

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Protección de Semilla de Maíz con *Phoradendron* spp. Pulverizado Ante el Daño de *Sitophilus zeamais* (Motschulsky)

Por:

**MARÍA DEL CARMEN GUIJÓN TORRES**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

Saltillo, Coahuila, México  
Diciembre, 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Protección de Semilla de Maíz con *Phoradendron* spp. Pulverizado Ante el Daño de  
*Sitophilus zeamais* (Motschulsky)

Por:

**MARIA DEL CARMEN GUIJÓN TORRES**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de

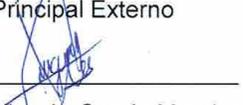
**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

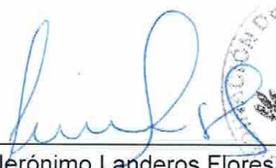
Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Agustín Hernández Juárez  
Asesor Principal Interno

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Miriam Sánchez Vega  
Asesor Principal Externo

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Epifanio Castro del Ángel  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Marcos Librado García Morales  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Jerónimo Landeros Flores  
Coordinador Interino de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México  
Diciembre, 2022

### **Declaración de no plagio**

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



**María del Carmen Guijón Torres**

Nombre y Firma

## AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por ser mi guía, protección, motivación y fortaleza en todo momento. Por darme la sabiduría y capacidad de culminar este proyecto.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** Unidad Saltillo, por acogerme y proporcionarme todo lo necesario para formarme profesionalmente. Por darme la oportunidad de conocer y convivir con magníficas personas.

A mis asesores **Dr. Agustín Hernández Juárez** y la **Dra. Yolanda Rodríguez Pagaza** por depositar en mí la confianza y paciencia para realizar este trabajo además de su valioso tiempo y esfuerzo para llevarlo a cabo. Del mismo modo agradecer a la **Dra. Miriam Sánchez Vega**, al **Dr. Epifanio Castro del Ángel** y al **Ing. Marcos Librado García Morales** por ser parte del comité de asesoría y contribuir con sus observaciones, conocimientos y experiencia.

A la **Dra. Maria Paz Ponce** por el apoyo en la identificación y colecta del material vegetal necesario para este trabajo.

Al **Departamento de Parasitología** y con mucho cariño a todos los **Profesores** y **Profesoras** que me impartieron clases, me llevo lo mejor de sus enseñanzas.

A la **Generación CXXXI** de la carrera de **Parasitología** por hacer mi estancia en la universidad única e inolvidable, gracias por sus enseñanzas, los recordare con mucho cariño.

Especialmente a: **Yolanda Espínola, Sonia Sánchez, José Zarate, Thalía Tapia, Martín Torres, Belém Bravo, Yessenia González, Paola Juárez, Fátima Gutiérrez, Guadalupe Sánchez,**

**Julia Pérez, Meralida Bartolón, Fernando López y Marcos García** fueron más que mis compañeros, se convirtieron en buenos amigos y personas importantes en mi vida, gracias por compartir un poco de sus vidas conmigo. El mejor de los éxitos en todo lo que hagan.

A **Maythe Morales Gálvez** por el año que vivimos juntas, my best roomie, por el apoyo brindado en todos los sentidos, por su sincera amistad y las comidas tan deliciosas. Te quiero muchísimo.

De una manera muy especial a **Javier Eliorep Rodríguez Rodríguez** por el acompañamiento, la confianza, la comprensión, la paciencia y el amor que me brinda. Por estar para mí en los momentos buenos y más aún en los momentos difíciles tanto académicos como personales, que Dios te multiplique en éxitos y bendiciones todo lo que has hecho por mí.

A **Lizeth Sámano** por ser una buena amiga, aun antes de conocernos personalmente. Que Dios te bendiga hoy y siempre.

A la **Familia Soria Delgado** por abrirme las puertas de su hogar y darme un espacio en él. Especialmente a mis roomies **Sam y Fer** por estar conmigo desde el inicio de esta etapa, siempre tendré presente todo lo que han hecho por mí, gracias por todas las anécdotas que construimos y tener siempre palabras confortables en momentos complicados. Sé que Dios las puso en mi camino por muy buenas razones y permitió que nos convirtiéramos en familia. Por siempre las llevaré en mi corazón.

Y a toda persona que de manera directa o indirecta contribuyo e influyó para que culminara esta etapa de mi formación profesional.

## DEDICATORIAS

**A mi madre:**

**Sra. María del Carmen Torres González**

Por ser mi mejor ejemplo de dedicación y perseverancia a seguir. Por todo el sacrificio y esfuerzo que ha hecho para sacar adelante a nuestra familia. Gracias a ello he podido concluir una de las etapas más importantes en mi vida que siempre atesorare y agradeceré infinitamente. Porque no hay mejor herencia que me pueda otorgar que ésta. Hoy y todos los días le pido a Dios que te haga eterna para que compartir una vida llena de alegrías y poder devolverte un poco de todo lo que me das. Te amo mucho Ma.

**A mis hermanos:**

**Ulises, Carlos Eduardo, Jessica y Jesús Antonio**

Quienes han sido mis compañeros de vida y travesías. Gracias por su apoyo, confianza, comprensión, enseñanzas y sobre todo el amor incondicional que siempre me demuestran. Que Dios los cuide y bendiga siempre.

**A mis abuelos:**

**Sr. Mauro Torres Guerra (†) y Sra. Ángela González Botello**

Por cuidar y educar de mi durante mi infancia con sus sabios consejos y tierno amor. Por ser mi resguardo cuando más lo necesite, los amo.

### **A mis amigos:**

**Lety, Yovanni y Luis** por ser mis amigos desde secundaria hasta hoy en día. Son muchas las anécdotas y momentos compartidos que guardo con mucho cariño. Cada uno de ustedes tiene un lugar muy importante en mi corazón. Deseo que la vida nos permita seguir coincidiendo. Dios les bendiga y multiplique siempre.

**Daniela, Jennifer, Víctor, Yahaira, Araceli, y Liliana** mis amigos de prepa, sé que en ustedes tengo en quien confiar y acudir en momentos difíciles. Gracias por todos los momentos que hemos compartido a través del tiempo. Todo eso les aseguro que es parte de quien soy hoy, los quiero muchísimo.

### **A mis familiares y conocidos:**

Por el apoyo moral-económico y consejos que me brindaron para dar lo mejor de mí en mis estudios y en la vida, especialmente a mi tía **Benita** quien me acompañó a presentar el examen de admisión para la universidad, a mi tía **Ana Teresa** por siempre ser tan amorosa y buena consejera, a mi prima **Paola** por ser como mi hermana y una gran amiga. Que Dios les regrese en abundancia todo lo que me han brindado.

## INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	iv
DEDICATORIAS.....	vi
INDICE DE CONTENIDO.....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	x
INDICE DE CUADROS.....	xi
RESUMEN.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Generalidades del Cultivo del Maíz .....	4
Problemas Fitosanitarios del Maíz .....	9
Plagas de importancia en maíz almacenado .....	10
Características Generales del Gorgojo del Maíz.....	12
Métodos de Control para Plagas de Almacén .....	16
Control Biorracional .....	19
Descubrimiento y Usos de Plantas con Actividad Insecticida .....	20
Polvos Botánicos .....	21
Muérdagos.....	22
Descripción del género <i>Phoradendron</i> .....	23
<i>Phoradendron densum</i> .....	29
<i>Phoradendron tomentosum</i> .....	30
<i>Phoradendron lanceolatum</i> .....	32
MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
Localización .....	33
Recolecta de Material Vegetal y Organismos Plaga .....	33
Material vegetal .....	33
Organismo plaga .....	33
Preparación de Polvos Vegetales.....	33
Condiciones de Trabajo .....	34
Bioensayos para la Evaluación de Polvos Vegetales .....	34

Diseño Experimental.....	34
Polvos utilizados .....	35
Evaluación .....	35
Mortalidad.....	35
Daño en grano.....	36
Calidad de la semilla.....	36
Evaluación de la F1 .....	36
Bioensayos para la Evaluación de Repelencia .....	37
Análisis de Datos .....	37
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
CONCLUSIONES.....	54
LITERATURA CITADA.....	55

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ranking de maíz a nivel mundial 2019 (Statista y Orús 2021).....	5
Figura 2. Producción de maíz grano en México (SADER 202; SIAP 2022). ....	6
Figura 3. Maíz amarillo en el estado de Guanajuato (Brown 2015).....	8
Figura 4. Adulto de <i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky (Alpert 2021) .....	14
Figura 5. Ciclo de Vida de <i>S. zeamais</i> Motschulsky (Agronegocios 2015).....	15
Figura 6. Ciclo de Vida del Muérdago del género <i>Phoradendron</i> (Olsen 2003) ....	27
Figura 7. <i>Phoradendron densum</i> (Morse 2012).....	30
Figura 8. <i>Phoradendron tomentosum</i> (Brundage 2018) .....	31
Figura 9. <i>Phoradendron lanceolatum</i> (Jiménez 2017).....	32
Figura 10. Porcentaje de Germinación de Semillas de Maíz Tratadas.....	46
Figura 11. Crecimiento de Radícula y Plúmula de Semillas de Maíz Tratadas ....	49
Figura 12. Reducción de la F1 de <i>S. zeamais</i> Expuesto a <i>Phoradendron</i> spp. ....	51

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Polvos de <i>Phoradendron</i> spp evaluados en la protección de semilla del maíz contra <i>Sitophilus zeamais</i> (Mutsch).....	35
Cuadro 2. Índice de repelencia del gorgojo del maíz <i>Sitophilus zeamais</i> en maíz tratado con tres polvos vegetales.....	38
Cuadro 3. Mortalidad de gorgojo del maíz <i>Sitophilus zeamais</i> en maíz tratado con polvo de <i>Phoradendron densum</i> .....	39
Cuadro 4. Mortalidad de gorgojo del maíz <i>Sitophilus zeamais</i> en maíz tratado con polvo de <i>Phoradendron tomentosum</i> .....	40
Cuadro 5. Mortalidad de gorgojo del maíz <i>Sitophilus zeamais</i> en maíz tratado con polvo de <i>Phoradendron lanceolatum</i> .....	41
Cuadro 6. Daño en grano por <i>Sitophilus zeamais</i> en maíz tratado con polvo de <i>Phoradendron densum</i> .....	42
Cuadro 7. Daño en grano por <i>Sitophilus zeamais</i> en maíz tratado con polvo de <i>Phoradendron tomentosum</i> .....	43
Cuadro 8. Daño en grano por <i>Sitophilus zeamais</i> en maíz tratado con polvo de <i>Phoradendron lanceolatum</i> .....	43
Cuadro 9. Efecto del polvo de <i>Phoradendron densum</i> sobre la germinación de la semilla de maíz para el control de <i>Sitophilus zeamais</i> .....	44
Cuadro 10. Efecto del polvo de <i>Phoradendron tomentosum</i> sobre la germinación de semilla de maíz tratada para el control de <i>Sitophilus zeamais</i> .....	44
Cuadro 11. Efecto del polvo de <i>Phoradendron lanceolatum</i> sobre la germinación de semilla de maíz tratada para el control de <i>Sitophilus zeamais</i> .....	45
Cuadro 13. Crecimiento de raíz y tallo de maíz tratado con polvo de <i>Phoradendron tomentosum</i> para el control de <i>Sitophilus zeamais</i> .....	48
Cuadro 14. Crecimiento de raíz y tallo de maíz tratado con polvo de <i>Phoradendron lanceolatum</i> para el control de <i>Sitophilus zeamais</i> .....	49

Cuadro 15. Emergencia de la F1 de <i>Sitophilus zeamais</i> de semilla de maíz tratada con polvos botánicos de <i>Phoradendron</i> spp.....	50
---	----

## RESUMEN

El cultivo del maíz es de los cereales más importantes en el sector alimenticio, agropecuario e industrial. Garantizar el buen manejo en producción y protección de las semillas es primordial; sin embargo, en periodo de almacenamiento hay mermas por el ataque de plagas, afectaciones que oscilan entre 5 y 30% de pérdida de grano, de estas 10% son por el gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) (Coleoptera: Curculionidae). Su control se centra en el uso de químicos de manera irracional causando degradación a los recursos naturales, sobre todo agrícolas y perjudicando a la salud. Ante esto se buscan opciones sustentables sin efectos nocivos; los extractos botánicos son fuente potencial de compuestos bioactivos que intervienen en el desarrollo normal de los insectos, pues actúan como repelentes o disuasivos de la alimentación, no presentan toxicidad en mamíferos, son biodegradables y no afectan la viabilidad de las semillas agregando que son accesibles a todo productor. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto protector del polvo pulverizado del follaje de los muérdagos *Phoradendron densum*, *Phoradendron tomentosum* y *Phoradendron lanceolatum* ante el daño del gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais*. Para la evaluación del polvo vegetal se utilizaron cuatro concentraciones, incluido el tratamiento testigo (0), 0.25, 0.5 y 1.0 g·50 g<sup>-1</sup> maíz, con 6 repeticiones cada uno. La mortalidad se registró a los 8 y 15 días de aplicar los tratamientos, a su vez se hizo el conteo de granos dañados y se determinó el porcentaje de daño. Se evaluó la viabilidad de la semilla mediante su germinación/inhibición. En el mismo ensayo se midió el tamaño de la parte aérea (plúmula) y la parte subterránea (radícula) y se determinó la longitud promedio de crecimiento. Pasados 55 días se obtuvo el porcentaje de emergencia de adultos nuevos de la siguiente generación (F1). También se hizo la prueba de la repelencia de los maíces tratados con los polvos botánicos. En la prueba de repelencia *P. densum* y *P. lanceolatum* resultaron atractivos mientras que *P. tomentosum* es neutro ante *S. zeamais*. En mortalidad no se presentaron diferencias significativas, ninguno de los tratamientos supero el 20% de control. En daño en grano destacaron *P. densum* y *P. tomentosum* al disminuir el daño en grano y no afectar la viabilidad de las semillas. Al evaluar longitud de radícula y plúmula, se concluyó que estos no se vieron afectados por la actividad de los polvos vegetales de *P. densum* y *P. tomentosum*. En el parámetro de F1, *P. densum* y *P. tomentosum* redujeron la emergencia. No se observó efecto insecticida de las especies de *Phoradendron* en estudio sobre *S. zeamais*, sin embargo *P. densum* y *P. tomentosum* disminuyeron el daño en grano y no afectaron de forma negativa la germinación, ni desarrollo de las semillas de maíz ni inhibieron la F1.

