diferencia de peso en el control y los tratamientos. Por lo que no se observa el efecto deseado en los tratamiento con polvos de *C. adspersus*.

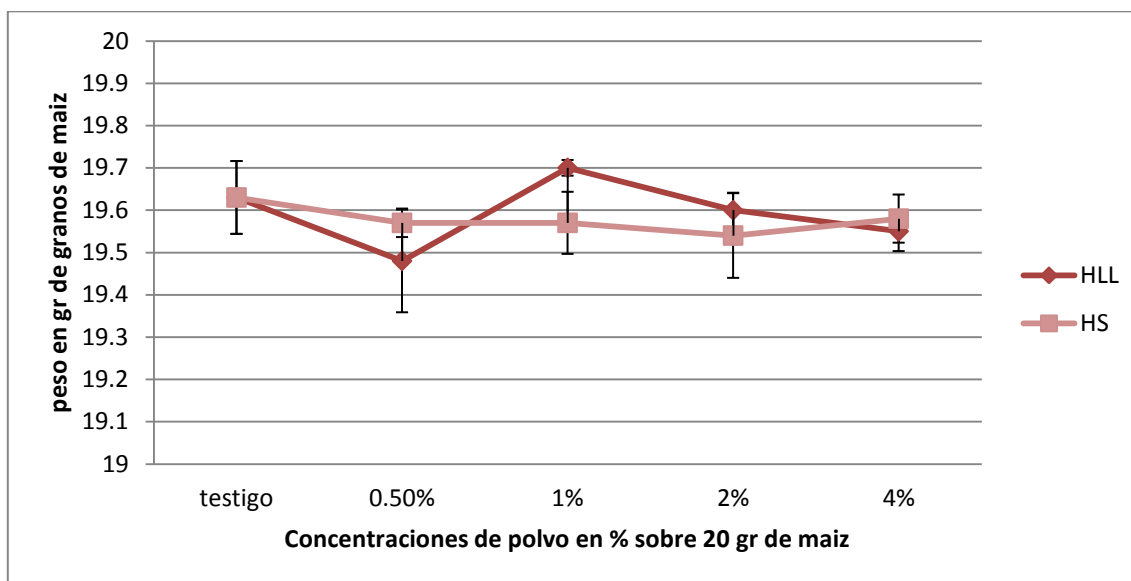


Figura 13. Promedio de pérdida de pesos en granos de maíz expuesto a *S. zeamais*
HLL= Hoja de temporada de lluvias, HS= hoja de temporada de secas

8.3 Extractos metanólicos de *Croton adspersus*

8.3.1 Bioensayos por aplicación tópica con *Sitophilus zeamais* y extractos de *Croton adspersus*

8.3.1.1 Análisis de varianza

En los bioensayos de aplicación tópica de adultos de *S. zeamais* a los compuestos del extracto de hoja de lluvia de *C. adspersus* mataron al 85% de los insectos con la dosis máxima de extracto. La mortalidad se incrementó conforme al aumento de la dosis (ver Figura 8). De acuerdo con los resultados del análisis de varianza, se puede concluir que la respuesta de mortalidad de *S. zeamais* fue afectada significativamente ($F_6 = 5.1563$, $P < 0.0001$).

En la gráfica posterior se observa que el efecto de la concentración del extracto de hoja de lluvia sobre la mortalidad es directamente proporcional. Ya que en la dosis más pequeña se observa el menor porcentaje de mortalidad. El cual va aumentando conforme aumenta la concentración.

Para los bioensayos de aplicación tópica de adultos de *S. zeamais* a los compuestos del extracto de hoja de secas de *C. adspersus* se observó que la respuesta de mortalidad fue del 85%. La mortalidad se incrementó conforme al aumento de la dosis (ver Figura 8). De los resultados del análisis de varianza se puede concluir que la respuesta de mortalidad de *S. zeamais* fue afectada significativamente ($F_6= 13.13, P < 0.0001$).

Para el extracto de hoja de secas se observa también que conforme aumenta la concentración aumenta la mortalidad de *S. zeamais*. Pero ocurre algo poco usual ya que la máxima mortalidad no se alcanza en la concentración más alta a diferencia del extracto de hoja de lluvia. En este extracto se observa que en la tercera concentración (concentración intermedia) se llega al punto máximo de mortalidad, el cual es del 90% y luego empieza a disminuir. Debido a ese comportamiento poco usual se repitió el bioensayo, de la misma manera. Se obtuvieron resultados muy parecidos y se sacó un análisis de varianza para comparar ambos bioensayos.

Cuadro 12. Análisis de Varianza de dos vías para comparar los bioensayos realizados con el extracto de hoja de secas de *C. adspersus*.

Efecto	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Experimentos	.176	1	.176	2.612	.114
tratamientos	3.230	6	.538	7.990	.000*
experimento*tratamientos	.257	6	.043	.636	.701

Como se observa en el cuadro no hay diferencias significativas entre ambos experimentos, ni entre los experimentos y los tratamientos. Donde se encontraron diferencias significativas es entre los tratamientos.

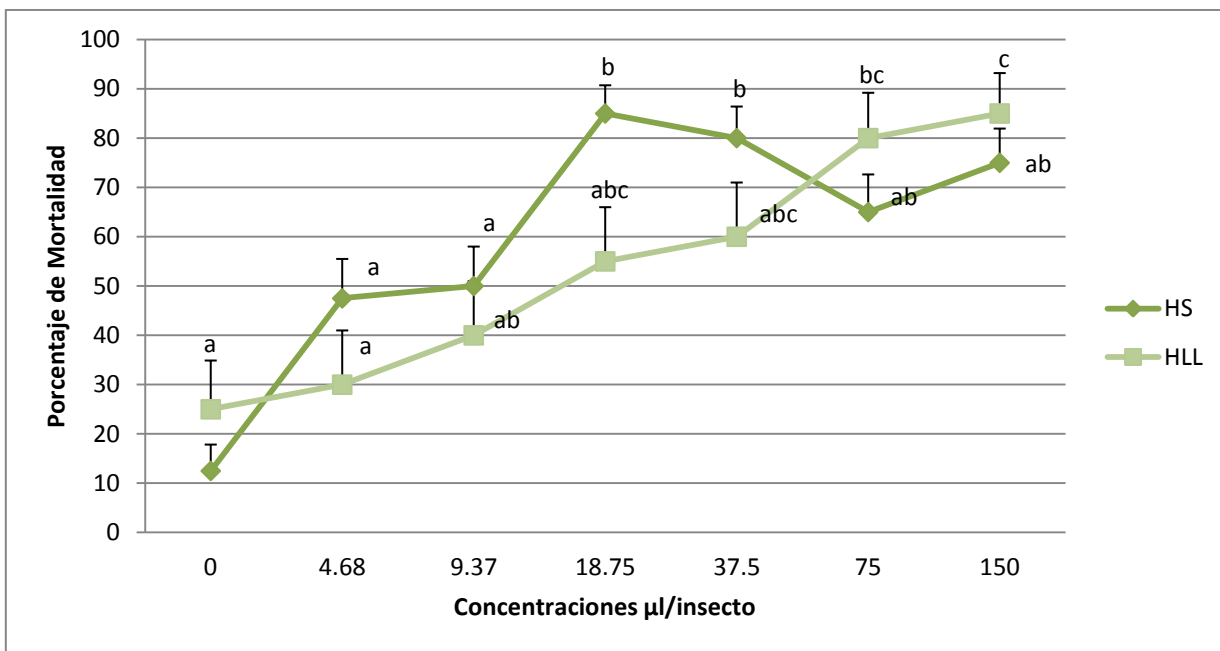


Figura 14. Porcentaje de mortalidad de adultos de *S. zeamais* expuesto a extractos de hoja de secas y lluvias de *C. adspersus*

8.3.1.2 Análisis Probit

Los adultos de *S. zeamais* fueron susceptibles a los compuestos del extracto de hoja de lluvia de *C. adspersus*. En el siguiente cuadro se muestra la dosis letal 50, y la de 90, además de sus límites de confianza, pendiente, intercepto y X^2 .

Cuadro 13. Probit para evaluar el extracto de hoja de lluvia y de secas de *C. adspersus* sobre *S. zeamais*.

	CL ₅₀	95% Límites de confianza	CL ₉₀	95% Límites de confianza	Pendiente ± E.E	Intercept ± E.E.	(X ²)
	(µL/mL)		(µL/mL)				
Extracto de hoja de lluvias	33.15	7.95- 68.74	271.54	117.97-3713.57	1.40± 0.43	-2.133± 0.80	0.472

Extracto de hoja de secas	7.85	0.0001-20.73	239.89	-----	0.68±0.3	4.38±1.41	2.86
---------------------------	------	--------------	--------	-------	----------	-----------	------

8.3.2 Repelencia de los extractos metanólicos de hojas de *Croton adspersus*, con *Sitophilus zeamais*.

En los bioensayos de repelencia de los extractos metanólicos de *C. adspersus* en *S. zeamais* se observa un efecto repelente bajo. Pero debido a que el índice de repelencia es cercano a 1, puede llegar a considerarse neutro. No se encontró una relación entre la repelencia y la concentración de los extractos. Además de que no hay diferencias notorias en ninguno de los 2 tipos de hojas.

Cuadro 14. Porcentaje de adultos de *S. zeamais* atraídos e índice de repelencia de los extractos de hoja de lluvia y secas de *C. adspersus*.

Concentración $\mu\text{L}/\text{mg}$	Insectos atraídos %	Índice de Repelencia (IR)
HLL 75	44	0.88
HLL 18	48	0.96
HS 75	46	0.92
HS18	42	0.84

IR: Valores mayores a (1) se consideran atrayentes, valores menores a (1) se consideran repelentes y valores cercanos a (1) neutros.

Se realizó un análisis de varianza para evaluar el bioensayo de repelencia de ambos extractos metanólicos de *C. adspersus* en adultos de *S. zeamais*. El análisis no fue estadísticamente significativo para la concentración ($F= 2.884_{(g.l. =2)} p= 0.0754$). Ni tampoco para el tipo de hoja ($F= .0229_{(g.l. =2)} p= 0.8811$).

