



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Tecnológico Nacional de México

Instituto Tecnológico Superior de Guasave

Tesis

**Efecto de extractos vegetales en el control del gorgojo
Sitophilus zeamais en granos de maíz almacenados**

Presentada por:

Jennifer Berenice Espinoza Verdugo

Como requisito para la obtención del grado de
Ingeniero en Innovación Agrícola Sustentable

Director de Tesis

Dr. Adalid Graciano Obeso

Codirector de Tesis

Dr. Arturo Rafael Armenta López



Guasave, Sinaloa, México; Febrero de 2026.

	LIBERACIÓN DE PROYECTO PARA TITULACIÓN INTEGRAL PLAN 2015		Responsable: Jefatura de División de Ciencias
	Referencia a la Norma:ISO 9001:2015 8.1;8.2.1;8.2.2;8.2.3;8.5.1;8.5.2;8.6;8.7.2		Código: ITSG-SIG-AO-PO-19-03
	Referencia a la Norma:ISO 21001:2018 8.1;8.1.1;8.1.2;8.2.1;8.2.2;8.2.3;8.3.3;8.3.4;8.6;8.7;9.1.2		Revisión: 5
			Fecha de Emisión: Julio 2025
			Página 1 de 1

Guasave, Sinaloa, Fecha: 06 de febrero de 2026

ASUNTO: Liberación de proyecto para titulación integral

ING. LAURA BEATRÍZ INZUNZA RAMÍREZ

COORDINACIÓN DE TITULACIÓN

PRESENTE

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

Nombre del estudiante y/o egresado(a):	Jennifer Berenice Espinoza Verdugo
Carrera:	Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable
Número de control:	2025010367
Nombre del proyecto:	Efecto de extractos vegetales en el control del gorgojo <i>Sitophilus zeamais</i> en granos almacenados de maíz
Producto:	Tesis

Solo para la Opción de tesis:

Estudiante y/o egresado(a):

CURP	EIVJ021027MSLSRNA3
------	--------------------

Asesor(a):

Nombre completo	Dr. Adalid Graciano Obeso
CVU	421431

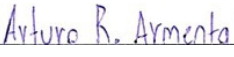
Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros(as) egresados(as).

ATENTAMENTE



M.C. HÉCTOR RAMIRO MENDÍVIL TRUJILLO

Nombre y firma del (de la) Jefe(a) de División de Ciencias Agronómicas

 Dr. Adalid Graciano Obeso	 M.C. Gregorio Pollorena López	 Dr. Arturo Rafael Armenta López
Nombre y firma del Asesor(a)	Nombre y firma del Revisor(a)	Nombre y firma del Revisor(a)

* solo aplica para el caso de tesis y tesina

C. c. p. Expediente

C. c. p. Departamento de Centro de Recurso para el Aprendizaje e Innovación.

DEDICATORIA

A mi madre, Sra. Minerva Verenice Verdugo, quien me apoyó incondicionalmente, dándome su amor y compañía, por siempre estar conmigo en mis etapas más difíciles de la vida, siendo testigo de mis logros y tropiezos, sin duda alguna, es mi gran ejemplo para seguir y sigue impulsándome siempre a ser mejor persona.

Gracias a ella estoy aquí esforzándome cada día para cumplir mi sueño.

A mi padre, el Sr. Felipe Jornas Morales Campas, quien a pesar de no llevar su sangre me ha dado todo con consideración y sin reproches. Quien hasta el día de hoy me sigue demostrando su amor, apoyo y aprecio inculcándome a ser siempre mejor persona.

A mi hijo, Roel Duarte Espinoza, por ser la motivación más grande para poder salir adelante y ser mejor persona, espero siempre verte feliz mi niño y te sientas orgulloso de mamá.

A mi familia en general por estar apoyándome constantemente en todo lo que siempre necesité.

AGRADECIMIENTOS

La conclusión de la presente tesis simboliza no solo el término de una etapa formativa, sino también la consolidación de un proceso lleno de aprendizajes, dedicación y crecimiento personal. Este resultado es fruto del esfuerzo constante y del acompañamiento de diversas personas e instituciones que, desde distintos ámbitos, hicieron posible la realización de este trabajo.

De manera especial, expreso mi más profundo agradecimiento a mis padres, quienes han sido un pilar fundamental a lo largo de mi formación académica y personal. Gracias por su apoyo incondicional, por inculcarme valores como la responsabilidad, la constancia y el amor por el trabajo, y por estar siempre presentes en cada desafío y logro. A mi familia, agradezco su comprensión, paciencia y ánimo permanente, así como la confianza depositada en mí durante todo este proceso.

Asimismo, agradezco sinceramente a los docentes y asesores de la carrera de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable del Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Su compromiso con la enseñanza, su orientación académica y su enfoque en la innovación y la sustentabilidad fueron clave para fortalecer mis conocimientos y mi visión profesional. De manera particular, reconozco la valiosa labor de mi asesor(a) de tesis, cuya guía, observaciones y disposición fueron determinantes para el desarrollo, estructura y culminación de este proyecto.

ÍNDICE

Contenido	Pág.
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE CUADROS	VII
ÍNDICE DE ANEXOS	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT	X
GLOSARIO	XI
INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES	3
ALCANCES Y LIMITACIONES	8
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
JUSTIFICACIÓN	11
OBJETIVOS.....	13
GENERAL:	13
ESPECÍFICOS:.....	13
HIPÓTESIS.....	14
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	15
MARCO TEÓRICO	16
CULTIVO DE MAÍZ	16
ALMACENAMIENTO DE MAÍZ EN MÉXICO.....	17
PÉRDIDA POSTCOSECHA	18

GORGJO DEL MAÍZ (<i>SITOPHILUS ZEAMAI</i>)	20
<i>Descripción general</i>	20
<i>Clasificación taxonómica</i>	20
<i>Origen y distribución</i>	21
<i>Hospederos</i>	21
<i>Daños ocasionados</i>	21
<i>Ciclo de vida</i>	21
<i>Descripción morfológica de los estados biológicos</i>	22
MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS (MIP)	22
MÉTODOS DE CONTROL	22
ALTERNATIVAS SUSTENTABLES PARA EL CONTROL DE PLAGAS	22
EXTRACTOS VEGETALES	23
METODOLOGÍA	24
ÁREA DE ESTUDIO	24
MATERIAL BIOLÓGICO: INSECTO Y PLANTAS	24
OBTENCIÓN DE EXTRACTOS VEGETALES ETANÓLICOS	25
CARACTERIZACIÓN FITOQUÍMICA PRELIMINAR (CRIBADO)	25
BIOENSAYOS DE TOXICIDAD CONTRA <i>SITOPHILUS ZEAMAI</i>	26
DISEÑO EXPERIMENTAL Y APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS	26
VARIABLES DE EVALUACIÓN EN EL BIOENSAYO DE TOXICIDAD	26
<i>Mortalidad corregida (%)</i>	27
<i>Grano dañado (%)</i>	27
<i>Pérdida de peso del grano (%)</i>	28
<i>Emergencia corregida (%)</i>	28
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	29
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
CARACTERIZACIÓN FITOQUÍMICA PRELIMINAR DE LOS EXTRACTOS VEGETALES	30
EVALUACIÓN DE LA EFICACIA BIOCIDA DE EXTRACTOS VEGETALES CONTRA <i>SITOPHILUS ZEAMAI</i> EN GRANO ALMACENADO	31

ANEXOS	51
--------------	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Ubicación geográfica del municipio de Guasave, Sinaloa, México.....	24
Figura 2.- Mortalidad corregida de <i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky expuesto a extractos de <i>Datura stramonium</i> L. (toloache), <i>Ambrosia ambrosioides</i> (Cav.) W.W. Payne (chicura) y <i>Ricinus communis</i> L. (higuerilla) en grano de maíz almacenado.....	32
Figura 3.- Porcentaje de grano dañado por <i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky en maíz tratado con extractos de <i>Datura stramonium</i> L. (toloache), <i>Ambrosia ambrosioides</i> (Cav.) W.W. Payne (chicura) y <i>Ricinus communis</i> L. (higuerilla).....	33
Figura 4.- Porcentaje de emergencia corregida de <i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky en maíz tratado con extractos de <i>Datura stramonium</i> L. (toloache), <i>Ambrosia ambrosioides</i> (Cav.) W.W. Payne (chicura) y <i>Ricinus communis</i> L. (higuerilla).....	34
Figura 5.- Porcentaje de pérdida de peso del grano de maíz causada por <i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky después del tratamiento con extractos de <i>Datura stramonium</i> L. (toloache), <i>Ambrosia ambrosioides</i> (Cav.) W.W. Payne (chicura) y <i>Ricinus communis</i> L. (higuerilla).....	34

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.- Perfil fitoquímico preliminar de extractos etanólicos de toloache (<i>Datura stramonium</i> L.), chicura (<i>Ambrosia ambrosioides</i> (Cav.) W.W. Payne) e higuerilla (<i>Ricinus communis</i> L.) mediante cribado cualitativo.....	30
--	----

Cuadro 2.-	Eficacia de extractos etanólicos vegetales contra <i>Sitophilus zeamais</i> en maíz almacenado (55 días). Valores son media $\pm$ desviación estándar (n=3). Letras distintas dentro de una columna indican diferencias significativas (Tukey, $\alpha=0.05$).....	32
-------------------	---	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.-	Colecta de semillas de maíz y gorgojos (<i>Sitophilus zeamais</i>) necesarios para el experimento.....	51
Anexo 2.-	Preparación de soluciones de extractos de plantas de chicura, toloache e higuierilla.....	52
Anexo 3.-	Establecimiento de bioensayo en laboratorio del Instituto Tecnológico Superior de Guasave.....	53
Anexo 4.-	Desarrollo de técnicas de laboratorio para extracción de aceites de plantas de chicura, toloache e higuierilla.....	54
Anexo 5.-	Preparación de medios para evaluación de extractos vegetales..	55
Anexo 6.-	Evaluación de daño y pérdida de peso en semillas de maíz.....	56
Anexo 7.-	Asesoría por directores de tesis durante el desarrollo del proyecto de investigación.....	57

RESUMEN

El almacenamiento constituye una de las actividades postcosecha más relevantes dentro de la producción y comercialización de granos básicos. Para que sea eficiente, se requiere contar con condiciones higiénicas, capaces de resguardar el producto de insectos, aves, roedores, hongos y otras plagas que ocasionan deterioro físico. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el potencial de extractos de plantas en el control del gorgojo *Sitophilus zeamais* en granos almacenados de maíz con condiciones de laboratorio del Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Para lograrlo, se estableció un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cinco tratamientos y cuatro repeticiones: T1: Control (etanol al 96%), T2: Control positivo (Fosfuro de aluminio, 3 g), T3: Extracto de *Datura stramonium*, T4: Extracto de *Ambrosia ambrosioides* y T5: *R. communis*. Las variables de respuesta evaluadas fueron: mortalidad corregida (MC), grano dañado (GD), emergencia corregida (EC) y pérdida de peso del grano (PPG). De los resultados, se tiene que extracto de semilla de higuera (T4, *R. communis*) indujo la mayor mortalidad corregida ($MC = 43.3 \pm 5.8\%$), siendo estadísticamente superior ($p < 0.05$) a los demás tratamientos botánicos, mientras que el extracto de toloache ($5.7 \pm 1.2 \%$) como el de higuera ($6.7 \pm 0.6 \%$) fueron los tratamientos más efectivos para reducir la perforación de las semillas. En cuanto a la emergencia, el extracto de higuera fue el único capaz de suprimir completamente la emergencia ($0.0 \pm 0.0\%$), siendo estadísticamente superior a todos los demás tratamientos, así mismo, el extracto de higuera, reflejó la menor pérdida de peso del grano ($0.26 \pm 0.05\%$), seguida del toloache con $0.59 \pm 0.04 \%$ (Fig. 4). La chicura y el testigo produjeron las mayores pérdidas de peso ($1.29 \pm 0.13 \%$ y $1.42 \pm 0.13 \%$, respectivamente). Como conclusiones, se tiene que los extractos etanólicos de toloache, chicura e higuera poseen metabolitos secundarios con actividad biológica potencial para el control de *Sitophilus zeamais*, sin embargo, el extracto etanólico de semilla de higuera (*Ricinus communis* L.) fue el tratamiento más efectivo, al inducir la mayor mortalidad corregida, suprimir completamente la emergencia de la progenie y minimizar la pérdida de peso del grano.