**Palabras clave:** Plagas de almacén, *Sitophilus zeamais*, manejo biorracional, *Phoradendron* spp, polvos vegetales.

## INTRODUCCIÓN

En México, el maíz forma parte de la alimentación diaria, es el cultivo de mayor presencia en el país, con la siembra de 7.4 millones de hectáreas, y una producción anual de 27, 503,477.82 t, además de que constituye un insumo de alto valor para el sector pecuario y para la obtención de numerosos productos industriales (SENASICA 2020; SIAP 2022).

Es de conocimiento que el hombre necesita almacenar en su mayoría los productos vegetales y granos que consume, debido a la estacionalidad de producción que tienen. La postcosecha se refiere al manejo adecuado para la conservación de diversos productos agrícolas, con el fin de determinar la calidad y su posterior comercialización o consumo (SADER 2019). El almacenaje es especialmente evaluado en países en desarrollo, particularmente entre los productores a baja escala y de bajos recursos, quienes ven mermadas sus cosechas a causa de la destrucción de los granos por roedores, insectos, hongos y bacterias principalmente (Pérez *et al.* 2007). Durante esta etapa pueden ocurrir afectaciones que oscilan entre el 5 y 30% de las pérdidas de los granos, de estas el 10% puede ser causada por ataque de insectos plaga pudiendo aumentar en zonas tropicales y subtropicales donde la temperatura favorece el desarrollo de estos insectos, que al alimentarse de las semillas llegan a ocasionar pérdidas en la calidad de estas, afectando el poder germinativo (Zunjare *et al.* 2016). Se ha reportado que en regiones tropicales las pérdidas postcosecha por plagas en maíz ascienden hasta un 40% (García y Bergvinson 2007). De los principales riesgos que presentan los productores al almacenar maíz es la infestación por el gorgojo *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) (Coleoptera: Curculionidae) (SADER 2020).

En la mayoría de los casos, el uso de insecticidas químicos es el único método de control, particularmente cuando no adoptan adecuadas medidas de prevención (García *et al.* 2009). El uso constante de esos químicos contribuye a la crisis de la agricultura que dificulta la preservación de los ecosistemas, los recursos naturales y afecta la salud de las comunidades rurales y de los consumidores urbanos. La

búsqueda de la alta productividad a corto plazo por encima de la sostenibilidad ecológica, practicada en las últimas décadas, ha dejado un saldo a nivel mundial de contaminación y envenenamiento, donde el pretendido remedio universal ha resultado ser peor que la enfermedad (UNODC 2010). A partir de la necesidad por encontrar una alternativa natural para el control de insectos plaga y reemplazar así los pesticidas sintéticos, los insecticidas botánicos, ofrecen seguridad para el ambiente y su uso como alternativa sustenta el cambio de paradigma: manejar las plagas no erradicarlas (Gómez *et al.* 2018). La revalorización de las plantas como fuente de sustancias con propiedades insecticidas se ha difundido desde los últimos 35 años en algunos países de América Latina como Brasil, México, Ecuador y Chile, se han desarrollado líneas de investigación que buscan en las plantas, compuestos químicos con menor impacto ambiental y potencial para el control de plagas agrícolas (Rodríguez 2000). Se ha demostrado que existen familias de plantas con propiedades pesticidas que ayudan a los cultivos a crecer con menor daño por plagas (TRICHODEX 2016). Como alternativa de manejo, se ha sugerido el uso de productos de origen vegetal (extractos, polvos vegetales y aceites esenciales) los cuales tienen efectos en la biología, fisiología y comportamiento de los insectos plaga de granos almacenados (Sounjanya *et al.* 2016). Dentro de las principales aplicaciones que tienen los muérdagos *Phoradendron* spp. están las actividades terapéuticas, con propiedades anticancerígenas, antioxidantes, antimicrobianas y antihipertensivas, también se conoce que debido a su capacidad de parasitar otras plantas extraen diferentes compuestos de ellas como proteínas: viscotoxinas, lectinas y polisacáridos en mayor cantidad. Además, poseen fenilpropanoides, triterpenos, flavonoides, alcaloides, ácidos fenólicos, taninos entre otros dependiendo del hospedador (Sánchez 2017).

### **Justificación**

Junto con el trigo y el arroz, el maíz es uno de los cereales más importantes del mundo, suministra elementos nutritivos a los seres humanos y a los animales y es una materia prima básica de la industria de transformación, con la que se producen almidón, aceite y proteínas, bebidas alcohólicas, edulcorantes alimenticios y, desde hace poco,

combustible (FIRCO 2017). Por tal motivo, es de alta prioridad el manejo, la calidad y la preservación que se le debe dar desde campo hasta su almacenaje. Actualmente se busca la disminución del uso de los insecticidas químico-sintéticos que han afectado al ambiente, la salud de los productores e incrementado los costos de producción. Una alternativa agroecológica a estos productos es el aprovechamiento de las propiedades insecticidas de las plantas que gradualmente pueden ayudar a aminorar el uso de los productos químicos primordialmente en los alimentos, en este caso, los granos almacenados, sin los efectos nocivos que conllevan los productos químicos.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Evaluar el efecto protector del polvo pulverizado de *Phoradendron* spp. sobre semilla de maíz ante el daño de *Sitophilus zeamais*.

### **Objetivos específicos**

Evaluar *in vitro* diferentes concentraciones del polvo de *Phoradendron lanceolatum*, *Phoradendron densum* y *Phoradendron tomentosum* sobre el control de *S. zeamais* en semilla de maíz.

Evaluar el efecto de polvos vegetales de *P. lanceolatum*, *P. densum* y *P. tomentosum* sobre la calidad de la semilla de maíz.

## **Hipótesis**

Con la aplicación de polvos botánicos de *P. densum*, *P. tomentosum* y *P. lanceolatum* se espera proteger los granos de maíz del daño por *Sitophilus zeamais*, sin que estos afecten negativamente la calidad, además de ocasionar repelencia en *S. zeamais*.

# REVISIÓN DE LITERATURA

## Generalidades del Cultivo del Maíz

### Origen

Su origen data de la región central de México a través de la fusión de plantas que crecían en forma silvestre como el teocintle o teosinte. Se considera que el maíz fue cultivado hace aproximadamente 10 mil años a.C., la evidencia más antigua es de hace 6,250 años, evidencia encontrada en la cueva de Guila Naquitz, en Oaxaca, a unos kilómetros de Mitla. El nombre científico de este grano es *Zea mays* L. (Poaceae), los nahuas de Mesoamérica lo llamaban Centli y durante su propagación por el continente americano adquirió nombres como choclo, jojoto, corn, milho o elote y maíz con la llegada de los españoles a través de la adaptación fonética de mahís. Desde épocas prehispánicas es considerada una planta sagrada que representa nuestra cultura mexicana, el cereal presenta una diversidad de razas que son el resultado de la cuidadosa selección que realizaron poblaciones indígenas durante unos 10,000 años y, recientemente, grupos mestizos que la han domesticado adaptándola a climas, suelos, plagas y a diferentes usos (FIRCO 2017).

Se cree que en México se concentra el mayor número de razas de maíz; blanco, azul, gordo, dulce, chiquito, bofo, vendeño, conejo, dulcillo del Noroeste, chapalote y amarillo, son solo algunas de las más de 60 razas de maíces que forman parte de nuestra alimentación diaria, además de ser utilizado como forraje para la ganadería (ASERCA 2018).

