

Actividad insecticida e insectistática de la chilca (*Senecio salignus*) sobre *Zabrotes subfasciatus*

Cesáreo Rodríguez Hernández¹
Ernesto López Pérez²

RESUMEN. La chilca (*Senecio salignus*) se ha utilizado tradicionalmente en Chiapas, México para proteger granos almacenados del daño de insectos; sin embargo, su uso ha ido desapareciendo gradualmente. Con el propósito de rescatar el uso de extractos vegetales para el control de plagas se evaluó el polvo de hoja, tallo y raíz de esta planta para el control del gorgojo mexicano del frijol *Zabrotes subfasciatus*, comparándolo con polvos vegetales de raíz de cancerina (*Hippocratea excelsa*), semilla de nim (*Azadirachta indica*) y hojas de mumo (*Piper auritum*). En frascos de cristal se colocaron 100 g de frijol Flor de mayo que se impregnó con 1 g de polvo vegetal. Se añadieron 10 parejas de *Z. subfasciatus* de menos de 24 h de edad. La raíz de chilca eliminó la población, mientras la hoja de esta planta ocasionó entre 16% y 38% de mortalidad. La dosis de 5 kg de polvo de raíz de chilca por tonelada de frijol provoca 100% de mortalidad. La hoja de mumo, la semilla de nim y la raíz de cancerina provocaron 38,17 y 11% de mortalidad, respectivamente, a los 6 días después del tratamiento. La emergencia registrada a los 51 días fue nula con la raíz de chilca y de 3,4% con la raíz de cancerina, con respecto al testigo (100%). En los demás tratamientos, la emergencia fue mayor al 33,8%. El daño ocasionado por la población sobreviviente, registrado a los 52 días después de la infestación de adultos, fue de 0%; 1,4% y 8,8% con raíz de chilca, cancerina y semilla de nim, respectivamente. En los demás tratamientos el daño fue superior a 10,3%, en comparación con el daño del testigo (26,1% del total del frijol). La raíz de chilca se evaluó posteriormente en dosis de 1; 0,5 y 0,1%, ocasionando 100, 100 y 91% de mortalidad, 0, 0 y 17,5% de emergencia y 0, 0 y 8,4% de daño. El TL_{50} de las dosis de 1%; 0,5% y 0,1% de la raíz de chilca fue de 1,2; 1,7 y 2,2 días. La raíz de esta especie afectó parcialmente a los huevos de *Z. subfasciatus*. Por tanto, la impregnación del frijol almacenado con el polvo de la raíz de chilca debe realizarse en forma preventiva o al observar los primeros adultos de la plaga.

Palabras clave: *Senecio salignus*, *Zabrotes subfasciatus*, *Azadirachta indica*, *Hippocratea excelsa*, *Piper auritum*, Insectistático, Insecticida, Extractos vegetales.

ABSTRACT. Insecticide and insectistatic activity of chilca (*Senecio salignus*) on *Zabrotes subfasciatus*. The chilca (*S. salignus*) has been traditionally used in Chiapas, Mexico to protect stored grain from insect damage; however it has been gradually disappearing. With the purpose of rescuing the use of vegetables extracts for the pest control were evaluated leaves, stems and roots, as powder, of this plant for the control of the Mexican bean weevil *Z. subfasciatus* and compared with plant powder of cancerina root (*Hippocratea excelsa*), neem seed (*Azadirachta indica*) and leaves of mumo. In glass bottles, 100 grams of May Flour were placed and mixed with 1 gram of plant powder. Ten *Z. subfasciatus* couples, of less than 24 hours of age, were added. The chilca root eliminated the population, while the leaf of this plant caused between 16% and 38% mortality. The dose 5 kg of chilca root powder per ton of bean causes 100% mortality. The leaves of mumo, neem seeds and roots of cancerina caused 38,17 and 11% mortality, respectively, 6 days after treatment. The emergence recorded after 51 days was nil with chilca root and was 3.4% with the cancerina root, with respect to the control (100%). In the rest of the treatments, emergence was greater than 33.8%. The damage caused by the surviving population, recorded 52 days after adult infestation, was 0%; 1.4% and 8.8% with chilca root, cancerina and neem seed. In the other treatments the damage was greater than 10.3%, compared with damage in the control (26.1% of all the beans). The chilca root was evaluated subsequently at doses of 1, 0.5 and 0.1%, causing 100, 100 and 91% mortality, 0, 0 and 17.5% emergence and 0, 0, and 8.4% damage. The LT_{50} at 1, 0.5 and 0.1% dose rates of chilca root were 1.2, 1.7 and 2.2 days. The root of this species affected the eggs of *Z. subfasciatus*. Therefore incorporation of powdered chilca root into stored beans should be performed preventively or as soon as the first adults of the pest are observed.

Recibido:22/02/2000. Aprobado:23/02/2001.

¹ Instituto de Fitosanidad del Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. Correo electrónico: crhernan@colpos.colpos.mx

² Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Estado de México, México.

Key words: *Senecio salignus*, *Zabrotes subfasciatus*, *Azadirachta indica*, *Hippocratea excelsa*, *Piper auritum*, Insectistatic, Insecticides, Plant extracts.