Palabras claves: bioensayo, granos básicos, pérdida postcosecha, plagas agrícolas.

ABSTRACT

Storage is one of the most important post-harvest activities in the production and marketing of staple grains. For it to be efficient, hygienic conditions are required to protect the product from insects, birds, rodents, fungi, and other pests that cause physical deterioration. The objective of this study was to evaluate the potential of plant extracts for controlling the weevil *Sitophilus zeamais* in stored corn kernels under laboratory conditions at the Instituto Tecnológico Superior de Guasave. To achieve this, a Completely Randomized Design (CRD) was established with five treatments and four replicates: T1: Control (96% ethanol), T2: Positive control (3 g aluminum phosphide), T3: *Datura stramonium* extract, T4: *Ambrosia ambrosioides* extract, and T5: *Rhizopus communis*. The response variables evaluated were: corrected mortality (CM), damaged kernel (DG), corrected emergence (EC), and kernel weight loss (DWL). The results showed that castor bean seed extract (T4, *R. communis*) induced the highest corrected mortality (MC = $43.3 \pm 5.8\%$), being statistically superior ($p < 0.05$) to the other botanical treatments, while jimsonweed extract ($5.7 \pm 1.2\%$) and castor bean extract ($6.7 \pm 0.6\%$) were the most effective treatments in reducing seed perforation. Regarding emergence, castor bean extract was the only one capable of completely suppressing emergence ($0.0 \pm 0.0\%$), being statistically superior to all other treatments. Likewise, castor bean extract showed the lowest grain weight loss ($0.26 \pm 0.05\%$), followed by jimsonweed with $0.59 \pm 0.04\%$ (Fig. 4). The chicura and control treatments resulted in the greatest weight losses ($1.29 \pm 0.13\%$ and $1.42 \pm 0.13\%$, respectively). In conclusion, the ethanolic extracts of toloache, chicura, and castor bean possess secondary metabolites with potential biological activity for the control of *Sitophilus zeamais*. However, the ethanolic extract of castor bean (*Ricinus communis* L.) seed was the most effective treatment, inducing the highest corrected mortality, completely suppressing progeny emergence, and minimizing grain weight loss.

Keywords: bioassay, staple grains, postharvest loss, agricultural pests.

GLOSARIO

Almacenamiento de granos: proceso poscosecha que consiste en conservar granos agrícolas bajo condiciones controladas de humedad, temperatura e higiene, con el fin de preservar su calidad física, sanitaria y nutricional.

Bioensayo: prueba experimental realizada en condiciones controladas para evaluar la respuesta biológica de organismos vivos ante la aplicación de un tratamiento específico.

Bioinsecticida: producto de origen biológico, derivado de plantas, microorganismos o sus metabolitos, utilizado para el control de insectos plaga con menor impacto ambiental que los insecticidas sintéticos.

Biodegradabilidad: capacidad de una sustancia para descomponerse naturalmente mediante la acción de microorganismos, sin generar residuos tóxicos persistentes en el ambiente.

Control biológico: estrategia de manejo de plagas que utiliza organismos vivos, como hongos, bacterias o depredadores naturales, para reducir poblaciones de insectos dañinos.

Control químico: método de manejo de plagas basado en la aplicación de insecticidas sintéticos para eliminar o reducir poblaciones de organismos perjudiciales.

Daño al grano: afectación física ocasionada por insectos plaga que perforan o consumen el grano, reduciendo su peso, calidad comercial y valor nutritivo.

Diseño completamente al azar: diseño experimental en el cual los tratamientos se asignan aleatoriamente a las unidades experimentales, con el objetivo de minimizar el sesgo y la variabilidad no controlada.

Emergencia: aparición de nuevos individuos adultos de insectos plaga como resultado del desarrollo de huevos y larvas dentro del grano almacenado.

Extractos vegetales: sustancias obtenidas a partir de tejidos de plantas mediante solventes, que contienen compuestos bioactivos con propiedades insecticidas, repelentes o inhibidoras del desarrollo.

Granos almacenados: semillas o granos agrícolas que se conservan después de la cosecha para su consumo, comercialización o siembra.

Gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais*): insecto plaga perteneciente a la familia Curculionidae, considerado uno de los principales responsables de pérdidas en granos de maíz almacenados.

Hongo entomopatógeno: hongo capaz de infectar, desarrollarse y causar la muerte de insectos, utilizado como agente de control biológico en la agricultura.

Manejo Integrado de Plagas (MIP): enfoque sostenible que combina métodos culturales, biológicos, físicos y químicos para mantener las poblaciones de plagas por debajo del umbral de daño económico.

Mortalidad: porcentaje o número de insectos muertos como consecuencia de la aplicación de un tratamiento experimental.

Pérdida de peso del grano: disminución del peso original del grano causada por el consumo interno o externo por insectos plaga durante el almacenamiento.

Plagas poscosecha: organismos que atacan los granos después de la cosecha, principalmente durante el almacenamiento, ocasionando pérdidas cuantitativas y cualitativas.

***Sitophilus zeamais*:** nombre científico del picudo del maíz, plaga primaria de granos almacenados que se desarrolla en ambientes cálidos y húmedos.

Variables de respuesta: parámetros medidos en un experimento para evaluar el efecto de los tratamientos aplicados, como mortalidad, daño al grano, pérdida de peso y emergencia

INTRODUCCIÓN

El almacenamiento constituye una de las actividades postcosecha más relevantes dentro de la producción y comercialización de granos básicos. Para que sea eficiente, se requiere contar con bodegas en condiciones higiénicas, capaces de resguardar el producto de insectos, aves, roedores, hongos y otras plagas que ocasionan deterioro físico, garantizando así que los granos permanezcan frescos, secos, enteros, saludables y libres de impurezas (García-Salazar, 2020). En México existen alrededor de 2,860 centros de acopio con capacidad cercana a los 40 millones de toneladas de granos y oleaginosas; de esta cifra, el 83.7% se conserva bajo techo y el 16.3% a cielo abierto, concentrándose principalmente en estados del norte del país, como Sinaloa (ASERCA, 2019). El manejo adecuado de los granos reduce significativamente las pérdidas postcosecha, las cuales alcanzan en promedio un 5% a nivel mundial y pueden ascender hasta un 30% en países en vías de desarrollo (Armenta-López et al., 2023). Dichas pérdidas se asocian, entre otros factores, a la acción de organismos bióticos como insectos, hongos, roedores y aves (Vázquez y Moreno, 2016). En el caso de Sinaloa, los granos almacenados son atacados comúnmente por gorgojos, escarabajos, polillas y ácaros.

Uno de los principales problemas durante el almacenamiento son los daños provocados por insectos, que a nivel mundial ocasionan pérdidas estimadas entre el 5 y el 15% (Nayak y Daglish , 2018). Los métodos de control implementados para reducir estas infestaciones son diversos, aunque el más empleado ha sido el químico. Sin embargo, el uso constante y desmedido de plaguicidas ha generado consecuencias negativas en el medio ambiente, como contaminación del agua y de los ecosistemas naturales, desarrollo de resistencia en las plagas, además de riesgos a la salud por la presencia de residuos en los alimentos, el aire y el suelo (Iturralde-García et al., 2022).

En los últimos años, la creciente exigencia de los consumidores por alimentos seguros ha impulsado el desarrollo de alternativas al control químico, libres de residuos y amigables con el medio ambiente. Entre estas destacan los aceites esenciales y los hongos entomopatógenos, cuyos compuestos poseen propiedades insecticidas de origen natural (Martínez-Evaristo et al., 2015). En este sentido, extractos vegetales y hongos entomopatógenos se utilizan en distintas partes del mundo como una opción viable por su biodisponibilidad, biodegradabilidad y especificidad. Numerosos estudios han documentado la eficacia de estos bioinsecticidas frente a diversas plagas de granos almacenados (Ghabbari et al., 2018).

Así mismo, a pesar de los resultados promisorios reportados, se reconoce la necesidad de continuar evaluando la eficacia de extractos vegetales bajo diferentes concentraciones y métodos de extracción, así como su efecto en condiciones controladas de almacenamiento. En este contexto, la evaluación de extractos de higuera, toloache y chicura para el control de *Sitophilus zeamais* en granos almacenados de maíz se plantea como una alternativa viable y sustentable que contribuye al manejo integrado de plagas poscosecha. Bajo este contexto, el presente proyecto tiene como objetivo evaluar el potencial de extractos de plantas en el control del gorgojo *Sitophilus zeamais* en granos almacenados de maíz.

ANTECEDENTES

Extractos con nano y micropartículas sobre *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae).

Sitophilus zeamais es un insecto considerado plaga primaria de granos de maíz almacenados cuyos daños comprometen la producción de este. En la búsqueda de opciones para su control la nanotecnología combinada con extractos vegetales podría ser una opción viable. La investigación se realizó en 2023 en el Departamento de Parasitología Agrícola con el objetivo de evaluar el efecto insecticida de dos extractos comerciales: Higuer® y Etos®, solos y en combinación con nano y micropartículas de silicio, cobre, zinc y grafito. Para la evaluación se empleó la técnica de bioensayo por película residual, se prepararon los nano formulados a la concentración de 3% de cada uno de los nano y micro materiales. Se determinó la CL₅₀ de dos extractos comerciales solos y en combinaciones con nano y micropartículas. Se observó que los extractos combinados con nanopartículas de silicio presentan los valores más bajos de CL₅₀, seguido de las nanopartículas de cobre, grafito y zinc. En los valores de las combinaciones con micropartículas, estos fueron iguales o superiores a las encontradas con el extracto solo. Se concluyó que la combinación de los dos extractos con las nanopartículas de silicio destaca del resto de materiales al presentar valores de CL₅₀ más bajos (Uribe-Rivera et al., 2025).

Control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky con polvos de follaje de dos especies del género *Eucalyptus*.

Los insectos plaga de los cereales almacenados causan pérdidas entre 10 y 20%, lo que hace necesaria la búsqueda de alternativas de control efectivas, amigables con el medio ambiente y que no representen riesgos para la salud de las personas. El objetivo de la presente investigación fue evaluar, en condiciones de laboratorio,

la acción insecticida e insectistática del polvo de follaje de *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens* para el control de *Sitophilus zeamais*. Las variables estudiadas fueron toxicidad por contacto y fumigación y actividad repelente y anti-alimentaria. La toxicidad por contacto y fumigación no superó el 40% de mortalidad en ninguna de las concentraciones evaluadas, aunque el tratamiento de 8,0% afectó la progenie, registrando un 80,9% de inhibición de la emergencia de insectos adultos (F₁) para *E. globulus* y de 86,7% en *E. nitens*. La totalidad de los tratamientos mostró efecto repelente y el polvo de *E. nitens* presentó un índice de disuasión de la alimentación (IDA) de 60,5%. Se concluye que el polvo de follaje de *E. globulus* y *E. nitens* presenta potencial como repelente e inhibidor del ciclo de *S. zeamais* (Higueras et al., (2021).

Alternativas biorracionales para el manejo del picudo del maíz *Sitophilus zeamais* Motchulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae).

Se evaluaron, en laboratorio, productos biorracionales para el manejo del picudo del maíz: *Metarhizium anisopliae* (fórmula comercial) y cuatro extractos etanólicos de semilla de *Ricinus communis*, de hoja (*Eucalyptus globulus* y *Chenopodium ambrosioides*) y de cáscara de *Hintonia latiflora* a una concentración de 20 % P/V. El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar, con 4 repeticiones y 6 tratamientos, incluyendo al testigo. Todos los productos resultaron significativamente diferentes ($P < 0.0001$) del control para todas las variables, lo que significa que todos los tratamientos tuvieron un efecto positivo sobre el manejo del insecto, aunque cabe resaltar que *R. communis* fue el mejor al inducir un porcentaje de mortalidad, grano dañado, pérdida de peso del grano y emergencia de 100, 3, 0.75 y 0 %, respectivamente (Armenta-López et al., 2020).