### Importancia del maíz

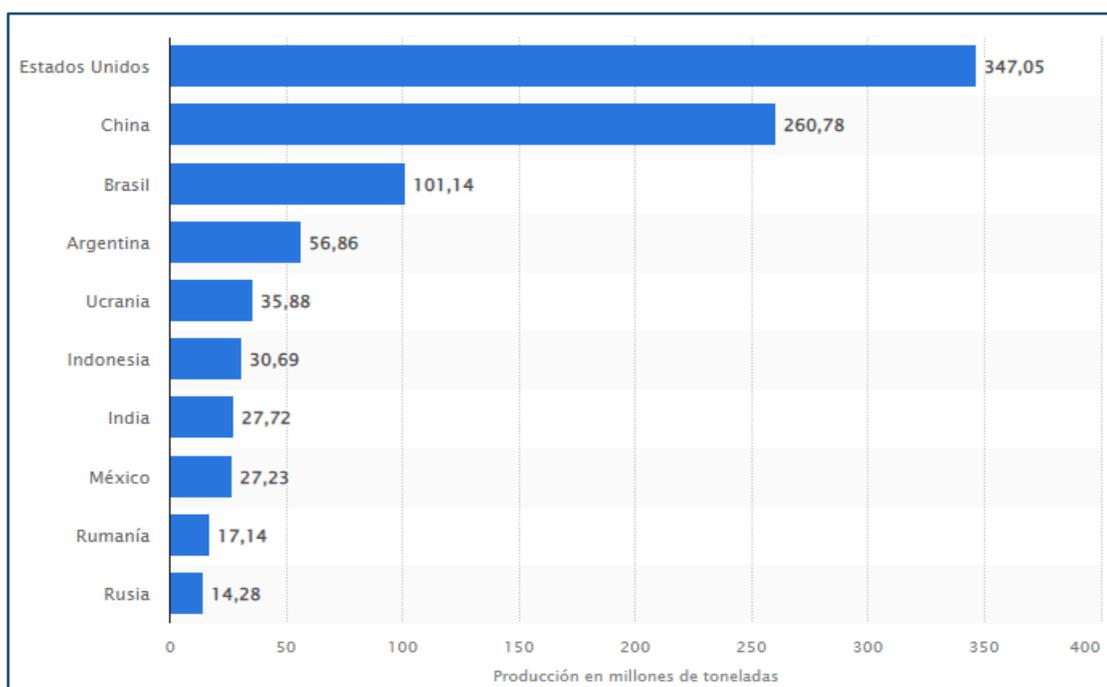
Es uno de los cereales más importantes del mundo, es fuente nutrimental de los seres humanos y animales. Tiene un papel fundamental como materia prima básica de la industria. La planta tierna es empleada como forraje, también se ha utilizado con gran

éxito en las industrias lácteas y cárnicas. Tras la recolección del grano, las hojas secas y la parte superior, incluidas las flores, aún se utilizan hoy en día como forraje de calidad relativamente buena para alimentar a los rumiantes de muchos pequeños agricultores de países en desarrollo (FIRCO 2017).

### Potencial de producción mundial de maíz

Debido a su productividad y adaptabilidad, el cultivo del maíz se ha extendido rápidamente a lo largo de todo el planeta. El maíz es actualmente cultivado en la mayoría de los países del mundo y es la tercera cosecha importante después del trigo y arroz. Los principales productores de maíz son Estados Unidos, China y Brasil (Fig. 1).

Independientemente de su uso industrial, el maíz constituye un componente importante de la vida de los pueblos de América, por ser el sustento de la dieta alimenticia de los pueblos indígenas y mestizos de nuestro continente, el cultivo que ha dado lugar a una serie de sistemas agrícolas muy variados (Asturias 2004).

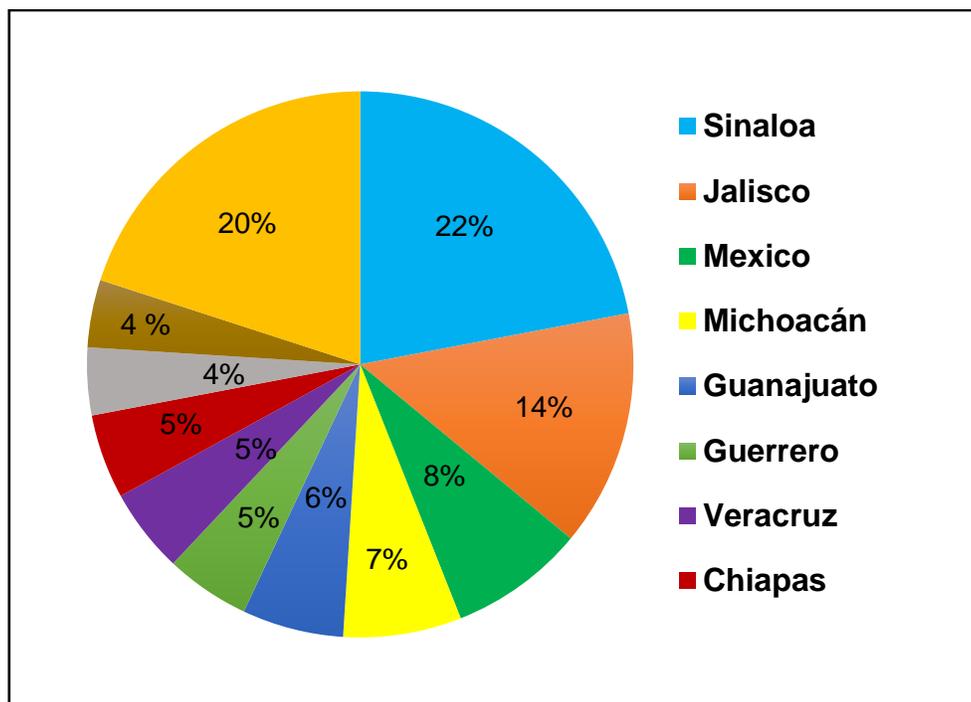


**Figura 1.** Ranking de maíz a nivel mundial 2019 (Statista y Orús 2021).

## Potencial de producción nacional

México ocupa el 8° lugar en producción mundial de maíz, en 2017 exportó a 17 países, en términos de valor principalmente a Venezuela (58%), Kenia (33%) y Estados Unidos (4%), entre otros (6%), lo que nos ubica como el 10 Exportador mundial de maíz grano (ASERCA 2018).

En nuestro país el 60% de la producción de maíz grano proviene de los productores de pequeña y mediana escala (de hasta 10 t·ha<sup>-1</sup>), ambos suman el 91% de la superficie sembrada, lo que significa que juntos aportan alrededor del 75% de la producción nacional de maíz. En 2021 se produjeron más de 27 millones de toneladas en una superficie aproximada de 7 millones de hectáreas, siendo el estado de Sinaloa el líder productor con más de 6 millones de toneladas (Fig. 2) (SADER 2020; SIAP 2022).