Introducción

En los últimos 20 años, la búsqueda de métodos alternativos de manejo de plagas ha tenido como propósito fundamental encontrar técnicas que permitan manejar la resistencia desarrollada por las plagas a los plaguicidas órgano sintéticos así como estrategias que proporcionen una opción de control de plagas, que eviten la eliminación de los enemigos naturales, la contaminación del agua, del aire y del suelo, la intoxicación de los productores, y especialmente, la acumulación de sustancias tóxicas en los productos agrícolas alimenticios. Una de las técnicas utilizadas en el pasado y recuperadas es el uso de plantas con propiedades insecticidas. Posteriormente, con el desarrollo de la química, el uso de estas plantas se reemplazó por compuestos sintéticos, hasta convertirse estos productos en el principal método de control de plagas. No obstante, en los lugares donde no existían recursos económicos para la adquisición de plaguicidas sintéticos ni la asesoría básica para su uso se siguieron usando las plantas con propiedades insecticidas.

Una de las plagas más importantes del frijol almacenado es el gorgojo mexicano del frijol o gorgojo pinto del frijol (*Zabrotes subfasciatus*). Este insecto es originario de las regiones de Centro y Sur América, desde donde se ha distribuido a varias zonas cálidas del mundo en las cuales se cultiva frijol (Southgate 1979). Los daños ocasionados son difíciles de cuantificar y aunque varían según la región, se estiman pérdidas de aproximadamente 35% (Crispin 1977, CIAT 1988). Sin embargo, los daños son superiores en lugares con mayor pobreza debido a las pocas opciones de control que tienen los agricultores. El principal daño de esta plaga lo ocasiona la larva al alimentarse internamente del grano, perjudicando la viabilidad de la semilla y propiciando la entrada de patógenos (Ospina 1981) y oxidación de lípidos, lo cual le da un olor característico al grano.

No obstante, a que la mayoría de la investigación realizada en los últimos 20 años sobre plantas con propiedades insecticidas (Hill 1980, Rodríguez *et al.* 1982, Grainge y Ahmed 1987, Rodríguez y Lagunes 1992, Rodríguez y Vendramim 1998, Rodríguez 2000), ha sido sobre plagas de granos almacenados (Arcos 1989, Rodríguez y Lagunes 1990, Araya 1993, Lego-

rreta 1993, Luna *et al.* 1995), no se han validado las técnicas tradicionales ni se han comparado con los resultados generados en los últimos años.

Entre las plantas utilizadas para la protección de granos almacenados destaca el nim (*Azadirachta indica*, Meliaceae), a la cual se le atribuye la mayor actividad insecticida e insectistática a nivel mundial (Rodríguez 1999), la cancerina (*Hippocratea excelsa*, Hippocrateaceae) que ha demostrado actividad tóxica para cuatro especies de insectos plaga en granos almacenados (Rodríguez 1990, Rodríguez y Lagunes 1992, Domínguez y Correa 1998), el mumo (*Piper auritum*, Piperaceae) que se ha utilizado tradicionalmente en la región Chatina de Oaxaca, México para proteger el grano almacenado de plagas y la chilca (*Senecio salignus*, Asteraceae) la cual se ha utilizado desde épocas remotas en los Altos de Chiapas, México para evitar las plagas en frijol almacenado (Miranda 1952).

El objetivo de esta investigación fue evaluar, en condiciones de laboratorio, la actividad insecticida e insectistática de chilca, comparándola con la del nim, el mumo y la cancerina para la protección de frijol almacenado del daño de *Z. subfasciatus*.

Materiales y métodos

El estudio se realizó de julio de 1998 a noviembre de 1999 en el Laboratorio de Insecticidas Vegetales del Instituto de Fitosanidad del Colegio de Postgraduados, en Montecillo, México.

Obtención y procesamiento de plantas

Las especies vegetales evaluadas se obtuvieron o recolectaron en las siguientes localidades: la raíz de cancerina se adquirió en el mercado de plantas medicinales de Texcoco, México en 1991. La semilla de nim se cosechó en Tepetates, Veracruz, México, durante julio y agosto de 1997. La chilca y el mumo se recolectaron en el municipio de Amatenango del Valle, Chiapas, México. En el caso de la chilca, la hoja se recolectó en tres fechas diferentes: 26 de julio y 18 de octubre de 1998 y 6 de enero de 1999 (denominándose hoja 1, hoja 2 y hoja 3 según la fecha cronológica de recolección); la raíz y el tallo de esta especie y la hoja de mumo, se recolectaron el 6 de enero de 1999.

La identificación de las plantas recolectadas fue realizada por la M.C. Beatriz Elena Madrigal Calle,

curadora del Herbario-Hortorio del C.P., excepto la identificación de la chilca, la cual fue realizada por el Sr. José García Pérez del Instituto de Investigación de Zonas Desérticas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.

La hoja, tallo y raíz de chilca y la hoja de mumo, recolectadas, aproximadamente 4 kg en fresco, se secaron a la sombra por 30 días. Una vez deshidratado este material todas las especies evaluadas en esta investigación se pulverizaron, utilizando un molino manual, hasta obtener un polvo fino menor a 40 mallas por pulgada cuadrada.

Cría de *Z. subfasciatus*

La cría del insecto se realizó en una cámara bioclimática a $27\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $70\pm 5\%$ HR con adultos obtenidos del laboratorio de Ecología de Insectos del CP en 1998.

La fuente de alimentación empleada fue frijol Flor de mayo cosechado y adquirido comercialmente. Este último se lavó y se sometió a temperatura de -5°C por 6 días para eliminar insectos.

