



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN FITOSANIDAD

ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

POLVOS Y CENIZAS VEGETALES DEL CENTRO DE MICHOACÁN PARA EL MANEJO DE *Sitophilus zeamais*

MARÍA MARTHA REYES ZAVALA

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2018

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALIAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACION

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe María Martha Reyes Zavala, Alumno (a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor Dr. Cesáreo Rodríguez Hernández, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis Polvos y cenizas vegetales del centro de Michoacán para el manejo de Sitophilus zeamais

y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 23 de noviembre de 2018

Firma del
Alumno (a)

Dr. Cesáreo Rodríguez Hernández
Vo. Bo. del Consejero o Director de Tesis

La presente tesis titulada: "**Polvos y cenizas vegetales del centro de Michoacán para el manejo de *Sitophilus zeamais***" realizada por la alumna: **María Martha Reyes Zavala** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:


MAESTRA EN CIENCIAS
FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO


DR. CESÁREO RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ

ASESOR


DR. ALEJANDRO PÉREZ PANDURO

ASESOR


DR. FERNANDO BAHENA JUÁREZ

Montecillo, Texcoco, Estado de México, noviembre de 2018

POLVOS Y CENIZAS VEGETALES DEL CENTRO DE MICHOACÁN PARA EL MANEJO DE *Sitophilus zeamais*

**María Martha Reyes Zavala, M. en C.
Colegio de Posgraduados, 2018.**

RESUMEN

El gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais*, principal plaga del maíz almacenado, se ha combatido con materiales autóctonos en diversas partes de México y ahora que se buscan alternativas para atender la demanda de la sociedad de producir alimentos inocuos se plantea la necesidad de recuperar y evaluar esas técnicas tradicionales que se han usado a través del tiempo. El objetivo de esta investigación consistió en rescatar, a través de encuestas, el uso de plantas de la Meseta Purépecha y Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México, contra plagas de almacén y evaluarlas en laboratorio como polvos, y cenizas a diferentes tiempos en mortalidad de progenitores y emergencia de adultos de *S. zeamais* en la primera generación, así como daño al grano de maíz. Las plantas se colectaron, determinaron, secaron y molieron y las cenizas se obtuvieron de los fogones. Los polvos se impregnaron al 1 % (p/p), y las cenizas a 0.0625-1 % en 100 g de grano de maíz, se añadieron 10 parejas de 0-7 d de edad y a los 15 d se retiraron los adultos y se determinó la mortalidad y a los 55 d se registró la emergencia de adultos y el daño al grano. En ceniza de pino también se cuantificó la mortalidad en 7 d consecutivos y en otro experimento se impregnó el maíz con cenizas de pino y encino al 1 %, cada 2 meses se infestó con gorgojos y se evaluó el efecto en mortalidad, emergencia y daño. El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro repeticiones. De la información de las encuestas emanó el uso de chicalote *Argemone ochroleuca*, jara china *Baccharis heterophylla*, pescadillo *Barkleyanthus salicifolius*, toloache *Datura stramonium*, pino *Pinus* sp., encino *Quercus* sp. y santa maría *Tagetes lucida* para el control de chapulines y de plagas de almacén. En polvos vegetales, la mayor mortalidad, 92.5 %, se obtuvo con tallo de *B. heterophylla*; inhibición completa de emergencia de adultos con tallo de *B. heterophylla* y hoja ancha de *Quercus* sp.; y daño de 33.6 a 37.7 % con tallo de *B. heterophylla*, raíces de *B. salicifolius* y *D. stramonium*, y hoja angosta de *Quercus* sp. La ceniza de *Pinus* sp. a 0.5 y 1 % provoca 100 % de mortalidad de adultos, con CL₅₀ de 0.97 % a los 2 d y TL₅₀ de 1.73 d a 1 %; a 0.0625 %

inhibe completamente la emergencia de adultos en la primera generación; y a 0.25 % protege en 88.7 % el grano. Causa mortalidad total de adultos a los 2, 3 y 5 meses de tratado el grano, con nula emergencia de adultos a 1, 2, 4 y 5 meses y daño de hasta 56.5 %. La ceniza de *Quercus* sp. ocasiona mortalidad total en 2 de los 5 meses e inhibe completamente la emergencia de adultos pero permite hasta 87.6 % de daño al grano. Esta investigación confirma la efectividad de polvos y cenizas vegetales como técnicas tradicionales contra gorgojos, cuantifica el efecto a diversas concentraciones y tiempos, y proporciona una alternativa biorracional, con sustento, para el manejo de *S. zeamais* y protección del maíz almacenado.

Palabras clave: *Baccharis heterophylla*, *Quercus*, maíz almacenado, *Pinus*, plantas.

DUSTS AND PLANT BASED ASHES FOR CONTROL OF *Sitophilus zeamais* IN THE CENTER OF MICHOACÁN

María Martha Reyes Zavala, M. en C.
Colegio de Posgraduados, 2018.

ABSTRACT

The maize weevil *Sitophilus zeamais*, main storage pest of maize, has been controlled with autochthonous materials in several parts of Mexico and now that alternatives are being searched to attend society's demand of producing healthy food the necessity rises to recuperate and evaluate the traditional techniques that have been used in the past. The objective of this study was to recuperate, using surveys, the use of plants that are used against storage pests on the Meseta Purépecha and the Lake of Pátzcuaro, in Michoacán, México and evaluate them in the laboratory as dusts and ashes at different times for mortality of larvae and emergence of adults of *S. zeamais* in the first generation, as well as damages of the grains. Plants were collected, identified taxonomically, dried and ground and the ashes were obtained from the stoves. The dusts were applied at 1 % (w/w) and the ashes at 0.0625-1 % in 100 g of maize grain, then 10 couples of 0-7 d age were added and after 15 d emergence of adults and damage to the grain were determined. With pine ashes the mortality after 7 consecutive days was also quantified and in another experiment the maize was mixed with pine and oak ashes at 1 %, every 2 months it was infested with weevils and effects on mortality, emergence and damages evaluated. The trial design was a complete randomized design with four repetitions. The survey reported the use of chicalote *Argemone ochroleuca*, jara china *Baccharis heterophylla*, pescadillo *Barkleyanthus salicifolius*, toloache *Datura stramonium*, pino *Pinus* sp., encino *Quercus* sp. and santa maría *Tagetes lucida* for grasshopper and storage pest control. For the plant based dusts the highest mortality found was 92.5 %, it was achieved by the stem of *B. heterophylla*; total inhibition of emergence of adults with the stem of *B. heterophylla* and the broad leaf of *Quercus* sp.; damages of 33.6 to 37.7 % with stem of *B. heterophylla*, roots of *B. salicifolius* and *D. stramonium* and slim leaf of *Quercus* sp. The ash of *Pinus* sp. at 0.5 and 1 % provokes 100 % mortality of adults, with LD₅₀ of 0.97% at 2 d and LT₅₀ of 1.73 d at 1%; at 0.0625 % it completely inhibits the emergence of adults in the first generation; and at 0.25 % it protects the grain to 88.7 %.

It causes mortality of adults at 2, 3 and 5 months after grain treatment, with total emergency inhibition of adults after 1, 2, 4 and 5 months after grain treatment and damages up to 56.5 %. The ash of *Quercus* sp. cause mortality in 2 of the 5 months and inhibits adult emergence completely but allows up to 87.6 % damages of the grain. This research confirms the effectiveness of plant based dusts and ashes as traditional techniques against maize weevils, it quantifies the effects of different concentrations and applications times and it gives a biorational sustainable alternative for the management of *S. zeamais* and the protection of stored maize.

Key words: *Baccharis heterophylla*, *Quercus*, stored maize, *Pinus*, plants.

AGRADECIMIENTOS

Al CONACyT, por el apoyo económico recibido para la realización de este postgrado y a los proyectos que financiaron la investigación.

Al Colegio de Postgraduados (CP), Campus Montecillo, por haberme formado académicamente durante estos dos años.

A los integrantes de mi Consejo Particular Dr. Cesáreo Rodríguez Hernández (Por su paciencia, dedicación y confianza), Dr. Fernando Bahena Juárez (Por creer en mis fortalezas, responsabilidad, lealtad y siempre mostrar su apoyo en diferentes aspectos de mi vida), al Dr. Alejandro Pérez Panduro (Por alentarme y motivarme a pesar de las dificultades académicas) y al Dr. Gabino García de los Santos (por mostrar interés en los resultados de mi trabajo).

A los productores de la Meseta Purépecha y la región Lacustre del Lago de Pátzcuaro, que con esfuerzo y gran empeño trabajan el campo para ofrecer alimento a sus familias.

A los doctores: Rebeca Villegas, Kai Sonder, Felipe Ruiz, Gabino García y Jesús R. Napoles por alentarme siempre y por ser tan accesibles y brindarme su apoyo en consultas sobre mi trabajo y al M.C. Ricardo Muñoz y Dra. Heike Vibrans por su apoyo en la identificación de las plantas evaluadas.

A los M.C Jorge Valdez, Ricardo Castro y Estefany Sandoval por las fotografías que se tomaron de *S. zeamais*.

A los ingenieros José Nepamuceno, Francisco Rodríguez, Carlos Alonso, Emma Castolo y al Sr. J. Luis Reyes por la ubicación de lugares para la colecta de plantas.

Al Dr. Hussein Sánchez A. por el espacio brindado en el insectario.

A los Srs. Oscar Moreno y Oscar A. Vega por su gran disponibilidad y gran apoyo para el establecimiento de mi trabajo, por la confianza que me brindaron, la accesibilidad y las enseñanzas académicas, por su experiencia tienen el grado de doctor, y por la bonita amistad que se generó durante estos 2 años, el crecimiento espiritual y humano, muchas gracias. Dios los colme siempre de bendiciones.

DEDICATORIA

En memoria de una gran guerrera, que dejó marca en mi vida, mi amada madre Ma. Socorro Zavala Acosta (†) por su amor, cariño y apoyo constante, siempre trabajando por nosotros con fe y alegría, en paz descanse, te amo mi amor. Siempre serás mi motivo de vida, además de mis abuelas Josefina Acosta y Lugarda Castro (†). A mi padre José Luis Reyes Castro que después de ella ha sido mi alentador en este camino que sigo recorriendo día con día, gracias por enseñarme a ser humilde y nunca olvidar mis orígenes.

A Dios por permitirme tener esta hermosa familia: mis hermanos de sangre Dalia, María, Alejandra e Ignacio Reyes Zavala, que a pesar de la distancia y las dificultades de la vida y ausencia de seres queridos hemos seguido adelante. A mis cuñados por apoyarme en muchos aspectos, y estar en los momentos fáciles y difíciles gracias por su afecto; Yadira Aviña, Samuel Mendoza, Carlos Campos e Ismael Osorio y a mis queridos sobrinos y a mis abuelos que aún viven Rafael Zavala y Francisco Reyes.

A mis tíos, primos, sobrinos y conocidos que detrás de mi familia siempre han estado al pendiente de mí a cada momento.

A mi segunda familia que me adoptó en esos momentos, donde la ausencia del ser más amado partió, recibíendome en su hermoso hogar durante cinco años: Silvia Edith García y Alejandro Monter, a mis hermanos Alejandra y Leonel Velázquez García, y Mari. Agradezco su hospitalidad a la Sra. Guadalupe García y Rodolfo Campos.

A mis amigos de vida: Marlet, Tere, Lupita, Magy, Rogelio, Adrian, Yesenia, Yesi y Diana y mis amigos que tuve la oportunidad de conocer en mi caminar en CIMMYT (Yareli, Claudia, Arely, Mariel, Karla y Javier) y CP (Mari, Dina, Estefany, Alfredo, Patricia y Abram). A quienes me apoyaron en cada momento en este trabajo: Oscar Moreno, Sabino Osorio, Abraham Montaña, Eleazar Lugo, Elvira Ramírez y Jorge Zambrano.