8.4 Sistemas de manejo por agricultores en Pichátaro, Michoacán

8.4.1 Información general

La existencia de plagas en el almacenamiento del maíz, tanto de palomilla como de gorgojo, es común en la comunidad de Pichátaro. A pesar de que el gorgojo es una de las principales plagas de almacén en México, pareciera que la palomilla es la plaga más común a la que se tienen que enfrentar los campesinos de la región. De hecho, el gorgojo no es tan conocido en la comunidad como se esperaba. A pesar de que los agricultores notan que la incidencia de plagas ha ido aumentando conforme pasan los años, ellos no lo perciben como un problema. Tal fue el caso de una mujer que comentó que no tenía problemas de plagas, sin embargo, analizando los granos almacenados se pudo comprobar la existencia de palomilla en un maíz que guardaba de hace 2 cosechas. Más allá de las percepciones locales de si es un problema o no, lo que sucede es que en la actualidad el maíz no permanece más de un año almacenado, pues todos los entrevistados reconocieron que años atrás este podía aguantar desde 2 hasta 7 años sin problemas de plagas.

A pesar de esta percepción, el hecho es que los agricultores implementan distintas prácticas para evitar las plagas de almacén y reconocen los diferentes factores que pueden ayudar a disminuir el riesgo. Por ejemplo, mencionaron algunos factores importantes a tomar en



Fig. 15 Mancuernas

cuenta: que el grano esté bien seco, que el lugar de almacenamiento no sea tan caliente y que esté bien ventilado. De hecho mencionaron varias veces que las mazorcas en las mancuernas duran más tiempo que las almacenadas. Las mancuernas son un conjunto de mazorcas amarradas por las hojas, que cuelgan en las trojes, las mazorcas tienden a ser las de mejor calidad ya que serán usadas como semillas de la próxima cosecha (Fig. 15).

Aunado a las condiciones específicas de los lugares de almacenamiento, el tipo de maíz también juega un rol importante. Por ejemplo, las variedades de maíz que los agricultores mencionaron que son más resistentes a plagas son: chocho, amarillo y rojo, mientras que el azul, negro, guarote y pinto son más susceptibles a plagas.

De acuerdo a las entrevistas, en la actualidad los agricultores de la comunidad de Pichátaro se están enfrentando a una demanda importante de tierras para la siembra de papa, lo cual tiene implicaciones importantes en la disponibilidad de maíz en la comunidad. Por ejemplo, hay agricultores que sólo están sembrando en su solar porque tienen sus parcelas rentadas a los sembradores de papa.

Los campesinos de la comunidad siguen manejando una amplia variedad de maíces en sus campos. Prácticamente todos los entrevistados siembran maíz blanco, azul, negro, rojo, pinto, chocho, guarote y amarillo. Incluso, algunos tienen la costumbre de sembrar ciertas variedades de maíz, aunque sean poco consumidas y por lo tanto poco comunes, pero las respuestas que dieron es que lo hacen para conservar la diversidad de semillas de la comunidad.

Además de la variedad de maíces, en las milpas de Pichátaro, como en gran parte del país, se manejan una amplia variedad de cultivos, siendo los principales la calabaza y el frijol. A su vez, los agricultores siembran avena, haba, chícharo y papa, entre otros. La extensión de la milpa es bastante variable, pero en ningún caso sobrepasa las 7 hectáreas, todas de temporal. De acuerdo a la información recabada, la gran mayoría de las milpas tienen una extensión de entre 2 y 3 hectáreas, y un rendimiento de maíz de alrededor de 2 toneladas por hectárea. Es interesante mencionar que muchos utilizan abonos orgánicos, principalmente por el elevado precio que tienen los fertilizantes sintéticos, pero también porque mencionan que dependiendo la calidad de la tierra, si esta no está tan dañada, no encuentran tanta diferencia en sus rendimientos con los fertilizantes sintéticos.

8.4.2 Manejo Pre-cosecha

Los entrevistados afirmaron que el proceso de siembra y cosecha es parecido en todos los agricultores de Pichátaro. Se ara la tierra, en la mayoría de los casos se cruza esto consiste en que el tractor o la yunta pasa en el sentido perpendicular al que pasó cuando se aró la tierra, mientras algunos utilizan tractor, otros utilizan yunta o hay quienes combinan ambas técnicas. El tractor se renta en 500 pesos la hectárea y esto representa un costo elevado para la mayoría de los agricultores. Los meses de siembra son marzo y abril, aunque en realidad esto depende de la variedad de maíz y del terreno en donde se vaya a sembrar. Un factor

importante que mencionaron todos los entrevistados es que la siembra debe realizarse “cuando la luna quiere ponerse llena”. El maíz sembrado en el ciclo que se inicia siempre procede de cosecha anterior, y a diferencia de otros lugares de México, los agricultores no lo compran ni lo obtienen del gobierno. Si no sembraron en el periodo anterior, las semillas se las proporcionan sus parientes. Finalmente, se escarda cuando es necesario y se cortan elotes en agosto para hacer huchepos y atole, que coincide con la fiesta del pueblo. La cosecha es en diciembre una vez que el maíz ya está bien seco y se puede almacenar.

En la comunidad de Pichátaro es común el sistema de “siembra a medias”. Esta práctica consiste en que el dueño del terreno lo renta a otra persona a cambio de la mitad de lo que coseche, siendo el dueño del terreno el que debe otorgar la semilla y el fertilizante a quien se lo rentó, mientras que el arrendatario debe realizar todas las actividades de siembra y cosecha.

De acuerdo a las entrevistas, las plagas en la milpa son escasas. Principalmente se enfrentan a la gallina ciega, la cual se come la semilla o la planta cuando es muy pequeña, y otra plaga que se conoce como el gusano cogollero. Para ninguna plaga de campo utilizan insecticidas o herbicidas, ya que sus métodos de control de plagas y malezas son manuales y se realizan por varios miembros de la familia.

La utilización de fertilizantes sintéticos es común entre los entrevistados, sin embargo hay excepciones interesantes. Quien se opone a su uso dice que no les tiene confianza, además de que su precio es sumamente elevado. Los agricultores que sí utilizan fertilizantes reconocen que el rendimiento monetario es menor debido a que los fertilizantes sintéticos son caros. Hay quienes los utilizan, pero aun así reconocen el daño que le causan al suelo y lo dependientes que los hace del fertilizante sintético. Quienes aplican esta tecnología mencionan que tiene la ventaja de que ya no es necesario dejar descansando las tierras como antes y que el crecimiento de la planta es mayor. Los principales fertilizantes utilizados son la urea, el fosfato de amonio y estiércol, costando el costal de sulfato de amonio de 50 kg alrededor de \$600 pesos y el de urea alrededor de \$250 pesos.

El estiércol es esparcido por toda la parcela poco después de la siembra. El fertilizante sintético suele aplicarse 1 o 2 veces dependiendo de cómo se va desarrollando la planta. Siempre suelen aplicar lo que tomen con 3 dedos. Para su aplicación no utilizan ninguna protección, sino que mencionan que sólo hay que lavarse bien las manos después de la aplicación. Las malezas son controladas manualmente con machete o azadón y en ningún caso los agricultores entrevistados utilizan herbicidas.

8.4.3 Manejo Post-cosecha

El maíz que no se cortó para elote, se deja secar desde el mes de agosto hasta diciembre. El hielo es un factor que dependiendo de la temporada en la que se presente puede ser perjudicial o benéfico. Por ejemplo, si hiela entre los últimos días de septiembre o los primeros de octubre, el maíz se deteriora debido a que está en una transición entre elote y mazorca, pero si la helada es a mediados de octubre se considera que esta le da una mayor resistencia al maíz. Para cortar el maíz, la mayoría contrata gente para que les ayuden en esta labor, pagando la labor con el mismo maíz que se cosecha. Así como la siembra se lleva a cabo en luna llena, los entrevistados también mencionaron que la cosecha se debe realizar durante luna llena.

Una vez cortado se procede a seleccionar el maíz. Hay quienes lo dividen en 3 tipos de acuerdo a su calidad: el mejor maíz, el de calidad intermedia y el peor. Las mejores mazorcas son las que no están picadas, las más grandes y de un solo color. El que tiene las mejores cualidades es el que se usa para sembrar el siguiente año. Este maíz es colocado en mancuernas o adornos en las casas, actividad que realizan principalmente las mujeres. Las mancuernas son colgadas en la parte exterior de la troje y según sus costumbres éstas son como los aretes de la troje. Uno de los entrevistados mencionó que la troje tiene connotación femenina. El de calidad intermedia es usado principalmente para consumo en tortillas. Y el de peor calidad es usado para alimentar al ganado. Este maíz generalmente es el que está defectuoso (picado, quebrado, con punta negra) o podrido.

Una vez seleccionadas las mazorcas de maíz, se procede a traspalearse, que consiste en quitarle el pelo, sacudirlos y quitarles las hojas. Si esta actividad no se realiza, el maíz es

más susceptible a las plagas, además de que tiene un menor valor en el mercado. Cabe mencionar que las hojas no se desperdician, sino que son aprovechadas para hacer tamales. Una vez traspaleado, después se acomoda el maíz en el lugar donde se va a almacenar. Hay quienes ponen cal en la base, ya sea en el tapanco de la troje o en el suelo de la misma o en el cuarto de material, esto con la finalidad de evitar que se humedezca. Otras personas prefieren no ponerle nada ya que el maíz que está en contacto con la cal se coce, disminuyendo la cantidad de maíz aprovechable.

Todos los agricultores entrevistados tienen usos parecidos para su maíz, como el autoconsumo, la venta o para alimento de su ganado. La venta de maíz representa parte del ingreso que reciben las familias. El grano de maíz se vende por litros y su precio varía según la variedad y la temporada. Cuando el maíz es abundante, sobre todo después de que se cosecha, el litro cuesta alrededor de \$3 pesos (maíz blanco), pero conforme va pasando el tiempo su precio se va incrementando de acuerdo a la demanda y escasez del mismo. El maíz negro, el azul y el rojo son más caros que el blanco y pueden llegar a costar entre \$5 y \$7 pesos el litro. Hay variedades que no se venden o tienen poco mercado como el chocho, siendo toda la producción para autoconsumo. La cantidad que se llega a vender es variada, hay quienes venden alrededor de la mitad de lo que cosechan, mientras que otros venden hasta 2 toneladas, u otros que venden muy poco ya que prefieren conservarlo para su propio consumo.