En un frasco de 5 L de capacidad se colocó frijol hasta dos tercios de su volumen. Se añadieron los adultos que conformaron el inicio de la cría. Posteriormente, los adultos emergidos en la primera generación se trasladaron a otro frasco con grano y así sucesivamente hasta tener una población suficiente que permitiera disponer continuamente de adultos, de menos de 24 h de edad, para realizar las pruebas de evaluación.

Bioensayos

En los bioensayos se utilizaron frascos de vidrio con capacidad de 250 ml, en los cuales se colocaron 100 g de frijol y 1 g de polvo vegetal. En cada frasco se mezcló homogéneamente el frijol y el polvo vegetal, posteriormente se infestó con 10 gorgojos adultos machos (pardo uniforme) y 10 hembras (negro con cuatro manchas en los élitros); de menos de 24 h de edad. En el tratamiento testigo no se añadió ningún polvo vegetal.

Esta metodología permitió realizar varios experimentos: a) evaluar el efecto insecticida de las cuatro especies de plantas en dosis de 1,0%, b) evaluar la raíz de chilca en dosis de 0,1; 0,5 y 1,0%, añadiendo 0,1; 0,5 y 1,0 g de polvo en cada frasco, c) evaluar tiempos de infestación, incorporando el polvo de la raíz de chilca en dosis de 0,1; 0,5 y 1,0%, 6 días antes y 6 días después de la infestación con los adultos de *Z. subfasciatus*, y d) evaluar el polvo de la raíz de chilca en dosis de 0,1; 0,5 y 1,0% en frijol sometido por 24 h a la oviposición de adultos de la plaga, previa homogenización.

Evaluación de la mortalidad, la emergencia y daño de *Z. subfasciatus*

El registro de mortalidad de adultos se realizó a los 6 días después de la infestación con *Z. subfasciatus*. Se consideró como muertos a aquellos especímenes que después de ser perturbados no mostraron movimientos normales. Para la evaluación de las diferentes dosis de raíz de chilca se observó diariamente la mortalidad en cada unidad experimental, hasta los 6 días después de la infestación.

El registro de la emergencia de adultos de la primera generación, tanto de hembras como de machos, se inició desde el surgimiento del primero hasta el último adulto observado en los frascos durante todo el experimento (desde los 35 a los 51 días después de la infestación de *Z. subfasciatus*). En las evaluaciones con diferentes dosis de chilca en preinfestación y postinfestación, y de huevos, se registró el número de adultos emergidos en cada unidad experimental, sin separación de sexo, a los 51 días después de la infestación.

El daño, se evaluó pesando (g) los granos atacados, este se registró a los 52 días después de la infestación de la plaga en cada unidad experimental.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar con cinco repeticiones en todos los tratamientos. Los ocho tratamientos evaluados fueron: a) hoja de chilca recolectada en julio de 1998, b) hoja de chilca recolectada en octubre de 1998, c) hoja de chilca recolectada en enero de 1999, d) tallo de chilca, e) raíz de chilca, f) hoja de mumo, g) raíz de cancerina, y h) semilla de nim en dosis de 1,0%, y tres dosis de raíz de chilca con tres fechas de infestación de *Z. subfasciatus*, además del efecto de tres dosis del polvo de raíz de chilca en huevos, con un respectivo testigo, sin ningún tipo de tratamiento.

A los datos obtenidos, a excepción de los resultados obtenidos con la raíz de chilca en aplicaciones en pre y postinfestación y TL_{50} y TL_{98} , se les realizó un análisis de varianza, así como la prueba de Tukey al 5% de probabilidad para la comparación de medias en las variables donde hubo diferencia significativa. En lo que respecta a la correlación del tiempo con la mortalidad, provocada por las dosis de 0,1; 0,5 y 1% del polvo de la raíz de chilca en los adultos de *Z. subfasciatus* se realizó el análisis probit* (Infante 1994), para determinar el tiempo letal 50 y 98. En ambos casos se utilizó el paquete estadístico SAS.

* El análisis probit se utiliza para designar a un conjunto de procedimientos estadísticos que estiman los parámetros de una línea de regresión que relaciona datos transformados de dosis y porcentaje de respuesta corregida, así como sus límites fiduciales (Infante 1994).

Resultados y discusión

Mortalidad

Evaluación de polvo de especies vegetales. La mortalidad de adultos de *Z. subfasciatus* en frijol Flor de mayo tratado con polvo de la hoja, raíz y tallo de chilca, semilla de nim, raíz de cancerina y hoja de mumo, en dosis de 1,0% se presenta en el Cuadro 1. La raíz de chilca logró 100% de mortalidad, siendo diferente significativamente a los demás tratamientos. La hoja de esta misma especie recolectada en julio de 1998 y en enero de 1999 (hoja 1 y 3) y la hoja de mumo provocaron una mortalidad entre 38% y 24%, considerada baja. La semilla de nim, la hoja de chilca recolectada en octubre de 1998 (hoja 2), el tallo de chilca y la raíz de cancerina no fueron diferentes al testigo.

Cuadro 1. Mortalidad (%) de adultos de *Z. subfasciatus* en frijol Flor de mayo tratado con polvos vegetales al 1,0%, Montecillos, México.

Tratamientos	Mortalidad (%)
Chilca (raíz)	100a**
Chilca (hoja 3)*	38b
Mumo (hoja)	27bc
Chilca (hoja 1)*	24bc
Nim (semilla)	17cd
Chilca (hoja 2)*	16cd
Cancerina (raíz)	11cd
Chilca (tallo)	11cd
Testigo (sin polvo)	5d

* Hoja 1 recolectada en julio de 1998, hoja 2 recolectada en octubre de 1998 y hoja 3 recolectada en enero de 1999.