CONTENIDO

RESUMEN	iv
ABSTRACT	vi
LISTA DE CUADROS	xii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	2
2.1 General.....	2
2.2 Específicos	2
3. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
3.1 Plantas evaluadas en esta investigación con efecto en <i>S. zeamais</i>	3
3.2 Cenizas vegetales con efecto en <i>S. zeamais</i>	3
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	5
4.1 Tiempo y localización experimental	5
4.2 Implementación de encuestas	5
4.3 Colecta e identificación de plantas	5
4.4 Colecta de cenizas vegetales	6
4.5 Procesamiento de plantas y cenizas	7
4.6 Calidad de grano de maíz.....	7
4.7 Cría de <i>S. zeamais</i>	7
4.8 Bioensayos	8
4.9 Diseño experimental y análisis estadístico	9
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	10
5.1 Información de encuestas.....	10
5.2 Polvos vegetales.....	11
5.3 Cenizas vegetales.	20
5.3.1 Comparación de efectividad de cenizas de <i>Pinus</i> sp. y <i>Quercus</i> sp. con otras cenizas vegetales.....	20
5.3.2 CL ₅₀ y TL ₅₀ de ceniza de <i>Pinus</i> sp.....	25
5.3.3 Tiempo de almacenamiento de maíz con cenizas de <i>Pinus</i> sp. y <i>Quercus</i> sp. y su efectividad en <i>S. zeamais</i>	26
5.3.4 Efectividad de diferentes cenizas contra <i>S. zeamais</i>	29

5.4 Efectividad de polvos y cenizas vegetales.....	31
6. CONCLUSIONES	33
7. LITERATURA CITADA.....	34

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Mortalidad, emergencia de adultos de <i>S. zeamais</i> y daño en grano de maíz tratado con polvos vegetales al 1 %. Experimento 1.	12
Cuadro 2. Mortalidad, emergencia de adultos de <i>S. zeamais</i> y daño en grano de maíz tratado con polvos vegetales al 1 %. Experimento 2.	13
Cuadro 3. Mortalidad, emergencia de adultos de <i>S. zeamais</i> y daño en grano de maíz tratado con hojas de <i>Pinus</i> sp. al 1 %. Experimento 3.....	13
Cuadro 4. Mortalidad, emergencia de adultos de <i>S. zeamais</i> y daño en grano de maíz tratado con polvos vegetales al 1 %. Experimento 4.	14
Cuadro 5. Mortalidad, emergencia de adultos de <i>S. zeamais</i> y daño en grano de maíz tratado con polvos vegetales al 1 %. Experimento 5.	14
Cuadro 6. Mortalidad, emergencia de adultos de <i>S. zeamais</i> y daño en grano de maíz tratado con polvos vegetales al 1 %. Experimento 6.	14
Cuadro 7. Mortalidad, emergencia de adultos de <i>S. zeamais</i> y daño al grano de maíz tratado con diferentes concentraciones ceniza de <i>Pinus</i> sp.....	21
Cuadro 8. Mortalidad, emergencia de adultos de <i>S. zeamais</i> y daño al grano de maíz tratado con diferentes concentraciones de ceniza de un incendio forestal.....	22
Cuadro 9. Mortalidad, emergencia de adultos de <i>S. zeamais</i> y daño al grano de maíz tratado con diferentes concentraciones de ceniza de <i>P. cembroides</i>	22
Cuadro 10. Mortalidad, emergencia de adultos de <i>S. zeamais</i> y daño al grano de maíz tratado con diferentes concentraciones de ceniza de <i>L. tridentata</i>	23
Cuadro 11. Mortalidad, emergencia de adultos de <i>S. zeamais</i> y daño al grano de maíz tratado con diferentes concentraciones de ceniza de <i>Quercus</i> sp.	24
Cuadro 12. Mortalidad, CL ₅₀ y TL ₅₀ de adultos de <i>S. zeamais</i> en grano de maíz tratado por 7 d con ceniza de <i>Pinus</i> sp.	27
Cuadro 13. Duración del efecto ceniza de <i>Pinus</i> sp. al 1 % sobre la mortalidad, emergencia y daño de adultos de <i>S. zeamais</i> al grano de maíz.	28

Cuadro 14. Duración del efecto de ceniza de *Quercus* sp. al 1 % sobre mortalidad, emergencia y daño de adultos de *S. zeamais* al grano de maíz. 29

1. INTRODUCCIÓN

El gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* es la plaga más común y destructiva del maíz almacenado en diversas regiones de México. Infesta los granos desde campo y se desarrolla en almacén (Trematerra, 2009), donde causa daño directo e indirecto al grano, al facilitar el establecimiento de hongos (Arias, 1993). Puede controlarse con variedades resistentes, recipientes herméticos para el grano o insecticidas organosintéticos (Bell, 2014), siendo esta última estrategia la más usada; a pesar que motiva preocupación por los riesgos de contaminación ambiental, residuos químicos en alimentos, intoxicación a operarios, desarrollo de resistencia a los insecticidas y dependencia tecnológica, entre otros (Bourguet *et al.*, 2000; Rodríguez *et al.*, 2003). Lo anterior ha hecho conveniente la evaluación de herramientas no convencionales de manejo de esta plaga (García-Lara y Bergvinson, 2007), como el tratamiento del grano con polvos y cenizas vegetales del propio ecosistema del productor, cuya utilidad ha sido conocida por ellos desde antaño a través de un proceso de ensayo y error. Pero, dado que en la últimas décadas se ha estado perdiendo ese conocimiento (Morales *et al.*, 2010; Halder *et al.*, 2018), su potencial para dar autonomía y bienestar a las comunidades rurales hace relevante su recuperación y validación (Cuevas *et al.*, 2006).

2. OBJETIVOS

2.1 General

Rescatar el conocimiento tradicional sobre el uso de polvos y cenizas vegetales de la Meseta Purépecha y la región lacustre del Lago de Pátzcuaro contra el gorgojo del maíz, *Sitophilus zeamais* y evaluar su eficacia.

2.2 Específicos

Recopilar, a través de encuestas presenciales, el conocimiento tradicional sobre el potencial de polvos y cenizas vegetales para el manejo de *S. zeamais*.

Determinar el efecto de los polvos de diversas estructuras de las plantas de chicalote, *Argemone ochroleuca*; jara china, *Baccharis heterophylla*; pescadillo, *Barkleyanthus salicifolius*; toloache, *Datura stramonium*; pino, *Pinus* sp.; encino, *Quercus* sp. y; santa maría, *Tagetes lucida* al 1% en la mortalidad, emergencia y daño al grano de maíz.

Determinar la mortalidad y la Concentración Letal Media (CL₅₀) de las cenizas de *Pinus* sp. y *Quercus* sp. para *S. zeamais* en grano de maíz a los 15 d después del tratamiento (ddt), así como la emergencia y daño al grano a los 55 ddt,

Determinar CL₅₀ a los 7 ddt, así como el Tiempo Letal Medio (TL₅₀), que ocasiona la ceniza de *Pinus* sp. en *S. zeamais*.

Determinar el tiempo de eficacia de las cenizas de *Pinus* sp. y *Quercus* sp. al 1% contra *S. zeamais* en el lapso de 5 meses.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Plantas evaluadas en esta investigación con efecto en *S. zeamais*

El polvo de la planta completa de *A. ochroleuca* al 1 % en maíz almacenado inhibe en 44.7 % la emergencia de adultos en la primera generación (Miranda *et al.*, 1994). La semilla se mezcla con grano de maíz almacenado para evitar el daño, en el Estado de Hidalgo (Villavicencio-Nieto *et al.*, 2010).

La planta completa como polvo de *D. stramonium* al 1 % no provoca mortalidad, inhibe 44.7 % la emergencia (Miranda *et al.*, 1994). Los polvos de hoja y semilla al 1 %, provocan 1.8 y 1.8 % de mortalidad, 77.7 y 83.4 % de emergencia y 6.9 y 7.6 % de pérdida de peso en grano de maíz (Silva *et al.*, 2005).

Los polvos de hoja, flor y raíz de chilca *Senecio salignus*, a 0.5 y 2.5 %, no presentan efecto (Morales *et al.*, 2010). La hoja o follaje al 4 %, elimina el 50 % de la población a los 15 d (Granados-Echegoyen *et al.*, 2017).

Los polvos de la flor de *T. lucida* al 7 % no ocasionan mortalidad a los 8 d (Pérez-Salgado *et al.*, 2017). Al 1 %, el polvo de hoja provoca 68.3 % de mortalidad a los 15 d (Juárez-Flores *et al.*, 2010). Los aceites esenciales extraídos de flor, hoja y tallo a concentraciones de 2 y 3 mL en papel filtro causan 93 % de mortalidad (Vallejo-González y Nájera-Rincón, 2016).

3.2 Cenizas vegetales con efecto en *S. zeamais*

Las cenizas de madera de paraíso blanco *Acacia polyacantha* y kilikere *Hymenocardia acida* a dosis de 40 g kg⁻¹ provocan 94.6 y 75.5 % de mortalidad a los 7 d y 99.2 y 97.9 % a los 14 d, con CL₅₀ de 77.46 y 1.94 g kg⁻¹ a los 7 d, y reducen en 99.2 y 97.9 % la emergencia de adultos y causan daño de 5 y 1.97 % en semilla de maíz (Jean *et al.*, 2015).

La ceniza de fogón al 10 % causa 73.1 % de mortalidad a los 3 d y 98.7 % a los 15 d, reduce la emergencia en 99.3 % y el daño en 2.0 % (Demissie *et al.*, 2008).

La ceniza de madera al 30 %, en 500 granos de maíz, reduce en 8.3 % la emergencia (Gemu *et al.*, 2013). Al 10 % causa 100 % de mortalidad de adultos (Firdissa y Abraham, 1999).

La ceniza de hoja de aloe de montaña *Aloe marlothii* al 5 % elimina al 100% de adultos a los 20 d (Achiano *et al.*, 1999). Las cenizas de hoja de eucalipto rosado *Eucalyptus grandis* y albahaca de clavo *Ocimum gratissimum* al 1 % en 25 g de grano de maíz reducen en 99 y 97.5 % el número de gorgojos, al 20 % ambas inhiben completamente la emergencia y protegen en 97.6 % el grano a los 6 meses de almacenamiento (Akob y Ewete, 2007).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Tiempo y localización experimental

La parte de campo de esta investigación se realizó entre enero de 2017 y agosto de 2018 en la Meseta Purépecha y región lacustre del lago de Pátzcuaro, Michoacán, donde se efectuaron encuestas y se colectaron plantas y cenizas vegetales, mientras que la parte de laboratorio se realizó en el insectario y en la área de Insecticidas Vegetales del Programa de Fitosanidad-Entomología y Acarología, del Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados (CP) en Ciencias Agrícolas, Texcoco, Estado de México, México.

4.2 Implementación de encuestas

Se efectuaron encuestas, de manera presencial y oral, de septiembre a octubre de 2017 a agricultores y agricultoras de autoconsumo de las comunidades de Comachuen y Turicuaru, municipio de Nahuatzen; de La Valenciana y Tzentzenguaru, municipio de Pátzcuaro; y de San Francisco Uricho y San Miguel Ncutzepo, municipio de Erongarícuaro, ambos del Estado de Michoacán. Tales encuestas tuvieron la finalidad de obtener información relevante sobre el uso de técnicas y alternativas para el control de insectos plaga de almacén usando materiales autóctonos. Las preguntas realizadas a los encuestados fueron las siguientes: ¿Ha utilizado plantas en el control de plagas del granero? ¿Qué planta o cuales plantas? ¿De dónde trae las plantas? ¿Cuándo se cortan? ¿En qué grano se usan? ¿Cómo las usa? ¿En qué tiempo se usan? ¿Contra qué plagas? ¿Reduce el daño de las plagas en su grano? ¿Cómo observa el grano tratado con esas plantas? ¿Por cuánto tiempo es efectivo el tratamiento? ¿Existe otra alternativa que haya utilizado? ¿Cuál? ¿Cómo la usa?.

4.3 Colecta e identificación de plantas

Muestras de las plantas referidas por los encuestados fueron colectadas en parcelas agrícolas y montañas de las seis comunidades de la Meseta Purépecha y de la región lacustre del lago de Pátzcuaro. De cada especie se colectaron 12 kg de planta

fresca y se herborizaron cinco ejemplares para su identificación taxonómica y depósito en el Herbario del Colegio de Postgraduados.

Del material colectado se seleccionaron cinco ejemplares representativos de cada planta, se extendieron sobre papel periódico y éste a su vez sobre cartón corrugado, luego se colocaron de manera alternada en una prensa botánica de madera (rejilla de 30 a 40 cm). De cada planta se registró número y fecha de colecta, Estado, municipio y localidad geográfica, además de una ficha con información de distancia y dirección azimutal (donde se identificó la orientación de la superficie terrestre del lugar muestreado), y coordenadas geográficas, una breve descripción ecológica del lugar; clima, tipo de vegetación e información de la planta: características generales, época del año en la que se presenta, nombres comunes, usos, floración, altura, tamaño, color de flor, hojas, tipo de suelo, presencia de resinas, látex, espinas, aromas, abundancia y distribución. Posteriormente se ajustó la prensa con hilo de ixtle y a las 2 h se cambió el periódico y se reacomodaron las estructuras, para mostrar las partes importantes, y nuevamente se prensó. Luego se llevó la prensa al Herbario-Hortorio de Botánica del CP, se cambió el periódico y se revisó que las hojas, flores y raíces estuvieran bien distribuidas, se agregó papel corrugado sobre cada ejemplar y después de amarrar la prensa se colocó en la secadora por 48 h a temperatura de 75-80 °C, para el completo deshidratado. Después del secado, el cual varió desde 2 hasta 4 d, se juntaron los ejemplares de una sola planta en una carpeta y se añadió la información de colecta, para su posterior montaje e identificación por el M.C. Ricardo Vega Muñoz, responsable del Herbario-Hortorio del CP.

Además del material colectado para la identificación de las plantas se tomaron partes aéreas y raíces referidas en las encuestas y se colocaron en bolsas de polietileno con claves de campo para evaluarlos en los experimentos del laboratorio.

4.4 Colecta de cenizas vegetales

Se colectaron cenizas vegetales resultantes de la quema de leña de *Pinus* sp. y *Quercus* sp., en fogones domésticos en Turicuaro y Nahuatzen, Michoacán, así como follaje de los árboles de encino y pino, de cuyos leños se obtuvo la ceniza. Con dicho

follaje se intentó la identificación de las especies involucradas, lo cual fue hecho por el encargado del Herbario-Hortorio del CP. el M.C. Ricardo Vega Muñoz.