**Figura 2.** Producción de maíz grano en México (SADER 202; SIAP 2022).

La producción de maíz grano se divide en blanco y amarillo. El maíz blanco representa el 86.4% de la producción y se destina principalmente al consumo humano, cubriendo totalmente el consumo nacional. El maíz amarillo principalmente se destina a la industria o a la fabricación de alimentos balanceados para el sector pecuario, pero solo cubre un 24% de los requerimientos nacionales, lo que lleva a las importaciones de este, siendo Estados Unidos el principal proveedor. Gran parte del territorio nacional es propicio para la producción de maíz grano. De las 7.76 millones de hectáreas de maíz grano sembradas en 2016, el 75.59% de la superficie se encuentra no mecanizada, 65.06% no cuenta con tecnología aplicada a la sanidad vegetal, mientras que 30.16% del territorio sembrado con este cultivo cuenta con asistencia técnica. Por otro lado, 3.55% de la producción es por modalidad de riego de gravedad, 0.19% de riego por bombeo y 42.25% de otro tipo de riego y el resto es de temporal (SAGARPA ahora SADER 2017).

### **Morfología del Maíz**

De acuerdo con Máxima (2020) la planta del maíz pertenece a la familia de las poáceas o gramíneas, es de ciclo anual y de tallos resistentes y erectos, que pueden alcanzar los 2.5 m de altura. A lo largo del tallo aparecen diversos entrenudos, de los que brotan las hojas. Esta planta se compone de:

- Raíces. Presenta dos tipos de raíz: las primarias y fibrosas que van bajo tierra y las adventicias que brotan del primer nudo de la planta y son superficiales. Ambas permiten que se mantenga erguido el largo del tallo.
- Tallo. Compuesto a su vez por tres capas, una epidermis impermeable transparente, una pared vegetal por la que circula la sabia y una medula de tejido esponjoso y blanco en donde se almacenan los azúcares.
- Hojas. Generalmente lanceoladas, largas y finas, alcanzando los 120 centímetros de longitud y los 9 centímetros de ancho.

- Inflorescencias. Se trata de las “flores” de la planta, distintas según el sexo de esta:
  - Masculinas. Llamada panícula, panoja, espiga o miahuatl, consisten en un eje central y ramas laterales, en donde se produce el polen necesario para fecundar a las hembras.
  - Femeninas. Llamadas mazorcas, son espigas cilíndricas dotadas de flores en hileras paralelas, provistas de ovarios en los que el polen germina, produciéndose así las semillas o granos que, al estar maduros, adquieren una textura bulbosa y coloración uniforme.



**Figura 3.** Maíz amarillo en el estado de Guanajuato (Brown 2015)

## **Clasificación Taxonómica del Maíz**

Clasificación taxonómica del maíz (GBIF 2013).

**Reino:** Plantae

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Liliopsida

**Orden:** Poales

**Familia:** Poaceae

**Género:** *Zea*

Especie: *Zea mays* L.

## **Problemas Fitosanitarios del Maíz**

Dentro de los problemas fitosanitarios que presenta el cultivo de maíz podemos encontrar a las malezas, enfermedades e insectos plaga, estos últimos destacan debido al daño que ocasionan y se estima que provocan pérdidas en rendimiento de 30% o más; estos se presentan desde el establecimiento del cultivo hasta el almacenamiento del grano (Reséndiz *et al.* 2016).

### **Insectos plaga**

Estos se pueden dividir en los siguientes grupos: plagas rizófagas, plagas del tallo, plagas del follaje y plagas del elote. Existe una diversidad de insectos plaga que atacan el cultivo; se tiene el grupo de las palomillas que, en su estado larvario, son conocidas como gusanos cortadores, soldados, eloteros, barrenadores, etc., y son los que más daño causan; luego están los escarabajos que en general son llamados como gusanos de las raíces, gusanos alambre, gallinas ciegas. En orden de importancia les sigue el grupo de insectos que actúan como vectores de virus, micoplasmas, bacterias y hongos; que en algunas zonas del país pueden provocar la pérdida completa del cultivo (PROAIN 2021). Además, en la etapa de almacenamiento ocurren afectaciones

por el ataque de insectos plaga, este daño producido por diferentes especies de insectos plaga es el principal problema que enfrenta el agricultor en la etapa postcosecha (Zunjare *et al.* 2016).

### **Antecedentes de las Plagas en Granos Almacenados**

El origen de las plagas de almacén se remonta a los inicios de la civilización humana, específicamente al inicio de la agricultura y al hábito de acumular alimentos para reducir la dependencia de los ciclos productivos de la naturaleza a agricultura. Las nuevas estructuras creadas para el almacenamiento de granos, semillas y otros alimentos, fueron colonizadas rápidamente por insectos, roedores y aves desde sus hábitats naturales gracias a que no eran herméticas y por las adaptaciones de las plagas que les permitían explotar estos nuevos recursos. La característica que tienen en común estas plagas es la adaptación a sitios con bajo contenido de humedad, espacio, aireación y luz, así como poseer estructuras bucales en alguna etapa de su ciclo de vida que les permitiera aprovechar los productos almacenados. Su control fue y es complicado, por las dinámicas de conservación, cambios importantes en la ecología, el clima y el comportamiento humano que favorecen su desarrollo (DEGESCH 2017).

### **Plagas de importancia en maíz almacenado**

Rodríguez y De León (2008) mencionan que las principales plagas que atacan al grano de maíz almacenado son las siguientes:

- Picudo de cuatro manchas o gorgojo del maíz *S. zeamais*. Se considera plaga primaria porque el adulto es capaz de dañar los granos sanos y las larvas se alimentan del interior. Al emerger, el adulto produce orificios en el grano que son característicos. El adulto mide de 2.5 a 3.5 mm de longitud. Su color es castaño a café oscuro.

- Picudo o gorgojo de los graneros *Sitophilus granarius* L. (Coleoptera: Curculionidae). Es una plaga primaria porque los adultos perforan el grano entero para alimentarse y las hembras para depositar sus huevecillos. Las larvas se alimentan del interior del grano durante su desarrollo. El adulto mide de 3 a 4 mm de longitud. Su color varía de café oscuro a casi negro.
- Barrenillo de los granos *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). Se considera plaga primaria porque tanto la larva como el adulto son capaces de perforar el grano. El adulto mide de 2.5 a 3.4 mm de longitud. Su color varía de castaño a café obscuro.
- Barrenador de los granos *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae). Es una plaga primaria de granos de maíz, el adulto tiene un alto potencial de perforación, produciendo polvillo y dejando solamente la cascarilla. La invasión comienza desde el campo. Este mide de 3.5 a 4.5 mm y su color varía de café obscuro a castaño.
- Palomilla dorada o de los cereales *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Lepidoptera: Gelechiidae). Se alimenta perfectamente de granos enteros, siendo la larva la causante del daño. Se le considera en el estatus de plaga primaria. Generalmente mide de 12 a 16 mm con alas extendidas, su color es dorado.
- Gorgojo castaño *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). Se alimenta de grano dañado, sucio y con elevado porcentaje de impurezas. Se considera plaga secundaria de granos enteros porque no tienen la capacidad de perforar los granos. El adulto mide de 3 a 4 mm de longitud y su color es café rojizo brillante.
- Gorgojo confuso *Tribolium confusum* Jacquelin du Val. (Coleoptera: Tenebrionidae). Se considera plaga secundaria porque su alimentación se basa

en maíz quebrado o dañado por otros insectos. El adulto mide de 3 a 4 mm de longitud y su color es café rojizo brillante.

- Gorgojo diente de sierra o aserrado *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera: Silvanidae). Es un insecto que se alimenta de granos en descomposición y frecuentemente infesta los granos que están en malas condiciones, quebrados con elevado porcentaje de impurezas con alto contenido de humedad o que ya están infestados por otros insectos. El adulto mide de 2.5 a 3.5 mm de longitud.