**Valores con la misma letra son iguales estadísticamente, de acuerdo a la prueba de Tukey con $\alpha=0,05$.

De estos resultados se infiere que la raíz de chilca es más tóxica que la hoja de la misma especie, la cual se ha utilizado tradicionalmente por los Tzeltales (grupo étnico) en los Altos de Chiapas como planta medicinal e insecticida (Miranda 1952). El tallo de chilca no mostró efectividad para el control de *Z. subfasciatus*; la flor y la semilla de esta especie no se evaluaron en esta investigación. En relación con el efecto de la hoja de esta planta, la mortalidad provocada por la recolectada en julio (hoja 1) y octubre (hoja 2) de 1998 y en enero de 1999 (hoja 3) varió de 16 a 38%, lo que indica que algunos factores no considerados durante la recolección, cosecha, procesamiento y almacenamiento de la planta y del almacenamiento del grano en esta investigación, pero sí practicados por los Tzeltales, hace de la hoja un buen método de protección de granos.

La raíz de chilca fue mejor que la semilla de nim y que la hoja de mumo al 1,0% para la protección del fri-

jol Flor de mayo, a pesar de que a ésta meliácea se le ha atribuido poder insecticida e insectistático (inhibición del crecimiento y de la alimentación, entre otros efectos) (Rodríguez 1999) y de la aplicabilidad práctica de mumo en los graneros del sureste de México, como en la región chatina de Oaxaca, aunque este último provocó una toxicidad similar a la informada por Rodríguez *et al.* (1992). La raíz de chilca también mostró mayor actividad que la raíz de cancerina, la cual no logró una protección significativa, como la informada por Rodríguez (1989) en adultos de esta plaga (17,6%) y la reportada (23,8%) por Ortega (1987) en el gorgojo pardo del frijol *Acanthoscelides obtectus*, pero discrepa del 100% de mortalidad señalado por Domínguez y Correa (1998).

La comparación de estos resultados con los obtenidos con otras especies vegetales no evaluadas indica que la toxicidad de la raíz de chilca es similar a la semilla de hilama (*Annona diversifolia*, Annonaceae) y a la hoja, flor y tallo de la jícama (*Pachyrhizus erosus*, Fabaceae) (Domínguez y Correa 1998), y a la hoja de epazote (*Chenopodium ambrosioides*, Chenopodiaceae) (Legorreta 1993) las cuales provocan mortalidad total de *Z. subfasciatus* en dosis de 1,0%. La chilca mostró mayor actividad que otras plantas prometedoras, como la semilla del chicalote (*Argemone mexicana*, Papaveraceae) (Cuevas *et al.* 1990), la higuera (*Ricinus communis*, Euphorbiaceae) (Cortez y Celaya 1992), la hoja de la pimienta (*Pimenta dioica*, Myrtaceae) (Rodríguez *et al.* 1992), la hoja, flor y semilla de chamol (*Caesalpinia pulcherrima*, Fabaceae) y la semilla de jícama (Domínguez y Correa 1998) para *Z. subfasciatus*, además de la hoja y tallo de carricillo (*Equisetum arvense*, Equisetaceae) y la hoja-tallo de té de castilla (*Lippia alba*, Verbenaceae) reportadas por Ortega (1987) como prometedoras en el control de *A. obtectus*, por provocar mortalidad del 50% al 98,8% en dosis de 1,0%.

Evaluación de dosis de raíz de chilca. La mortalidad de adultos de *Z. subfasciatus* en frijol Flor de mayo tratado con dosis de 0,1; 0,5 y 1,0% de raíz de chilca fue similar (Cuadro 2); sin embargo, en la interpretación biológica, el 9% de la población en frijol tratado con polvo al 0,1% no muere, lo que puede dar continuidad a la infestación hasta llegar a ocasionar daños graves, conforme avance el periodo de almacenamiento. En este sentido, se recomienda utilizar la dosis 0,5% que elimina al 100% de los adultos.

TL₅₀ y TL₉₈. El TL₅₀ de *Z. subfasciatus* osciló de 1,2 a 2,2 días, mientras que TL₉₈ fue de 3,2 a 7,4 días en fri-

Cuadro 2. Mortalidad (%) de adultos de *Z. subfasciatus* en frijol Flor de mayo tratado con polvo de la raíz de chilca a diferentes dosis, Montecillos, México.

Dosis (%)	Mortalidad (%)
Raíz de chilca 1,0	100a
Raíz de chilca 0,5	100a
Raíz de chilca 0,1	91a
Testigo	0b

*Valores con la misma letra son iguales estadísticamente, de acuerdo a la prueba de Tukey con $\alpha=0,05$.

jol tratado con las dosis del 1,0 al 0,1% (Cuadro 3). La chilca provocó más del 60% de esta mortalidad en el segundo día después del tratamiento, provocando entre el 83 y 100% de mortalidad de los adultos a los 4 días después de la impregnación del polvo, en el frijol, tiempo en el que según Golob y Kilminster (1982) las hembras depositan el mayor número de huevos.

La raíz de chilca al 1,0% eliminó el total de adultos un día antes, en comparación a la actividad de la dosis de 0,5%. No obstante, desde el punto de vista práctico no debe recomendarse la dosis de 1,0%, pues al proteger un día el grano y eliminar el 2% de la población se utiliza el doble de la dosis, lo cual no es recomendable para cuidar el recurso y mantener su eficacia como método biorracional el mayor tiempo posible. Para la dosis menor (0,5%) que logró la eliminación del total de la población, la TL_{50} fue de 1,7 días, y la TL_{98} de 3,7 días, provocando mortalidad total en los adultos de *Z. subfasciatus* a los 5 días después de mezclado el polvo de la raíz de chilca en dosis de 5 kg/t de frijol.