4.5 Procesamiento de plantas y cenizas

Las plantas se secaron a la sombra para evitar la degradación de sus metabolitos por los rayos UV del sol. Para ello, se les colgó con hilaza de ixtle como tendedero en una habitación a temperatura ambiente y ventilada. Luego de 15-25 d, según la especie, se separaron las estructuras (flores, frutos, hojas, raíces, semillas y tallos) y se conservaron en bolsas de polietileno para su posterior uso, además de etiquetarse con claves de campo.

Las estructuras suaves de cada planta se trituraron durante 20 min en un molino manual para grano (marca: Estrella-modelo T-PPA-01-001). Enseguida se pulverizaron aún más en una licuadora (marca Oster de 4 OZ de capacidad), por 5 min. Las raíces y tallos, estructuras más gruesas y fibrosas, se trituraron en un molino Thomas-Wiley modelo 4, durante 10 min. Los materiales triturados y las cenizas se tamizaron en una malla del N^o 0.80 (≥ 0.180 mm ASTM.E.11) y se conservaron en frascos de vidrio en condiciones de completa obscuridad y a temperatura ambiente hasta su uso en un lapso de 5 d.

4.6 Calidad de grano de maíz

El grano de maíz criollo ancho pozolero, comprado en Ozumba, Estado de México, al que se le extrajeron los granos de mala calidad (asimétricos, con hongos, daño físico, quebrado), se lavó y luego se secó durante 3 d, hasta que perdiera humedad. Posteriormente se mantuvo de 3 a 4 d en refrigeración a -2 °C para evitar el desarrollo de insectos. Este grano se usó para mantener la cría del gorgojo y los ensayos con los polvos y cenizas vegetales.

4.7 Cría de *S. zeamais*

Se obtuvieron gorgojos adultos del Insectario de Entomología del CP y se colocaron en grupos de 50 parejas, las cuales se inocularon en 750 g de grano de maíz criollo ancho pozolero confinado en frascos de vidrio de capacidad de 1 L y se

mantuvieron a 26 ± 2 °C, humedad relativa (HR) de 37 ± 2 % y fotoperiodo de 12:12 h de luz y oscuridad por 5 semanas. Luego, periódicamente se infestaron nuevos lotes de grano para generar diferentes camadas en la cría. Para los ensayos, los insectos fueron separados del grano por medio de tamices cuando tenían 0-7 d de edad.

4.8 Bioensayos

Los bioensayos se realizaron con la metodología descrita por Lagunes y Rodríguez (1989), donde las unidades experimentales (UE) fueron lotes de 100 g de maíz ancho pozolero (criollo) confinados en frascos de vidrio de 250 mL de capacidad. Los tratamientos (1 g de alguno de los polvos vegetales, 1%) fueron añadidos y fueron impregnados al grano mediante movimientos oscilatorios y verticales realizados por 6 min. Enseguida se agregaron 10 parejas de adultos (10 machos y 10 hembras, sexados acorde al criterio de Halstead (1963) de 0-7 d de edad. A los testigos no se le añadió ningún polvo y hubo uno para cada planta estudiada. Se hicieron cuatro repeticiones simultáneas de cada tratamiento. Luego de la inoculación de los insectos en los frascos con maíz, fueron incubados a 26 ± 2 °C, 37 ± 2 % HR de y fotoperiodo de 12:12 h de luz y oscuridad. En total se evaluaron 3-6 estructuras de cada una de las siete especies vegetales exploradas.

Con cenizas se hicieron tres bioensayos en los que se usaron UE como las descritas previamente. En el primero se compararon las cenizas de *Pinus* sp. y *Quercus* sp. con las cenizas de un incendio forestal de bosque mixto, las de la gobernadora, *Larrea tridentata*, del piñón, *Pinus cembroides* y un testigo sin ceniza. Las concentraciones exploradas en estos ensayos fueron 0.0625, 0.125, 0.25, 0.5 y 1 %, con cuatro repeticiones simultáneas de cada tratamiento. Con los datos recabados se determinó la CL_{50} a los 15 ddt.

El segundo ensayo se hizo para evaluar la mortalidad causada de ceniza de *Pinus* sp. En concentraciones de 0.125, 0.25, 0.5 y 1 %, además de calcular CL_{50} en el lapso de 7 d, así como el TL_{50} . En este también se usó un testigo sin ceniza. .

En el tercer bioensayo se evaluó la duración del efecto protector de las cenizas de *Pinus* sp. y *Quercus* sp. Para ello, 2.8 kg de grano de maíz fueron tratados con 28 g de ceniza de *Pinus* sp. o de *Quercus* sp. y se homogenizaron y se subdividieron en 28 lotes

de 100 g, cada uno confinado en un frasco de vidrio de 250 mL de capacidad. Cada dos meses, por un periodo de 5 meses, se tomaron cuatro frascos y, cada uno, se infestó con 10 parejas de adultos de *S. zeamais* de 0-7 d de edad. Adicionalmente, otros cuatro frascos con maíz y gorgojos, pero sin ceniza sirvieron como testigos.

En los bioensayos uno y tres, los gorgojos progenitores se retiraron a los 15 d y se registró el número de muertos. Luego, a los 55 d, se tamizó nuevamente el grano y se contabilizó el número de adultos emergidos en la primera generación y se pesó el grano dañado. La emergencia de adultos y el daño al grano en el testigo se consideró como 100 %, de manera que los tratamientos se expresaron en porcentaje con respecto al testigo.

4.9 Diseño experimental y análisis estadístico

Los datos de la mortalidad, emergencia de adultos de la primera generación y de grano dañado, obtenidos de los ensayos con polvos vegetales se sometieron a la prueba de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas ($p \leq 0.05$). Cuando se cumplieron, se procedió y analizó mediante ANOVA y, cuando no, mediante la prueba de Kruskal-Wallis. En cualquiera de ambos casos, si la hipótesis de igualdad de tratamientos fue rechazada, se hicieron también comparaciones múltiples de Tukey con $\alpha = 0.05$. Los análisis se realizaron con el programa InfoStat (2008).

A los datos de mortalidad a los 15 d del primer experimento con cenizas y del segundo a los 2 y 3 d, se les realizó la corrección de mortalidad, respecto al testigo, acorde a la ecuación de Abbott (1925) y luego se les efectuó el análisis Probit en el programa InfoStat (2008) para determinar la CL_{50} . Con los del segundo experimento se correlacionó la mortalidad corregida con el tiempo a través del análisis probit en el programa SAS versión 9.4. (SAS Institute, 1999) para obtener el TL_{50} para las cuatro concentraciones.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Información de encuestas.

De las 50 encuestas presenciales aplicadas a agricultores de la Meseta Purépecha y del lago de Pátzcuaro, 10 mostraron información relevante; siete dirigidas a hombres y dos a mujeres, con rango de edad de 44 a 67 años, y a un joven de 28 años de edad.

Se concidió que algunos agricultores de mayor edad, utilizan plantas para el control de plagas de almacén y que otros han dejado de utilizarlas por la facilidad de usar los plaguicidas. Las plantas mencionadas en las encuestas fueron: *A. ochroleuca*, *B. heterophylla*, *B. salicifolius*, *D. stramonium*, *Pinus* sp., *Quercus* sp. y *T. lucida*.

De *A. ochroleuca* se conoció que abunda entre junio y octubre en parcelas y orillas de caminos de terracería, los agricultores colectan 5 kg de hoja fresca para utilizar como extracto acuoso contra el chapulín en cultivo de maíz para aplicar en media ha, en la comunidad de San Francisco Uricho, Erongaricuario, para proteger hasta por 3 meses y reducir en 30 % las pérdidas. Los productores han escuchado que podría funcionar también para la protección de granos, pero no saben que parte es la adecuada.

La planta *B. heterophylla*, o jaratakua (en lengua purépecha), se usó para el control de plagas de granos de maíz, acorde a la información proporcionada por los agricultores de las comunidades de San Miguel Nocutzepo, Erongaricuario, y La Valenciana, Pátzcuaro: "Antes se usaba para el control de gorgojo en maíz, ahora ya no". Sus abuelos, quienes la utilizaban, la encontraban durante todo el año en pastizales, sobre caminos en carretera y terrenos baldíos, y florea en primavera; sin embargo, no se tiene información sobre el órgano más efectivo.

Sobre *B. salicifolius*, tóksini en purépecha, se supo de su uso contra gorgojos en antaño, según comentaron las agricultoras de San Miguel Nocutzepo, Erongaricuario, pero sin saber la forma de uso. Es abundante en tiempo de lluvias en las orillas de los caminos de terracería, florece en primavera y también se le usa para el control de mosquitos.

La planta de *D. stramonium*, abundante en verano en los caminos de terracería, se colecta y se guarda, luego en febrero del próximo año se muele toda la planta y se

espolvorean 2 kg en 50 kg de mazorca sin totomoxtle (4 %), en el tapanco, y a la semana “no se nota el daño” y llega a proteger hasta 90 % el grano contra palomilla y gorgojo, según los agricultores de la comunidad de Comachuen, Nahuatzen.

De *Pinus* sp., huinumo en Purépecha, se utilizan las hojas frescas y la ceniza de leña. Las hojas frescas se ponen en capa en el fondo de un costal de 50 kg, se añade maíz hasta la mitad del costal y se coloca otra capa de hojas frescas, luego se llena el costal con maíz y antes de cerrar se pone otra capa de hojas frescas de pino, según describen los productores de la comunidad de San Francisco Uricho, Erongaricuario, para proteger al 90 % del grano durante 5 meses contra el gorgojo de maíz sin afectar el sabor. La ceniza de la leña, obtenida de los fogones, la esparcen los agricultores de Turicuario, Nahuatzen, sobre las mazorcas de maíz a razón de 10 kg de ceniza de pino para 1,200 kg de mazorca, aproximadamente.

La ceniza de *Quercus* sp., también se usa contra las plagas de los granos. De manera similar a la ceniza de *Pinus* sp. en el mismo sitio y concentración de 0.8 % en mazorca. En su experiencia los productores acotan "...traemos la mazorca para ponerla abajo, las acomodamos y le ponemos poquita ceniza y después otra capa de mazorca; a veces ponemos ceniza de encino y luego de pino o las combinamos..., pero sí; nos funciona bien!!!": Se aplica en noviembre y ofrece protección total durante 1 año y 3 meses contra la palomilla dorada *Sitrotoga cerealella*.

La planta de *T. lucida*, que se colectaba en otoño a orillas de los caminos de terracería y lotes con pastizales, la utilizaban los agricultores de Tenzenguario y San Miguel Nocutzepo, Erongaricuario, como planta completa, en forma fresca para el control de gorgojos en maíz: "...mis bisabuelos lo llegaron usar en una ocasión, pero ahora ya no viven y se ha perdido la tradición. Ya solo usamos químicos".

5.2 Polvos vegetales.

Treinta y cuatro de las 84 mediciones realizadas a los 28 polvos vegetales ensayados (3 mediciones con cada polvo: mortalidad, emergencia y daño al grano), 34 resultaron significativos; ocho referentes a la mortalidad; 12, a la emergencia y; 15, al daño al grano.

En la aplicación de los polvos vegetales de flor, hoja, raíz y tallo de *A. ochroleuca*, raíz de *B. salicifolius*, y tallos de *D. stramonium* y *T. lucida* en grano de maíz almacenado se observa (Cuadro 1), que la flor de *A. ochroleuca* no afecta al insecto ni disminuye el daño al grano; que hoja y raíz de *A. ochroleuca* y tallos de *D. stramonium* y *T. lucida* reducen la emergencia de adultos en la primera generación y el daño al grano, y que la raíz de *B. salicifolius* destaca en los tres parámetros de observación, significativamente.

Cuadro 1. Mortalidad, emergencia de adultos de *S. zeamais* y daño en grano de maíz tratado con polvos vegetales al 1 %. Experimento 1.

Polvos vegetales	Mortalidad (%) [‡]	Emergencia (%) [‡]	Daño al grano (%) ^{‡‡}
<i>A. ochroleuca</i> flor	(5.0±2.0) 15.1 a	(48.8±15.3) 24.1 cd	60.3±6.9 ab
<i>A. ochroleuca</i> hoja	(3.7±2.3) 12.5 a	(2.3±2.3) 7.5a	53.3±4.8 a
<i>A. ochroleuca</i> raíz	(5.0±2.0) 15.1 a	(11.6±5.8) 13.5abc	50.7±14.0 a
<i>A. ochroleuca</i> tallo	(3.7±1.2) 12.8 a	(39.5±13.8) 21.0 bcd	50.0±9.7 a
<i>B. salicifolius</i> raíz	(52.5±10.5) 30.5 b	(6.9±4.4) 10.7 ab	34.0±4.6 a
<i>D. stramonium</i> tallo	(5.0±2.0) 15.1 a	(13.9±8.0) 14.0 abc	45.0±9.5 a
<i>T. lucida</i> tallo	(10.0±5.4) 18.2 ab	(9.3±5.3) 12.0 abc	48.4±4.2 a
Testigo	(3.7±2.3) 12.5 a	(100±21.2) 29.1 d	100±16.8 b

Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas entre las medias de los rangos[‡] (Kruskal-Wallis, $p \leq 0.05$) y de los tratamientos^{‡‡} (Tukey, $p \leq 0.05$). Medias±error estándar.