### **Características Generales del Gorgojo del Maíz**

#### **Origen y distribución**

Se cree que el gorgojo del maíz *S. zeamais* es originario de la India, lugar desde donde se distribuyó a todo el mundo, convirtiéndose en un insecto cosmopolita. Se ha reportado su presencia en Asia Oriental, Península Arábiga, en zonas productoras de maíz de África, Argentina, Brasil, México, Colombia, Venezuela, Perú, Chile y en los estados del sur de Estados Unidos (García 2009).

#### **Importancia**

Durante la etapa de almacenamiento de los granos pueden ocurrir daños que oscilan entre el 5 y 30%, de estos; el 10% puede ser causado por el ataque de insectos plaga (Zunjare *et al.* 2016).

Los insectos, además de alimentarse y destruir el grano, lo contaminan con bacterias, virus y hongos, infectándolo con su excremento y cuerpos muertos, por otra parte, debido al metabolismo de estos insectos, se produce una condición anormal del grano, disminuyen la calidad alimentaria, se reduce el valor económico y poder germinativo de las semillas (Alvarado 2017).

## Ubicación taxonómica

El gorgojo del maíz se clasifica taxonómicamente de la siguiente manera (Vázquez 2014):

<b>Reino</b>	Animal
<b>Phylum</b>	Artrópoda
<b>Clase</b>	Hexapoda
<b>Subclase</b>	Pterigota
<b>Orden</b>	Coleóptera
<b>Suborden</b>	Pollyphaga
<b>Súper Familia</b>	Curculionoidea
<b>Familia</b>	Curculionidae
<b>Subfamilia</b>	Rhynchophorinae
<b>Género</b>	<i>Sitophilus</i>
<b>Especie</b>	<i>Sitophilus zeamais</i> L.

## Descripción

Cerna *et al.* (2010) menciona que *S. zeamais* es una de las especies de gorgojos que más pérdidas causa en granos almacenados en el mundo, su control se basa principalmente en productos químico-sintéticos, que al paso del tiempo van perdiendo efectividad. Es de metamorfosis completa (Fig. 5), comprende cuatro etapas de desarrollo que van desde huevo, larva, pupa hasta llegar al estado de adulto (García 2009).



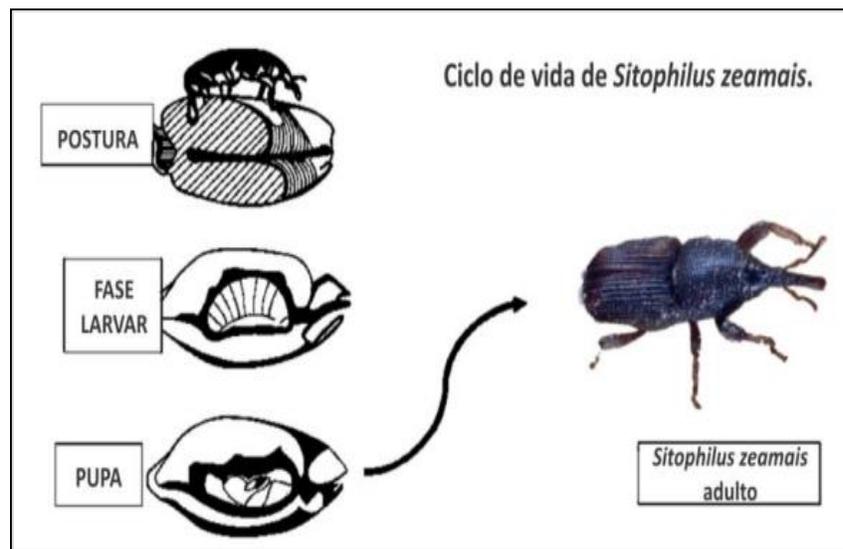
**Figura 4.** Adulto de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Alpert 2021)

### **Morfología**

Los huevos de este insecto son opacos de color blanco, miden 0.7 mm de largo por 0.3 mm de ancho, tienen forma de pera u ovoide. La larva es de color blanco, con forma cuneiforme y raramente se observa fuera del grano. La pupa es semejante al adulto, cabeza redonda, proboscis delgada y dirigida hacia la parte inferior, con las patas dobladas hacia el cuerpo y con las alas cubriendo las patas, tienen nueve segmentos abdominales, cada uno de los cuales presentan dos espinas prominentes. El adulto mide de 2.5 a 4.5 mm de longitud, es de color café oscuro de cuerpo cilíndrico y con la cabeza prolongada en un pico proboscis de donde sostiene un par de mandíbulas. El tórax se encuentra marcado con puntos y los élitros tienen en sus ángulos exteriores cuatro manchas color rojo anaranjado. Las antenas son acodadas y en forma de mazo. Posee alas funcionales con vuelo activo. El abdomen está formado por ocho segmentos (Jiménez 2015).

## Biología y ciclo de vida

La duración del ciclo de vida de *S. zeamais* depende de la temperatura, pero varía entre 30 y 113 días. En zonas templadas hay de 2 a 3 generaciones por año. Las hembras perforan el grano con su aparato bucal y oviposita los huevos en el grano y posteriormente los cubren con un mucilago transparente. Una hembra produce hasta 250 huevos en su vida reproductiva (García y Bergvinson 2007).



**Figura 5.** Ciclo de Vida de *S. zeamais* Motschulsky (Agronegocios 2015)

Los huevos son ovipositados en cualquier zona del grano, pero es raro que estos sean colocados a nivel del embrión. El huevo eclosiona a los 6 días, comúnmente se coloca más de un huevo por grano, pero solo una larva llega a la madurez debido al canibalismo entre ellas. Después de que la larva emerge se inicia el primer instar y la larva consume el alimento que lo rodea dentro del grano, al final del cuarto instar (aproximadamente 20 días), la larva utiliza una mezcla de secreciones para su desplazamiento y cerrar la madriguera e iniciar la forma de pupa. La larva entonces toma la forma de pre pupa y en un periodo corto de tiempo se convierte en pupa. Ya el adulto desarrollado este permanece en el grano por varios días antes de emerger (García 2004).

## Métodos de Control para Plagas de Almacén

Hay diferentes métodos de control de las plagas de los granos almacenados, pero la mayoría resultan poco accesibles para ser usados por los medianos y pequeños productores (Pérez *et al.* 2007).

De acuerdo con AGROWARE (2016) se recomienda seguir las siguientes medidas de control:

- **Control preventivo**

Limpieza de almacenes: previo al almacenaje de los granos es indispensable la limpieza profunda tanto del almacén como de las áreas adyacentes al mismo, incluyendo todo equipo que forme parte de este procedimiento para evitar que queden restos de granos, polvos, insectos, entre otros, que provoquen una infestación.

Usar envolturas resistentes a la penetración de insectos: entre los materiales más resistentes están las hojas de aluminio, las películas de polietileno, el papel celofán y el papel kraft.

Pre-limpieza del grano: reducir la cantidad de granos dañados e impurezas y así mejorar su aireación. Conjuntamente realizar el descorazonado del silo.

Monitoreo e inspección: llevar un estricto y adecuado informe de cuando se toman muestras de granos, cuando y donde se colocarán las trampas para insectos y cuando se realiza el análisis de estas.