Para el almacenamiento del maíz, todos los agricultores prefieren tenerlo en mazorca y conforme lo van consumiendo lo desgranar. El desgrane es otra actividad que está influida por las fases lunares, ya que se mencionó que debe hacerse en luna llena. Para el desgrane, se utiliza una herramienta fabricada con olotes amarrados con alambre de tal manera que se forma una plataforma circular. La mazorca se frota en esta plataforma desgranándose rápidamente. Las actividades post-cosecha están más relacionadas con las labores de las mujeres, ya que éstas son las que generalmente desgranar el maíz o hacen las mancuernas o adornos, o quienes limpian las mazorcas o bien se dedican a la venta del grano. Sin embargo, de alguna manera u otra, toda la familia participa en las actividades. Como se

mencionó previamente, actualmente el almacenamiento de maíz no se da por más de un año y en algunos casos el periodo máximo es de 8 meses.

Solo uno de los agricultores que entrevisté utiliza plaguicidas sintéticos para controlar las plagas de almacén. Quienes no lo utilizan dicen que el maíz tratado con plaguicidas sintéticos cambia de sabor y que tiene un olor desagradable. El maíz que es curado con pesticidas tiene que dejarse 2 meses sin consumir.

8.4.4 Almacenamiento

Durante las últimas décadas, el almacenamiento de maíz en trojes de madera es cada vez menor, las principales causas que mencionaron los agricultores son; dificultad de conseguir la madera para construirlas o porque los agricultores, debido a la demanda externa que hay por ellas, sobre todo del sector turístico, se han dedicado a venderlas a compradores que vienen de Guadalajara, la Ciudad de México o de Morelia. De igual forma, uno de los entrevistados mencionó que existen muchas reglamentaciones en la actualidad debido a la tala ilegal de madera. Esto hace más difícil que se pueda cortar la madera necesaria para la construcción de trojes, además de la dificultad de construirlas y lo elevado de su precio. Esta misma persona mencionó que construir una troje actualmente es muy difícil y caro. Estas suelen estar elevadas a unos 40 o 50 cm del suelo para evitar la humedad, suelen no tener ventanas, o si las tienen, éstas suelen ser muy pequeñas. En la actualidad las trojes tienen techo de asbesto o de lámina, a diferencia de cómo se construían antes con techos de tejamanil, pero siguen manteniendo el piso y las paredes de madera y la gran mayoría tiene iluminación artificial. Uno de los propietarios de una troje mencionó que las paredes y el piso son de un tipo de madera, mientras que las columnas son de otro tipo de madera que es más resistente.

De acuerdo a las entrevistas, hay familias que prefieren almacenar el maíz en el tapanco para que no esté en contacto con el suelo y la humedad. Quienes lo almacenan en el suelo de la troje dicen que es mejor debido a que en el techo se acumula el calor, lo cual es perjudicial para el grano. Hay quienes lo almacenan en costales o quienes solo lo apilan por variedades. Quienes no tienen troje almacenan el maíz en cuartos de ladrillo, la mayoría de

ellos con techos de asbesto, lo que eleva significativamente la temperatura de los cuartos de almacenamiento. Hay un consenso generalizado de que los cuartos de ladrillo son más calientes que las trojes, sin embargo las trojes presentan la desventaja de ser más húmedas.

El abandono en la utilización de trojes como espacios para almacenar maíz puede deberse a varios factores. Los más mencionados fueron el cambio de materiales de construcción, la modernidad y la pérdida de tradiciones.



9. Discusión

9.1 Efecto del aceite esencial de *Croton adspersus* en *Sitophilus zeamais*

Como se planteó en la hipótesis de esta investigación, el aceite esencial de *C. adspersus* tuvo un efecto insecticida para los adultos de *S. zeamais* con una CL₅₀ de = 26.8 y una CL₉₅= de 383.9 $\mu\text{L}/\text{mL}$. A pesar de que el aceite esencial de *S. aromaticum* sólo fue utilizado con fines de validación del método, mostró tener un potente efecto insecticida CL₅₀ de = 0.194 y una CL₉₅= de 2.13 $\mu\text{L}/\text{mL}$. Para ambos aceites los análisis de varianza resultaron significativos.

Los compuestos mayoritarios del aceite de *C. adspersus* como (germacrene D, cariofileno y germacrene), han sido anteriormente reportados como tóxicos para *Aedes aegypti*, *Acanthoscelides obtectus*, *Ephestia kuehniella* y *Callosobruchus maculatus* en aceites esenciales de plantas como: *Cordia leucomalloides*, *Mintostachys mollis*, *Chrysanthemum coronarium*. (Perez, 1999, Calle *et al.*, 2005, Santos *et al.*, 2006).

En cuanto a las concentraciones letales del aceite de *C. adspersus* resultan elevadas comparándolas por ejemplo con las del aceite esencial de *S. aromaticum* o lo reportado por Huang *et al.*, 2000; CL₅₀= de 0.063 $\mu\text{L}/\text{mL}$ de los compuestos volátiles de *Lippia origanoides*. En cuanto a su efecto repelente, tampoco se encontraron resultados deseables ya que el aceite resulta poco repelente y podría considerarse neutro.

Cuando se trabaja con aceites esenciales es importante conocer el rendimiento, ya que este varía de acuerdo a la planta y al método de extracción. Una vez obtenido el rendimiento se establece la viabilidad de la utilización del aceite, ya que aun que el aceite provea el efecto deseado, la planta de origen puede no ser tan abundante. Además, si el rendimiento es muy bajo, sin importar que la planta sea abundante, se tiene que considerar inviable. Para el caso de *C. adspersus* su rendimiento es de 4 kg de hoja para 11 mL de aceite. Además, las CLs son elevadas y su bajo rendimiento implica que el uso de este aceite como insecticida no es viable. Además de que como se mencionó anteriormente, las CLs son elevadas.

De acuerdo a los resultados del aceite de *C. adpersus*, para extraer una cantidad suficiente de aceite para ser utilizada como método de control de *S. zeamais* sería necesaria una cantidad considerable de hojas. Por ejemplo, que para eliminar 50% y 95 % de la población presente en una tonelada de maíz serían necesarios destilar 14545 y 209036 kg para obtener 40 y 575.85 L. de aceite, respectivamente.

9.2 Efecto de los polvos de hoja de lluvias y secas de *Croton adpersus* en *Sitophilus zeamais*

Los polvos vegetales no mostraron una actividad insecticida. En ningún caso superan el 3% de mortalidad en ninguna de las concentraciones o tipos de hoja. Especies vegetales como *Chenopodium ambrosioides* produjo una mortalidad del 65.8% en concentración del 1% y *Peumus boldus* alcanzó una mortalidad del 99.3% también en concentración 1%, ambas probadas en *S. zeamais* (Silva *et al.*, 2005). Otras especies vegetales como *Cuminum cyminum* producen una mortalidad del 83% a concentración del 4% (Salvadores *et al.*, 2007).

De los bioensayos se puede concluir que la emergencia de adultos está en función de la mortalidad, ya que si la mortalidad es alta la F1 era baja ya que no habrá muchos adultos que ovipositen. Para los bioensayos de impregnación de dieta con polvos se encontró que la emergencia de adultos es baja, pero debido a los resultados no se puede concluir que sea debido al efecto de los polvos sobre la mortalidad insectos ya que esta no fue alta. Estos resultados pueden deberse a que el método utilizado no fue el más adecuado. O también a que los insectos necesitaran más tiempo para ovipositar dentro del grano o a que no encontraran la estructura adecuada en las cajas Petri para aparearse y ovipositar. Esto se vio reflejado en los resultados de pérdida de peso en grano, ya que no se encontró que en los bioensayos con mayores concentraciones la pérdida de peso fuera menor. Además de que el resultado no fue significativo estadísticamente. Por lo tanto, se podría concluir que la prueba de la hipótesis relacionada con los polvos de *C. adpersus* no fue adecuada o que los resultados no la apoyan. Sin embargo, es incongruente con el hecho de que la planta no es consumida por herbívoros generalistas. Una posible explicación es que las sustancias insecticidas de esta planta se pierden o se degradan debido a los métodos empleados para la

trituration de las hojas. Esto puede explicar que los polvos no sean efectivos pero sí el aceite esencial o los extractos metanólicos.

9.3 Efecto de los extractos metanólicos de hoja de lluvias y secas de *Croton adpersus* en *Sitophilus zeamais*

Como se planteó en la hipótesis, los extractos metanólicos poseen un efecto insecticida, además de que los resultados son estadísticamente significativos. Los resultados plantean que las hojas de secas y lluvias difieren en su efecto mortal. Los resultados obtenidos arrojan que para el extracto de hoja de secas de *C. adpersus*, el mayor porcentaje de mortalidad se alcanza a concentraciones medias. Esto puede deberse a que en concentraciones altas los insectos encienden rutas metabólicas que inhiben el efecto insecticida, lo cual no sucede a concentraciones medias y bajas. Esto es diferente a lo que ocurre con el extracto de hoja de lluvia donde la mortalidad aumenta conforme la concentración aumenta. Aquí el mayor porcentaje de mortalidad se alcanza en la concentración más alta. Esto indica que sus componentes son diferentes, lo cual era de esperarse ya que las hojas muestran diferentes características según la estacionalidad. Además de que los extractos tienen diferente color, viscosidad y diferentes puntos de saturación al ser diluidos en agua jabonosa.

Estos resultados ameritan la realización de ensayos biodirigidos para localizar los compuestos específicos que causan la mortalidad al insecto. Esto con la finalidad de simplificar la obtención del fitoplaguicida y que se puedan aplicar dosis menores.