Los polvos de fruto de *A. ochroleuca*, raíz de *B. heterophylla*, tallo de *B. salicifolius*, fruto de *D. stramonium* y raíz de *T. lucida* mostraron efecto en el insecto y grano (Cuadro 2); el fruto de *D. stramonium* redujo el daño al grano, el fruto de *A. ochroleuca*, la raíz *B. heterophylla* y el tallo de *B. salicifolius* disminuyeron la emergencia de adultos en la primera generación y el daño al grano, y la raíz de *T. lucida* afectó al insecto, en mortalidad y emergencia, y redujo el daño al grano de maíz, significativamente.

Las hojas frescas o secas, enteras o cortadas, de *Pinus* sp. no ocasionaron mortalidad ni disminuyeron la emergencia de adultos en la primera generación y el daño al grano, significativamente (Cuadro 3).

En la evaluación de los polvos vegetales de hojas de *B. heterophylla*, *B. salicifolius*, *D. stramonium* y *T. lucida*, además de la flor de *T. lucida* (Cuadro 4), destacó la hoja de *T. lucida* en mortalidad, significativamente.

En la aplicación de los polvos de tallo de *B. heterophylla*, raíz de *D. stramonium* y de hoja ancha y angosta de *Quercus* spp. en grano de maíz almacenado se observó (Cuadro 5), que la hoja ancha de *Quercus* sp. disminuyó la emergencia y el daño, que la raíz de *D. stramonium* ocasionó mortalidad y redujo el daño, y que el tallo de *B. heterophylla* y la hoja angosta de *Quercus* sp. fueron efectivos en los tres parámetros de observación, significativamente.

Cuadro 2. Mortalidad, emergencia de adultos de *S. zeamais* y daño en grano de maíz tratado con polvos vegetales al 1 %. Experimento 2.

Polvos vegetales	Mortalidad (%) [‡]	Emergencia (%) [‡]	Daño al grano (%) [‡]
<i>A. ochroleuca</i> fruto	(1.2±1.2) 10.8 ab	(32.5±13.5) 11.6 a	(46.9±10.1) 10.7 a
<i>B. heterophylla</i> raíz	(3.7±3.7) 11.8 ab	(31.6±8.4) 12.0 a	(45.6±5.5) 10.0 a
<i>B. salicifolius</i> tallo	(3.7±2.3) 13.8 ab	(25.6±13.5) 9.3 a	(49.4±12.8) 11.0 a
<i>D. stramonium</i> fruto	(2.5±2.5) 11.5 ab	(33.3±8.3) 12.8 ab	(50.4±2.4) 12.2 a
<i>T. lucida</i> raíz	(15.0±7.9) 18.3 b	(15.4±1.7) 6.6 a	(40.4±6.4) 8.5 a
Testigo	(0±0) 8.5 a	(100±3.7) 22.5 b	(100±9.6) 22.5 b

Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas entre las medias de los rangos[‡] (Kruskal-Wallis, $p \leq 0.05$). Medias±error estándar.

Cuadro 3. Mortalidad, emergencia de adultos de *S. zeamais* y daño en grano de maíz tratado con hojas de *Pinus* sp. al 1 %. Experimento 3.

Hoja	Mortalidad (%) [‡]	Emergencia (%) [‡]	Daño al grano (%) ^{‡‡}
Fresca y entera	(0.0±0.0) 8.0 a	(0.0±0.0) 8.5 a	76.9±7.2 a
Seca y entera	(2.5±1.4) 12.7 a	(100±100) 11.2 a	59.0±15 a
Fresca y cortada	(2.5±1.4) 12.7 a	(100±58) 13.0 a	95.8±14 a
Seca y cortada	(0.0±0.0) 8.0 a	(0.0±0.0) 8.5 a	87±12.6 a
Testigo	(2.5±2.5) 11.0 a	(100±100) 11.2 a	100±8.3 a

Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas entre las medias de los rangos[‡] (Kruskal-Wallis, $p \leq 0.05$) y de los tratamientos^{‡‡} (Tukey, $p \leq 0.05$). Medias±error estándar.

Cuadro 4. Mortalidad, emergencia de adultos de *S. zeamais* y daño en grano de maíz tratado con polvos vegetales al 1 %. Experimento 4.

Polvos vegetales	Mortalidad (%) [‡]	Emergencia (%) [‡]	Daño al grano (%) ^{‡‡}
<i>B. heterophylla</i> hoja	(8.7±8.7) 11.2 ab	(20.0±20.0) 12.7 a	72.8±3.9 a
<i>B. salicifolius</i> hoja	(8.7±5.5) 15.6 ab	(20.0±20.0) 12.7 a	106.0±17.0 a
<i>D. stramonium</i> hoja	(2.5±1.4) 12.2 ab	(0.0±0.0) 10.0 a	98.9±15.2 a
<i>T. lucida</i> flor	(1.2±1.0) 9.8 ab	(0.0±0.0) 10.0 a	51.6±12.0 a
<i>T. lucida</i> hoja	(22.5±9.2) 18.5 b	(20.0±20.0) 12.7 a	67.7±11.6 a
Testigo	(0.0±0.0) 7.5 a	(100±60.0) 16.7 a	100±12 a

Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas entre las medias de los rangos[‡] (Kruskal-Wallis, $p \leq 0.05$) y de los tratamientos^{‡‡} (Tukey, $p \leq 0.05$). Medias±error estándar.

Cuadro 5. Mortalidad, emergencia de adultos de *S. zeamais* y daño en grano de maíz tratado con polvos vegetales al 1 %. Experimento 5.

Polvos vegetales	Mortalidad (%) ^{‡‡}	Emergencia (%) [‡]	Daño al grano (%) [‡]
<i>B. heterophylla</i> tallo	92.5±4.3 c	(0.0±0.0) 6.5 a	(37.1±6.5) 8.5 a
<i>D. stramonium</i> raíz	72.5±10.5 bc	(16.0±6.5) 12.7ab	(33.6±5.7) 7.3 a
<i>Quercus</i> sp. hoja ancha	43.7±6.5 ab	(0.0±0.0) 6.5 a	(40.9±6.7) 9.7 a
<i>Quercus</i> sp. hoja angosta	46.2±13.5 b	(4.0±4.0) 8.3 a	(37.7±10.9) 8.8 a
Testigo	8.7±2.3 a	(100±33.5) 18.3 b	(100±24.1) 18.0 b

Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas entre las medias de los rangos[‡] (Kruskal-Wallis, $p \leq 0.05$) y de los tratamientos^{‡‡} (Tukey, $p \leq 0.05$). Medias±error estándar.

Los polvos de la semilla de *A. ochroleuca* y de la raíz de *B. heterophylla* ocasionaron mortalidad significativa en adultos de *S. zeamais* (Cuadro 6).

Cuadro 6. Mortalidad, emergencia de adultos de *S. zeamais* y daño en grano de maíz tratado con polvos vegetales al 1 %. Experimento 6.

Polvos vegetales	Mortalidad (%) ^{‡‡}	Emergencia (%) [‡]	Daño al grano (%) ^{‡‡}
<i>A. ochroleuca</i> semilla	83.3±8.8 b	(66.6±33.3) 6.5 a	50.3±16.2 a
<i>B. heterophylla</i> raíz	81.6±10.1 b	(83.3±60.0) 6.5 a	65.9±18.7 a
<i>D. stramonium</i> semilla	25.0±15 a	(33.3±33.3) 4.5 a	100±12.8 a
Testigo	11.6±6 a	(100±0.0) 8.5 a	100±18.5 a

Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas entre las medias de los rangos[‡] (Kruskal-Wallis, $p \leq 0.05$) y de los tratamientos^{‡‡} (Tukey, $p \leq 0.05$). Medias±error estándar.

De los polvos evaluados, los obtenidos de las hojas de *B. heterophylla*, *B. salicifolius*, *D. stramonium* y hojas frescas y secas de *Pinus* sp. (entera o cortada), así como de flores de *A. ochroleuca* y *T. lucida*, y fruto y semilla de *D. stramonium* no mostraron efecto significativo en el insecto, tanto de mortalidad como en emergencia, ni en el grano.

De las 84 evaluaciones de este experimento, 59.5 % no mostró significancia debido a que se ampliaron las evaluaciones a estructuras vegetales diferentes a las enunciadas en las encuestas. En otras investigaciones ha sido menor la parte no significativa, como en Silva *et al.* (2003), quizá por la mejor selección de los tratamientos, donde el 45.2 % no provocó efecto en el insecto y en el grano, en contraste, en la mayoría de las investigaciones, donde se ha realizado una búsqueda inicial, la parte no significativa ha sido mayor que en esta investigación, registrándose desde 69.1 % (Juárez-Flores *et al.*, 2010), 71 % (Silva *et al.*, 2005), 91.1 % (Cuevas *et al.*, 2006), y hasta 92.3 % (Páez *et al.*, 1990).

En el polvo de la raíz de *B. heterophylla*, de dos fechas diferentes, se obtuvieron resultados diversos. En la primera colecta (Cuadro 2), realizada en septiembre de 2017, se obtuvo significancia en emergencia y daño, en tanto que en la segunda colecta (Cuadro 6), efectuada en diciembre de 2017, no hubo significancia respecto al testigo. Esto que, posiblemente, que cuando la planta se colecta en tiempo de frío contiene sustancias activas letales para el adulto, que no afectan la emergencia ni disminuyen el daño al grano, en tanto que éstas aún no están presentes, o lo están en menor concentración o se manifiestan otras sustancias al comenzar la estación fría que son insectistáticas y protegen el grano, por inhibir en 68.4 % la emergencia de adultos en la primera generación y por reducir en 54.4 % el daño al grano de maíz, respectivamente. Otros autores también han encontrado que plantas colectadas en tiempos de frío son más efectivas contra insectos Janas *et al.* (2002) mencionan que con bajas temperaturas se incrementa la concentración de ácidos fenólicos y de isoflavonoides en las raíces y por lo tanto se aumentan las propiedades insecticidas; y Tapia (2012), señala que en estos tiempos la raíz de *Derris* sp. tiene mayor cantidad de rotenona, un isoflavonoide insecticida. No obstante, puede no haber diferencia en toxicidad en colectas realizadas

todo el año, considerando el tiempo de frío, como lo mencionan López-Pérez *et al.* (2010), con la raíz de *B. salicifolius*.

El polvo de tallo de *A. ochroleuca* redujo significativamente (50 % el daño), respecto testigo, considerado como 100 %. Los polvos de fruto, hoja y raíz de *A. ochroleuca*, hoja ancha de *Quercus* sp., y tallos de *B. salicifolius*, *D. stramonium* y *T. lucida* inhibieron en 67.5, 97.7, 88.4, 100, 74.4, 86.1 y 90.7 % la emergencia de adultos en la primera generación y protegieron en 53.1, 46.7, 49.3, 59.1, 50.6, 55.0 y 51.6 % al grano.

Los polvos de semilla de *A. ochroleuca*, raíz de *D. stramonium* y hoja de *T. lucida* provocaron 83.3, 72.5 y 22.5 % de mortalidad de adultos, y el de la raíz de *D. stramonium* disminuyó en 66.4 % el daño al grano.

Otras plantas resultaron efectivas en los tres parámetros de evaluación. Los polvos de tallo de *B. heterophylla*, raíces de *B. salicifolius* y *T. lucida*, y hoja angosta de *Quercus* sp. provocaron 92.5, 52.5, 15.0 y 46.2 % de mortalidad de adultos y redujeron la emergencia en 100, 93.1, 84.6 y 96 % y el daño al grano en 62.9, 66.0, 59.6 y 62.3 % significativamente.

En la evaluación de 28 polvos vegetales ninguno provocó mortalidad total de adultos ni protegió completamente el grano, pero dos de ellos: tallo de *B. heterophylla* y hoja ancha de *Quercus* sp., sí inhibieron completamente la emergencia de adultos en la primera generación.

Alta mortalidad de adultos, inhibición completa de emergencia de adultos en la primera generación y fuerte reducción del daño al grano de maíz se observó (92.5, 100 y 62.9 %, respectivamente) con el tallo de *B. heterophylla*, pero no siempre existe esta correlación; otros polvos vegetales como la semilla de *A. ochroleuca* y la raíz de *B. heterophylla*, que ocasionan 83.3 y 81.6 % de mortalidad de adultos, no afectaron la emergencia y el daño. Moderada mortalidad, como 72.5 % provocada con la raíz de *D. stramonium*, disminuyó en 64.4 % el daño. Media y baja mortalidad, como la raíz de *B. salicifolius*, hoja angosta de *Quercus* sp. y la raíz de *T. lucida*, afectaron la emergencia y el daño. Inhibición total de emergencia también se obtuvo con el polvo de la hoja ancha de *Quercus* sp., que además redujo en 59.1 % el daño al grano. Fuerte inhibición de emergencia (97.7, 96 y 90.7 %), se consiguió con la hoja de *A. ochroleuca*, hoja angosta

de *Quercus* sp. y el tallo de *T. lucida* con disminución de 46.7, 62.3 y 51.6 % en el daño. La mayor protección al grano (62.9-66.4 %) se obtuvo con cuatro polvos (tallo de *B. heterophylla*, raíces de *B. salicifolius* y *D. stramonium*, y hoja angosta de *Quercus* sp.), que además ocasionaron mortalidad significativa.