- **Control físico**

Aireación: una vez que el grano ingrese en el silo, la medida de prevención de insectos más importante es el enfriado por medio de aireación con aire ambiente y/o refrigeración artificial. El objetivo es enfriar el grano lo antes posible y mantenerlos

posteriormente por debajo de 17°C, ya que las bajas temperaturas ayudan a evitar el desarrollo de los insectos en el granel. Para lograrlo hay que instalar controladores automáticos de aireación. Es necesario llevar a cabo una medición periódica de la temperatura de los granos en distintos puntos de la estructura del almacén, para establecer cuando aplicar aireación.

En aquellos lugares donde las condiciones climáticas no permiten mantener los granos a baja temperatura utilizando aireación, se puede utilizar la refrigeración artificial, sin embargo, es más costosa esta última.

Atmosferas modificadas: este método consiste en alterar la composición atmosférica normal de la instalación de almacenaje. Normalmente cuando hay movimiento libre de aire entre el interior y el exterior de la estructura de almacenaje, la composición de la atmosfera es relativamente constante, compuesta por 78% nitrógeno, 20.9% oxígeno y 0.03% dióxido de carbono. Si los porcentajes de oxígeno y dióxido de carbono cambian sustancialmente se logra el efecto de control. Es un método con ventajas muy prometedoras pero su aplicación requiere un costo muy elevado.

Ozono: se usa en bajas dosis y suficiente para eliminar insectos. Presenta la ventaja de combatir a los insectos sin dañar la calidad de los granos o los alimentos tratados, no hay daño al medio ambiente. Además, elimina hongos, bacteria y malos olores, en menores dosis.

- **Control químico**

Fumigación: este es el método más usado en la actualidad, consiste en usar un gas letal llamado fosfina, capaz de eliminar todos los estadios de desarrollo de los insectos, incluso de las plagas primarias. La fosfina se genera comúnmente por descomposición de fosfuros metálicos (de aluminio o de magnesio) al entrar en contacto con la humedad del aire. Como ventajas presenta no poseer poder residual y no afectar el

poder germinativo de las semillas, sin embargo, es un procedimiento riesgoso para quien lo aplique.

El fosfuro de aluminio es muy difundido como método curativo. Se requiere de un mayor grado de hermeticidad posible y un tiempo de exposición determinado. Son factores importantes la temperatura y el método de aplicación. La desventaja de este es el llegar a dejar residuos y no brindan protección contra futuras generaciones.

Polvos y líquidos residuales: los polvos se aplican sobre el grano en movimiento, preferiblemente mediante pulverización para lograr una distribución más uniforme, estos son usados de manera preventiva.

- **Control biológico**

Es importante tener en cuenta que toda plaga tiene enemigos naturales. Dentro de esta alternativa encontramos:

Parasitoides/depredadores: atacan diversos grupos de insectos en el transcurso de su ciclo de vida minimizando daños.

Patógenos de plagas: pueden reducir e inclusive eliminar una determinada población; son altamente específicos e incluso pueden ser compatibles con los insecticidas tradicionales.

Feromonas: sustancias de naturaleza hormonal que se utiliza para alterar el comportamiento de la población en sus hábitos sexuales. Se usa en monitoreo y para reducir la copula por alteración del medio.

Reguladores de crecimiento: son compuestos que pueden ser utilizados en aquellos casos cuando el almacenaje es por tiempo prolongado, ya que brindan protección a largo plazo y actúan sobre el ciclo biológico y por consecuencia en la reducción de la población, aunque no afectan las formas ocultas, al no tener contacto.

- **Control tradicional**

En algunas regiones de México se aplican formas tradicionales de control (AGROWARE 2016):

Cosechar el grano en luna llena “vieja” o “maciza” en Chiapas, Puebla y Oaxaca para que el grano fuera más resistente a los gorgojos durante el almacenamiento.

En la región chatina de Oaxaca se asolea el grano por dos días para eliminar insectos plaga y en Michoacán se traspalean las mazorcas durante su exposición al sol para secar más el grano y exponer los insectos al sol.

En algunas comunidades de Jalisco se entierra el maíz en arena dentro de una estructura cerrada de concreto, la cual permite lograr un micro clima con poca humedad, baja temperatura y reducida oxigenación que evita la proliferación de insectos. Por cada 100 kilogramos de grano almacenados se utilizan de 10 kilogramos de arena.

### **Control Biorracional**

Sin una definición oficial del US-EPA es difícil generar peso y ganar sustento en la literatura. Sin embargo, se ha propuesto una definición de manera bipartita: “Control biorracional describe sustancias o procesos que cuando son aplicados en un contexto sistemático o ecológico específico, tengan poco a ninguna consecuencia adversa para el ambiente y organismos no objetivo, pero que causen acciones letales, supresoras o alteradoras de comportamiento sobre el organismo objetivo y aumenten el control del sistema” (Ishaya y Horowitz 2009).

Existen métodos alternativos de acción para combatir los males que atacan a nuestros cultivos. Esto permitirá que nuestro entorno ambiental mejore y con ello la salud humana. La acción de los plaguicidas, así como su importancia en la agricultura para la obtención de alimentos y sus efectos adversos, ocasionan su uso irracional e

indiscriminado. De igual manera, se describieron los diferentes mecanismos de control y regulación de plaguicidas por parte de organismos nacionales e internacionales. Todo ese esfuerzo no ha sido suficiente frente a la degradación que ocasionan a los recursos naturales, sobre todo agrícolas y a la salud humana. Ante esta situación es necesario estar conscientes de los riesgos y crear conciencia pública, conciencia ambiental y de salud (TecnoAgro y Danzos 2019).

### **Descubrimiento y Usos de Plantas con Actividad Insecticida**

Desde la antigüedad el hombre ha utilizado plantas para combatir plagas y este uso continúa hoy en día. En todos los continentes aún se emplean plantas para controlar insectos, aves, mamíferos y otros organismos que atacan cultivos, productos almacenados, que afectan a personas, al ganado y a otros animales domésticos (Regnault *et al.* 2005).

En China y en Egipto desde 2500 años a.C. se utilizaban cenizas de madera contra plagas de almacén o se aplicaban productos de *Derris* spp. Lour (Fabaceae); hacia 400 a.C., en Mesopotamia, Persia, Roma y Dalmacia, en la antigua Yugoslavia, se empleaban las cabezuelas secas de *Chrysanthemum cinerariaefolium* (= *Tanacetum cinerariifolium* (Trevir.) Sch.Bip.) (Asteraceae) para preparar polvo de piretro, producto usado para eliminar piojos y chinches; el Nim [*Azadirachta indica* Adr. Juss. (Meliaceae)] tiene siglos de uso como insecticida en la India (Rodríguez *et al.* 2003; Moore y Lenglet 2004).

Existen algunas familias de plantas con propiedades pesticidas, en la Familia Meliaceae, hay 14 géneros de plantas neotropicales, la mayoría de los extractos de estas plantas tienen actividad inapetente y reductora del crecimiento, pero no son tóxicos, es conocida por ser la Familia a la que pertenece el Nim *A. indica*. Las Familias Liliaceae (*Allium*) y Brassicaceae (Crucíferas) se han caracterizado como insecticidas, acaricidas, nematocidas, herbicidas, fungicidas y bactericidas: conferidos principalmente por los compuestos azufrados. En el caso de *Allium* se obtienen

moléculas volátiles azufradas a partir de aminoácidos azufrados, almacenados en el citoplasma celular en forma de bipectidos, estos compuestos tienen efectos en los insectos como: inhibición de la puesta, repelente, inapetente, acción ovicida, mortalidad larvaria y toxicidad y sobre el comportamiento locomotor. La Familia Piperaceae es fuente tradicional de insecticidas de especias (pimienta blanca y negra) y de medicamentos; sus compuestos presentan acción insecticida manifestada como toxicidad aguda y propiedades “knock down” (privación momentánea de la movilidad del insecto). Sus moléculas activas son las piperamidas y en menor proporción los lignanos y ácidos benzoicos, también la Familia Piperácea se distingue por la producción de sinergizantes, es decir, al combinarse con un producto de acción pesticida es capaz de producir un efecto superior al esperado (Trichodex 2016).