Aceites esenciales para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) y efecto sobre la calidad del grano de maíz *Zea mays* Linnaeus (Poales: Poaceae).

Con la finalidad de buscar alternativas naturales para el control del gorgojo *Sitophilus zeamais* Motschulsky, se evaluó *in vitro* el efecto de los aceites esenciales de niaouli (*Melaleuca quinquenervia*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y orégano (*Origanum vulgare*) sobre la mortalidad, emergencia y repelencia de *S. zeamais*, así como su efecto en la calidad del grano de maíz durante su almacenamiento (germinación, cantidad de fenoles, flavonoides y capacidad antioxidante). La técnica utilizada para los bioensayos fue la de saturación de atmósferas, en volúmenes de 100, 200 y 300 μL de los aceites, teniendo como sustrato maíz blanco nacional. Los tres aceites presentaron actividad insecticida del 100% a las 72 hrs. La emergencia de insectos adultos (F1) fue nula en todos los tratamientos. La repelencia se observó en todos los tratamientos a las 24, 48 y 72 hrs. La germinación no se vió afectada en volúmenes de 100 μL . El contenido de fenoles y flavonoides totales fueron mayores tanto en el aceite de orégano (94,68 mg EAG/g y 0,27 mg EQ/g respectivamente) como en el tratamiento maíz con orégano (16,09 mg EAG/g y 0,18 mg EQ/g respectivamente). Similar comportamiento se observó en la capacidad antioxidante tanto en DPPH como en ABTS presentando rangos de 76,31 a 93,73% de inhibición. Se concluye que los tres aceites esenciales presentan potencial actividad para el control de *S. zeamais* mejorando la calidad del grano de maíz (Costa-Becheleni et al., 2020).

Efecto de protect - it[®] para el control del gorgojo, *Sitophilus zea mais* en maíz almacenado / effect of protect - it[®] for the control of weevil, *Sitophilus zea mais* in stored corn.

El gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais*) es considerada una de las plagas más importantes que afectan el maíz almacenado, por esto, el objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto que ejerce la tierra de diatomea (Protect - It[®]) sobre el control de esta plaga. Los tratamientos evaluados fueron: Tierra de diatomea a dosis de 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, y 3.0, g kg⁻¹ de semilla, Actellic 50 CE a 0.5 mL por kg⁻¹ de semilla y un testigo. Se usó un diseño completamente al azar con

siete tratamientos y cuatro repeticiones y la variable de respuesta, porcentaje de mortalidad y germinación de semilla. La mortalidad de los insectos se determinó en cada unidad experimental con una frecuencia de 7, 14, 21, 30 días después de la aplicación con tierra de diatomea (Protect - It®). Los resultados indican que el porcentaje de mortalidad promedio en las evaluaciones registradas a los 30 días fue de 85, 98.7, 100 %; para las dosis de 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, y 3.0, g kg⁻¹ de tierra de diatomea a los 7, 14, 21 y 30 días respectivamente. La tierra de diatomea no afectó la germinación de maíz cuando fueron tratadas con una dosis de 0.5 g kg⁻¹ de semillas (Azaharez-Portuondo et al., 2020).

Control orgánico in vitro del gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais* Mots.).

El maíz es uno de los cultivos de mayor relevancia económica y alimentaria a nivel mundial. Sin embargo, durante su almacenamiento enfrenta considerables pérdidas debido a la infestación del gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais* Motschulsky), especialmente cuando no se aplican medidas preventivas adecuadas. En este contexto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la efectividad de insecticidas orgánicos en el control de *S. zeamais*. El estudio empleó un diseño completamente al azar con seis tratamientos y cinco repeticiones. Se utilizaron treinta cajas Petri, cada una con 10 gorgojos adultos y 3 gramos de maíz quebrado sin tratar. Los insecticidas orgánicos evaluados fueron Biodie® (formulado a base de argemonina, berberina, ricina y terthienyl) y Trilogy® (extracto de aceite de Neem clarificado hidrofóbico), aplicados en dosis de 5 y 10 mL·L⁻¹. Se consideró además un tratamiento testigo sin aplicación. Las variables analizadas incluyeron el número de gorgojos vivos y muertos y la efectividad biológica de los tratamientos. Los resultados del análisis estadístico mostraron diferencias altamente significativas ($P < 0.0001$ y $P=0.0006$) en la mortalidad de los insectos. El producto Biodie® en las dosis probadas registró los mayores promedios de mortalidad, con reducciones notables en la población viva, mientras que Trilogy® fue menos efectivo en ambas concentraciones (Díaz-Villanueva et al., 2025).

Control del gorgojo con dosis de polvo de ruda en granos almacenados de maíz.

Esta investigación tuvo por objetivo estudiar el efecto del polvo de hoja de ruda (*Ruta graveolens*), para el control de gorgojo (*Sitophilus zeamais*) en granos almacenados de diferentes variedades de maíz. El experimento se realizó en el Laboratorio de Entomología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Concepción (Concepción, Paraguay), entre los meses de julio a septiembre del 2016, en un diseño de bloques completos al azar dispuesto en un arreglo factorial de 3×4 con 4 repeticiones, evaluándose tres variedades de maíz (Karape Pytã, Pororó y Chipa) con las dosis de 0, 2, 4 y 6 gramos del polvo por cada 100 gramos de grano. Las determinaciones estudiadas fueron: porcentaje de emergencia de gorgojos, porcentaje de infestación de granos almacenados y porcentaje de pérdida de peso de los granos. Los datos se sometieron a análisis de varianza mediante el test de Fischer al 5 %, comparación de medias entre sí mediante el test de Tukey al 5 % y un análisis de regresión entre las dosis utilizadas y las determinaciones realizadas. Se concluye que: entre las variedades, el Pororó logró menor porcentaje de emergencia; mientras que las dosis influyeron tanto en el porcentaje de emergencia, infestación y pérdida de peso con relación al testigo, lográndose con la dosis de 4 g menor emergencia e infestación; en cuanto a la pérdida de peso, el maíz Pororó presentó mayor porcentaje de pérdida, esto debido a su tamaño pequeño y menor cantidad de reserva por lo que es consumida más rápidamente y al llevarla al cálculo porcentual se traduce en mayores valores (Vera-Gonzalez et al., 2021).

ALCANCES Y LIMITACIONES

Alcances

- El proyecto tiene el potencial de generar información valiosa sobre desarrollo de un bioinsecticida para el control de plagas de granos almacenados del cultivo de maíz, con lo cual se contribuye al conocimiento científico en el campo de la agronomía.
- Los resultados podrían proporcionar recomendaciones prácticas para optimizar el uso de plaguicidas en el control de plagas de granos almacenados de maíz en la región de Guasave, Sinaloa, donde se busca mejorar y conservar la calidad de la semilla de maíz.
- Los agricultores y productores locales podrían beneficiarse de los resultados del estudio, ya que podrían adaptar sus prácticas de cuidado a poscosecha, lo que podría aumentar el valor comercial de sus productos.

Limitaciones

- La variabilidad climática en Guasave, Sinaloa, podría influir en los resultados del estudio.
- Factores externos como enfermedades, plagas y cambios en el suelo, podrían afectar los resultados del presente estudio.
- Los resultados obtenidos en Guasave, Sinaloa, podrían no ser directamente extrapolables a otras regiones debido a las diferencias en el clima, el suelo y prácticas de conservación de plagas agrícolas.
- La relación entre la bioinsecticidas y el control de plagas puede estar influenciada por múltiples factores, entre ellos, la repetición de los experimentos, para el presente estudio se realiza una evaluación con tres repeticiones.
- La duración del proyecto podría ser limitada por restricciones financieras.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El uso de insecticidas sintéticos para el control de plagas en granos almacenados y otros productos agrícolas se ha convertido en la práctica más común (Acevedo et al., 2018). Sin embargo, su aplicación continua ha generado problemas como la resistencia en las plagas, la eliminación de organismos benéficos y la contaminación de agua, suelo y aire (Zehler, 2000). Además, la eficacia de estos compuestos químicos suele variar tras el tratamiento (Singh y Kaur, 2018). El empleo indiscriminado de insecticidas representa, por lo tanto, un riesgo considerable para el medio ambiente, y los residuos que dejan pueden llegar a afectar la salud de los consumidores.

Ante esta problemática, surge la necesidad de desarrollar alternativas seguras, sostenibles y eficaces en el control de plagas. En este contexto, la investigación científica se ha enfocado en la creación de bioproductos a base de hongos y bacterias entomopatógenas, con potencial para emplearse como bioinsecticidas (Tamez et al., 2001). Estos bioproductos presentan, además, la ventaja de generar una menor probabilidad de resistencia en las plagas (Porcuna, 2019).

Los hongos entomopatógenos constituyen una alternativa viable para el manejo de plagas en granos almacenados. No obstante, su aplicación requiere estudios multidisciplinarios que incluyan aspectos de genética, fisiología, ecología, patología y producción masiva, entre otros (Vega, 2008). Entre las especies con mayor potencial destacan *Beauveria bassiana*, *Paecilomyces fumosoroseus* y *Metarhizium anisopliae* (Ortiz-Urquiza et al., 2010), las cuales han sido estudiadas como agentes de control biológico de plagas y enfermedades desde hace aproximadamente 70 años (Kumar et al., 1996).

En el caso de Guasave, Sinaloa, el almacenamiento de granos y semillas constituye una práctica agrícola tradicional en la que, en su mayoría, se emplean plaguicidas

químicos. La incorporación de bioinsecticidas en estas prácticas contribuye a disminuir la dependencia de compuestos sintéticos, reduce riesgos para la salud humana y favorece la protección del medio ambiente (Prakash et al., 2016). Asimismo, el impulso de estrategias sostenibles en el manejo poscosecha de granos puede fortalecer la seguridad alimentaria y contribuir a la conservación de los recursos genéticos (Lawrence et al., 2017).

JUSTIFICACIÓN

El manejo integrado de plagas (MIP) se define como un sistema orientado a la regulación de insectos dañinos en cultivos y productos almacenados, considerando tanto el equilibrio ambiental como la dinámica poblacional de las especies perjudiciales. Este enfoque emplea diferentes técnicas y métodos compatibles y de fácil aplicación con el propósito de mantener las poblaciones de plagas en niveles reducidos que no generen pérdidas económicas. Cabe señalar que el MIP no excluye el uso de plaguicidas, pero establece que el control químico debe ser considerado únicamente como la última alternativa (Smith y Reynolds, 1966).

En cuanto a las pérdidas poscosecha de maíz, diversos reportes indican que oscilan entre el 4% y el 25%. Ramírez (1974) las estimó dentro de ese rango, mientras que SAGARPA (2008) documentó pérdidas del 10% al 15%, asociadas principalmente con las etapas de cosecha, almacenamiento y transporte. De manera similar, ASERCA (2009) señaló que en cultivos básicos como maíz, trigo y frijol, las mermas fluctúan entre un 5% y un 25%.

Por otra parte, Pingali y Pandey (2001) identificaron a la infertilidad del suelo y a los insectos en la etapa poscosecha como los principales responsables de las pérdidas en la producción y almacenamiento de maíz a nivel mundial, atribuyendo a estos últimos hasta un 20% de disminución durante el resguardo del grano.

En este sentido, los granos y semillas entre ellos; maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris*), sorgo (*Sorghum vulgare*), garbanzo (*Cicer arietinum*), soya (*Glycine max*), entre otros, suelen ser almacenados tras la cosecha, ya sea para su consumo alimenticio o como material de siembra. El acopio de grandes volúmenes de estos productos representa un nicho favorable para la proliferación de insectos cuya dieta se basa en dichos alimentos. Estas especies, al dañar la producción

agrícola, son consideradas plagas, pues no solo se alimentan de los granos, sino que también los contaminan y reducen su calidad (García et al., 2003).

OBJETIVOS

General:

Evaluar el potencial de extractos de plantas de chicura, toloache e higuierilla en el control del gorgojo *Sitophilus zeamais* en granos almacenados de maíz en condiciones de laboratorio del Instituto Tecnológico Superior de Guasave.