El método de obtención de los polvos y de los extractos metanólicos así como de su aplicación en los insectos para comprobar su efecto insecticida, fue adaptado a condiciones en las que los agricultores pudieran recrear los métodos en su entorno. Con los aceites se tendría que adaptar la tecnología de extracción a un destilador fabricado de materiales regionales que fuera barato y que se adaptara a los agricultores. Para el caso de los polvos, sólo es necesario secar las hojas a la sombra y utilizar un molino para obtener el polvo. En el caso de los extractos, en el laboratorio se usó un recipiente donde se pudiera contener las hojas y alcohol, se usó alcohol de madera (metanol), pero posiblemente con el alcohol de

caña (etanol), se obtengan los mismos resultados. El metanol tiene un costo más elevado, por eso se plantea el uso de un alcohol más barato y al alcance de los agricultores que lo necesiten.

La utilización de malezas para combatir plagas convertiría esta tecnología en una solución al alcance de los agricultores, ya que se utilizarán plantas que no tienen uso o valor comercial para combatir un problema, disminuyendo, los costos para el control de los gorgojos. También se contribuiría a la disminución de los problemas ambientales asociados a estas sustancias, y los plaguicidas sintéticos. Adicionalmente se plantea una solución a una problemática del sector agroalimentario; aumentar el tiempo de almacenaje del maíz disminuyendo la probabilidad de presencia de plagas de insectos.

Para poder asegurar la viabilidad del uso de este tipo de tecnologías, se deben realizar bioensayos para evaluar la latencia del efecto, con el fin de poder establecer un método de empleo adecuado también en tiempo. Otro aspecto de importancia es que el grano muchas veces está destinado al consumo humano, por lo que habría que realizar pruebas para establecer que no tenga ningún efecto en la salud humana. También sería conveniente probar si la germinación del grano no se ve afectada. Otro estudio participativo posterior consistiría en probar si el sabor del grano no cambia, esto debido a que en muchas ocasiones el maíz es utilizado para la realización de alimentos. En la comunidad de Pichátaro fue evidente que es necesario probar si el fitoplaguicida es también efecto para otros insectos de almacén diferentes a los evaluados en el laboratorio. Ya que los agricultores de la comunidad perciben que la palomilla afecta sus granos. Para la implementación de esta tecnología sería necesario trabajar en conjunto con los agricultores para ver cómo se adaptan a ella y qué tan compatible es con sus prácticas de manejo.

9.4 Sistema de manejo

Las prácticas de manejo que llevan a cabo los agricultores de Pichátaro y que se encontraron en esta investigación coinciden con las encontradas por Orozco (2007) en su estudio sobre el sistema alimentario del maíz en esta misma comunidad.

La incidencia de plagas en granos de maíz almacenados está directamente relacionada con las prácticas de manejo que se le hagan a éste. Para el caso de las prácticas que realizan los productores en Pichátaro, hay varios puntos que son interesantes. Uno de ellos es la relación que hay entre los estadios lunares y las actividades relacionadas con la agricultura. Como se menciona en los resultados, la siembra se realiza cuando la luna va a llenarse, o procesos como el desgrane que también se realizan en una fase lunar específica. Estas actividades y las fases lunares pueden estar relacionadas con la humedad del ambiente. Ya que las actividades que están favorecidas con una menor humedad se llevan a cabo en una fase distinta a aquellas que se favorecen con una humedad mayor se realizan en otra fase, como es el caso de la siembra. También podría relacionarse con el vuelo de los gorgojos. Cuando se cosecha posiblemente se emiten más olores que podrían guiar a los gorgojos a las mazorcas. Ya que los gorgojos son fototácticos, la luz de la luna podría reducir el efecto de los olores en la atracción de los gorgojos a las mazorcas.

Otra práctica que podría tener alguna relación con la existencia de plagas es el uso de fertilizantes sintéticos. Ya que existe la hipótesis de que cuando cambia el estatus nutricional de la planta por la aplicación de los fertilizantes cambia la concentración de compuestos fenólicos; los cuales están relacionados con la resistencia de los granos. Lo que podría volver más débil la testa. Muchas veces esta barrera física es la que hace que el grano no se deteriore, ya sea por plagas o por condiciones ambientales, tales como la humedad excesiva. Además, es curioso que el periodo en el que se ha observado que los granos de maíz resisten menos al ataque de plagas coincide con el cambio de tecnologías agrícolas en México por la revolución verde. Este proceso de industrialización llegó a México en la década de los 40's pero como un proceso general de industrialización que abarcaba el sector agrícola (Pichardo, 2006). Sin embargo este proceso seguramente fue lento; primero debió llegar a los agricultores de gran escala. Por lo que probablemente a la comunidad de Pichátaro llegó varias décadas después.

Otro factor destacable es el secado del maíz antes de su almacenamiento. Esto es importante ya que plagas como los hongos que atacan el maíz se ven favorecidas con la humedad (Gutierrez *et al.*, 2005). Por lo que garantizar un buen secado implica una

disminución en la humedad del grano, volviéndolo más resistente a plagas. La selección del maíz de acuerdo a su calidad, también puede incidir en la propagación de plagas, ya que suele suceder que haya ciertas mazorcas que presenten daños por plagas desde antes de la cosecha. Si se les llega a colocar cerca de otras que no están dañadas, las plagas ya presentes pueden colonizar las demás y así propagarse más fácilmente. Una actividad que tiene un papel importante en la incidencia de plagas es el traspaleo, que consiste en limpiar las mazorcas, deshojarlas, sacudirlas, etc. Esta actividad está también relacionada con la anterior, ya que si se limpia el maíz se pueden extraer mazorcas dañadas por plagas o extraer algunos residuos que puedan atraer o contener plagas o humedad. Todo lo anterior puede hacer más resiste el grano a plagas.

Algo que no se ha estudiado a profundidad es la relación que podría tener la realización de los adornos que realizan las mujeres con las mazorcas, que sirven como semilla para la próxima cosecha. Como se mencionó, en las entrevistas los productores señalan que las mazorcas de las mancuernas duran más que las almacenadas. Esto puede tener relación con la ventilación a la que estas están expuestas. Además de que seguramente son menos accesibles o propicias para los insectos plagas, por ejemplo. También se podría comparar la viabilidad de ambas semillas, las almacenadas y las de mancuernas, para observar si hay alguna diferencia que podría determinar que manejo es más benéfico. También sería interesante el estudio de la diferencia en la infestación de plagas si el maíz está almacenado en mazorcas o granos. Esto está relacionado ya que todos los productores en Pichátaro prefieren almacenar su maíz en mazorcas e irlo desgranando conforme lo vayan consumiendo qué manejo es más benéfico.

El uso de polvos inertes ha sido ampliamente probado como control de insectos plaga de almacén y en muchos casos resulta eficiente. En la comunidad el uso de cal al momento de almacenar el maíz es frecuente y se utiliza para evitar que se humedezca. Lo cual llega a ser positivo para disminuir la incidencia de plagas, ya que los polvos inertes pueden absorber la humedad de los insectos y así hacer que estos mueran (Paez *et al.*, 1990).

Un aspecto sumamente interesante a destacar es la percepción que tienen los agricultores sobre si las plagas son un problema o un simple fenómeno. Obviamente, esta percepción tiene implicaciones en la adopción de tecnologías para enfrentarse a esta problemática. Ya que en la medida en que esto no sea visto como un problema no hay motivos para solucionarlo. Por las conversaciones que se mantuvieron con los agricultores, es posible que la percepción del fenómeno sea que éste no se vea como un problema sino simplemente como un hecho. Por ejemplo, llama la atención que a pesar de haber comprobado la existencia de plagas en un maíz almacenado de hace 2 cosechas, las personas no lo perciban como un problema. Un aspecto que puede estar influenciado esta percepción es que la disminución en la duración del maíz no ha sido un cambio repentino sino más bien gradual. Esto también tiene consecuencias en que la producción de maíz se ha ido reduciendo, por lo que no es necesario que permanezca mucho tiempo almacenado. Otro factor que también puede estar relacionado con la disminución en la producción de grano y el acortamiento en el tiempo de almacenamiento es que con la llegada de tortillerías el grano que antes se usaba con ese fin se puede dejar de producir.

Además, como se mencionó en los resultados, a pesar de que el maíz se infeste de plagas esto no es una pérdida total, ya que se utiliza para alimentar al ganado. Aunque no necesariamente se desperdicie el maíz que tiene plagas o daños por las mismas, puede tener un impacto en otros aspectos, como de salud o económicos. Una vez establecida una plaga es probable que pueda colonizar otros granos sanos, por lo que sería más adecuado que no se infestara nada. Otro aspecto importante al respecto tiene que ver con que la infestación por insectos frecuentemente se ve seguida por ataque de hongos, muchos de los cuales producen micotoxinas que afectan al ganado (Moreno 1998). Con la adopción de tecnologías para enfrentar este problema, que es un punto central de esta investigación; está claro que si la gente no concibe que existe un problema al respecto, entonces no llevarán a cabo una iniciativa que ayude a combatir las plagas.

Según Orozco (2007), el gorgojo del maíz en efecto es una plaga que afecta los granos de maíz de la comunidad de Pichátaro. De hecho, documenta que este insecto tiene un nombre en purépecha. Esto es diferente a lo encontrado en mis entrevistas, en donde la principal

plaga es la palomilla y el gorgojo pasa desapercibido. La discrepancia puede deberse a que en el tiempo en que se realizó el trabajo de Orozco, el maíz se estuviera almacenando por más tiempo del que se almacena actualmente. Esto explicaría que el gorgojo tuviera más tiempo para establecerse y aumentar su población, generando así daños a los granos y siendo notorio por los agricultores. Actualmente debido al poco tiempo que pasa el maíz en el almacén es probable que no se lleguen a establecer poblaciones de plagas o que las que se establecen no alcancen un número elevado como para ser notorias. Así, es posible que los daños que estas poblaciones de plagas les generan a los agricultores sean tan insignificantes que dejen de ser un problema.