Cuadro 3. Tiempo letal 50 y 98 en días para adultos de *Z. subfasciatus* en frijol Flor de mayo tratado con polvo de la raíz de chilca, a diferentes dosis, Montecillos, México.

Dosis (%)	TL_{50}	TL_{98}
Raíz de chilca 1,0	1,2	3,2
Raíz de chilca 0,5	1,7	3,7
Raíz de chilca 0,1	2,2	7,4
Testigo	-	-

*Tiempo letal de acuerdo al análisis probit

Evaluación de raíz de chilca en pre y postinfestación.

La impregnación del polvo de la raíz de esta especie en frijol Flor de mayo, en dosis de 0,1; 0,5 y 1,0%, 6 días antes y 6 después de la infestación con adultos de *Z. subfasciatus* provocó 100% de mortalidad en todos los casos, a los 6 días después de haber completado cada tratamiento. Esto demuestra la actividad del polvo de la raíz de esta especie para el control de esta plaga,

como tratamiento preventivo y curativo. Por tanto, la impregnación del polvo al momento del almacenamiento del frijol eliminará a todos los adultos que arriben posteriormente. En la impregnación posterior a la detección del problema en frijol, este producto eliminará la población de adultos de *Z. subfasciatus* en menos de 6 días después del tratamiento.

Emergencia

Evaluación de polvo de especies vegetales. La emergencia de adultos en la primera generación, descendiente de los sobrevivientes de los tratamientos con hoja, raíz y tallo de chilca, semilla de nim raíz de cancerina y hoja de mumo en frijol Flor de mayo en dosis de 1,0% se presenta en el Cuadro 4. La raíz de chilca y cancerina fueron significativamente diferentes en relación con el testigo. La semilla de nim no fue diferente del testigo; sin embargo, según Lagunes y Rodríguez (1989) y Rodríguez y Lagunes (1990) este tratamiento resulta prometedor en la protección del grano al permitir una emergencia menor del 50%, con respecto a la población registrada en el testigo, en las mismas condiciones experimentales.

Cuadro 4. Proporción de hembras y emergencia (%) de adultos de *Z. subfasciatus* en frijol Flor de mayo tratado con polvos vegetales al 1,0%, Montecillos, México.

Tratamientos	Proporción de hembras	Emergencia (%)
Chilca (raíz)	—	0,0 b
Cancerina (raíz)	75,0	3,4 b
Nim (semilla)	49,1	33,8 ab
Chilca (hoja 3)*	48,1	63,5 ab
Mumo (hoja)	49,4	65,3 ab
Chilca (hoja 2)*	47,8	84,4 ab
Testigo (sin polvo)	51,8	100,0 a
Chilca (hoja 1)*	50,8	107,4 a
Chilca (tallo)	45,8	111,1 a

* Hoja 1 recolectada en julio de 1998, hoja 2 recolectada en octubre de 1998 y hoja 3 recolectada en enero de 1999.

**Valores con la misma letra son iguales estadísticamente, de acuerdo a la prueba de Tukey con $\alpha=0,05$.

Por tanto, la raíz de chilca y la de cancerina son mejores que la semilla de nim y el mumo por inhibir el desarrollo de la plaga en la primera generación. La raíz de chilca inhibió totalmente el desarrollo de la población en la primera generación, a diferencia de la hoja y del tallo de la misma especie, los cuales no lograron evitar la emergencia. La raíz de cancerina, aunque estadísticamente igual a la raíz de chilca, permite el 3,4% de desarrollo de la población en comparación

con el testigo, cuantificado como 100% por su desarrollo normal. No obstante, con esta planta se ha informado una emergencia nula de *A. obtectus* (Ortega 1987), y de 41,8% de *Z. subfasciatus* (Rodríguez 1989), lo que denota que cancerina inhibe el desarrollo de los gorgojos del frijol en diferentes grados de eficacia, pero siempre alcanzó una emergencia menor o igual al 50%, con respecto al desarrollo normal del testigo (Rodríguez 1990). La semilla de nim es moderadamente eficaz, al permitir el desarrollo de la población en 33,8% en su primera generación, en relación con el testigo; no obstante, sería mejor que la hoja y el tallo de chilca y la hoja de mumo desde el punto de vista práctico.

La actividad de chilca, de inhibir totalmente el desarrollo de *Z. subfasciatus*, posiblemente se deba a que inhibe la oviposición, evita el desarrollo y la eclosión de los huevos, elimina a las larvas, pupas o preadultos, induce formas intermedias entre larva y pupa, entre pupa y preadulto, o deformaciones en preadultos que impidan su desarrollo, entre otras evidencias de toxicidad.

La comparación de los resultados obtenidos para chilca, con las de evaluaciones de otras especies de plantas usadas para el control de otras especies de gorgojos del frijol muestran que la inhibición total de la emergencia de adultos también se ha informado con la semilla de chicalote para *Z. subfasciatus* (Cuevas *et al.* 1990) y con la raíz de cancerina para *A. obtectus* (Ortega 1987). Por tanto, la raíz de chilca es mejor que la de cancerina y la hoja y flor de flor de muerto (*Tagetes foetidissima* Asteraceae) (Rodríguez 1989) y la hoja de epazote (Legorreta 1993) para el control de *Z. subfasciatus*, además de la jícama y la hoja de flor de muerto para *A. obtectus* (Ortega 1987), las cuales inhiben parcialmente la emergencia de adultos (24-50%) a la dosis del 1,0%.