Específicos:

1. Preparar el bioinsecticida a base de extractos de plantas de toloache, higuierilla y chicura en el laboratorio de Nutrición Vegetal del Instituto Tecnológico Superior de Guasave.
2. Determinar la concentración y tiempo de exposición óptimos de extractos de plantas de toloache, higuierilla y chicura para alcanzar niveles significativos de mortalidad en poblaciones de *Sitophilus zeamais* en granos almacenados de maíz.
3. Analizar el efecto de los extractos vegetales sobre parámetros biológicos del gorgojo, tales como mortalidad, oviposición y daño físico ocasionado al grano.
4. Comparar la eficacia de los tratamientos con extractos de plantas frente a métodos químicos convencionales, valorando su impacto en la conservación de la calidad del grano del maíz almacenado en comunidades de Guasave, Sinaloa.

HIPÓTESIS

Los extractos de plantas de chicura, toloache e higuierilla tienen un efecto insecticida en más del 50% en poblaciones de gorgojo *Sitophilus zeamais* en granos almacenados de maíz (*Zea mays* L.), por lo tanto, son una alternativa de control viable.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es el efecto de la aplicación de extractos de plantas de chicura, toloache e higuerilla sobre el control de poblaciones de gorgojo *Sitophilus zeamais* en granos almacenados de maíz (*Zea mays* L.)?

MARCO TEÓRICO

Cultivo de maíz

El maíz (*Zea mays* L.) es una especie perteneciente a la familia Poaceae y tiene su origen en la región mesoamericana, particularmente en los territorios que actualmente corresponden a México y Guatemala. Evidencias históricas y arqueológicas señalan que su domesticación ocurrió entre los años 8000 y 600 a. C. (Wilkes y Goodman, 1995). A nivel mundial, este cultivo se ubica entre los de mayor relevancia productiva, ocupando el segundo lugar en términos de volumen de producción (Paliwal, 2001).

En el contexto nacional, México registró en 2018 una producción de 21,185,003 toneladas de maíz, lo que le permitió posicionarse en el décimo lugar entre los principales productores a escala global (FAOSTAT, 2020). Los estados que destacan por su contribución a la producción nacional incluyen Jalisco, Estado de México, Chihuahua, Guanajuato, Michoacán y Sinaloa (SIAP, 2020).

Sinaloa es reconocido como el principal productor de maíz en el país y es comúnmente denominado el “granero de México” (Del Palacio, 2009). Durante el año 2018, en esta entidad se establecieron aproximadamente 524,700 hectáreas destinadas al cultivo de maíz, alcanzándose una producción de 5,818,055.66 toneladas, cifra que representó más de una cuarta parte de la producción nacional. Asimismo, Sinaloa presenta el rendimiento promedio más alto a nivel nacional, con valores cercanos a 11.2 toneladas por hectárea (SIAP, 2020).

El grano de maíz se caracteriza por su amplia versatilidad de uso, ya que puede consumirse directamente como verdura o someterse a procesos de nixtamalización para la elaboración de diversos alimentos tradicionales, como tortillas, tamales, pozole, pan y tostadas. Adicionalmente, el maíz es una materia prima fundamental en la industria alimentaria para la producción de aceites, harinas, cereales

procesados, botanas y alimentos para el ganado. De igual forma, posee múltiples aplicaciones industriales, entre las que destacan la elaboración de productos cosméticos, farmacéuticos, papel, porcelanas, alcoholes, lubricantes, pinturas, hules y biocombustibles como el bioetanol (FAO, 2006; Perales y Hugo, 2009).

A pesar de su importancia productiva, México no logra satisfacer completamente la demanda interna de maíz, lo que constituye un riesgo para la seguridad alimentaria del país. De acuerdo con recomendaciones de la FAO, un país debe producir al menos el 75% de los alimentos que consume (Curiel, 2013). Esta situación ha derivado en que México se convierta en uno de los principales importadores de maíz a nivel mundial, ocupando el segundo lugar después de Japón (ASERCA, 2012).

Almacenamiento de maíz en México

El maíz constituye el principal componente de la dieta de la población mexicana, posicionando al país como el mayor consumidor de este grano a nivel mundial. En promedio, el maíz aporta alrededor del 30% de las calorías consumidas diariamente y su ingesta per cápita anual alcanza aproximadamente 120 kg, cifra considerablemente superior al promedio mundial, estimado en 17 kg. En este contexto, la adecuada conservación del grano resulta fundamental para asegurar su disponibilidad y contribuir a la seguridad alimentaria del país (FAOSTAT, 2013).

Actualmente, la seguridad alimentaria se ve comprometida por deficiencias en las prácticas de almacenamiento de los productos agrícolas. Por ello, es indispensable garantizar que los granos se conserven en condiciones óptimas que permitan su disponibilidad continua para satisfacer las necesidades básicas de la población (Lindblad y Druben, 1986). El deterioro de granos y semillas inicia una vez que estos alcanzan su máximo desarrollo fisiológico, momento a partir del cual comienzan a presentarse procesos degenerativos irreversibles que provocan la pérdida de germinación y reducción del vigor (Anderson, 1954).

La calidad del grano almacenado depende de un manejo adecuado durante su conservación, el cual está influenciado por sus características físicas, químicas y biológicas al momento del almacenamiento, así como por el tiempo de permanencia en bodega (Jian y Jayas, 2012). En México, una parte de los almacenes cuenta con infraestructura moderna y eficiente, lo que favorece un manejo adecuado del grano; sin embargo, aproximadamente el 50% de las bodegas son de pequeña escala y presentan condiciones rústicas de equipamiento, lo que incrementa el riesgo de deterioro y pérdida del producto. Ante esta situación, resulta necesario promover programas orientados a mejorar las prácticas de almacenamiento de granos y semillas, así como establecer esquemas de apoyo diferenciados de acuerdo con el nivel de tecnificación y la tipología de los sistemas de almacenamiento (Ortiz et al., 2015).

Pérdida postcosecha

Producción de maíz no levanta en México; estiman cosecha de 21 millones 225 mil toneladas del grano en 2025. Al cierre de 2025, la producción de maíz blanco tendrá una caída de 1.11 por ciento, ya que la menor disponibilidad de agua afectó las cosechas en Sinaloa, el principal estado productor del grano, detalla el Panorama Agroalimentario 2025, un reporte elaborado por la Sader. La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (Sader) aseguró que la producción de maíz blanco, usado para tortillas, no levanta ni fue mayor en 2025, debido a los profundos estragos de la sequía registrada en Sinaloa. Al cierre de 2025, la producción de maíz blanco tendrá una caída de 1.11 por ciento, ya que la menor disponibilidad de agua afectó las cosechas en Sinaloa, el principal estado productor del grano, detalla el Panorama Agroalimentario 2025, un reporte elaborado por la SADER. México tendrá una producción de maíz blanco de 21 millones 250 mil toneladas en 2025, cuando el año pasado registró una cosecha de 21 millones 489 mil toneladas de la materia prima de las tortillas. El campo cosechará 3 millones de toneladas menos de maíz blanco en 2025, y la producción del grano se situará en niveles de 2015.

Suma un par de años en que hay menos maíz blanco para las tortillas en México. La menor producción de maíz blanco se da en un momento en que los productores del grano exigen un pago justo por el alimento con el que se hacen tortillas. A mediados de octubre de 2025, miles de productores de maíz levantaron la voz y comenzaron a bloquear carreteras para exigir que les pagaran 3 mil millones de pesos del programa Precios de Garantías de la Sader de 2025 y 2024. Las protestas de los productores de granos tomaron fuerza en noviembre de 2025 con el cierre de aduanas y carreteras para exigir que les paguen el mismo precio por tonelada de maíz, como pasa en la Bolsa de Chicago. Una tonelada de maíz amarillo cuesta 7 mil 891 pesos en la Bolsa de Chicago, pero los productores de maíz blanco recibirán a lo mucho 6 mil 500 pesos por cada tonelada del alimento de mayor consumo en México (SIAP, 2023).

Plagas de los granos almacenados

Los granos y semillas, como el maíz, frijol (*Phaseolus vulgaris*), sorgo (*Sorghum vulgare*), garbanzo (*Cicer arietinum*) y soya (*Glycine max*), entre otros, suelen almacenarse después de la cosecha para su uso posterior como alimento o como semilla botánica. El almacenamiento de grandes volúmenes de estos productos genera condiciones favorables para el desarrollo de insectos cuya fuente principal de alimentación son los propios granos, los cuales, al afectar la producción agrícola, son considerados plagas. Estos organismos no solo consumen el grano, sino que además lo contaminan y disminuyen su calidad comercial y sanitaria (García et al., 2003).

Las plagas de almacén pueden clasificarse en infestaciones primarias y secundarias. Las infestaciones primarias corresponden a insectos capaces de atacar granos sanos e íntegros, dentro de los cuales completan su ciclo biológico y originan nuevas generaciones que continúan infestando otros granos. Por su parte, las infestaciones secundarias están asociadas a especies que únicamente pueden

desarrollarse en granos previamente dañados por plagas primarias, ya que no poseen la capacidad de perforar la cubierta protectora del grano intacto (García et al., 1994).

Entre las principales especies de insectos que afectan al maíz durante el almacenamiento se encuentran el gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais*), el barrenador grande del grano (*Prostephanus truncatus*) y la palomilla dorada del maíz (*Sitotroga cerealella*).

Gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais*)

Descripción general

El gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais*) es un coleóptero de color café oscuro a negro, con una longitud aproximada de 2.5 a 4 mm. Presenta antenas geniculadas y un rostro alargado característico de los curculiónidos. Es un insecto con capacidad de vuelo activo y se distingue de *Sitophilus oryzae* principalmente por su mayor tamaño y diferencias en los órganos genitales (Ortega, 1987; Matute y Trabanino, 1999).

Clasificación taxonómica

(Borrór et al., 1979) ubicaron taxonómicamente a *Sitophilus zeamais* de la siguiente manera:

Reino: Animal.

Phylum: Arthropoda.

Clase: Insecta.

Subclase: Pterygota.

Orden: Coleóptera.

Suborden: Polyphaga.

Superfamilia: Curculionoidea.

Familia: Curculionidae.

Subfamilia: Rhynchophorinae.

Género: Sitophilus.

Especie: Sitophilus zeamais.

Origen y distribución

Esta especie es considerada de origen asiático, específicamente de la India, y actualmente presenta una distribución cosmopolita. Se desarrolla preferentemente en regiones tropicales y subtropicales con condiciones cálidas y húmedas. En México, se reporta una alta incidencia en almacenes de granos, principalmente en estados con elevada producción de maíz (García et al., 2003).

Hospederos

El gorgojo del maíz se alimenta principalmente de cereales como maíz, trigo, sorgo, cebada, avena y centeno. De manera ocasional, puede infestar leguminosas y otros productos almacenados, incluidos alimentos procesados (FAO, 2019).

Daños ocasionados

Sitophilus zeamais es considerado la plaga más importante del maíz en poscosecha a nivel mundial, ya que ocasiona pérdidas significativas durante el almacenamiento, las cuales pueden oscilar entre el 20 y 90% dependiendo de las condiciones de manejo y conservación del grano (García-Lara et al., 2003; Pérez, 1993).

Ciclo de vida

El ciclo biológico del gorgojo del maíz tiene una duración promedio de 35 días, aunque puede variar según la temperatura y humedad. La hembra oviposita dentro del grano, donde se desarrollan los estados de huevo, larva, pupa y adulto. Todo el desarrollo larval ocurre en el interior del grano, lo que dificulta su detección

temprana. Dependiendo de las condiciones ambientales, pueden presentarse de dos a tres generaciones por año (Longstaff, 1981; García y Bergvinson, 2007).

Descripción morfológica de los estados biológicos

Los huevos son ovoides y se desarrollan dentro del grano. Las larvas son ápodas, de color blanco y altamente voraces. La pupa es exarata y permanece protegida en el interior del grano. El adulto presenta dimorfismo sexual, siendo las hembras de rostro más largo y delgado que los machos (Gutiérrez, 1990; Halstead, 1963).

Manejo Integrado de Plagas (MIP)

El manejo integrado de plagas es una estrategia que combina diferentes métodos de control con el objetivo de mantener las poblaciones de insectos por debajo del umbral de daño económico, priorizando prácticas compatibles con el medio ambiente y considerando el control químico únicamente como última alternativa (Smith y Reynolds, 1966).