Los resultados de esta y otras investigaciones ponen de manifiesto la importancia de conjugar esfuerzos entre los manejadores, la academia y los diseñadores de políticas para enfrentar problemáticas que son complejas y que representan un reto para todos. En nuestro campo de estudio, la academia, es común que muchas de las preguntas de investigación surjan a partir de la curiosidad (curiosity-driven science). Lo cual es importantísimo para avanzar en la generación del conocimiento. Sin embargo, es importante que estos temas de investigación se conjuguen con las necesidades que tienen en la vida cotidiana las personas que manejan los recursos naturales de nuestro país. Los científicos están desvinculados de la sociedad y por ende de las necesidades que se tiene afuera. Por lo que la vinculación entre estos 2 sectores; la academia y la sociedad podría ayudar a enfrentar con más elementos las problemáticas actuales. Las cuales son complejas y para resolverlas son necesarios estudios científicos sólidos, así como un conocimiento empírico de quien convive con las problemáticas. Un sector que es clave en esta sinergia es el de los tomadores de decisiones, quienes la mayoría de las veces aprueban o ejecutan programas sociales sin conocer de fondo el contexto o las necesidades del sector a quien va dirigido el programa. Es claro que una vez identificado el problema y habiéndole encontrado una solución, los tomadores de decisión podrían facilitar la implementación de dicha solución.

La utilización de tecnologías en conjunto con actividades sencillas de manejo de granos almacenados y un conocimiento de las ventajas y desventajas de los lugares de almacenamiento, pueden conducir a un manejo integral de granos. El cual es una solución

integral, viable, económica y sustentable a un problema complejo como el de las plagas. Además de que se combate una problemática ambiental como la que presentan los plaguicidas sintéticos.

Se deberían de hacer más esfuerzos de investigación y vinculativos para que los recursos locales de las comunidades puedan ayudar a resolver sus problemáticas.

10. Conclusiones

- El aceite esencial de *C. adpersus* tiene efecto insecticida sobre *S. zeamais*. Sin embargo la concentración letal es muy alta y el rendimiento de aceite de la planta es bajo, por lo que su uso como fumigante no resulta viable.
- No se encontró un efecto repelente significativo sobre adultos de *S. zeamais* en el aceite esencial de *C. adpersus*.
- El aceite esencial de *Sizygium aromaticum* tiene efecto insecticida en *S. zeamais*.
- Los polvos de hoja de lluvias y secas de *C. adpersus* no tienen efecto insecticida sobre *S. Zeamais*, por lo que no se encontró el efecto deseado en la emergencia de adultos y en la pérdida de peso del grano.
- El extracto metanólico de hoja de lluvia de *C. adpersus* tiene efecto insecticida sobre *S. zeamais* el cual tiene una relación directamente proporcional con la concentración.
- El extracto metanólico de hoja de secas de *C. adpersus* tiene efecto insecticida sobre *S. zeamais* pero su relación no es directamente proporcional con la concentración. Para el caso de este extracto una concentración media es la tiene el efecto mortal más elevado.
- Ninguno de los extractos metanólicos mostró un efecto repelente significativo en *S. zeamais*.
- Como se mencionó anteriormente, es necesario un conjunto de experimentos como los de riesgo a la salud, germinación, sabor y tiempo de permanencia del efecto; para poder llevar con seguridad esta tecnología a campo.

- Los agricultores de Pichátaro no perciben al gorgojo como problema.
- Los agricultores realizan prácticas de manejo de cosecha y almacenamiento que reducen la susceptibilidad de las mazorcas a la infesta de insectos plaga.
- La actual tasa de permanencia de granos almacenados es muy corta, por lo que es probable que las poblaciones de plagas no lleguen a establecerse, o en caso de establecerse, las poblaciones se mantengan muy bajas y no sean percibidas como un problema.
- Los cambios en los materiales de construcción del sitio de almacenamiento en Pichátaro se pueden deber a factores como la modernidad, migración y pérdida de tradiciones.

11. Bibliografía

- Silva, A. G., Hepp G., Tapia M., Casals B., Bustos F. G. & Ruiz O. F. 2006. Evaluación de Boldo (*Peumus boldus* Molina) y cal para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky. *Agrociencia* 40 (2) pp: 219-228.
- Akob, C. A. & Ewete, F. K. 2007. The efficacy of ashes of tour locally used plant materials against *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) in Cameroon. *International Journal of Tropical Insect Science*. 27 pp: 21-26
- Aldryhim, Y. 1990. Efficacy of the amorphous silica dust, dryacide, against *Tribolium confusum* Duv and *Sitophilus granarius* (L.) Coleoptera: Tenebrionidae and Curculionidae). *Journal of Stored Product Research* 26(4) pp: 207-210
- Andrade, G. P. 2007. Toxicidad de polvos de canelo (*Drimys winteri* J. R. et G. Forster) contra *Sitophilus zeamais* motschulsky bajo condiciones de laboratorio. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agronomía de la Universidad de Concepción. Chillán, Chile
- Arias, C. & Dell'Orto, H. 1983. Distribución e importancia de los insectos que dañan granos y productos almacenados en Chile. PROYECTO PFL/CHI/001. Estudio de evaluación de pérdidas de granos básicos postosecha, Chile, Santiago, FAO.
- Arthur, F. H. 2000. Toxicity of diatomaceous earth to red flour beteles and confused flour beteles (Coleoptera: Tenebrionidae): Effects of temperature and relative humidity. *Jornal of Economic Entomology*, 93(2): pp 526-532. Citado en: Mazzuferi, V. E., Goncalvez, R. H., Tablada M. & Garcia, D. 2006. Efectividad y persistencia de las tierras de diatomeas en el control de maíz y su incidencia sobre la calidad. *Boletin de Sanidad Vegetal Plagas*. 32

- Asawalam, F. & Hassanali, A .2006. Constituents of the Essential Oil of *Vernonia amygdalina* as Maize Weevil Protectants. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 6 pp: 95-102.
- Asawalam, E. F.; Emosairue, S. O.; Ekeleme, F. & Wokocho, R. C. 2007. Insecticidal effects of powdered parts of eight Nigerian plant species against maize weevil *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*. 6 pp: 2526-2533.
- Awoyinka, O. A., Oyewole, I. O., Amos, B. M. W. & Onasoga, O.F. 2006. Comparative pesticidal activity of dichloromethane extracts of *Piper nigrum* against *Sitophilus zeamais* and *Callosobruchus maculatus*. *African Journal of Biotechnology*. 5 pp: 2446-2449.
- Bowers, W. S. 1993. Phytochemical contributions to pest management. *American Chemical Society* Citado en: Lumsden, R; Vaughn, J. Eds. *Pest management: Biologically based technologies*. Beltsville Symposium XVIII, Agricultural Research Service U.S. Department Agriculture Maryland. pp: 252-257
- Balandrin, M. J. & Klocke, J. A. 1988. Medicinal, aromatic and industrial materials from plants. *In* Y.P.S. Bajaj (ed.), *Biotechnology in Agriculture and Forestry. Medicinal and Aromatic Plant*, vol. 4. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp: 1-36.
- Banks, H. J. & Fields, P. G. 1995. Physical methods for insect control in stored grain ecosystems. pp. 353–409 Citado en: Muir, W. E. & Fields, P. G. *Thermal control of insects and mites* pp: 1-8 Disponible en línea en: <http://www.ciart.it/Biblioteca/MICROWAVE/THERMA.pdf> Fecha de consulta: Noviembre 2010

- Barrera-Bassols, N. 2003. Symbolism, Knowledge and Management of Soil and Land Resources in Indigenous Communities: Ethnopedology at Global, Regional and Local Scales”. Tesis Doctoral. Faculty of Science, University of Gent, Belgium and International Institute for Geo-information Science and Earth Observation (ITC), Enschede, The Netherlands.
- Bennet, R. N. & Wallsgrave, R. M. 1994. Secondary metabolites in plant defence mechanisms. *New Phytol.*127:617-633. *Problems. Plant Molec. Biol.*24 pp: 1- 20.
- Birch, L. C. 1958. Experimental background to the study of the distribution and abundance of insects, the influence of temperature, moisture and food on the innate capacity of increase of three grain beetles. *Ecology*, 34: 698-711. Citado en: De los Mozos, P. M. 1997. Plagas de los productos almacenados. *Bol. S.E.A. Centro de Investigación Agraria de Albaladejito.* (20) pp. 93-109
- Calle, J., Espinosa, A. M., Núñez, C. P., Bautista, E. & Pinzón, R. 2005. Actividad Insecticida del aceite esencial de *Mintostachys mollis* (HBK) Griseb y sus componente, *Revista. Colección Ciencia Química Farmaceutica* 33(2), pp: 137-144
- Carrera, B. & Ayala, A.V. 2008. Las bodegas y almacenes en México, Disponible en línea en: <http://ierd.prd.org.mx/coy147/BCCH2.html> Fecha de consulta: 25 Septiembre 2010
- Cobar, O. M., Santa, L.H., Vasquez, A., Torres, J., & Palacios, C. 2007. “Síntesis de Análogos del Medicamento Anti-Alzheimer AMPAKINA CX 516 a partir de los Productos Naturales Eugenol y Piperonal.” Guatemala. Disponible en línea en: http://digi.usac.edu.gt/bvirtual/investigacio_files/INFORMES/PUICB/INF-2006-003.pdf Fecha de consulta: Diciembre 2011