Efecto de especies vegetales en la proporción de sexos de *Z. subfasciatus*. La emergencia de adultos de la plaga en frijol tratado con chilca, nim, cancerina y mumo, en dosis de 1,0% fue diferente tanto en machos como en hembras.

La raíz de chilca eliminó la población total (Cuadro 4), mientras que la raíz de cancerina permitió una población de 16 especímenes que corresponde a 3,4% de la población del testigo; siendo el 75% hembras, lo que podría indicar que éste favorece el desarrollo de hembras, en contraste con el 25% de machos en la primera generación. La semilla de nim favorece levemente la emergencia de machos, pues representan el 50,9% del total de la descendencia en la primera generación (12 hembras y 4 machos).

La mayor proporción de hembras se determinó en frijol tratado con la raíz de cancerina y la hoja de chilca recolectada en julio de 1998 (hoja 1) con 75,0 y 50,8%, respectivamente de la población total de adultos emergidos en la primera generación, lo cual indica que habrá mayor cantidad de huevos, mayor daño por larvas y proporcionalmente, mayor población en la descendencia, y por lo tanto, menor tiempo de protección del grano almacenado en comparación con los tratamientos con las hojas 2 y 3 (recolectadas en octubre de 1998 y enero de 1999) y el tallo de chilca con 52,2; 51,9 y 54,2%, de machos emergidos, respectivamente, de la población total de adultos registrados en la primera generación.

Evaluación de especies vegetales en el desarrollo de la primera generación de *Z. subfasciatus*. En relación con el tiempo transcurrido desde la infestación del frijol Flor de mayo con los adultos de *Z. subfasciatus* hasta el tiempo promedio de emergencia de adultos de la primera generación, éste osciló de 39,2 días en el testigo hasta 40,8 días con el tratamiento con la hoja de chilca, recolectada en octubre de 1998, sin determinarse diferencias significativas para ningún tratamiento.

Evaluación de dosis de raíz de chilca. La emergencia de adultos de la primera generación descendientes de los adultos obtenidos de frijol tratado con raíz de chilca en dosis de 0,5% y 1,0% en frijol Flor de mayo fue nula (Significancia c, Tukey = 0,05). La dosis del 0,1% registró un 17,5% de emergencia de adultos, con respecto a la emergencia del testigo (100%, Significancia a, Tukey a = 0,05).

No obstante, la dosis de 0,1 es una buena alternativa para la protección de granos por inhibir la emergencia a menos del 50%, con respecto al testigo de acuerdo con los parámetros de Lagunes y Rodríguez (1989) y Rodríguez y Lagunes (1990).

En lo referente a la actividad en la segunda generación de *Z. subfasciatus* en frijol tratado con raíz de chilca en dosis de 0,1; 0,5 y 1,0% no hubo descendencia con ninguna de las dosis en comparación con la gran población del testigo (no registrada). La dosis del 0,1% inhibe parcialmente el desarrollo de la plaga en la primera generación pero logra la inhibición total en la segunda generación.

Evaluación de raíz de chilca en pre y postinfestación. La incorporación del polvo de raíz de esta especie en frijol Flor de mayo, 6 días antes de la infestación inhibió totalmente la emergencia de adultos de *Z. subfasciatus* en la primera generación, con todas las dosis (0,1%; 0,5% y 1,0%). En contraste, cuando el polvo se añadió

a los 6 días después de la infestación, la emergencia en la primera generación fue similar a la del testigo con todas las dosis. Esto indica que este polvo vegetal en postinfestación no afecta el desarrollo de huevos, larvas y pupas, ni altera la emergencia de adultos. Por tanto, para evitar la proliferación de la plaga, la raíz de esta planta debe aplicarse al frijol antes o durante el tiempo de infestación de la plaga.

Evaluación de raíz de chilca sobre el desarrollo de huevos de *Z. subfasciatus*. Se determinaron diferencias significativas entre los tratamientos, con respecto al testigo (Cuadro 5). Ninguna de las dosis de raíz de chilca aplicado al frijol mostró un efecto total en el desarrollo de huevos de la plaga ni evitó totalmente su eclosión. No obstante, finalmente inhibió en forma parcial el desarrollo de la plaga.

Cuadro 5. Efecto sobre huevos de *Z. subfasciatus* aplicado del polvo de raíz de chilca, aplicado en tres dosis en frijol Flor de mayo, Montecillos, México

Dosis (%)	Emergencia de adultos (%)
Raíz de chilca 1,0	9,7b
Raíz de chilca 0,5	14,9b
Raíz de chilca 0,1	14,5b
Testigo	100,0a

*Valores con la misma letra son iguales estadísticamente, de acuerdo a la prueba de Tukey con $\alpha=0,05$.

Daño

Evaluación de polvo de especies vegetales. El daño provocado por la plaga en frijol Flor de mayo tratado con polvo de hoja, tallo, y raíz de chilca, semilla de nim, raíz de cancerina y hoja de mumo en dosis de 1,0% mostró diferencias significativas (Cuadro 6). El daño en el frijol protegido con polvo de raíz de chilca fue nulo. La raíz de cancerina y semilla de nim lograron reducir el daño en 5,4 y 33,7%, con respecto al testigo. El tallo y la hoja 2 y 3 de chilca (recolectada en octubre de 1998 y en enero de 1999), así como la hoja de mumo resultaron medianamente prometedoras, siendo diferentes significativamente al testigo. Finalmente, el frijol tratado con polvo de hoja de chilca recolectada en julio de 1998 (hoja 1) resultó con un daño similar al testigo.