Métodos de control

El MIP incluye diversas estrategias como el control cultural, físico, mecánico, etológico, biológico, genético, legal y químico. Estas prácticas abarcan desde el saneamiento de almacenes y el manejo adecuado del grano, hasta el uso de trampas, feromonas, atmósferas modificadas y enemigos naturales

Alternativas sustentables para el control de plagas

El uso excesivo de plaguicidas sintéticos representa un riesgo para la salud humana y el ambiente, por lo que se han impulsado alternativas sustentables basadas en organismos biológicos y compuestos naturales. Entre estas destacan los hongos

entomopatógenos y los extractos vegetales, los cuales han demostrado eficacia en el control de plagas de granos almacenados (Franco et al., 2017).

Extractos vegetales

Diversas plantas como *Ricinus communis*, *Chenopodium ambrosioides*, *Eucalyptus globulus* y *Hintonia latiflora* contienen metabolitos secundarios con propiedades insecticidas, repelentes y antialimentarias. Investigaciones han confirmado la eficacia de sus extractos en el control del gorgojo del maíz, posicionándolos como alternativas viables y sustentables para el manejo de plagas en granos almacenados.

METODOLOGÍA

Área de estudio

El estudio se realizó en el municipio de Guasave, ubicado en el noroeste del estado de Sinaloa, México. Los experimentos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Edafología y Nutrición Vegetal del Instituto Tecnológico Superior de Guasave y en el Laboratorio de Bioinsecticidas del CIIDIR- Unidad Sinaloa, del Instituto Politécnico Nacional.

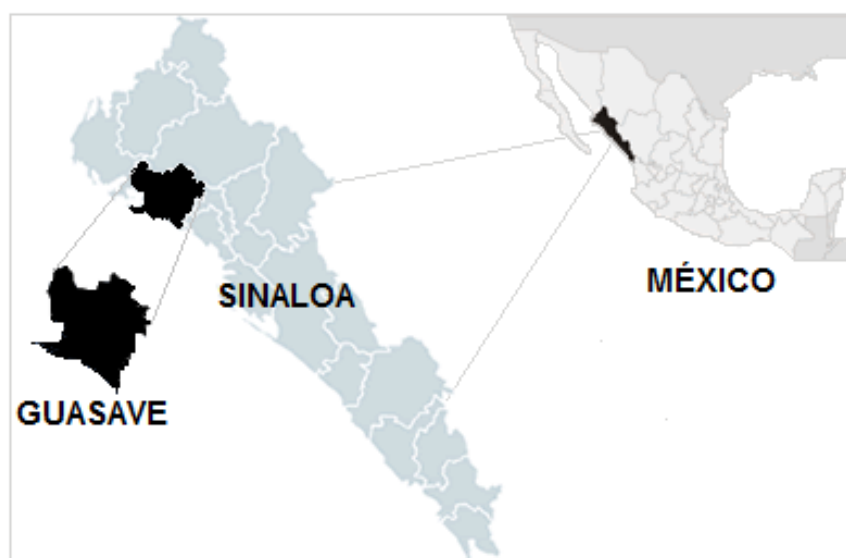


Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de Guasave, Sinaloa, México.

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI.

Material biológico: insecto y plantas

Cría del insecto: Se utilizó el gorgojo del maíz, *Sitophilus zeamais*. Los insectos provinieron de una cría de laboratorio establecida a partir de ejemplares adultos recolectados en parcelas experimentales de maíz del CIIDIR-IPN sin historial de aplicación de agroquímicos. La cría se mantuvo en una incubadora a 30 ± 2 °C y 70-75% de humedad relativa. Para todos los bioensayos se utilizaron adultos de la

tercera generación, con una edad de 3 a 5 días posteriores a su emergencia. Colecta de plantas: Durante los meses de julio y agosto, se recolectaron hojas y semillas de tres especies vegetales conocidas localmente por sus propiedades biocidas: higuera (*Ricinus communis*), toloache (*Datura stramonium*) y chicura (*Ambrosia ambrosioides*). La colecta se realizó en campos agrícolas de los municipios de Ahome y Guasave, Sinaloa. Las plantas se encontraban en etapa vegetativa, a excepción de *R. communis*, de la cual se colectaron semillas en madurez fisiológica.

Obtención de extractos vegetales etanólicos

Las muestras vegetales (hojas y semillas) se secaron a la sombra a 27 ± 2 °C durante 15 días. Posteriormente, se pulverizaron por separado utilizando una licuadora industrial y se tamizaron con una malla antiáfidos. Para la extracción, se colocaron 20 g del polvo de cada especie en un vaso de precipitado de 250 mL, se adicionaron 80 mL de alcohol etílico al 96% (relación 20% p/v) y se agitó en una parrilla con agitación magnética durante 10 segundos. Las mezclas se dejaron en maceración, protegidas de la luz, a 27 ± 2 °C durante 48 h. Finalmente, se filtraron al vacío y el solvente del filtrado se evaporó en un horno de secado a 40 °C durante 24 h. Los residuos secos (extractos crudos) se almacenaron a 4°C y se resuspendieron en etanol al 96% al momento de su uso en los ensayos.

Caracterización fitoquímica preliminar (cribado)

Previo a los bioensayos biológicos, los extractos etanólicos crudos se sometieron a un tamizaje fitoquímico cualitativo para identificar la presencia de grupos de metabolitos secundarios con potencial actividad biológica. El cribado se realizó siguiendo métodos estándar (Ugochukwu et al., 2013) para detectar: alcaloides (reactivo de Wagner), flavonoides (prueba alcalina con NaOH), fenoles y taninos (cloruro férrico al 5%), saponinas (prueba de la espuma), esteroides (Liebermann-

Burchard), terpenoides (Salkowski), glucósidos cardíacos (Keller-Killiani), carbohidratos (Molisch), aminoácidos/proteínas (ninhidrina) y quinonas. Para cada prueba se incluyeron controles negativos (solvente) y positivos (estándares químicos puros) cuando estuvieron disponibles. Todos los ensayos se realizaron por triplicado.

Bioensayos de toxicidad contra *Sitophilus zeamais*

El bioensayo de toxicidad residual se realizó siguiendo la metodología de Armenta et al. (2020).

Diseño experimental y aplicación de tratamientos

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar. La unidad experimental consistió en 100 semillas de maíz híbrido DEKALB 40-50 (F2) depositadas en un frasco de plástico de 200 mL. Se evaluaron cuatro tratamientos con cuatro repeticiones cada uno: T1: Control (etanol al 96%), T2: Control positivo (Fosforo de aluminio, 3 g), T3: Extracto de *Datura stramonium*, T4: Extracto de *Ambrosia ambrosioides* y T5: *R. communis*.

Los tratamientos líquidos (T1, T3, T4) se aplicaron con un atomizador (Uline - ACT, 30 mL), aplicando 0.5 mL (tres aspersiones) sobre las semillas de cada réplica. Las semillas tratadas se airearon brevemente y luego se infestaron con 10 machos y 10 hembras de *S. zeamais* por frasco. Las tapas de los frascos se perforaron (12 orificios de 1 mm de diámetro) para ventilación y los frascos se almacenaron en oscuridad a 27 ± 2 °C.

Variables de evaluación en el bioensayo de toxicidad

La efectividad de los tratamientos se evaluó mediante:

Mortalidad corregida (%)

Registrada cada 24 h durante los primeros 15 días, y expresada como porcentaje corregido mediante la fórmula de Abbott (1925).

$$\mathbf{MC= \frac{X - Y}{100 - Y}}$$

Ecuación 1. Fórmula de Abbott para el cálculo de la mortalidad corregida.

Donde;

MC= Mortalidad corregida

X= Porcentaje de mortalidad en el tratamiento

Y= Porcentaje de mortalidad en el testigo

Grano dañado (%)

Número de semillas con orificios de emergencia contabilizado al día 15.

$$\mathbf{\%GD= \frac{n}{N} \times 100}$$

Ecuación 2. Fórmula para el cálculo del porcentaje de grano dañado.

Donde;

% GD= Porcentaje de grano dañado

n= Número de granos dañados

N= Número de granos utilizados por tratamiento

Pérdida de peso del grano (%)

Diferencia de peso de las semillas antes y después del ensayo (55 días).

$$\text{PPS (\%)} = 100 - \frac{\text{PF} \times 100}{\text{PI}}$$

Ecuación 3. Fórmula de Abbott para el cálculo de la pérdida de peso del grano en las semillas
(Armenta et al., 2021).

Donde;

PI = Peso inicial (g).

PF = Peso final (g).

Emergencia corregida (%)

Porcentaje de nuevos adultos emergidos después de 55 días. Los resultados de emergencia se evaluaron cualitativamente (0% o 100%).

$$\text{EC} = (X/Y) (100)$$

Ecuación 4. Fórmula de Abbott para el cálculo de la emergencia corregida.

Donde;

EC= Emergencia corregida

X= Número de insectos emergidos en el tratamiento

Y= Número de insectos emergidos en el control

Análisis estadístico

Los datos obtenidos del bioensayo de toxicidad residual se analizaron con el software estadístico SAS, versión 9.4 (SAS Institute, 2016). Previo al análisis inferencial, se verificó el supuesto de normalidad de los residuos para cada variable respuesta cuantitativa mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Tras confirmarse el cumplimiento de este supuesto, las diferencias entre los cuatro tratamientos (Testigo, Toloache, Chicura e Higuierilla) para dichas variables se evaluaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) de una vía bajo un diseño completamente al azar.

Cuando el ANOVA indicó la existencia de diferencias significativas ($p < 0.05$), se realizó una comparación de medias mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, para identificar los grupos estadísticos homogéneos. Para la variable porcentaje de emergencia corregida (EC), cuya distribución de resultados mostró valores extremos (0% o próximos a 100%), el análisis se basó en una descripción cualitativa de su comportamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización fitoquímica preliminar de los extractos vegetales

El cribado fitoquímico cualitativo mostró que los tres extractos etanólicos poseen perfiles químicos complejos y diferenciales (Cuadro 1). Un conjunto de metabolitos (esteroles, terpenoides, taninos y quinonas) estuvo presente en todas las especies, lo que sugiere una base bioquímica defensiva común. Sin embargo, la distribución de otros grupos fue distintiva y de mayor relevancia para el objetivo de control de plagas.

Cuadro 1. Perfil fitoquímico preliminar de extractos etanólicos de toloache (*Datura stramonium* L.), chicura (*Ambrosia ambrosioides* (Cav.) W.W. Payne) e higuera (*Ricinus communis* L.) mediante cribado cualitativo.

Prueba	Grupo de metabolitos	Extracto vegetal		
		Toloache	Chicura	Higuera
1	Acaloides	+	-	+
2	Carbohidratos	+	+	+
3	Glucósidos cardíacos	-	-	-
4	Flavonoides	-	+	-
5	Fenoles	-	+	+
6	Flobataninos	+	+	
7	Aminoácidos y proteínas	-	+	+
8	Saponinas	+	-	-
9	Esteroles	+	+	+
10	Taninos	+	+	+
11	Terpenoides	+	+	+
12	Quinonas	+	+	+
13	Oxalatos	+	-	-

El signo positivo, indica presencia (+) y el negativo, ausencia (-)

El extracto de hojas de *Datura stramonium* L. mostró el perfil más promisorio, caracterizado por la combinación única de alcaloides y saponinas, además de oxalatos. Esta coexistencia es significativa, ya que sugiere un potencial mecanismo de acción dual: los alcaloides tropánicos (como la escopolamina) son neurotoxinas

documentadas que afectan el sistema nervioso de los insectos (Fernández-Pintor et al., 2025), mientras que las saponinas pueden comprometer la integridad del epitelio digestivo (Hazzam et al., 2025). La co-presencia de terpenoides y taninos podría añadir efectos de repelencia y reducción de la digestibilidad (Tan et al., 2022; Yu, 2025), posicionando a este extracto como el candidato de mayor potencial biocida.

Por su parte, los extractos de *Ambrosia ambrosioides* (Cav.) Payne y *Ricinus communis* L. presentaron perfiles alternativos. La chicura se distinguió por su riqueza en terpenoides y polifenoles (flavonoides y taninos), grupos asociados a mecanismos de disuasión alimenticia y defensa antinutricional (Köker y Işikber, 2026). El extracto de semilla de higuera mostró alcaloides específicos y fenoles, compuestos con actividad tóxica y antinutricional reportada (Manzoor et al., 2025).