- De Linaje, C. A., De Armiño, P. A. & Álvarez, L. 2006. Guía de Sensibilización de Problemas Ambientales. Cámara Valladolid. Fundación Biodiversidad. Fondo Social Europeo pp. 1-48 Burgos, España.
- De los Mozos, P. M. 1997. Plagas de los productos almacenados. Bol. S.E.A. Centro de Investigación Agraria de Albaladejito. (20) pp: 93-109
- Devine, G. J., Eza, D., Ogosuku, E. & Furlong, M. J. 2008. Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. Revista peruana de medicina experimental y Salud Pública. 25 pp: 74-100.
- Dey, P. M. & Harborne, J. B. 1997. Plant Biochemistry. Harcourt Asia Pvt. Ltd. A Harcourt Publ. Int. Co., Replica Press Pvt Ltd, Delhi 110 040, India.
- Ebeling, W. 1971. Sorptive dust for pes control. Ann Rev. Entomol. 16: 123-158
- Eland-Goossensen, M. A. 1997. “Snowball sampling applied to opiate addicts outside the treatment system” en: Muestreo en Bola de Nieve. Doc Disponible en línea en: <http://dppe.iimas.unam.mx/finales2007/FINAL%20Muestro%20en%20Bola%20de%20Nieve.doc> Fecha de consulta: Noviembre 2010
- Espinosa G., F. J. & Sarukhán, J. 1997. *Manual de Malezas del Valle de México*. Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica. México, D.F. pp: 11-27
- Espinosa G., F. J. & Delgado, G. 1998. Relationship between ecology of plant defence and the prospection of secondary metabolites with potential medicinal or agricultural application. Revista Latinoamericana de Química, 26:1:13- 29. En: Ramírez-Moreno L., L.E. García-Barrios, C. Rodríguez, H. E. Morales, A. E, Castro. 2001. Evaluación del efecto insecticida de extractos de plantas sobre

Leptophobia aripa Elodia, Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) No. 60 pp: 5 0
- 5 6

- Facchini, P. J. 2001. Alkaloid biosynthesis in plants: Biochemistry, cell biology, molecular regulation, and metabolic engineering applications. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 52: 29-66 en: Sepúlveda, J. G., Ducoin, P. H. & Sosa, R. M. 2003. La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. Revista Mexicana de Fitopatología 21 (3) pp: 355-363.
- Farnsworth, N., Blomster, R. & Messmer, W. 1969. A phytochemical and biological review of the genus *Croton*. Lloydia 32 pp: 1-28
- Feeny, P. 1976. Plant Apparency and Chemical Defence. *Recent Advances in Phytochemistry*, 10 pp: 1-40.
- Fields, P. G. & Muir, W. E. 1995. Physical control. In; Integrated Management of Insects in Stored Products. Subramanyam, D., and D. W. Hagstrum (eds) Marcel Dekker. New York, USA. pp: 115-22.
- Fields, P. G. & Muir, W. E. 1996. Physical control. Pages 195–221 in: *Integrated Management of Insects in Stored Products*, ed. B. Subramanyam and D.W. Hagstrum. New York, NY: Marcel Dekker, Inc. En: Muir, W. E. & Fields, P. G. Thermal control of insects and mites. Control of insects con bajas temperaturas. p. 1-8
Disponible en línea en:
<http://www.ciart.it/Biblioteca/MICROWAVE/THERMA.pdf> Fecha de consulta:
Noviembre 2010

- García, M. M. R., Sánchez, E., Espinoza, P. & Álvarez, M. E. 2007. Toxicity of *Petiveria Alliacea* L. on greenhouse whitefly (*Trialeurodea Vaporarioum* West.). *Interciencia*, 32: (2) pp: 121-124 Venezuela
- Guerrero, R. E., Silva, M. & Reynaga, C. J. 2003. Susceptibilidad de *Sitophilus zeamais* a insecticidas y Butoxido de Piperonilo en dos sustratos alimenticios. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* (67) pp: 51-57
- Hall, D. W. 1980. Manipulación y almacenamiento de granos alimenticios en las zonas tropicales y subtropicales. FAO Agricultural development Paper N°90. Roma. Italia pp: 199- 250.
- Harborne, J. B. 1993. Advances in chemical ecology. *Nat.Prod. Reports*. 10 pp: 327-350.
- Hersil, S. A. Laboratorios Industriales Farmacéuticos, Sangre de Grado / *Croton lechleri*, Lima, Perú
- Huang, Y., Lam, S. L. & Ho, S. H. 2000. Bioactivities of essential oil from *Elletaria cardamomum* (L.) maton. to *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium castaneum* (Herbst). *Journal of Stored Products Research* (36) pp: 107-117.
- Huang, Y., Lam, S. L. & Ho, S. H. 2000. Bioactivities of essential oil from *Elletaria cardamomum* (L.) maton. to *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium castaneum* (Herbst). *Journal of Stored Products Research* (36) pp: 107-117. En: Pimienta R. L. E., 2011. Evaluación del aceite esencial de *Eupatorium glabratum* Kunth como insecticida natural para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky y algunos hongos de maíz almacenado. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

- Hummelbrunner, L. A. & Isman, M. B. 2001. Acute, Sublethal, Antifeedant, and Synergistic Effects of Monoterpenoid Essential Oil Compounds on the Tobacco Cutworm, *Spodoptera litura* (Lep., Noctuidae) J. Agric. Food Chem., 49 (2) pp: 715-720
- Iannacone, J., Ayala, H. & Román, A. 2005. Toxicológicos de cuatro plantas sobre el gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* Motschulsky 1855 (Coleóptera: Curculionidae) y sobre el gorgojo de los galletas *Stegobium paniceum* (Linnaeus 1761) (Coleóptera: Anobiidae) en Perú. Gayana 69 (2) pp: 234-240.
- Iannacone, J., Ayala, H. & Román, A. 2005. Toxicológicos de cuatro plantas sobre el gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* Motschulsky 1855 (Coleóptera: Curculionidae) y sobre el gorgojo de los galletas *Stegobium paniceum* (Linnaeus 1761)
- Iloba, B. N. & Ekraekene, T. 2006. Comparative assessment of insecticidal effect of *Azadirachtina indica*, *Hyptis suaveolens* and *Ocimum gratissimum* on *Sitophilus zeamais* and *Callosobruchus maculatus*. Journal of Biological Sciences. 6 pp: 626-630.
- Isman, M. B. 2000. Plant essential oils for pest and disease management. Crop Prot, 19 pp: 603-608.
- Lagunes, S., Hepp, G. O. & Tapia, M. 2005. Búsqueda de plantas con propiedades insecticidas para el control de *Sitophilus zeamais* en maíz almacenado. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 40 pp: 11-17.
- Lagunes, T. A. & Villanueva, J. 1994. Toxicología y manejo de insecticidas. Montecillo, México, Colegio de Postgraduados. pp: 264

- Lagunes, A. 1994. Extractos de polvos vegetales y polvos minerales para el combate de plagas del maíz y del frijol en la agricultura de subsistencia. México: Colegio de Postgraduados/USAID/ CONACYT/BORUCONSA, pp:35
- Larraín, P. 1994. Manejo integrado de plagas en granos almacenados. Investigación y Progreso Agropecuario, La Platina. 81, pp.10-16.
- Latournerie, M. L., De la Cruz, Y. E., Tuxill, J., Mendoza, E. M., Arias, R. L.M. & Chávez, J. L., 2005. Sistema Tradicional de almacenamiento de semillas de frijol y calabaza en Yaxcabá, Yucatan. Revista Fitotecnia Mexicana, 28 (1) pp 47-53. Chapingo, México
- Lindblad, C. & Druben, L. 1979. Almacenamiento del grano: manejo-secado-silos; Control de insectos y roedores. Editorial Concepto. México DF.331p. en: Silva G. A., Control organico de plagas de los granos almacenados. Facultad de Agronomía. Universidad de Concepción. pp: 1-10
- Makkar, P. S. H. & Goodchild, V. A. 1996. Quantification of Tannins A Laboratory Manual. Int. Center for Agric. Res. Aleppo, Syria.
- Martínez, M. G & Cruz, R. 2002, Especie nueva del género Croton (Euphorbiaceae) del bosque mesófilo de montaña del estado de Puebla, México. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica 73(2) pp: 137-140
- Mazzuferi, V. E., Goncalvez, R. H., Tablada M. & Garcia, D. 2006. Efectividad y persistencia de las tierras de diatomeas en el control de maíz y su incidencia sobre la calidad. Bol. San. Veg. Plagas. 32
- Montoya, G., Hernández, O., Ruiz, F. & Mandujano, M. 1998. Algunos elementos del lado de la demanda y de la oferta en la producción de hortalizas en Los Altos de Chiapas. In Semana de Investigación Científica.México, Universidad Autónoma de

Chiapas. p. 187-201. En: Ramírez-Moreno L., L.E. García-Barrios, C. Rodríguez, H. E. Morales, A. E, Castro. 2001. Evaluación del efecto insecticida de extractos de plantas sobre *Leptophobia aripa* Elodia, Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica). 60 pp: 50 - 56

- Moreno, M., Crescente, O., Shelby, M. & Quintero, M., 2006. Composición química y actividad Tóxica del aceite esencial de *Simsia Pubescens* Triana, Interciencia, 31(1) pp: 745-747, Venezuela
- Muir, W. E. & Fields, P. G. Thermal control of insects and mites. Control of insects con bajas temperaturas. pp: 1-8 Disponible en línea en: <http://www.ciart.it/Biblioteca/MICROWAVE/THERMA.pdf> Fecha de consulta: Noviembre 2010
- Murillo, J. 1999. Composición y distribución del género *Croton* (Euphorbiaceae) en Colombia, con cuatro especies nuevas. Caldasia Vol. 21, No. 2 Bogotá, Colombia
- Ngamo, T. S. L., Ngatanko, I., Ngassou, M. B., Mapongmestsem P. M & Hance, T. 2007. Insecticidal Efficiency of essential Oils of 5 Aromatic Plants Tested Both alone an in Combination Towards Sitophilus Oryzae (L.) (Coleoptera: Curculionidae), Reaserch Jornal of Biological Sciencies 2(1) pp: 75-80
- Novo, R. J., Vigiliano, A. & Nassetta, M. 1997. Actividad repelente de extractos vegetales sobre *triboliun castaneum* (Herbst). Agriscientia, 14 pp: 31-36
- Ongley, E. D. 1997. Lucha Contra la Contaminación Agrícola de los Recursos Hídricos. (Estudio FAO Riego y Drenaje - 55), GEMS/Water Collaborating Centre Canada Centre for Inland Waters, Burlington, Canadá
- Opende, K., Walia, S. & Dhaliwal, G. S. 2008. Essential Oils as Green Pesticides: Potential and Constraints, Biopestic. Int. 4(1) pp: 63-84