De esta manera, se encontró que los polvos vegetales que causaron mayor mortalidad de adultos de *S. zeamais* (92.5 y 83.3 %), son los obtenidos de tallo de *B. heterophylla* y de semilla de *A. ochroleuca*. Efectividad similar (entre 70 y 90 %) fueron obtenidas con el polvo de hoja de aiton al 1 % (*Euphorbia balsamífera*) (Suleiman *et al.*, 2012); de follaje de laurel chileno al 1 % (*Laurelia sempervirens*) que ocasionó 90 % de mortalidad (Torres *et al.*, 2015); de hoja y fruto de boldo *Peumus boldus* al 1-1.25 % que causaron de 80.8 a 99.3 % de mortalidad (Silva *et al.*, 2005; Pizarro *et al.*, 2013), y de hoja de tepa (*Laureliopsis philippiana*) al 1 % que provocó 94.6 % de mortalidad (Ortiz *et al.*, 2012), todos en *S. zeamais*.

El tallo de *B. heterophylla* mostró efectividad a diferencia de la hierba del carbonero (*Baccharis salicifolia*) que como aceite esencial a concentración de 0.750 mg cm⁻² provoca toxicidad y repelencia en el gorgojo de la harina (*Tribolium castaneum*) (García *et al.*, 2005).

Los polvos vegetales que inhiben completamente la emergencia de adultos son: tallo de *B. heterophylla* y hoja ancha de *Quercus* sp. En otros estudios, otras especies de plantas también han inhibido totalmente la emergencia de *S. zeamais*, como los polvos de hojas de *L. sempervirens* y *L. philippiana* al 1 % (Ortiz *et al.*, 2012; Torres *et al.*, 2015) y de *P. boldus* (Silva *et al.*, 2005), así como de planta completa de *Argemone* sp., hoja de ruda (*Ruta graveolens*) y raíz de valeriana (*Valeriana officinalis*) al 1 % (Cuevas *et al.*, 2006).

El efecto insectistático, mostrado como inhibición de la emergencia de adultos, podría deberse a la muerte de los progenitores, esterilización de los adultos, o al efecto disuasivo en la oviposición (Coats, 1994; González *et al.*, 2011).

Los mejores polvos vegetales que protegen al grano, por reducir de 62.9 a 66 % el daño del gorgojo, son: tallo de *B. heterophylla*, raíces de *B. salicifolius* y *D. stramonium* y hoja angosta de *Quercus* sp.

El daño al grano, donde 50 % de las evaluaciones realizadas en este parámetro no fueron significativas, se debió en gran parte a los adultos, tanto progenitores como emergidos en la primera generación, debido a que al estar en un ambiente desfavorable, por el polvo impregnado en el grano, buscaron refugio, perforando los granos para esconderse y lograr sobrevivir.

Similar o mayor reducción de daño se obtuvo en otras investigaciones. Los polvos de hoja de laurel (*Laurus nobilis*), hierba santa (*Piper auritum*), higuera (*Ricinus communis*), eucalipto blanco (*Eucalyptus globulus*) y semilla de nim (*Azadirachta indica*) al 1 % reducen de 68.7 a 77 % el daño (Silva *et al.*, 2003), y de hoja de anvara (*Leptadenia hastata*) y naranjo (*Citrus sinensis*) al 1 % reducen en 69 y 70.4 % el daño (Suleiman *et al.*, 2012), de *S. zeamais* al grano de maíz.

De manera general, en la evaluación de seis estructuras vegetativas de *A. ochroleuca* la flor no fue significativa en ningún parámetro; el polvo de la semilla obtuvo 83.3 % de mortalidad; fruto, hoja y raíz inhibieron de 67.5 a 97.7 % la emergencia de adultos en la primera generación y también redujeron de 46.7 a 53.1 % el daño al grano igual que el tallo. En mortalidad, otras investigaciones han señalado menor y mayor efecto que el obtenido en esta investigación. Miranda *et al.* (1994), indican que el polvo de planta completa de *A. ochroleuca* al 1% provoca 44.7 % de mortalidad, y Cuevas *et al.* (2006) señala que el polvo de toda la planta de *Argemone* sp. al 1% ocasiona 98.9 % de mortalidad, ambos, en adultos de *S. zeamais*. En las entrevistas, un agricultor de San Francisco Uricho manifestó que esta planta llegó a utilizarse por personas de la comunidad para proteger al grano, lo cual se constató en esta investigación y, a la vez, ésta respalda lo indicado por productores del Estado de Hidalgo, a través de encuestas (Villavicencio-Nieto *et al.*, 2010), de que el polvo de la semilla se mezcla con maíz para evitar ser atacado por *S. zeamais*.

La hoja de *B. heterophylla* no afecta al gorgojo ni protege al grano, mientras que el tallo y la raíz ocasionan 92.5 y 81.6 % de mortalidad y reducen de 68.4 a 100 % la emergencia de *S. zeamais*, además de que protegen de 54.4 a 62.9 % al grano. Probablemente los agricultores de San Miguel Ncutzepo y La Valenciana, quienes indicaron que esta planta antes se utilizaba para el control del gorgojo en maíz, la usaban cuando tenía poco follaje o la colectaban en fechas diferentes a nuestra colecta, por lo

cual no hubo mención de que las hojas no tuvieran utilidad. Otras especies del género han mostrado actividad contra gorgojos cuando se les ha evaluado en forma de aceite esencial; *B. salicifolia* provoca toxicidad y repelencia en *T. castaneum* a los 3 d después de la aplicación (García *et al.*, 2005), mientras que bacchus (*Baccharis rhatinodes*) y chilca amarga (*Baccharis spicata*) inhiben la alimentación de gorgojo de la harina *Tenebrio molitor* (Enriz *et al.*, 2000).

En *B. salicifolius* la hoja no tiene efecto contra *S. zeamais*, su raíz elimina la mitad de la población, mientras que la raíz y tallo reducen la emergencia de nuevos adultos y el daño al grano. En otra investigación el polvo de las hojas de esta planta ocasionó 50 % de mortalidad en *S. zeamais* (Granados-Echegoyen *et al.*, 2017) cuando se le usó al 2 % la mezcla de hoja, flor y raíz de *S. salignus*= *B. salicifolius* a 2.5 % no afecta a *S. zeamais* (Morales *et al.*, 2010), y la raíz de *S. salignus* al 0.5 % elimina totalmente la población del gorgojo mexicano del frijol (*Zabrotes subfasciatus*) (López-Pérez *et al.*, 2010); indicando mayor toxicidad que la encontrada en esta investigación. Esto sustenta el uso contra gorgojos que le daban en el pasado en San Miguel Nocupetepo.

En *D. stramonium*, la raíz provocó 72.5 % de mortalidad, el tallo inhibió en 86.1 % la emergencia, y tallo y raíz protegieron en 55.0 y 66.4 % el grano, mientras que su fruto, hoja y semilla no mostraron ningún efecto, como se ha observado en otros estudios con hojas y semillas de esta planta (Silva *et al.*, 2005), incluso la planta completa a sido inactiva (Miranda *et al.*, 1994) al 1 %. Sin embargo, los productores de la comunidad de Comachuen mencionan que la planta completa llega a proteger hasta 90 % del grano, lo cual probablemente se deba al uso de una concentración mayor al 1% y a un gran contenido de tallo y raíz en sus preparaciones.

Las hojas de *Pinus* sp., evaluadas en cuatro formas distintas (frescas-enteras, secas-enteras, frescas-cortadas y secas-cortadas), no resultaron significativas en esta evaluación, lo cual contrasta con la protección que obtienen los productores de San Francisco Uricho para el maíz (hasta 90 % durante 5 meses de almacenamiento), cuando usan las hojas en capas intercaladas con capas de 20 kg de grano encostalado; un efecto no observado en esta investigación, quizá por que ellos usan una concentración mayor y en un ambiente cerrado.

La hojas pulverizadas de *Quercus* spp. mostraron actividad contra *S. zeamais*. La hoja ancha, que no ocasiona mortalidad, pero inhibe totalmente la emergencia y protege en 59.1 % el grano. La hoja angosta, que provoca 46.2 % de mortalidad, inhibe en 96 % la emergencia y protege en 62.3 % al grano. Este efecto probablemente se deba a los taninos de las hojas, pues Schultz (1989) y Maldonado-López *et al.* (2015) mencionan que éstos afectan la alimentación de los insectos, y por ende otros parámetros.

La hoja de *T. lucida* produjo 22.5 % de mortalidad en este trabajo, aunque en otras evaluaciones se le ha observado hasta 68.3 % con la misma dosis (Juárez-Flores *et al.*, 2010). La raíz produjo 15 % de mortalidad, mientras que la raíz y tallo inhiben en 84.6 y 90.7 % la emergencia y protegen en 59.6 y 51.6 % el grano, respectivamente; quienes además indican que la flor es inefectiva contra *S. zeamais*. Esta efectividad sustenta la percepción de los productores de Tzetzenguaro y San Miguel Ncutzepo de que esta planta podría eliminar gorgojos y proteger el grano.

El mejor polvo vegetal, obtenido en esta investigación, contra el gorgojo del maíz *S. zeamais* es el tallo de *B. heterophylla* por eliminar al 92.5 % de los adultos a los 15 d, inhibir completamente la emergencia de adultos en la primera generación y disminuir en 62.9 % el daño al grano a los 55 d. Este nivel de actividad hace a esta planta muy atractiva para usarla localmente como medio de protección del maíz y, la coloca competitivamente entre otras que también han mostrado alta actividad contra esta plaga, por ejemplo: el chicalote (*Argemone* sp.) (planta completa al 1 %) y *V. officinalis* (raíz) (Cuevas *et al.*, 2006), así como *L. sempervirens* (follaje) (Torres *et al.*, 2015) y epazote (*Chenopodium ambrosioides*) (follaje) (Silva *et al.*, 2003), todas al 1 % ocasionan mortalidad $\geq 98.9\%$ sobre *S. zeamais*, además de que inhiben en 100 % la emergencia de nuevos adultos proteger ≥ 96.6 % al grano (Silva *et al.*, 2003; Cuevas *et al.*, 2006; Torres *et al.*, 2015).

5.3 Cenizas vegetales.

5.3.1 Comparación de efectividad de cenizas de *Pinus* sp. y *Quercus* sp. con otras cenizas vegetales.

En los resultados obtenidos de la aplicación de ceniza de leña de *Pinus* sp. a diferentes concentraciones (Cuadro 7), se constató que 0.25, 0.5 y 1 % provocaron alta

mortalidad (90-100 %) y redujeron el daño del grano, sin afectar la emergencia, y que la concentración de 0.0625 % inhibió completamente la emergencia, significativamente. Las concentraciones de 0.5 y 1 %, que ocasionaron mortalidad total en adultos, no afectaron la emergencia ni protegieron totalmente al grano, lo que significa que antes de morir los adultos, éstos ovipositaron y que el daño es tanto de adultos progenitores como de las larvas de la primera generación, en contraste cuando se tuvo nula emergencia no hubo mortalidad de progenitores ni protección total del grano. La concentración de ceniza de leña de *Pinus* sp. necesaria para eliminar a la mitad de la población de adultos de *S. zeamais* a los 15 d es de 0.081 (0.070-0.093) g en 100 g de grano de maíz.

Cuadro 7. Mortalidad, emergencia de adultos de *S. zeamais* y daño al grano de maíz tratado con diferentes concentraciones ceniza de *Pinus* sp.

Concentración (%)	Mortalidad (%) [‡]	Emergencia (%) [‡]	Daño al grano (%) [‡]
1	(100.0±0.0) ^Δ 19.0 b	(9.7±6.9) 13.7 ab	(27.7±5.1) 12.6 a
0.5	(100.0±0.0) 19.0 b	(2.4±2.4) 10.8 ab	(18.9±2.0) 6.5 a
0.25	(90.0±10.0) 16.3 b	(2.4±2.4) 10.8 ab	(11.3±5.6) 5.5 a
0.125	(81.2±6.8) 11.5 ab	(19.5±19.5) 11.6 ab	(28.0±2.8) 13.5 ab
0.0625	(32.5±10.5) 6.5 a	(0.0±0.0) 8.5 a	30.8±3.3) 14.3 ab
0.00	(5.0±2.0) ^Δ 2.6 a	(100±36.1) 19.3 b	(100±10.2) 22.5 b
CL ₅₀	0.081 (0.070-0.093)	-	-

Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas entre las medias de los rangos[‡] (Kruskal-Wallis, p≤0.05). ^ΔDatos no considerados en el análisis Probit. Medias±error estándar.

En la impregnación de ceniza obtenida de un incendio forestal a diferentes concentraciones en grano de maíz almacenado (Cuadro 8), se observó que las concentraciones de 0.125, 0.25, 0.5 y 1 % destacaron en mortalidad y redujeron la emergencia, y que las concentraciones de 0.25 y 1 %, que inhibieron totalmente la emergencia de adultos en la primera generación, disminuyeron el daño, significativamente. Las concentraciones de ceniza obtenidas de un incendio forestal necesarias para eliminar al 50 % de la población de adultos de *S. zeamais* a los 15 d e inhibir en 50 % la emergencia de adultos en la primera generación, a los 55 d, son menores a 0.0625 g, en ambas, en 100 g de grano de maíz, y las concentraciones de 0.25 y 1 % disminuyen en 64.2 y 77.1 % el daño al grano, respecto al testigo.

Cuadro 8. Mortalidad, emergencia de adultos de *S. zeamais* y daño al grano de maíz tratado con diferentes concentraciones de ceniza de un incendio forestal.