En conjunto, los resultados validan la selección de las tres especies al confirmar que sus extractos contienen un arsenal de metabolitos secundarios con actividad biológica documentada contra insectos (Rajashekar et al., 2025). Los perfiles identificados proporcionan así una base química sólida para hipotetizar su eficacia contra *S. zeamais* y justifican su evaluación en los bioensayos de toxicidad, repelencia y efecto antialimentario que se presentan a continuación.

Evaluación de la eficacia biocida de extractos vegetales contra *Sitophilus zeamais* en grano almacenado

El análisis de varianza reveló que el factor tratamiento tuvo un efecto altamente significativo sobre todas las variables de respuesta evaluadas: mortalidad corregida (MC), grano dañado (GD), emergencia corregida (EC) y pérdida de peso del grano (PPG) ($p < 0.0001$ en todos los casos). El análisis de comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) permitió diferenciar estadísticamente el desempeño de los tratamientos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Eficacia de extractos etanólicos vegetales contra *Sitophilus zeamais* en maíz almacenado (55 días). Valores son media $\pm$ desviación estándar (n=3). Letras distintas dentro de una columna indican diferencias significativas (Tukey, $\alpha=0.05$).

Tratamiento	MC (%)	GD (%)	EC (%)	PPG (%)
Testigo (etanol)	0.0 $\pm$ 0.0 c	10.3 $\pm$ 0.6 b	100.0 $\pm$ 0.0 a	1.42 $\pm$ 0.13 c
Toloache (hojas)	18.3 $\pm$ 2.9 b	5.7 $\pm$ 1.2 c	35.5 $\pm$ 5.5 b	0.59 $\pm$ 0.04 a
Chicura (hojas)	9.9 $\pm$ 0.0 b	15.7 $\pm$ 1.5 a	87.1 $\pm$ 9.7 a	1.29 $\pm$ 0.13 b
Higuerilla (semilla)	43.3 $\pm$ 5.8 a	6.7 $\pm$ 0.6 c	0.0 $\pm$ 0.0 c	0.26 $\pm$ 0.05 a

Toloache: *Datura stramonium* L.; Chicura: *Ambrosia ambrosioides* (Cav.) W.W. Payne; Higuerilla: *Ricinus communis* L.

El extracto de semilla de higuerilla (T4, *R. communis*) indujo la mayor mortalidad corregida (MC = 43.3 $\pm$ 5.8%), siendo estadísticamente superior ($p < 0.05$) a los demás tratamientos botánicos (Fig. 2). Los extractos de toloache (T2) y chicura (T3) mostraron mortalidades significativas pero considerablemente menores (18.3 $\pm$ 2.9% y 9.9 $\pm$ 0.0%, respectivamente), sin diferir estadísticamente entre sí, pero ambos superiores al testigo.

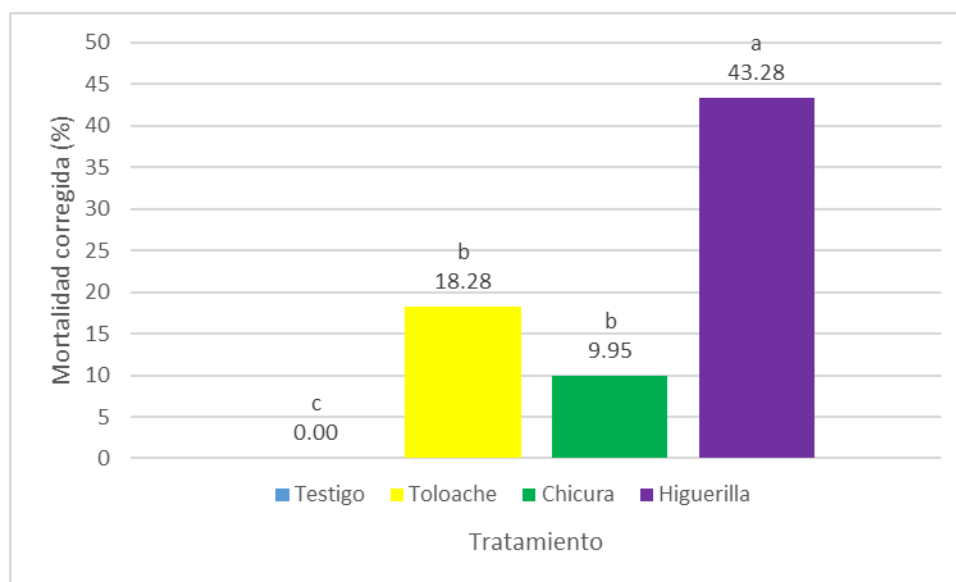


Figura 2. Mortalidad corregida de *Sitophilus zeamais* Motschulsky expuesto a extractos de *Datura stramonium* L. (toloache), *Ambrosia ambrosioides* (Cav.) W.W. Payne (chicura) y *Ricinus communis* L. (higuerilla) en grano de maíz almacenado.

Sin embargo, la eficacia en la protección física del grano (GD) presentó un patrón distinto. Tanto el extracto de toloache (5.7 ± 1.2 %) como el de higuerilla (6.7 ± 0.6 %) fueron los tratamientos más efectivos para reducir la perforación de las semillas, formando un grupo estadístico homogéneo significativamente mejor que el testigo (10.3 ± 0.6 %) y que el extracto de chicura (15.7 ± 1.5 %), el cual no mostró efecto protector (Fig. 3).

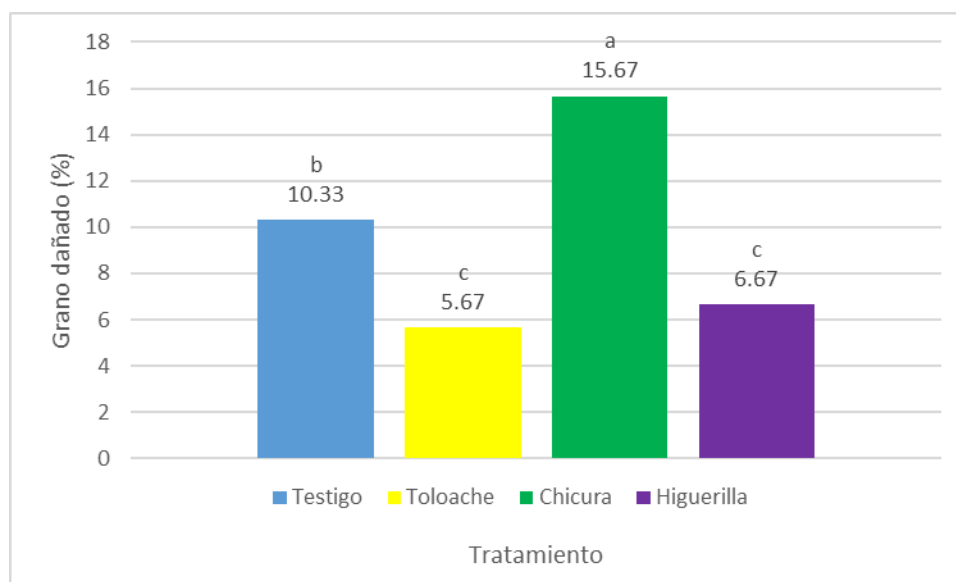


Figura 3. Porcentaje de grano dañado por *Sitophilus zeamais* Motschulsky en maíz tratado con extractos de *Datura stramonium* L. (toloache), *Ambrosia ambrosioides* (Cav.) W.W. Payne (chicura) y *Ricinus communis* L. (higuerilla).

La variable más crítica para el manejo en almacén, la emergencia de la nueva generación (EC), mostró diferencias drásticas (Fig. 4). El extracto de higuerilla fue el único capaz de suprimir completamente la emergencia ($0.0 \pm 0.0\%$), siendo estadísticamente superior a todos los demás tratamientos. Le siguió el extracto

de toloache, que redujo significativamente la emergencia a 35.5 ± 5.5 %. Por el contrario, el extracto de chicura no mostró un control efectivo de la progenie (87.1 ± 9.7 %), agrupándose estadísticamente con el testigo.

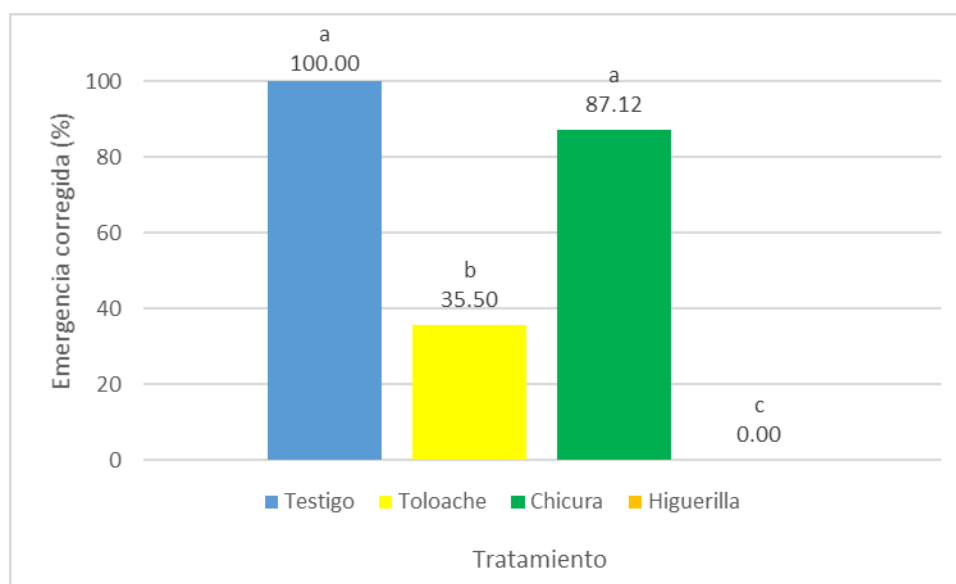


Figura 4. Porcentaje de emergencia corregida de *Sitophilus zeamais* Motschulsky en maíz tratado con extractos de *Datura stramonium* L. (toloache), *Ambrosia ambrosioides* (Cav.) W.W. Payne (chicura) y *Ricinus communis* L. (higuierilla).

Este patrón se reflejó con precisión en la pérdida de peso del grano (PPG), donde nuevamente la higuierilla minimizó las pérdidas (0.26 ± 0.05 %), seguida del toloache con 0.59 ± 0.04 % (Fig. 5). La chicura y el testigo produjeron las mayores pérdidas de peso (1.29 ± 0.13 % y 1.42 ± 0.13 %, respectivamente).

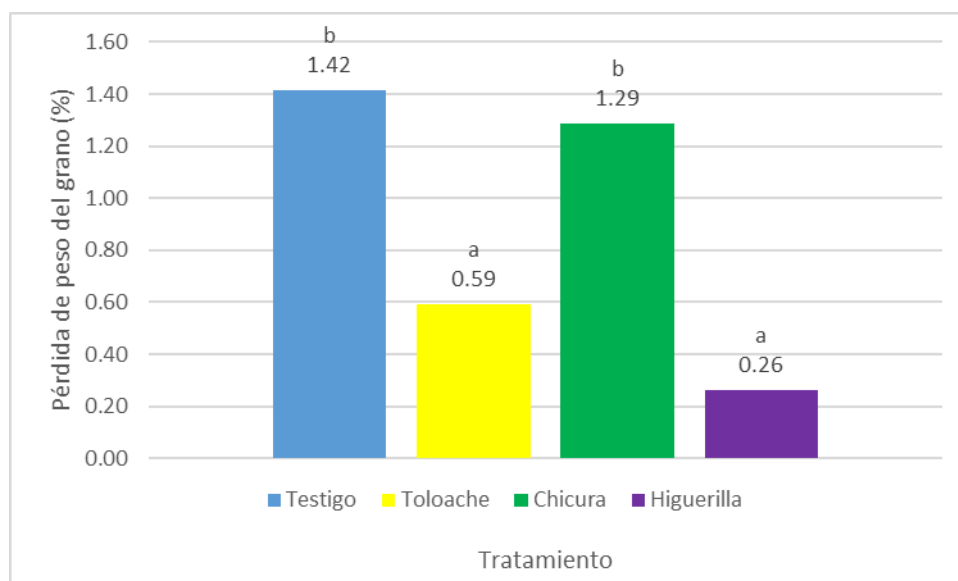


Figura 5. Porcentaje de pérdida de peso del grano de maíz causada por *Sitophilus zeamais* Motschulsky después del tratamiento con extractos de *Datura stramonium* L. (toloache), *Ambrosia ambrosioides* (Cav.) W.W. Payne (chicura) y *Ricinus communis* L. (higuerilla).