- Orozco, Q. 2007. “El sistema alimentario del maíz en Pátzcuaro, Michoacán”. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Centro de Investigación en Ecosistemas. Universidad Nacional Autónoma de México, Morelia, Michoacán.
- Páez, A., Lagunes, A., Carrillo, J. L. & Rodríguez, J. C. 1990. Polvos vegetales y materiales inertes para el combate del gorgojo *Sitophilus zeamais* (Coleoptera. Curculionidae) en maíz almacenado. *Agrociencia* 1 pp: 35-46.
- Palomo, C. E. R. 2006. Evaluación de la eficacia de control de bromuro de metilo y fosfamina sobre *Tribolium castaneum* (herbst) y *Sitophilus zeamais* (motschulsky) en tratamientos cuarentenarios realizados en el puerto marítimo santo tomas de castilla, Izabal. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agronomía. Universidad de san Carlos de Guatemala
- Pascual, V., Ballestas, M. A. & Soles, A. 2004. Toxicidad y repelencia de aceites esenciales en plagas de almacén del arroz. *Biología sanitaria vegetal plaga*. 30 p: 279.
- Pascual- Villalobos, M. 1999. Anti-insect activity of plant extracts from the wild flora in southeastern Spain. *Biochemical Systematic and Ecology*, 27 (1) pp: 1-10
- Pascual-Villalobos, M. 1998. Repelencia, inhibición del crecimiento y toxicidad de extractos vegetales en larvas de *Tribolium castaneum* Herbst. (Coleoptera: Tenebrionidae). *Bol. San Veg. Plagas*. 24: 143-154 en: Steffanazzi, N. Gutierrez, M.M.; Cariac, M.; Ferrero, A.A. & Stadler, T. 2004, Repelencia en larvas de *Tribolium castaneum* (Coleoptera, Tenebrionidae) A *Tagetes terniflora* (Asteraceae)

- Permual, D. & Le Patourel, G. 1990. Laboratory evaluation of acid-activated kaolin to protect stored paddy against infestation by stored product insects. *J. Stored Product Research* 26(3):149-153 en: Silva G. A., Control organico de plagas de los granos almacenados. Facultad de Agronomía. Universidad de Concepción. pp: 1-10
- Phillipson, J. D. 1990. Plants as source of valuable products. *In* B.V. Charlwood, and M.J.C. Rhodes (eds.), *Secondary Products from Plant Tissue Culture*. Oxford: Clarendon Press, pp: 1-21.
- Pichardo, B. 2006. La revolución verde en México, Agraria, Sao Pablo, 4 pp. 40-68.
- Pimienta R. L. E., 2011. Evaluación del aceite esencial de *Eupatorium glabratum* Kunth como insecticida natural para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky y algunos hongos de maíz almacenado. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
- Ramirez-Moreno L., García-Barrios, L. E., Rodríguez, C., Morales, H. E. & Castro, A. E, 2001. Evaluación del efecto insecticida de extractos de plantas sobre *Leptophobia aripa* Elodia, Manejo Integrado de Plagas. Costa Rica. 60 pp: 50 – 56
- Rees, P. 1996. Coleoptera. *In* B. Subramanyam, and D. Hagstrum (eds.) *Integrated management of insects in stored products*. Marcel Dekker, New York, USA. pp: 1-40
- Rhodes, M. J. C. 1994. Physiological roles for secondary metabolites in plants: some progress, many outstanding
- Ríos, E. M. 2010. Composición química y potencial alelopático del aceite esencial de *Eupatorium glabratum* Kunth (cedazo) de Llano de Pario, Michoacán. Tesis de Químico Farmacobiólogo. Facultad de Farmacobiología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

- Ritacco, M. 1988. Control por Radiación Gamma del insecto plaga *Sitophilus Orizae* en grano de trigo almacenado. Comisión Nacional Atómica. Argentina. pp: 1-10
- Rodríguez, H. C. 1990. Perspectivas del uso de plantas con propiedades insecticidas. Simposio Nacional sobre sustancias vegetales y minerales en el combate de plagas (11, 1990, Oaxaca, México).Memorias. pp: 176-187.
- Rodríguez, H. C. & López, E. 2001. Actividad insecticida e insectistática de la chilca (*Senecio salignus*) sobre *Zabrotes subfasciatus*. Manejo Integrado de Plagas. 59 pp: 19 - 26
- Rodriguez, C. & López, P. E. 2001. Actividad insecticida e insectistática de la chilca (*Senecio salignus*) sobre *Zabrotes subfasciatus*. Manejo Integrado de Plagas Costa Rica. 59 pp: 19-26.
- Rodriguez, C. & Lagunes, A. 1992. Plantas con propiedades insecticidas: resultados de pruebas experimentales en laboratorio, campo y granos almacenados. Agroproductividad. 1. pp: 17-25.
- Rosenthal, G. A. & Berenbaum, M. R. 1991. Herbivores. The interactions with secondary plant metabolites. Acad. Press p: 468
- Sabbour, M. M. 2003. Combined effects of some microbial control agents mixed with botanical extracts on some stored product insects. Pakistan Journal of Biological Sciences. 6 pp: 51-56.
- Saini, E. D. & Rodriguez, S. M. 2008. Insectos perjudiciales a los productos almacenados. Publicación del Instituto de Microbiología y Zoología Agrícola. N° 7. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Buenos Aires. p: 54

- Salvadores, U., Silva, V. M. & Hepp, G. R. 2007. Polvos de especias aromáticas para el control del gorgojo del maíz, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, en trigo almacenado. *Agricultura Técnica* 67 (2) pp: 147-154.
- Salvadores, U. Y., Silva, A. G., Tapia, V. M. & Hepp, G. R. 2007. Polvos de especias aromáticas para el control del gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* Motschulsky, en trigo almacenado. *Agricultura Técnica (Chile)*. 67 pp: 147-154.
- Santos, R., Nunes, E., Nascimento, R., Santiago, G., Menezes, G., Silveira, E. & Pessoa, O. 2006. Chemical composition and larvicidal activity of the essential oils of *Cordia leucomalloides* and *Cordia curassavica* from the Northeast of Brazil. *J. Braz. Chem. Soc.* [online]. 2006, vol.17, n.5 [cited 2011-06-27], pp: 1027-1030.
- Schoonhoven, L. M. 1982. Biological aspect of antifeedants. *Entom.Exp.Appl.*31:57-69.
- Schultes, R. 1987. Members of Euphorbiaceae in primitive and advanced societies. *En: S. Jury, T. Reynolds, D. Cutler & F. Evans. The Euphorbiales. Chemistry, Taxonomy and Economic Botany. Academic Press. London.* pp: 79-95
- Sepúlveda, J. G., Ducoin, P. H. & Sosa, R. M. 2003. La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. *Revista Mexicana de Fitopatología* 21 (3) pp: 355-363.
- Silva, G. A., Control orgánico de plagas de los granos almacenados. Facultad de Agronomía. Universidad de Concepción. pp: 1-10
- Silva, G., Lagunes, A. & Rodriguez, J. 2003. Control de *Sitophilus zeamais* (coleoptera: curculionidae) con polvos vegetales solos y en mezcla con carbonato de calcio en maíz almacenado. *Ciencia e investigación agraria*30 (3) pp: 153-160

- Silva, A. G., Hepp G., Tapia M., Casals B., Bustos F. G. & Ruiz, O. F. 2006. E valuación de Boldo (*Peumus boldus* Molina) y cal para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky. *Agrociencia* 40 (2) pp: 219-228.
- Silva, A. G., Orrego, O., Hepp, R. & Tapia, M. 2005. Búsqueda de plantas con propiedades insecticidas para el control de *Sitophilus zeamais* en maíz almacenado. *Pesquería. Agropecuaria* 40 (1) pp: 11-17.
- Silva, A. G., González, P., Hepp, R. & Casals, P. 2004. Control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky con polvos inertes. *Agrociencia* 38 (5) pp: 529-536.
- Silva, G., Lagunes, A., Rodríguez, J. C. & Rodríguez, D. 2002. Insecticidas vegetales; una vieja y nueva alternativa en el manejo de plagas. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 66 pp: 4-12.
- Silva, G., Hepp, G. R., Tapia, V. M., Casals, B. P., Bustos, F. G. & Osses, R. F. 2006. Evaluación de boldo (*Peumus boldus* Molina) y cal para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky. *Agrociencia*. 40 pp: 219-228.
- Sotolongo, P. L. & Delgado, C. J. 2006. Complejidad y medio ambiente. *La revolución contemporánea del saber y la complejidad social*. 9 pp: 165-167
- Steffanazzi, N., Gutierrez, M. M., Cariac, M., Ferrero, A.A. & Stadler, T. 2004. Repelencia en larvas de *Tribolium castaneum* (Coleoptera, Tenebrionidae) A *Tagetes terniflora* (Asteraceae)
- Subramanyam, Bh. & Roesli, R. 2000. Inert dusts, pp. 321-380. In Subramanyam, Bh. & Hagstrum, D. W. (eds.), *Alternatives to pesticides in stored-product IPM*. Kluwer

- Subramanyan, B. H., Madamanchi, N. y Norwood, S. 1998. Effectiveness of insect applied to shelled maize against stored product insect larvae. *Journal of Economic Entomology*, 91 (1) pp: 280-286 En: Mazzuferi, V. E., Goncalvez, R. H., Tablada M. & Garcia, D. 2006. Efectividad y persistencia de las tierras de diatomeas en el control de maíz y su incidencia sobre la calidad. *Bol. San. Veg. Plagas*. 32
- Swain, T. 1979. *Tannins and Lignins*. In: *Herbivores: Their Interaction With Secondary Plant Metabolites*. (Eds.): G.Rosenthal and D.H.Janzen. pp: 657-682. Academic Press, New York.
- Tavares, M. 2002. Bioatividade da erva de Santa Maria *Chenopodium ambrosioides* L. (Chenopodiaceae) em relação a *Sitophilus zeamais* Mots., 1855. (Col.: Curculionidae). 59 p. Tesis Magister en Ciencias. Universidad de Sao Paulo, Piracicaba, Sao Paulo, Brasil. En: Salvadores, U., Silva Tapia V. M. y Hepp G. R. 2007. Polvos de especias aromáticas para el control del gorgojo del maíz, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, en trigo almacenado. *Agricultura Técnica* 67 (2) pp: 147-154.
- Tequida- Meneses M., Cortez-Rocha, M., Rosas-Burgos, E., López-Sandoval, S. & Corrales- Maldonado, C. 2002. Efectos de extractos alcohólicos de plantas silvestres sobre la inhibición de crecimiento de *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Penicillium chrysogenum*, *Penicillium expansum*, *Fusarium moniliforme* y *Fusarium poae*. *Rev Iberoam Micol*. 19 pp: 84-88
- Ting, I. P. 1982. *Plant physiology*. Addison Wesley Services in Life Sciences. New York, USA.
- Udo, I. O. 2005. Evaluation of the potential of some local spices as stored grain protectants against the maize weevil *Sitophilus zeamais* Mots (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*. 9 pp: 165-169.