Concentración (%)	Mortalidad (%) [‡]	Emergencia (%) [‡]	Daño al grano (%) ^{‡‡}
1	(98.7±1.2) 17.3 b	(0.0±0.0) 8.5 a	22.9±4.2 a
0.5	(85.0±11.9) 13.5 b	(3.5±3.5) 10.7 a	59.8±15.0 ab
0.25	(98.7±1.5) 17.3 b	(0.0±0.0) 8.5 a	35.8±12.1 a
0.125	(82.5±10.1) 12.7 b	(3.5±3.5) 10.7 a	51.5±4.7 ab
0.0625	(82.5±6.6) 11.5 ab	(17.8±10.7) 14.3ab	56.4±13.6 ab
0.00	(2.5±1.4) 2.5 a	(100±31.4) 22.1 b	100±11.9 b

Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas entre las medias de los rangos[‡] (Kruskal-Wallis, $p \leq 0.05$) y de los tratamientos^{‡‡} (Tukey, $p \leq 0.05$). Medias±error estándar.

La ceniza obtenida de la quema de leña de *P. cembroides*, incorporada a las concentraciones de 0.25, 0.5 y 1 % en grano de maíz almacenado, provocó alta mortalidad y redujo completamente la emergencia de adultos en la primera generación y las concentraciones de 0.25 y 1 % disminuyeron en 88.9 y 65.7 % el daño al grano (Cuadro 9), significativamente. La concentración de ceniza de *P. cembroides* que elimina al 50 % de la población de adultos de *S. zeamais* a los 15 d es de 0.069 (0.059-0.080) g en 100 g de grano de maíz, en tanto que la concentración mínima que inhibe totalmente la emergencia de adultos en la primera generación, a los 55 d, es de 0.25 g en 100 g de grano de maíz.

Cuadro 9. Mortalidad, emergencia de adultos de *S. zeamais* y daño al grano de maíz tratado con diferentes concentraciones de ceniza de *P. cembroides*.

Concentración (%)	Mortalidad (%) [‡]	Emergencia (%) [‡]	Daño al grano (%) ^{‡‡}
1	(98.7 ^Δ ±1.2) 19.0 b	(0.0±0.0) 9.5 a	34.3±10.9 a
0.5	(97.5 ^Δ ±1.4) 17.5 b	(0.0±0.0) 9.5 a	37.6±10 ab
0.25	(93.7±6.2) 17.6 b	(0.0±0.0) 9.5 a	11.1±7.6 a
0.125	(81.2±4.7) 10.8 ab	(9.0±9.0) 11.8 ab	57.5±18.5 ab
0.0625	(40.0±18.1) 6.6 a	45.5±45.5) 13.1 ab	70.5±23.2 ab
0.00	(3.7 ^Δ ±1.2) 3.3 a	(100±17.2) 21.5 b	100±8.1 b
CL ₅₀	0.069 (0.059-0.080)	-	-

Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas entre las medias de los rangos[‡] (Kruskal-Wallis, $p \leq 0.05$) y de los tratamientos^{‡‡} (Tukey, $p \leq 0.05$). ^ΔDatos no considerados en el análisis Probit. Medias±error estándar.

En la impregnación de ceniza de *L. tridentata* a grano de maíz almacenado se observó (Cuadro 10), que las concentraciones 0.25, 0.5 y 1 % provocaron alta mortalidad (de 82.5 a 92.5 %), que todas las concentraciones redujeron a más de 82.2 % la emergencia de adultos y que las concentraciones de 0.125, 0.5 y 1 % disminuyeron en 80.3 % o más el daño al grano, significativamente. La concentración de ceniza de *L. tridentata* necesaria para eliminar al 50 % de la población de adultos de *S. zeamais* a los 15 d es de 0.068 (0.056-0.081) g en 100 g de grano de maíz.

Cuadro 10. Mortalidad, emergencia de adultos de *S. zeamais* y daño al grano de maíz tratado con diferentes concentraciones de ceniza de *L. tridentata*.

Concentración (%)	Mortalidad (%) [‡]	Emergencia (%) ^{‡‡}	Daño al grano (%) ^{‡‡}
1	(82.5 ^Δ ±6.2) 15.5 bc	6.8±2.9 a	10.9±3.7 a
0.5	(85.0 ^Δ ±6.1) 17.0 bc	6.3±3.5 a	11.8±3.9 a
0.25	(92.5±3.2) 19.8 c	5.1±1.7 a	21.4±3.8 ab
0.125	(60.0±18.5) 11.8 abc	6.3±4.8 a	19.7±6.2 a
0.0625	(52.5±6.6) 8.1 ab	17.8±5.5 a	24.5±1.5 ab
0.00	(3.7 ^Δ ±2.3) 2.6 a	100±8.0 b	100±8.6 b
CL ₅₀	0.068 (0.056-0.081)		

Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas entre las medias de los rangos[‡] (Kruskal-Wallis, $p \leq 0.05$) y de los tratamientos^{‡‡} (Tukey, $p \leq 0.05$). ^ΔDatos no considerados en el análisis Probit. Medias±error estándar.

La ceniza de *Quercus* sp. ocasionó mortalidad de 52.5 a 83.1 %, inhibió desde 76.6 a 100 % (como la concentración del 1 %) la emergencia, y redujo de 56 a 76 % el daño al grano, significativamente, en todas las concentraciones evaluadas (Cuadro 11). La concentración de ceniza de *Quercus* sp. necesaria para eliminar al 50 % de la población de adultos de *S. zeamais* a los 15 d es menor a 0.0625 % (la concentración mínima evaluada) en 100 g de grano de maíz.

Cuadro 11. Mortalidad, emergencia de adultos de *S. zeamais* y daño al grano de maíz tratado con diferentes concentraciones de ceniza de *Quercus* sp.

Concentración (%)	Mortalidad (%) [‡]	Emergencia (%) [‡]	Daño al grano (%) ^{##}
1	(77.5±9.7) 29.0 b	(0.0±0.0) 14.0 a	26.2±6.5 a
0.5	(83.1±8.9) 31.9 b	(1.3±1.3) 16.0 ab	24.8±5.8 a
0.25	(83.1±6.2) 29.6 b	(4.0±1.9) 20.1 ab	36.5±7.7 a
0.125	(77.5±10.6) 30.3 b	(25.4±10.0) 28.3 b	40.5±7.9 a
0.0625	(52.5±12.7) 21.1 b	(15.4±6.6) 24.6 ab	44.7±7.4 a
0.00	(3.7±2.0) 4.8 a	(100±15.3) 43.8 c	100±6.4 b

Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas entre las medias de los rangos[‡] (Kruskal-Wallis, $p \leq 0.05$) y de los tratamientos^{##} (Tukey, $p \leq 0.05$). Medias ± error estándar.

De manera general, en la impregnación de cinco cenizas vegetales a cinco concentraciones cada una en grano de maíz con la finalidad de eliminar a los adultos de gorgojo del maíz *S. zeamais*, y evitar la emergencia de adultos en la primera generación y el daño al grano se observó que con la ceniza de pino a 0.5 y 1 % se provocó 100 % de mortalidad de adultos, sin inhibir totalmente la emergencia y el daño.

En las CL_{50} los límites fiduciales de las cenizas de *Pinus* sp., *P. cembroides* y *L. tridentata* se traslapan, lo que indica que las concentraciones para eliminar al 50 % de la población de adultos de *S. zeamais* a los 15 d van desde 0.056 a 0.093 % en 100 g de maíz. Las CL_{50} de las cenizas obtenidas de un incendio forestal y de *Quercus* sp. son menores a 0.0625 %; mínima concentración evaluada.

Las cenizas que inhibieron totalmente la emergencia de adultos en la primera generación, que no ocasionaron mortalidad total de adultos ni inhibieron completamente el daño al grano, fueron las que se obtuvieron de *Pinus* sp., a la concentración de 0.0625 %, de un incendio forestal a 0.25 y 1 %, de *P. cembroides* a 0.25, 0.5 y 1 %, y de encino al 1 %. La ceniza más consistente en este efecto fue la de *P. cembroides* que a las tres concentraciones altas evitó completamente la emergencia de adultos. En las demás concentraciones, estas cenizas inhibieron la emergencia de adultos en 45 % o menos, respecto al testigo. La ceniza de *L. tridentata* no inhibe totalmente la emergencia en ninguna concentración.

Ninguna ceniza evita completamente el daño del gorgojo al grano. La mayor protección al grano, de 81.1 a 89.1 %, se obtiene con las cenizas de *Pinus* sp. a concentración de 0.25 y 0.5 %, de *P. cembroides* a 0.25 % y de *L. tridentata* a 0.5 y 1 %.

No obstante, el grano de maíz se puede proteger de 56 a 75 % con la menor concentración (0.0625 %) de cenizas de *L. tridentata*, *Pinus* sp., y *Quercus* sp.

La mejor ceniza para eliminar a los adultos y evitar su desarrollo y daño en el grano es la de *Pinus* sp. por provocar 100 % de mortalidad de adultos a la concentración de 0.5 %, inhibir totalmente la emergencia de adultos en la primera generación a la concentración de 0.0625 % y reducir en 89 % el daño al grano de maíz con la concentración de 0.25 %.

Las concentraciones que eliminan a todos los adultos no inhiben completamente la emergencia de adultos en la primera generación ni evitan totalmente el daño al grano. Las concentraciones que evitan la emergencia total de adultos en la primera generación no protegen completamente al grano. Ninguna concentración protege totalmente al grano.

5.3.2 CL₅₀ y TL₅₀ de ceniza de *Pinus* sp.

La mortalidad de adultos de *S. zeamais* ocasionada por la ceniza de *Pinus* sp. a los 7 d posteriores a la impregnación del grano de maíz se muestra en el Cuadro 12, donde se observa que en 1 d ésta no es significativa, que en 2 d la mortalidad es mayor a 50 % en la concentración más alta y que a 4 d, y en los sucesivos, todas las concentraciones provocan más de 51 % de mortalidad. La concentración de 0.125 % no es significativa a ningún tiempo y la concentración de 0.25 % tampoco lo es a los 7 d. La mortalidad total se obtiene a los 6 d con las concentraciones de 0.5 y 1 %. Las CL₅₀ a los 2 y 3 d son de 0.97 y 0.41 % de ceniza, en tanto que de 4 a 7 d éstas son menores a 0.125 %, la concentración más baja en la evaluación.

Los adultos que mueren con las concentraciones de 0.5 y 1 % a los 6 d, donde se consignó mortalidad total de la población, no dejan descendencia, lo cual se constató a los 55 d, después de haberse completado el primer ciclo de vida, cuando se registró 0 % de emergencia; sin embargo antes de morir, ocasionan hasta 34.4 % de daño al grano (datos no mostrados).

Los TL₅₀ van de 1.73 a 3.75 d para las concentraciones de 1 a 0.125 %, pero con traslape en los límites fiduciales a las concentraciones de 0.5 y 0.25 %, lo que indica que la eliminación de la mitad de la población de adultos de *S. zeamais* se dará desde 2.07 a 2.41 d, para estas dos concentraciones intermedias.

5.3.3 Tiempo de almacenamiento de maíz con cenizas de *Pinus* sp. y *Quercus* sp. y su efectividad en *S. zeamais*

El efecto en el gorgojo cuando éste llega a maíz impregnado con ceniza de *Pinus* sp. al 1 %, en diversos tiempos, es letal (Cuadro 13), pues cuando el grano tiene 1 mes de tratado la mortalidad obtenida es de 95 %, a los 2, 3 y 5 meses de impregnado el grano con la ceniza, la mortalidad es total y a los 4 meses es de 98.7 %. La emergencia de adultos en la primera generación es nula a 1, 2, 4 y 5 meses y de apenas 2 % a los 3 meses. El daño, el cual es provocado por los adultos y no por las larvas de la primera generación y es poco evidente en el grano, va de 18.3 a 56.5 %, respecto al daño ocasionado en el testigo.

Cuadro 12. Mortalidad, CL₅₀ y TL₅₀ de adultos de *S. zeamais* en grano de maíz tratado por 7 d con ceniza de *Pinus* sp.

Concentración (%)	Mortalidad (%)							TL ₅₀ (d)
	1	2 [‡]	3 [‡]	4 [‡]	5 [‡]	6 [‡]	7 d [‡]	
1	(3.7±1.2) [‡] 14a	(52.5±13.6)16.8c	(75.0±13.0)15.2b	(90.0±8.4)14.1bc	(96.2±2.3)14.2bc	(100±0.0) ^Δ 16c	(100±0.0) ^Δ b	1.73 (1.34-1.94)
0.5	(2.5±1.4) [‡] 12a	(28.7±3.7)14.1bc	(70.0±18.4)13.1b	(98.7±1.2) [‡] 16.3c	(98.7±1.2)16.2c	(100±0.0)16c	(100±0.0) [‡] b	2.22 (2.07-2.36)
0.25	(2.5±1.4) [‡] 12a	(22.5±6.6)12.3bc	(71.2±13.9) ^Δ 13.8b	(86.2±7.7) ^Δ 12.3bc	(92.5±3.2) ^Δ 11.8b c	(96.2±1.2)11.1bc	(96.2±1.2) [‡] ab	2.29 (2.17-2.41)
0.125	(0.0±0.0) [‡] 7a	(6.2±1.2) [‡] 6.2ab	(26.2±8.5)7.7ab	(51.2±13.2)7.1ab	(62.5±14.7)7.6ab	(71.2±10.0)6.8ab	(76.2±8.9)ab	3.75 (3.41-4.04)
0	(0.0±0.0) [‡] 7a	(1.2 ^Δ ±1.2)2.8a	(1.2 ^Δ ±1.2)2.5a	(2.5 ^Δ ±2.5)2.5a	(7.5 ^Δ ±1.4)2.5a	(7.5 ^Δ ±1.4)2.5a	(11.2 ^Δ ±3.1)2.5a	-
CL ₅₀	-	0.97 (0.44-1.5)	0.41 (0.35-0.47)	-	-	-	-	-

Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas entre las medias de los rangos[‡] (Kruskal-Wallis, p≤0.05).^ΔDatos no considerados en la CL₅₀.[‡]Datos no considerados en el TL₅₀. Medias±error estándar.