La superioridad del extracto de higuerilla corrobora los reportes previos de su eficacia insecticida contra coleópteros de granos almacenados (Gómez, 2018; Armenta et al., 2020). Su alto porcentaje de mortalidad corregida se asocia directamente con la presencia de alcaloides en su perfil fitoquímico (Cuadro 1), compuestos con mecanismos neurotóxicos documentados (Céspedes-Méndez et al., 2021; Lisko et al., 2013). La supresión total de la emergencia (EC=0%) y la consecuente mínima pérdida de peso sugieren un efecto antinutricional adicional, probablemente mediado por los taninos identificados, los cuales pueden inhibir enzimas digestivas y comprometer el desarrollo larvario (Regnault-Roger et al., 2012). Este efecto dual (tóxico y fisiológico-disruptivo) representa una ventaja clave para el control en almacén.

El extracto de toloache, a pesar de una mortalidad corregida moderada, mostró una eficacia notable en la protección del grano y la reducción de la progenie. Este perfil sugiere que sus saponinas, además de sus alcaloides, podrían estar ejerciendo un efecto antinutricional primario, afectando la permeabilidad intestinal y la absorción de nutrientes en las larvas (Kovács et al., 2022). La literatura reporta que extractos de *D. stramonium* pueden, en ciertas condiciones, actuar como atrayentes, lo que subraya la importancia de optimizar la dosis y formulación para su uso práctico como protector de grano.

La baja eficacia general del extracto foliar de chicura coincide con su perfil fitoquímico, el cual careció de alcaloides y se caracterizó por terpenoides y polifenoles. Estos grupos están más asociados a mecanismos de repelencia e inhibición de la alimentación (Bautista-Hernández et al., 2021; Nerio et al., 2010), los cuales pueden ser menos efectivos en bioensayos residuales de confinamiento. La marcada diferencia con reportes de alta eficacia para extractos de otras partes

de la planta resalta la variabilidad en la distribución de metabolitos biocidas entre tejidos (Harborne, 1994; Isman, 2020).

Bajo las condiciones experimentales, el extracto etanólico de semilla de *Ricinus communis* (higuerilla) demostró ser la alternativa más efectiva, ejerciendo control tanto sobre adultos como sobre la progenie de *S. zeamais*. Este hallazgo proporciona una validación cuantitativa a su uso etnobotánico tradicional (Arnason et al., 1989; Lagunes, 1984). La transición hacia una aplicación práctica requiere abordar la estandarización del material vegetal (Santacoloma y Granados, 2010) y el desarrollo de formulaciones estables, priorizando esquemas de validación participativa que favorezcan la adopción por parte de los productores (Shai et al., 2024).

CONCLUSIONES

- La caracterización fitoquímica preliminar confirmó que los extractos etanólicos de toloache, chicura e higuierilla poseen metabolitos secundarios con actividad biológica potencial contra insectos, lo que valida su selección para el control de *Sitophilus zeamais*. La presencia diferencial de alcaloides, saponinas, taninos y terpenoides permitió explicar las variaciones observadas en su eficacia biocida.
- El extracto etanólico de semilla de higuierilla (*Ricinus communis* L.) fue el tratamiento más efectivo, al inducir la mayor mortalidad corregida, suprimir completamente la emergencia de la progenie y minimizar la pérdida de peso del grano. Estos resultados evidencian un efecto dual, tóxico y antinutricional, clave para el manejo de plagas en grano almacenado.
- El extracto de hojas de toloache (*Datura stramonium* L.) mostró una eficacia intermedia, destacando por su capacidad para reducir el daño al grano y la emergencia de insectos, aun cuando la mortalidad de adultos fue moderada. Este comportamiento sugiere un mecanismo de acción predominantemente fisiológico-disruptivo sobre las etapas inmaduras.
- El extracto foliar de chicura (*Ambrosia ambrosioides* (Cav.) W.W. Payne) presentó baja eficacia biocida bajo las condiciones del ensayo, reflejada en una alta emergencia de la progenie y mayor daño al grano. Su perfil fitoquímico, dominado por terpenoides y polifenoles, parece favorecer efectos repelentes más que un control residual efectivo.
- En conjunto, los resultados demuestran que los extractos vegetales evaluados, en especial el de higuierilla, representan una alternativa viable y sustentable para el control de *S. zeamais* en maíz almacenado. No obstante,

se recomienda continuar con estudios de dosis, formulación y estandarización para facilitar su aplicación práctica en sistemas de manejo integrado de plagas.

RECOMENDACIONES

- A los productores agrícolas, se recomienda considerar el uso de extractos vegetales, particularmente el extracto etanólico de semilla de higuera (*Ricinus communis* L.), como una alternativa complementaria a los insecticidas sintéticos para el manejo de *Sitophilus zeamais* en grano almacenado, priorizando su integración dentro de programas de manejo integrado de plagas que reduzcan riesgos ambientales y a la salud.
- A los empresarios y responsables de silos de almacenamiento, se sugiere evaluar la viabilidad técnica y económica de incorporar tratamientos botánicos, como el extracto de higuera, así como de manera complementaria, el extracto de toloache (*Datura stramonium* L.), en protocolos de protección del grano, especialmente en esquemas de almacenamiento prolongado donde la supresión de la progenie es un factor crítico.
- A las instituciones gubernamentales del sector agrícola, se recomienda impulsar programas de investigación, validación en campo y transferencia de tecnología que promuevan el desarrollo, estandarización y uso regulado de extractos vegetales con potencial biocida, fomentando alternativas sustentables y accesibles para el control de plagas en granos almacenados.
- A las instituciones educativas y centros de investigación, se sugiere profundizar en estudios relacionados con dosis óptimas, formulaciones estables, seguridad toxicológica y evaluación de extractos de distintas partes de las plantas, con el fin de fortalecer la base científica y facilitar su aplicación práctica en sistemas productivos reales.
- De manera transversal, se recomienda promover la capacitación continua de productores, técnicos y estudiantes en el uso responsable de insumos botánicos, destacando tanto sus beneficios como sus limitaciones, para

asegurar una adopción informada, segura y efectiva de estas alternativas dentro de estrategias de agricultura sustentable.

BIBLIOGRAFÍA

- Abbott, W. S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18 (2), 265–267. <https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a>
- Acevedo, M., Zurn, J., Molero, G., & Singh, P. (2018). The role of wheat in global food security. In: Udaya S., editor. *Agricultural Development and Sustainable Intensification: Technology and Policy Challenges in the Face of Climate Change*. Routledge; London UK. pp. 81-110.
- Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios [ASERCA]. (2009). “El manejo de los granos básicos” Boletín ASERCA Regional Peninsular. Núm. 21/09. Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA), marzo.
- Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios [ASERCA]. (2019). Consulta de infraestructura de acopio. Centro de Información de Mercados Agroalimentarios. Recuperado de https://www.cima.aserca.gob.mx/es_mx/cima/sistema_consulta_infraestructura_acopio
- Apodaca, S. M.A., Nava, P. E. & Armenta, B. A.D. (2009). Contaminantes biológicos de los granos almacenados de importancia socioeconómica en Sinaloa. *Tecnología de granos y semillas*. Universidad Autónoma Indígena de México. Libro 1a. ed. pp. 55- 84.
- Armenta, L.A.R., Lugo, G.G.A., Sánchez, S.B.H., Almada, R.V.G. & Nava, P.E. (2020). Alternativas biorracionales para el manejo del picudo del maíz

Sitophilus zeamais Motschulsky, 1855 (Coleoptera:Curculionidae).
Entomología mexicana, Vol.7: 124-230. ISSN: 2448-475X.

Armenta-López, A. R., Lugo-García, G. A., Sánchez-Soto, B. H., Romero-Félix, C. S., Cortez-Mondaca & E., Nava-Pérez, E. (2021) Resistencia del frijol al ataque del gorgojo pardo *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831) (Coleoptera: Chrysomelidae) en la zona Norte de Sinaloa. *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie), 37, 1–18.
<https://doi.org/10.21829/azm.2021.3712427>

Armenta-López A. R., Nava-Pérez E., Lugo-García G. A., Sánchez-Soto B. H., Romero-Felix C. S. & Gaxiola-Félix J. (2023). "Extractos vegetales para el manejo del gorgojo del frijol. *Southwestern Entomologist* 47 (4), 903-914).
<https://doi.org/10.3958/059.047.0414>

Arnason, J. T., Philogéne, B. J. R., & Morand, P. (1989). *Insecticides of plant origin*. American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/bk-1989-0387.fw001>

Azaharez-Portuondo, M., Avila-Espinosa, M. E., & Cruz, M. A. I. (2020). Efecto de protect - it® para el control del gorgojo, *Sitophilus zeamais* en maíz almacenado / effect of protect - it® for the control of weevil, *Sitophilus zeamais* in stored corn. *Universidad & Ciencia*, 9(3), 202–213.
<https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/1587>

Bautista-Hernández, I., Aguilar, C. N., Martínez-Ávila, G. C. G., Torres-León, C., Iliina, A., Flores-Gallegos, A. C., Kumar Verma, D., & Chávez-González, M. L. (2021). Mexican Oregano (*Lippia graveolens* Kunth) as Source of Bioactive Compounds: A Review. *Molecules*, 26(17), 5156.
<https://doi.org/10.3390/molecules26175156>

- Boniecki, P., Koszela, K., Świerczyński, K., Skwarcz, J., Zaborowicz, M., & Przybył, J. (2020). Neural visual detection of grain weevil (*Sitophilus granarius* L.). *Agriculture*, 10(1), 25. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture10010025>
- Céspedes-Méndez, Camilo, Iturriaga-Vásquez, Patricio, & Hormazábal, Emilio. (2021). Secondary metabolites and biological profiles of *Datura* genus. *Journal of the Chilean Chemical Society*, 66(2), 5183-5189. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-97072021000205183>
- Costa-Becheleni, Franciyelli Regina, Toro-Sánchez, Carmen Lizette Del, Wong-Corral, Francisco Javier, Robles-Burgueño, María Del Refugio, Cárdenas-López, José Luis, & Borboa-Flores, Jesús. (2020). Essential oils for the control of *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) and effect on the quality of the corn grain *Zea mays* Linnaeus (Poales: Poaceae). *Revista chilena de entomología*, 46(4), 639-652. <https://dx.doi.org/10.35249/rche.46.4.20.10>
- Daglish, G. J. & Nayak, M. K. (2018). Prevalencia de resistencia a la deltametrina en *Rhyzopertha dominica* (F.) en el este de Australia. *Revista de Investigación de Productos Almacenados*. 78. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2018.06.003>
- Díaz-Villanueva G. E., Ayvar-Serna S., Díaz-Nájera J. F. & Mancilla-Romani M. G. (2025). Control orgánico in vitro del gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais* Mots.). *Ciencia e Innovación Agroalimentaria*. Vol. 7 Núm. <https://doi.org/10.15174/cia.v7i1.154>
- Espinel, C., Torres, L., Villamizar, L., Bustillo, A., Zuluaga, M. V., & Cotes, A. M. (2019). Hongos entomopatógenos en el control biológico de insectos plaga=

Entomopathogenic fungi in insect pests biological control. *AgResearch. Chapter.*

Fernández-Pintor, B., Zarcero, S. M., & Sierra, I. (2025). Tropane and Pyrrolizidine Alkaloids in Edible Flowers and Flower-Derived Foods: A Food Safety Perspective. *Foods*, 14(21), 3695. <https://doi.org/10.3390/foods14213695>

García, L. S.; Burt, A. J.; Serratos J. A.; Díaz-Pontones, D. M.; Arnason, J. T. & Bergvinson, D. (2003). Defensas naturales en el grano de maíz al ataque de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae): mecanismos y bases de la resistencia. *Rev. Educ. Bioquímica*. 22:138-145.