- Van Driesde, R. G., Hoddle, M. S. & Center, T. D. 2007. Control de plagas y malezas por enemigos naturales. USDA Departamento de Agricultura. Washington. pp: 1-11.
- Verpoorte, R. 1998. Exploration of nature's chemodiversity: the role of secondary metabolites as leads in drug development. DDT 3 pp: 232–238.
- Verpoorte, R. 2000. Secondary metabolism. In: Verpoorte, R. and Alfermann, A. W. (eds.). Metabolic engineering of plant secondary metabolism. Kluwer Academic Publishers. Dredrecht. Pp: 1–29.
- Vibrans, H. 2009. Malezas de México. Disponible en línea en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/euphorbiaceae/croton-adspersus/fichas/ficha.htm> Fecha de consulta: Diciembre 2011
- Vogel, H. & Berti, M. 2003. ¿Qué es calidad en plantas medicinales y aromáticas? pp. 3 – 7. En: Cómo producir y procesar plantas medicinales y aromáticas de calidad. Fundación para la Innovación Agraria. Santiago, Chile.
- Weaver, D. & Subramanyam, B. 2000. Botanicals. pp: 303-320. In B. Subramanyam, and D. Hagstrum (eds.) Alternatives to pesticides in stored product IPM. Kluwer Academic Press, Boston, EUA.
- Zar, J. H. 1990. Biostatistical Analysis. Cuarta edición. Ed. Prentice Hall, New Jersey. pp: 663 En: Steffanazzi, N. Gutierrez, M.M.; Cariac, M.; Ferrero, A.A. & Stadler, T. 2004, Repelencia en larvas de *Tribolium castaneum* (Coleopetera, Tenebrionidae) A *Tagetes terniflora* (Asteraceae)

12. Anexo 1

Fase 1

Fecha y hora

Información personal

Numero	Variable	Pregunta	Formato de respuesta	respuesta
1	Nombre	-	textal	
2	Edad	-	Años	
3	Sexo	-	Femenino, masculino	
4	Escolaridad	¿Usted fue a la escuela?	Si, no	
5	Si en la 4 respondió si	¿Hasta qué año estudió?	Grado escolar	
6	Lengua o lenguas que habla el entrevistado	¿Además del español, usted habla otra lengua?	Si, no	
7	Si en la 5 respondió si	¿Cuál?	textual	

ALMACENAMIENTO

Numero	Variable	Pregunta	Formato de respuesta	respuesta
8	Existencia de problemática	¿Usted ha tenido en algún momento problemas de plagas en el lugar donde almacena el maíz?	Si, no	
9	Si sí,	¿Qué plagas ha tenido?	textual	

número	Variable	Pregunta	Formato de respuesta	Respuesta
10	Ultima cosecha	¿Cuándo fue su última cosecha?	textual	

11	Tipo de grano	¿Qué variedad o variedades de maíz tiene aquí?	literal	
12	Tiempo de cosecha	¿El maíz que tiene aquí es sólo de su última cosecha?	Si, no	
13	Si no,	¿Además tiene maíces de cosechas anteriores?	Si, no	
14	Si sí,	¿De cuándo fueron las cosechas?	Unidades de tiempo	
15	Percepción sobre plagas en el tiempo	¿Según su experiencia, el problema de plagas ha aumentado, disminuido o se ha mantenido igual?	Textual	
16	Control de plagas en el tiempo	¿La manera en que usted controla las plagas ha cambiado de cómo lo hacían su papá o sus abuelos?	Si, no	
17	Si sí,	¿Qué hace usted diferente?	Textual	

Manejo pre cosecha

Manejo pre cosecha				
Numero	Variable	Pregunta	Formato de respuesta	Respuesta
18	Número de parcelas	¿Cuántas parcelas tiene?	Número	
19	Dimensión de la parcela	¿Cuánto mide cada una?	Unidades de longitud	
20	Rendimiento	¿Aproximadamente, cuánto maíz cosecha en su parcela?	Unidades de peso	
21	Prácticas de manejo	¿Dobla la mazorca antes de cosechar?	Si, no	
22	Control de plagas	¿Cómo controla las plagas en su milpa?	textual	
Una pregunta y una respuesta por cada plaga que se mencione, esta pregunta es para				

cuando está todavía en la parcela				
23	Procedencia del grano	¿El maíz que sembró es de sus cosechas anteriores? Si sí, pase a la pregunta 28	Si, no	
24	Si no,	¿Lo compró?	Si, no	
25	Si sí,	¿A quién? O ¿dónde?	textual	
26	Si respondió que no lo compro ni que es de su cosecha	¿Se lo otorgó el gobierno?	Si, no	
27	En caso de ninguna de las anteriores	¿De dónde procede el maíz que sembró?	textual	
28	Agroquímicos	¿Utiliza agroquímicos?	Si, no	
29	Si sí,	¿Cuáles?	textual	
30	Manejo del suelo	¿Cómo ara la tierra?	textual	
31	Manejo de malezas	¿Cómo controla las malezas?	textual	
32	Riego	¿Su cosecha es de riego o temporal?	Riego o temporal	
33	Abono	¿Utilizo abono?	Si, no	
34	Si sí,	¿Cuál?	Textual	
35	aplicación	¿Cómo lo aplica?	textual	
36	temporalidad	¿Cada cuanto lo aplica?	Unidades de tiempo	
37	cantidad	¿Cuánto aplica?	Unidades de peso	
38	frecuencia	¿Cuántas veces lo aplicó?	numérico	

Manejo post cosecha

Manejo post cosecha				
Numero	Variable	Pregunta	Formato de respuesta	Respuesta
39	Secado	¿Cómo seca el maíz antes de almacenarlo?	Textual	
40	Tiempo de secado	¿Cuánto tiempo lo deja secando?	Unidades de tiempo	

41	Percepción de secado	¿Cómo sabe usted cuando el maíz ya está seco?	textual	
42	Manejo de gorgojo	¿Qué hace si se da cuenta que en su maíz hay gorgojo?	Textual	
43	Uso del grano	¿Qué hace con el grano que cosecha?	Siembra para el futuro, autoconsumo, venta, alimento para sus animales, otro	
44	Si respondió que vende en la 43	¿Cuánto vende?	Unidades de peso	
45	Forma de almacenamiento	¿Guarda el maíz en mazorca o en grano?	Mazorca o grano, ambas	
46	En caso de que sea ambas	¿Por qué lo guarda en grano y en mazorcas?	Textual	
47	Personas dueñas del grano	¿De cuantas personas hay maíz ahí?	numérico	
48	Actores	¿Alguien le ayuda en las actividades postcosecha?	Si, no	
49	Si sí,	¿Quién le ayuda y en qué le ayuda?	textual	
50	Volteo	¿Realiza volteo del grano?	Si, no	
51	Si sí,	¿Cada cuánto voltea el grano?	Unidad de tiempo	
52	Manejo de plagas	¿Qué hace si el maíz almacenado se infesta de alguna plaga?	textual	
Una pregunta y una respuesta por cada plaga que se mencione				

Fase 2: Observación

Numero: 1	Formato de respuesta	Variable: Materia del que está construido el lugar donde se
-----------	----------------------	---

		almacena el grano
Adobe	(palomita)(x) o si, no	
Madera	/	
Barro	/	
Concreto	/	
Piedra	/	
Otro	¿Cuál?	

Número : 2	Formato de respuesta	Variable: Forma de almacenamiento del grano
Sacos	Si, no	
Silos	Si, no	
En caso de ser afirmativo: material del que están contruidos los silos		
Contenedores de plástico	Si, no	
Pilas en el suelo	Si, no	
Otro	¿Cuál?	

Numero: 3	Formato de respuesta	Variable: características generales
Incidencia de luz solar	¿?	
Elevación	Metros (0 es que esta a nivel del suelo)	
Refrigeración	Si, no	
Aireación	%	
Si hay ventanas o si es por madera en el suelo entre los huecos, anotar observaciones		
Cercanía a fuentes de humedad	Si, no (seco en el momento de la entrevista)	
Hermeticidad	Si, no	
En la construcción y/o en el dispositivo de almacenamiento, anotar observaciones		

Numero: 4	Formato de respuesta	Variable: tipo de iluminación
Natural	Si, no	
Artificial	Si, no	
otro	¿Cuál?	

Numero: 5	Formato de respuesta	Variable: tipo de piso
Tierra	Si, no	
Cemento	Si, no	
Azulejo	Si, no	
Madera	Si, no	
Piedra	Si, no	
Loseta de barro	Si, no	
Otro	¿Cuál?	

numero	variable	pregunta	Formato de respuesta	respuesta
6	Orientación	¿Hacia dónde está orientada la troje?	Norte, sur, este, oeste, combinaciones de 2	

Numero	Variable	Formato de respuesta	Respuesta
7	Volumen de grano en comparación con volumen del sitio	%	

Numero: 8	Formato de respuesta	Variable: plagas
Roedores	Si, no	
Insectos	Si, no	
Lepidópteros	Si, no	
otro	¿Cuál?	