Cuadro 13. Duración del efecto ceniza de *Pinus* sp. al 1 % sobre la mortalidad, emergencia y daño de adultos de *S. zeamais* al grano de maíz.

T.a. (meses)	Tratamiento	Mortalidad (%)	Emergencia (%)	Daño (%) en maíz
1	Ceniza	(95.0±5.0 b) ^{‡‡}	(0.0±0.0) 2.5 [‡] a	22.5±8.0 ^{‡‡} a
	Testigo	(2.5±2.5 a)	(100.0±40.8) 6.5 b	100±19.1 b
2	Ceniza	(100±0.0) 6.5 [‡] b	(0.0±0.0) 2.5 [‡] a	(56.5±7.7) 3 [‡] a
	Testigo	(7.5±3.2) 2.5 a	(100.0±40.8) 6.5 b	(100±18.1) 6 a
3	Ceniza	(100±0.0) 6.5 [‡] b	(2.0±2.0) 2.5 [‡] a	(18.3±5.1) 2.5 [‡] a
	Testigo	(2.5±1.4) 2.5 a	(100±29.8) 6.5 b	(100±12.7) 6.5 b
4	Ceniza	(98.7±1.2 b) ^{‡‡}	(0.0±0.0) 2.5 [‡] a	(39.0±8.8 a) ^{‡‡}
	Testigo	(3.7±1.2 a)	(100±0.0) 6.5 b	(100±13.6 b)
5	Ceniza	(100±0.0) 6.5 [‡] b	(0.0±0.0) 3 [‡] a	(32.4±11.7) 2.7 [‡] a
	Testigo	(10.0±3.5) 2.5 a	(100.0±34.5) 6 b	(100.0±17.6) 6.2 b

Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas entre las medias de los tratamientos^{‡‡} (Tukey, $p \leq 0.05$) y de los rangos[‡] (Kruskal-Wallis, $p \leq 0.05$) y Medias±error estándar. T.a.=tiempo desde la aplicación del tratamiento.

La ceniza de *Quercus* sp. al 1 % provoca de 90 a 100 % de mortalidad de adultos de *S. zeamais* en maíz tratado desde 1 a 5 meses con este inerte (Cuadro 14), con nula emergencia de adultos en la primera generación, y daño al grano del maíz de 17.5 a 87.6 % de 1 a 5 meses.

En la impregnación de cenizas de *Pinus* sp. y *Quercus* sp. al grano de maíz durante 5 meses se observa hasta 5 y 10 % de supervivencia de adultos progenitores, los cuales, de no retirarse a los 15 d, probablemente mueran después, de persistir las mismas condiciones en el almacenamiento. La descendencia de estos adultos es apenas del 2 % o nula para estas cenizas, respecto al testigo, con daño de adultos de hasta 56.5 y 87.6 % en el grano, respectivamente, en condiciones de confinamiento. Este mayor daño en la ceniza de *Quercus* sp. se debe a que el olor y la abrasividad, probablemente sea mayor que la ceniza de *Pinus* sp.

Tratar el grano infestado con gorgojos con ceniza de *Pinus* sp. o de *Quercus* sp. al 1 % (10 kg t⁻¹ de grano), se corre el riesgo de que antes de eliminar a toda la población, los adultos busquen refugio en el grano, para escapar al efecto del inerte, provocando mayor daño de lo normal, aunque menor y menos evidente que el daño que ocasionan la larvas.

Cuadro 14. Duración del efecto de ceniza de *Quercus* sp. al 1 % sobre mortalidad, emergencia y daño de adultos de *S. zeamais* al grano de maíz.

T.a. (meses)	Tratamiento	Mortalidad (%)	Emergencia (%)	Daño (%) en maíz
1	Ceniza	(90.0±4.5) 6.5 [‡] b	(0.0±0.0) 2.5 [‡] a	42.8±3.9 ^{‡‡} a
	Testigo	(2.5±1.4) 2.5 a	(100±8.6) 6.5 b	100±16.0 b
2	Ceniza	100.0±0.0 ^{‡‡} b	(0.0±0.0) 2.5 [‡] a	57.0±10.5 ^{‡‡} a
	Testigo	5.0±2.0 a	(100±18.4) 6.5 b	100±7.6 b
3	Ceniza	98.7±1.2 ^{‡‡} b	(0.0±0.0) 2.5 [‡] a	87.6±8.1 ^{‡‡} a
	Testigo	2.5±2.5 a	(100.0±31.4) 6.5 b	100.0±14.1 a
4	Ceniza	(100.0±0.0) 6.5 [‡] b	(0.0±0.0) 2.5 [‡] a	73.3±15.8 ^{‡‡} a
	Testigo	(1.2±1.2) 2.5 a	(100.0±20.0) 6.5 b	100.0±7.9 a
5	Ceniza	(91.2±3.1) 6.5 [‡] a	(0.0±0.0) 2.5 [‡] a	17.5±6.8 ^{‡‡} a
	Testigo	(3.7±2.3) 2.5 b	(100±22.1) 6.5 b	100.0±10.5 b

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre las medias de los rangos[‡] (Kruskal-Wallis, $p \leq 0.05$) y de los tratamientos^{‡‡} (Tukey, $p \leq 0.05$). Medias±error estándar. T.a.=tiempo desde la aplicación del tratamiento.

5.3.4 Efectividad de diferentes cenizas contra *S. zeamais*.

En la impregnación de cinco cenizas vegetales *Pinus* sp., incendio forestal, *L. tridentata*, *Quercus* sp. y *P. cembroides*, a cinco concentraciones en grano de maíz, y posterior adición de adultos de *S. zeamais*, se observó que con la ceniza de *Pinus* sp. a 0.5 y 1 % se provocó 100 % de mortalidad de adultos; que las CL_{50} a los 2, 3 y 15 d fueron 0.97, 0.41 y 0.081 %; que los TL_{50} de las concentraciones a 1 y 0.125 % fueron 1.73 y 3.75 d; que la completa inhibición de adultos en la primera generación se logró desde la dosis menor ensayada (0.0625 %) y; que una alta protección al grano se alcanzó a partir d 88.7 % a la concentración de 0.25 %.

Los efectos de esta ceniza permanecieron casi inalterados durante todo el lapso de las observaciones (5 meses postratamiento), al final de los cuales, seguía habiendo mortalidad ≥ 95 %, nula emergencia de adultos y daño de solo el 56.5 %, realizado por los adultos inoculados, por lo que consistió en pequeñas escoriaciones a la testas, pero no cavidades en el endospermo; en cambio, la ceniza de *Quercus* sp. produjo mortalidad en forma menos consistente, fluctuando entre 90 y 100% durante el lapso de las evaluaciones, también inhibió totalmente la emergencia de adultos todo el tiempo, pero

permitió mayor actividad de los adultos inoculados antes de su muerte por lo que alcanzaron a dañar hasta entre 73 y 87% de los granos.

La observación directa de los daños a los granos permitió distinguir que éstos fueron causados por los adultos inoculados y no por su descendencia, ya que consistieron solo en escoriaciones de las testas, no horadaciones de los endospermos, como lo hacen las larvas, principalmente por la búsqueda de refugio de los adultos infestantes antes de morir. Por otra parte, en ceniza de *Quercus* sp. muere de 90 a 100 % y disminuye totalmente la emergencia y ocasiona hasta 87.6 % de daño al grano por la mismas circunstancias que *Pinus* sp., solo que su olor debe ser más intenso y obliga a los adultos a horadar el grano, causando más daño, para construirse un refugio. Otras cenizas evaluadas en otros sistemas biológicos trabajos también han dado altos niveles de mortalidad con dosis de 0.5 y 1 %, por ejemplo, la ceniza de estiércol de ganado bovino al 0.5 % sobre adultos de *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae) Linnaeus (López-Pérez *et al.*, 2007) y la ceniza de la hoja de *A. marlothii* al 4 % en *S. zeamais* (Achiano *et al.*, 1999). En otro contraste, para eliminar a la mitad de la población de *S. zeamais*, la ceniza de *Pinus* sp. requiere 0.97 % a los 2 d, en tanto que la ceniza de madera de *H. acida* requiere 13.5 % a los 3 d (Jean *et al.*, 2015), y en *S. oryzae*, la ceniza volcánica necesita 0.16 % en 6 d (Buteler *et al.*, 2014).

Inhibición total de emergencia de adultos en la primera generación, además del *Pinus* sp., también se obtuvo en esta evaluación con las cenizas de un incendio forestal al 0.25 y 1 %, *P. cembroides* a 0.25, 0.5 y 1% y de *Quercus* sp. a 1 %. Las demás cenizas inhibieron de 75.5 a 98.7 % la emergencia. En otras investigaciones también se ha obtenido alta inhibición de emergencia; 97.5 y 99 % con las cenizas de *O. gratissimum* y *E. grandis* a 1 % (Akob y Ewete, 2007); 97.9 y 99.2 % con las cenizas de *A. polyacantha* y *H. acida* a 4 % (Jean *et al.*, 2015); y 98.7 % con la ceniza de madera doméstica a 5 % (Demissie *et al.*, 2008).

Ninguna ceniza protegió completamente el grano, en esta investigación. La mayor protección fue de 80.3-89.1 % con las cenizas de *P. cembroides* a 0.25 % y de *L. tridentata* a 0.125, 0.5 y 1 %, además de *Pinus* sp. a 0.25 y 0.5 %. Pero se constató que el daño de 10.9 a 19,7 % fue ocasionado por los adultos inoculados al inicio del experimento, por lo que no implican deterioro a la características organolépticas del

grano ni de su calidad nutricional. En otras investigaciones (Demissie *et al.*, 2008; Jean *et al.*, 2015), se ha encontrado que las cenizas a 4 y 5 % permiten de 0.8 a 2 % de daño; mayor protección, pero a cinco veces o más la concentración citada en esta aportación. La ceniza provocó en los insectos un efecto abrasivo y que al sentirse perturbados se aglomeraron en grupos, perforaron los granos para refugiarse y protegerse de la ceniza y así poder sobrevivir un poco mas.

En este trabajo, las cenizas de *Pinus* sp. y *Quercus* sp. provocaron 100 y 98.7 % de mortalidad durante 3 meses; mientras que otras perdieron gradualmente su actividad a los 3 meses como Páez *et al.* (1990), quienes obtuvieron 90 % de mortalidad con las cenizas del volcán del chichonal al 1 %. Por el contrario, las ceniza de *A. polyacantha* y *H. acida* al 4 % ocasionaron 40.7 y 55.6 % de mortalidad (Jean *et al.*, 2015), en *S. zeamais*.

Para emergencia a los 5 meses de almacenamiento no hubo adultos con las cenizas de *Quercus* sp. y apenas 2 % con ceniza de *Pinus* sp.; resultados que se asemejan a los reportados por Akob y Ewete (2007), con ceniza de hoja de *E. grandis* al 1 %, donde no hay emergencia de adultos en 6 meses, y a los de Páez *et al.* (1990), que con la ceniza del volcán chichonal al 1 % se tuvo 6.2 % de emergencia a los 3 meses.

A los 5 meses los adultos iniciales provocan hasta 56.5 y 87.6 % de daño con las cenizas de *Pinus* sp y *Quercus* sp. al 1 %, en esta evaluación, a diferencia de las cenizas de *A. polyacantha* y *H. acida* que ocasionan 5 y 1.9 % de daño, pero al 4 % a los 3 meses (Jean *et al.*, 2015), y de las cenizas de *Pinus* sp. y *Quercus* sp. que protegen totalmente el grano al 1 % hasta por 14 meses de almacenamiento, acorde a la información proporcionada por los agricultores de la comunidad de Turicuaro en el municipio de Nahuatzen.

5.4 Efectividad de polvos y cenizas vegetales

Ningún polvo vegetal al 1 % provoca 100 % de mortalidad de adultos, en tanto que la ceniza de *Pinus* sp. al 0.5 y 1 % ocasiona mortalidad total. La toxicidad que éstos materiales también se percibe en la inhibición total de la emergencia, donde los polvos vegetales de tallo de *B. heterophylla* y de hoja ancha de *Quercus* sp. la consiguen con concentración de 1 %, mientras que las cenizas de pino la obtienen a partir de 0.0625 %,

las de piñón a partir de 0.25, 0.5 y 1 % , las de incendio forestal a partir de 0.25 y 1%, las de encino al 1 %. Respecto al daño, los polvos vegetales protegen menos que las cenizas. Las protecciones más altas fueron de observadas al tallo de *B. heterophylla* y a la raíz de *B. salicifolius* (ambos al 1 %), los cuales protegen en 62.9 y 59.6 % el grano de maíz, en tanto que las cenizas de *Pinus* sp. y de piñón, ambas a 0.25 %, protegen en 88.7 y 88.9 % al grano.