García-Salazar, J.A., Álvarez-González, X., & Mora-Flores, J.S. (2020). Crecimiento de la capacidad de almacenes agrícolas en México, 1996-2019. *Región y Sociedad*, 32.. <https://doi.org/10.22198/rys2020/32/1258>

Ghabbari, M.; Guarino, S.; Caleca, V.; Saiano, F.; Sinacori, M.; Baser, N.; Mediouni, J. & Verde, G. (2018). Behavior-modifying and insecticidal effects of plant extracts on adults of *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera Tephritidae). *Journal of Pest Science*, 91 (1): 907-917. <https://doi.org/10.1007/s10340-018-0952-6>

Gómez, H. A., González Mejía, O., & González Cortázar, J. C. (2018). Vegetales pulverizados para el manejo de *Sitophilus zeamais* Motschulsky en almacenamiento. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(4), 787-798.

Harborne, J. B. (1994). *The flavonoids: Advances in research since 1986*. Chapman & Hall. Londres. <https://doi.org/10.1201/9780203736692>

- Hazzam, K. E., Mhada, M., Bakrim, W. B., Taourirte, M., & Yasri, A. (2025). Antinutritional and insecticidal potential of *Chenopodium quinoa* saponin rich extract against *Tribolium castaneum* (Herbst) and its action mechanism. *Scientific Reports*, 15(1), 6829. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-90952-x>
- Higueras, Cristobal, Silva-Aguayo, Gonzalo, Urbina, Angélica, Figueroa, Inés, Rodríguez-Maciel, J. Concepción, Lagunes-Tejeda, Angel, Rodríguez, Marcela, & Aguilar-Marcelino, Liliana. (2021). Control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky con polvo de follaje de dos especies del género *Eucalyptus*. *Revista chilena de ciencias agrícolas y animales*, 37 (2), 101-111. <https://dx.doi.org/10.29393/chjass37-12cscl80012>.
- Isman, M. B. (2020). Botanical insecticides in the twenty-first century—fulfilling their promise? *Annual Review of Entomology*, *65*, 233-249. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011019-025010>
- Iturralde-García, R.D., Wong-Corral, F.J., Castañé, C., & Riudavets, J. (2020). Susceptibility of *Rhyzopertha dominica* to high CO₂ modified atmospheres in packaged chickpeas. *Journal of Stored Products Research*, 85, <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2019.101538>
- Iturralde-García, R., Borboa-Flores, J., Sánchez-Maríñez, R., Cortez-Rocha, M., Cinco-Moroyoqui, F., & Wong-Corral, F. (2022). Actividad de tres aceites esenciales sobre la mortalidad de *Rhyzopertha dominica* (F.) en trigo almacenado. *Biotecnia*, 24 (1), 164-170. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v24i1.1618>

- Jiménez-Martínez, E. (2009). Manejo integrado de plagas. Universidad Nacional Agraria. Libro de texto. 1a ed. -- Managua: UNA. 120 p. ISBN: 978-99924-1-004-2.
- Kumar, P. A., Malik, V. S., y Sharma, R. P. (1996). Insecticidal proteins of *Bacillus thuringiensis*. *Advances in Applied Microbiology*. 42: 1-43.
- Köker, Z., & Işıkber, A. A. (2026). Antifeedant activities of some plant secondary metabolites on cotton leafworm (*Spodoptera littoralis* (Boisduval, 1833) (Lepidoptera: Noctuidae). *Crop Protection*, 199, 107401. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2025.107401>
- Kovács, B., Hohmann, J., Csupor-Löffler, B., Kiss, T., & Csupor, D. (2022). A comprehensive phytochemical and pharmacological review on sesquiterpenes from the genus *Ambrosia*. *Heliyon*, 8(7), e09884. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09884>
- Lagunes, A. (1984). Empleo de sustancias vegetales contra plagas del maíz como una alternativa al uso de insecticidas en áreas de temporal. Informe del Proyecto Cooperativo PROAF-CONACyT-PCAFBNA-001299 CONACyT-CP-UACH-INIA-DGSV, Chapingo, México. 162 p.
- Lawrence B., Bicksler A. J. & Duncan K. (2017). Local treatments and vacuum sealing as novel control strategies for stored seed pests in the tropics. *Agron. Sustain. Dev.* 37(6). <https://doi: 10.1007/s13593-017-0415-0>.
- Lisko, J. G., Stanfill, S. B., Duncan, B. W., & Watson, C. H. (2013). Application of GC-MS/MS for the analysis of tobacco alkaloids in cigarette filler and various tobacco species. *Analytical Chemistry*, 85(6), 3380–3384. <https://doi.org/10.1021/ac400077e>

- Manzoor, S., Akbar, R., Hussain, A., Ali, A., Faheem, B., Zaman, M., Farid, A., Hussain, I., Khan, I. A., Perveen, K., Bukhari, N. A., & Sun, J. (2025). Toxicity effect of *Ricinus communis* methanolic extracts against *Bactrocera cucurbitae* (Diptera: Tephritidae). *Plant Protection Science*, 61(1). <https://doi.org/10.17221/46/2024-PPS>
- Martínez-Evaristo, X.C, Borboa-Flores, J., Wong-Corral, F.J., Cinco-Moroyoqui, F.J., Del-Toro-Sánchez, C.L., González-de León, A., Ortega-Nieblas, M.M., Cornejo-Ramirez, Y.I., Osuna-Amarillas, P.S. & Cabral-Torres, F.A. (2015). Insecticidal Efficacy and Repellency of Oregano (*Lippia palmeri*) Essential Oil for Control of *Sitophilus zeamais* and *Prostephanus truncatus* in Stored Maize. *Southwestern Entomology*. 40 (4): 713-720. <https://doi.org/10.3958/059.040.0410>
- Matute, D. & R. Trabanino. (1999). Manejo integrado de plagas invertebradas en Honduras. Sección 1. Reconocimiento y manejo de las principales plagas. Zamorano Academia Press. Honduras.
- Nayak, M. K. y Daglish, G. J. (2018). Importancia de los insectos en productos almacenados. En: Avances recientes en la protección de productos almacenados. *Springer*. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-56125-6>
- Nerio, L. S., Olivero-Verbel, J., & Stashenko, E. (2010). Repellent activity of essential oils: A review. *Bioresource Technology*, 101(1), 372–378. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.07.048>
- Ortiz-Urquiza A., Riveiro-Miranda L., Santiago-Álvarez C., y Quesada-Moraga E. (2010). Insect-toxic secreted proteins and virulence of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Journal Invertebr Pathol*. 105, 270-278.

Pingali, P. L. & Pandey, S. (2001). World maize needs meeting: Technological opportunities and priorities for the public sector. In: Pingali, P. L. (ed.). CIMMYT 1999-2000. World maize facts and trends. meeting world maize needs: Technological opportunities and priorities for the public sector. Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y Trigo. El Batán, Estado de México, México.

Porcuna, C. J. (2019). Control de plagas y enfermedades en agricultura ecológica. Sociedad Española de Agricultura Ecológica, Madrid España. 80 p.

Prakash, B. G., Raghavendra K. V., Gowthami R. & Shashank R. (2016). Indigenous practices for eco-friendly storage of food grains and seeds. *Adv Plants Agric Res.* 3 (4): 101-107. <https://doi.org/10.15406/apar.2016.03.00101>

Rajashekar, Y., Devaraja, A., Thirumalesh, B. V., & Babu, C. S. V. (2025). Botanical insecticides for stored grain protection: Emerging challenges and future prospects. *Food Bioscience*, 107337. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2025.107337>

Ramírez G., M. (1974). Almacenamiento y conservación de granos y semillas. Ed. CECSA 2a. impresión. 1966. México, D. F., 300 p.

Regnault-Roger, C., Vincent, C., & Arnason, J. T. (2012). Essential oils in insect control: Low-risk products in a high-stakes world. *Annual Review of Entomology*, 57, 405-424. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120710-100554>

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [SAGARPA] (2008). Comunicado No. 192/08. La producción de alimentos aumentará por encima del crecimiento de la población: ACJ. México D. F.

- Santacoloma, V. L. E., & Granados, J. E. (2010). Evaluación del contenido de metabolitos secundarios en dos especies de plantas forrajeras encontradas en dos pisos térmicos de Colombia. *Revista de Investigación Agraria Nacional*, 1, 31–35. <https://doi.org/10.22490/21456453.890>
- SAS Institute Inc. (2016). SAS® Studio (Version 9.4) [Software de computadora].
- Shai, K. N., Materechera, S. A., Amoo, S. O. & Aremu, A. O. (2024). Ethnobotanical insights on the management of plant pests and diseases by smallholder farmers in Mpumalanga Province of South Africa. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 20(1), 71. <https://doi.org/10.1186/s13002-024-00711-x>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2023). [https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/\(11/12/2024\)](https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/(11/12/2024)).
- Singh, B. & Kaur, A. (2018). Control of insect pests in crop plants and stored food grains using plant saponins: A review. *LWT-Food Sci. Technol.* 87:93-101. doi: 10.1016/j.lwt.2017.08.077
- Smith, R. F. & Reynolds, H. T. (1966). Principles, definition and scope of integrated pest control. In: Proc. FAOS Symposium on integrated pest control, Rome, Italy pp. 1:11-17.
- Tamez, G., Galán, W., Medrano, R., García, G., Rodríguez, P., Gómez, F. & Tamez, G. (2001). Bioinsecticidas: su empleo, producción y comercialización en México. *Ciencia UANL*. IV (2):143-152.
- Tan, M., Wu, H., Yan, S. & Jiang, D. (2022). Evaluating the toxic effects of tannic acid treatment on *Hyphantria cunea* larvae. *Insects*, 13(10), 872. <https://doi.org/10.3390/insects13100872>

- Ugochukwu, S. C., Uche, A., & Ifeanyi, O. (2013). Preliminary phytochemical screening of different solvent extracts of stem bark and roots of *Dennetia tripetala* G. Baker. *Asian journal of plant science and research*, 3(3), 10-13.
- Uribe-Rivera, S. E. ., Cerna-Chávez, E. ., Ochoa-Fuentes, Y. M. ., Orozco-Plancarte, A. & Rueda-Puente, E. O. . (2025). Extractos con nano y micropartículas sobre *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 16(3), e3633. <https://doi.org/10.29312/remexca.v16i3.3633>
- Vázquez Badillo, M. E. & Moreno Martínez, E. (2016). Post-cosecha de granos. Claridades Agropecuarias, 271, 3-6. Recuperado de <https://info.aserca.gob.mx/claridades/revistas/271/ca271-3.pdf>
- Vega F. (2008). Insect pathology and fungal endophytes. *Journal Invertebr Pathol.* 98, 277-279.
- Vera-Gonzalez, L. M., Rodríguez-Espinola, H. N., & Pistilli-Fariña, R. E. (2021). Control del gorgojo con dosis de polvo de ruda en granos almacenados de maíz. *Revista Científica El Surco*, 4(2), 15-20.
- Yu, J. (2025). Chemical Composition of Essential Oils and Their Potential Applications in Postharvest Storage of Cereal Grains. *Molecules*, 30(3), 683. <https://doi.org/10.3390/molecules30030683>
- Zehler, J. A. (2000). Chemical Control of Stored Product Insects With Fumigants and Residual Treatments. *Crop Protection*. 19: 577-582.

ANEXOS

Anexo 1. Colecta de semillas de maíz y gorgojos (*Sitophilus zeamais*) necesarios para el experimento.



Anexo 2. Preparación de soluciones de extractos de plantas de chicura, toloache e higuierilla.



Anexo 3. Establecimiento de bioensayo en laboratorio del Instituto Tecnológico Superior de Guasave.



Anexo 4. Desarrollo de técnicas de laboratorio para extracción de aceites de plantas de chicura, toloache e higuerilla.



Anexo 5. Preparación de medios para evaluación de extractos vegetales.



Anexo 6. Evaluación de daño y pérdida de peso en semillas de maíz.



Anexo 7. Asesoría por directores de tesis durante el desarrollo del proyecto de investigación.