Estos resultados permiten inferir que la raíz de chilca mantendrá al frijol sin daño por al menos 50 días después de la impregnación del polvo, mientras que con la raíz de cancerina y semilla de nim el daño total del grano almacenado sería de 1,4 y 8,8%, respectivamente en la primera generación de *Z. subfasciatus*, en

Cuadro 6. Daño (%) de la primera generación de *Z. subfasciatus* en frijol Flor de mayo tratado con polvos de cinco especies vegetales al 1,0%. Montecillos, México.

Tratamientos	Daño (%)
Chilca (raíz)	0,0e
Cancerina (raíz)	1,4de
Nim (semilla)	8,8cd
Chilca (hoja 3)*	10,3bc
Mumo (hoja)	11,3bc
Chilca (hoja 2)*	16,6bc
Chilca (tallo)	17,2b
Chilca (hoja 1)*	17,9ab
Testigo (sin polvo)	26,1a

*Hoja 1 recolectada en julio de 1998, hoja 2 recolectada en octubre de 1998 y hoja 3 recolectada en enero de 1999.

**Valores con la misma letra son iguales estadísticamente, de acuerdo a la prueba de Tukey con $\alpha=0,05$.

comparación con 26,1% de daño en el frijol almacenado sin tratamiento. En estas condiciones de almacenamiento, el grano tratado con la raíz de chilca tendría el mejor precio de mercado por su calidad.

La protección total del grano del ataque de *Z. subfasciatus*, lograda con la raíz de chilca es comparable con la informada por Cuevas *et al.* (1990) con semilla de chicalote (*Argemone mexicana*, Papvaraceae).

Evaluación de dosis de raíz de chilca. La protección de la chilca en dosis de 1,0% y 0,5% fue total, evitando daños en el frijol. La dosis de 0,1% fue de 8,4% (significancia a, Tukey $\alpha=0,05$) en comparación al 27,2% de daño con el testigo.

Conclusiones

- La raíz de chilca fue mejor que la hoja y el tallo de la misma especie para el control de *Z. subfasciatus* en frijol almacenado.
- La raíz de chilca fue más eficaz que la semilla de chilca, la raíz de cancerina y la hoja de mumo para el control de la plaga.
- La dosis mínima eficaz de polvo de raíz de chilca para eliminar la población total de *Z. subfasciatus* fue equivalente a 5 kg de polvo por tonelada de frijol almacenado. Las dosis mínima tienen efecto insectistático.
- El tiempo necesario para eliminar a la mitad de la población de adultos de *Z. subfasciatus*, con la dosis de 0,5% de la raíz de chilca fue de 1,7 días.
- El tratamiento del frijol almacenado con el polvo de la raíz de chilca debe realizarse en forma preventiva o al momento de observar los primeros adultos de *Z. subfasciatus*.

Agradecimientos: Al Sr. Dionisio Cortés Morales, del Colegio de Postgraduados, por proporcionar la población inicial de *Z. subfasciatus*. Al Sr. Julián López Marín, de la Universidad Autónoma Chapingo, por frijol para el inicio de la cría del gorgojo. Al M.C. Luis Antonio Ramírez Moreno, estudiante de El Colegio de la Frontera Sur, México, por la recolección y el envío del último material de raíz de chilca utilizado en esta investigación. A la M.C. Beatriz Elena Madrigal Calle, del Colegio de Postgraduados, y al Sr. José García Pérez del Instituto de Investigación de Zonas Desérticas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, México, por la identificación de las plantas utilizadas en esta investigación. Al Dr. Roberto Reyna Robles, del Colegio de Postgraduados, por permitir el uso de la cámara bioclimática donde se realizó la investigación.