Aunque los polvos de algunas plantas afectan significativamente los procesos fisiológicos del insecto, las cenizas vegetales muestran mayor potencial para el control de *S. zeamais*, a concentraciones menores y hasta por un periodo de 5 meses.

6. CONCLUSIONES

Los agricultores de la Meseta Purépecha y la región lacustre del Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México, refirieron siete plantas para el control de plagas de almacén: *A. ochroleuca*, *B. heterophylla*, *B. salicifolius*, *D. stramonium*, *Pinus* sp., *Quercus* spp. y *T. lucida*. y dos cenizas vegetales: *Pinus* sp. y *Quercus* sp.

En polvos vegetales, la mayor mortalidad (92.5 %) se obtuvo con tallo de *B. heterophylla*; la inhibición completa de emergencia de nuevos adultos se obtuvo con tallo de *B. heterophylla* y hoja ancha de *Quercus* sp. y; los menores niveles de daño (33.6 a 37.7 %) con tallo de *B. heterophylla*, con raíces de *B. salicifolius* y *D. stramonium* así como con hoja angosta de *Quercus* sp.

La ceniza de *Pinus* sp. provoca 100 % de mortalidad de adultos a los 15 d a partir de 0.5 %, tiene CL₅₀ de 0.97 % a los 2 d y TL₅₀ de 1.73 d a 1 %; inhibe completamente la emergencia de nuevos adultos a partir de 0.0625 % y, a 0.25 %, protege en 88.7 % el grano de maíz, a los 55 d. Causa mortalidad total de adultos a los 2, 3 y 5 meses de tratado el grano, con nula emergencia de adultos a 1, 2, 4 y 5 meses y daño de hasta 56.5 %, en confinamiento.

La ceniza de *Quercus* sp. ocasiona mortalidad total a los 2 y 4 meses, inhibe completamente la emergencia de adultos, en todos los tiempos, pero permite hasta 87.6 % de daño al grano en confinamiento.

7. LITERATURA CITADA

- Abbott, W.S. 1925. A method of commuting the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18:265-267.
- Achiano, K.A., J.H. Giliomee, and K.L. Pringle. 1999. The use of ash from *Aloe marlothii* Berger for the control of maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) in stored maize. *African Entomol.* 7:169-172.
- Akob, C.A., and F.K. Ewete. 2007. The efficacy of ashes of four locally used plant materials against *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) in Cameroon. *Int. J. Trop. Insect. Sci.* 27(1):21-26.
- Arias, C. 1993. Manual de manejo postcosecha de granos a nivel rural. América Latina y el Caribe FAO. Santiago, Chile. pp:3-203.
- Bell, C.H. 2014. Pest control of stored food products: insects and mites. *In*: Lelieveld, H.L.M., J.T. Holah, and D. Napper (eds). *Hygiene in Food Processing Principles and Practice. Second Edition.* Philadelphia, New Delhi. pp:494-538.
- Bourguet, D., A. Genissel, and M. Raymond. 2000. Insecticide resistance and dominance levels. *J. Econ. Entomol.* 93:1588-1595.
- Buteler, M., G.P. López-García, A.A. Pochettino, N. Stefanazzi, A.A. Ferrero, and T. Stadler. 2014. Insecticidal activity of volcanic ash against *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) under laboratory conditions. *Ecology Austral* 24(1):17-22.
- Coats, J.R. 1994. Risks from natural versus synthetic insecticides. *Annu. Rev. Entomol.* 39:489-515.
- Cuevas S., M.I., J.C. García M., y C.A. Romero N. 2006. Productos naturales para el control de la principal plaga de maíz, frijol y garbanzo almacenados. *Bol. Asoc. Esp. Entomol.* 30(1-2):83-92.
- Demissie, G., T. Tefera, and A. Tadesse. 2008. Efficacy of silicosec, filter cake and wood ash against the maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) on three maize genotypes. *J. Stored. Prod. Res.* 44:227-231.
- Enriz, R.D., H.A. Baldoni, M.A. Zamora, E.A. Jáuregui, M.E. Sosa, C.E. Tonn, and M. Gordaliza. 2000. Structure-antifeedant activity relationship of clerodane

- diterpenoids. Comparative study with withanolides and azadirachtin. *J. Agric. Food. Chem.* 48(4):1384-1392.
- Firdissa, E., and T. Abraham. 1999. Effect of some botanicals and other materials against the maize weevil *Sitophilus zeamais* Motschulsky on stored maize. *In*: Bent, T. (ed). *Maize Production Technology for the Future: Challenge and Opportunities. Proceedings of the Sixth Eastern and Southern Africa Regional Maize Conference.* Addis Ababa, Ethiopia. pp:101-104.
- García-Lara, S. y D.J. Bergvinson. 2007. Programa integral para reducir pérdidas poscosecha en maíz. *Agricultura Técnica en México* 33(2):181-189.
- García, M., O.J. Donadel, C.E. Ardanaz, C.E. Tonn, and M.E. Sosa, 2005. Toxic and repellent effects of *Baccharis salicifolia* essential oil on *Tribolium castaneum*. *Pesticide Science* 61(6):612-618.
- Gemu, M., E. Getu, T. Tadess, and A. Yosuf. 2013. Management of *Sitophilus zeamais* Motshulsky (Coleoptera: Ciurculionidae) and *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Lepidoptera: Gelechiidae) using locally available inert materials in Southern Ethiopia. *J. Agric. Food. Sci.* 1(6):11-117.
- González, S., O. Pino, R.S. Herrera, N. Valenciaga, D. Fortes, y Y. Sánchez. 2011. Potencialidades de los polvos de *Lonchocarpus punctatus* en el control de *Sitophilus zeamais*. *Rev. Cuba. Cienc. Agrícola.* 45(1):89-94.
- Granados-Echegoyen, C.A., N. Alonso-Hernández, B. Ortega-Morales, M. Reyes-Estébanez, M. Chan-Bacab, y J.C. Camacho-Chab. 2017. Polvos botánicos de *Senecio salignus* (Asteraceae) y *Solanum diversifolium* (Solanaceae) como alternativa ecológica de control de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Entomología Agrícola* 4:403-408.
- Halder, J., M.K. Pandey, N. Singh, A.B. Rai, and B. Singh. 2018. Perceived effectiveness of indigenous technological knowledge (ITK) of insect and vertebrate pests management in eastern Uttar Pradesh, India. *Proc. Zool. Soc.* 71(1):9-16.
- Halstead, D.G.H. 1963. External sex differences in stored-products Coleoptera. *Bull. Entomol. Res.* 54(1):119-134.

- InfoStat. 2008. InfoStat software estadístico InfoStat versión 2008, Manual de usuario, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina. pp:8-329.
- Janas, K.M., M. Cvikrová, A. Pałagiewicz, K. Szafranska, and M.M. Posmyk. 2002. Constitutive elevated accumulation of phenylpropanoids in soybean roots at low temperature. *Plant Science* 163(2):369-373.
- Jean, W.G., N.E. Nchiwan, N. Dieudonné, and C. Adler. 2015. Efficacy of diatomaceous earth and wood ash for the control of *Sitophilus zeamais* in stored maize. *J. Entomol. Zool. Stud.* 3:390-397.
- Juárez-Flores, B.I., Y. Jasso-Pineda, J.R. Aguirre-Rivera e I. Jasso-Pineda. 2010. Efecto de polvos de asteráceas sobre el gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais* Motsch). *Polibotánica* 30:123-135.
- Lagunes T., A., y C. Rodríguez H. 1989. Búsqueda de tecnología apropiada para el combate de plagas del maíz almacenado en condiciones rústicas. CONACYT/Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 150p.
- López-Pérez, E., C. Rodríguez-Hernández, y L.D. Ortega-Arenas. 2007. Potencial insecticida de ceniza de estiércol de ganado bovino contra *Zabrotes subfasciatus* en frijol almacenado. *In: Rodríguez-Hernández, C., M.L.I. de Bauer, C.G.S. Valdés-Lozano, y S. Sánchez-Preciado (eds). Agricultura Sostenible. Volumen 1; Alternativas Contra Plagas. Sociedad Mexicana de Agricultura Sostenible, CP e ITA Tlaxcala. Montecillo, Texcoco, México. pp:105-109.*
- López-Pérez, E., C. Rodríguez-Hernández, y R. Garza-García. 2010. Factores que optimizan la efectividad del polvo de raíz de *Senecio salignus* contra el gorgojo mexicano del frijol. *Rev. Fitotec. Mex.* 33(3):225-230.
- Maldonado-López, Y., P. Cuevas-Reyes, A. González-Rodríguez, G. Pérez-López, C. Acosta-Gómez, and K. Oyama. 2015. Relationships among plant genetics, phytochemistry and herbivory patterns in *Quercus castanea* across a fragmented landscape. *Ecological Research* 30(1):133-143.
- Miranda D., R., J.L. Ayala O., y R. Domínguez R. 1994. Extractos y polvos vegetales con propiedades insecticidas: Una alternativa en el combate del gorgojo del maíz,

- Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae), en granos almacenados. Revista Chapingo. Serie Protección Vegetal 1:71-75.
- Morales, H., P. Ramírez, H. Liere, S. Rodas, y J.C. López. 2010. Revalorando viejas prácticas mayas de manejo de plagas del maíz almacenado para la agricultura del futuro. Agroecología 5:63-71.
- Ortiz U., A., G. Silva A., A. Urbina P., N. Zapata S., J.C. Rodríguez M, y A. Lagunes T. 2012. Bioactividad del polvo de tepa (*Laureliopsis philippiana* (Looser) Shodde) para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky en laboratorio. Chil. J. Agr. Res. 72(1):68-73.
- Páez L., A., A. Lagunes T., J.L. Carrillo S., y J.C. Rodríguez M. 1990. Polvos vegetales y materiales inertes para el combate del gorgojo *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) en maíz almacenado. Agrociencia 1(3):35-46.
- Pérez-Salgado, J., M.D. Angel-Rios, y E.I. Pérez-Ángel. 2017. Actividad insecticida de polvos vegetales contra gorgojo de maiz *Sitophilus zeamais* Motchulsky (Coleoptera: Curculionidae). Entomología Mexicana 4:203-207.
- Pizarro D., G. Silva, M. Tapia, C. Rodríguez, A. Urbina, A. Lagunes, y S. Aguilar. 2013. Actividad insecticida del polvo de *Peumus boldus* Molina (Monimiaceae) contra *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). Bol. Latinoam. Caribe. Plant. Med. Aromat. 12(4):420-430.
- Rodríguez H., C., G. Silva A., y J.D. Vendramim. 2003. Insecticidas de origen vegetal. *In*: Silva, G. y R. Hepp (eds). Bases para el Manejo Racional de Insecticidas. Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción. Chillán, Chile. pp:89-11.
- SAS Institute. 1999. The SAS system for windows. Release 8. Cary, North Carolina, USA. pp:1643.
- Schultz, J.C. 1989. Tannin-insect interactions. *In*: Hemingway, R.W. and J.J. Karchesy (eds). Chemistry and Significance of Condensed Tannins. Plenum Press. New York, USA. pp:417-433.
- Silva, G., D. Pizarro, P. Casals, y M. Berti. 2003. Evaluación de plantas medicinales en polvo para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky en maíz almacenado. Agrociencia 9:384-385.

- Silva, G., O. Orrego, R. Hepp, y M. Tapia. 2005. Búsqueda de plantas con propiedades insecticidas para el control de *Sitophilus zeamais* en maíz almacenado. *Pesq. Agropec. Bras.* 40(1):11-17.
- Suleiman, M., N.D. Ibrahim, and Q. Majeed. 2012. Control of *Sitophilus zeamais* (Motsch) (Coleoptera: Curculionidae) on sorghum using some plant powders. *Int. J. Agric. For.* 2(1):53-57.
- Tapia Z., G.O. 2012. Control orgánico del gorgojo de maíz (*Sitophilus zeamais*), en semillas almacenadas de chulpi (*Zea mays* var *rugosa*) con ajeno "Santa María" (*Parthenium hysterophorus*) y romero (*Rosmarium officinalis*). Tesis de Licenciatura. Universidad Politécnica Salesiana. Quito, Ecuador. 113p.
- Torres, C., G. Silva, M. Tapia, J.C. Rodríguez, A. Urbina, I. Figueroa, y S. Aguilar-Medel. 2015. Propiedades insecticidas del polvo de *Laurelia sempervirens* L. para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Bol. Latinoam. Caribe. Plant. Med. Aromat.* 14(1):48-59.
- Trematerra, P. 2009. Preferences of *Sitophilus zeamais* to different types of Italian commercial rice and cereal pasta. *Bull. Insectology* 62(1):103-106.
- Vallejo-González, R., y M.B. Nájera-Rincón. 2016. Actividad insecticida de los aceites esenciales de *Tagetes lucida* Cav. y *Cosmos bipinnatus* Cav. (Asterales: Asteraceae) sobre *Sitophilus zeamais* Motchulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Entomología Mexicana* 3:209-214.
- Villavicencio-Nieto, M.Á., B.E. Pérez-Escandón, y A.J. Gordillo-Martínez. 2010. Plantas tradicionalmente usadas como plaguicidas en el Estado de Hidalgo, México. *Polibotánica* 30:193-238.