Literatura citada

- Araya G, JA. 1993. Evaluación de polvos minerales y vegetales contra plagas de maíz y frijol almacenado, en los estados de Zacatecas y Guerrero. Tesis de Maestría, Montecillos, México, Colegio de Postgraduados. 81 p.
- Arcos C, G. 1989. Métodos para evitar el ataque de *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera: Bruchidae) en frijol almacenado en San Andrés Tuxtla, Veracruz. In Congreso Nacional de Entomología (24, 1989, Oaxtepec, Morelos, México). Memorias. p. 306.
- CIAT. 1988. Frijoles silvestres; fuente de resistencia a brúquidos. Resúmenes de frijol. 7(1):6.8.
- Cortez R, MO; Celaya G, JL. 1992. Utilización de polvos vegetales como alternativa para control del gorgojo del picudo del maíz *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). In Congreso Nacional de Entomología (27, 1992, San Luis Potosí, México). Resúmenes. p. 449-500.
- Crispín, MA. 1977. Frijol, su cultivo en México. Folleto de divulgación no. 53. México, INIA-SAHR. 8 p.
- Cuevas S, MI; Romero N, CA; García M, JC. 1990. Utilización del chicalote *Argemone mexicana* (Papaveraceae) como alternativa para el control del gorgojo pinto del frijol *Zabrotes subfasciatus* (Bohn.) (Coleoptera: Bruchidae). In Simposio Nacional Sobre Substancias Vegetales y Minerales en el Combate de Plagas (2, 1990, Oaxaca, México). p. 3-10.
- Domínguez M, VM; Correa L, AJ. 1998. Uso de plantas silvestres para el control del "gorgojo del maíz" *Sitophilus zeamais* Mots. y el "gorgojo pinto del frijol" *Zabrotes subfasciatus* Boheman. In Simposio Internacional y IV Nacional sobre Substancias Vegetales y Minerales en el Combate de Plagas. C. Rodríguez H. Ed. (1, 1998, Acapulco, México). Memorias. p. 91-7.
- Golob, P; Kilminster, A. 1982. The biology and control of *Zabrotes subfasciatus* Boheman (Coleoptera: Bruchidae). J. Stored Prod. Res. 18(3):95-101.
- Grainge M; Ahmed, S. 1987. Handbook of plants with pest-control properties. Wiley. 470 p.
- Hill, J. 1980. El uso de aceites vegetales como insecticida. Instituto de Agricultura y Ciencias Alimenticias. Ezra Tatt Benson, USA. 4 p.
- Infante G, S. 1994. Manual de análisis probit. Centro de Estadística y Cálculo. Montecillo, México, Colegio de Postgraduados. 107 p.
- Lagunes T, A; Rodríguez H, C. 1989. Búsqueda de tecnología apropiada para el combate de plagas del maíz almacenado en condiciones rústicas. Chapingo, México. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y Colegio de Postgraduados. 150 p.
- Legorreta M, D. 1993. Control de *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera: Bruchidae) con tres plantas insecticidas en frijol almacenado. Tesis de Lic. Nuevo León, México. Universidad Autónoma de Nuevo León. 56 p.
- Luna L, C; Pérez S, S; Domínguez M, VM; Catalán H, C. 1995. Dosificación de polvos vegetales contra el "gorgojo pinto del frijol" *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae) en Iguala, Guerrero. In Congreso Nacional de Entomología (20, 1995, Chapingo, México). (Memorias). p. 212.
- Miranda, F. 1952. La vegetación de Chiapas. Chiapas, México. p. 319.
- Ortega A, LD. 1987. Evaluación de polvos vegetales y minerales para el combate del gorgojo pardo del frijol (*Acanthoscelides obtectus* Say) (Coleoptera: Bruchidae) en frijol almacenado. Tesis Lic. Iztacala, México, UNAM. 74 p.
- Ospina O, H. 1981. Principales insectos que atacan el grano de frijol almacenado. Cali, Colombia, CIAT. 29 p.
- Rodríguez H, C. 1990. Actividad insecticida de (*Hippocratea excelsa*: Hippocrateaceae) en siete especies de insectos de importancia económica. In Simposio Nacional Sobre Substancias Vegetales y Minerales en el Combate de Plagas (2, 1990, Oaxaca, México). Memoria. C. Rodríguez H. Ed. Oaxaca, p. 37-47.
- Rodríguez H, C. 1999. Recetas de nim *Azadirachta indica* (Meliaceae) contra plagas. In Simposio Nacional Sobre Substancias Vegetales y Minerales en el Combate de Plagas (5, 1999, Aguascalientes, México). Memorias. C. Rodríguez H. Ed. p. 39-59.
- Rodríguez H, C. 2000. Plantas contra plagas; potencial práctico de ajo, anona, nim, chile y tabaco. RAPAM, RAAA Y Fundación Ho'Oli. Editorial Futura. Texcoco, Estado de México, México. 133 p.
- Rodríguez H, C; Lagunes T, A. 1990. Polvos vegetales y minerales; una opción de combate de insectos plaga en el almacenamiento rústico. "Perspectivas de la investigación en México". In Simposio Nacional, Entomología de Productos Almacenados (2, 1990, Oaxaca, México). Memorias. p. 14-28.
- Rodríguez H, C; Lagunes T, A. 1992. Plantas con propiedades insecticidas; resultados de pruebas experimentales en laboratorio, campo y granos almacenados. Revista Agroproductividad (México) 1:17-25.
- Rodríguez H, C; Vendramim, JD. 1998. Uso de índices nutricionales para medir el efecto insecticida de extractos de meliáceas sobre *Spodoptera frugiperda*. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 48:11-18.
- Rodríguez H, C; Lagunes T, A; Domínguez R, R; Bermúdez V, L. 1982. Búsqueda de plantas nativas del estado de México con propiedades tóxicas contra el gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith, y mosquito casero, *Culex quinquefasciatus* Say. Revista Chapingo (México) 7(37-8):35-9.
- Rodríguez L, DA; Sánchez S, S; Arenas L, V. 1992. Evaluación de las actividades tóxicas de plantas silvestres del estado de Tabasco, sobre *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) "gorgojo mexicano del frijol" (Coleoptera: Bruchidae) y de *Sitophilus zeamais* L. "gorgojo del maíz" (Coleoptera: Curculionidae), en frijol y maíz almacenado bajo condiciones de laboratorio. In Congreso Nacional de Entomología (27, 1992, San Luis Potosí, México). Memorias. p. 207-8.
- Rodríguez R, FH. 1989. Evaluación de la actividad tóxica de polvos vegetales y minerales sobre el gorgojo mexicano del frijol *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera: Bruchidae) en frijol almacenado bajo condiciones de laboratorio. Tesis Lic. Chapingo, México, UACH. 135 p.
- Southgate, JB. 1979. Biology of the bruchidae. Ann Rev. Entomol. 24:449-473.