Se considera que las plantas son una fuente potencial de plaguicidas, a los que se les puede denominar plaguicidas vegetales, productos que presentan baja o nula toxicidad en mamíferos, son biodegradables, poco persistentes, menos dañinos para organismos no blancos, no son fitotóxicos, no afectan la viabilidad de las semillas, la mayoría no inhiben la germinación ni afectan las cualidades alimenticias de los granos; además, pueden estar disponibles para los usuarios, en particular para los campesinos de los países en desarrollo (Palacios *et al.* 2007).

### **Polvos Botánicos**

A partir de la necesidad por encontrar una alternativa natural para el control de insectos plagas y reemplazar así los pesticidas sintéticos, aparecen los insecticidas botánicos ofreciendo seguridad para el ambiente y una opción agronómica accesible. Su uso como alternativa, sustenta el cambio de paradigma: manejar plagas no eliminarlas (Gómez *et al.* 2018).

Muchas especies vegetales de diferentes familias se han evaluado en distintas formulaciones (extractos, aceites y polvos) con el fin de poder ser utilizadas como plaguicidas botánicos. La mayoría de las especies vegetales utilizadas como

insecticidas no eliminan al insecto por intoxicación, sino que generalmente inhiben su desarrollo normal, al actuar como repelentes o disuasivos de la alimentación, lo cual hace muchas veces que se sobredimensionen sus efectos protectores (Silva *et al.* 2002).

## **Muérdagos**

Los muérdagos son una variedad de plantas con múltiples aplicaciones responden al nombre común según su localización: muérdago europeo, americano, coreano, africano, mexicano, japonés, indio, etc. Se distribuyen por Europa, América, Asia, África, desde Australia a Nueva Zelanda (Sánchez 2017). Existen cinco géneros importantes de plantas parásitas, divididos en dos grupos: Muérdagos enanos (*Arceuthobium*) y muérdagos verdaderos (*Phoradendron*, *Psittacanthus*, *Cladocolea* y *Struthanthus*). Son plantas que han modificado su raíz para penetrar en los tejidos de los árboles y obtener de ellos sus nutrientes, agua y compuestos orgánicos; causando su debilitamiento y susceptibilidad al ataque de otras plagas o hasta su muerte (CONAFOR 2018). La mayoría de los europeos, estadounidenses y norteamericanos están familiarizados con estas plantas debido a la relación y presencia que tienen con la época navideña. Algunos pueden saber que son parásitos de árboles, pero no se dan cuenta de que los muérdagos son componentes de los bosques en todo el mundo. La mayoría no impacta económicamente a cultivos y productos forestales valiosos, pero juegan un papel clave en los ecosistemas forestales. Particularmente las relaciones coevolutivas con las aves, involucrando la polinización y dispersión de semillas. Son un grupo de plantas parásitas arbustivas, usualmente aéreas con frutos que poseen una capa de viscina, este término describe plantas que son miembros de un grupo taxonómico específico (Santalales) (Mathiasen *et al.* 2008). Están ampliamente distribuidos geográficamente y como grupo tienen amplio rango de hospederos en coníferas y otras plantas leñosas. Muchos muérdagos están especialmente adaptados para la polinización y dispersión por aves. En los bosques, los muérdagos son el segundo agente biológico de perturbación después de los descortezadores (Rodríguez 2018). Para combatir esta planta parásita es

necesario identificar las zonas y grados de infestación, realizando recorridos para ubicarlo visualmente y estableciendo el nivel mediante una escala (SEMARNAT 2018).

### **Descripción del género *Phoradendron***

Son plantas verdes a amarillento, con clorofila; hojas bien desarrolladas o algunas veces ausentes; frutos redondos, rosas, rojo pálido o blancos; semillas dispersadas por aves; son parásitos en juníperos, cipreses y plantas de flor (Koch y Cibrián 2007). Los muérdagos *Phoradendron* son conocidos generalmente por su forma frondosa, suelen infestar arboles de madera dura y se colocan como decoración en las puertas para celebraciones invernales. Sin embargo, algunos de estos muérdagos se parecen más a los muérdagos enanos por la escases de hojas en sus ramas y porque se encuentran en coníferas, con la diferencia de sus grandes y carnosas bayas, que son atractivas para los pájaros. Este género causa daños leves a los enebros en los bosques del suroeste, estos muérdagos incluyen un grupo de diferentes especies que se extienden desde Oregón hasta México, constituyendo un modelo de interacción entre hospederos y parásitos. La taxonomía de *Phoradendron* fue reportada por primera vez en el año de 1916 por Trelease, pero las pruebas de sistemática molecular en el año 2000 sugirieron que el grupo requería otra monografía taxonómica (Geils *et al.* 2002).

Los muérdagos del género *Phoradendron* son parásitos siempre verdes, que tienen hojas (que efectúan la fotosíntesis) y tallos bien desarrollados, normalmente pequeñas flores dioicas y frutos en forma de bayas que contienen una sola semilla. La altura de estas plantas va desde unos cuantos centímetros hasta un metro o más (Agrios 2005). Las plantas femeninas tienen flores y producen bayas con semillas, mientras que las plantas masculinas tienen pequeñas flores inconspicuas que solo producen polen (Young y Olsen 2003).

## Clasificación Taxonómica

De acuerdo con el Instituto de Biología de la UNAM (2010), la clasificación taxonómica de *Phoradendron* es la siguiente:

<b>Reino</b>	Plantae
<b>Phylum</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Orden</b>	Santalales
<b>Familia</b>	Loranthaceae
<b>Género</b>	<i>Phoradendron</i> Nutt

## Biología

### ➤ Infección

Para comenzar la infección, la semilla debe adherirse a la corteza o a las hojas de una rama joven susceptible como huésped. Un recubrimiento viscoso y sobre la superficie de las semillas una pubescencia parecida a hilos adhiere las semillas excretadas firmemente a las ramas de los árboles. Durante la germinación, el muérdago, forma un hipocótilo que se larga hasta que es obtenida por un abultamiento o por la base de una hoja, en este punto, la radícula produce una cantidad irregular de tejido, que hace presión directamente sobre las ramas del hospedero donde se desarrolla la clavija y la raíz principal como haustorio. Igualmente, que otras plantas con flores, la germinación es influenciada por la temperatura, humedad y la luz. Las semillas de los muérdagos pertenecientes a Santalaceae tienen un endospermo clorofílico que es capaz de producir azúcares simples como fuente de energía antes de la germinación. Un gancho de penetración se desarrolla sobre la superficie inferior para anclarse rápidamente e iniciar la penetración mecánica de la epidermis o la corteza y eventualmente conectarse con el floema o xilema del hospedero. La penetración en el tejido del hospedero es evidente solamente por medios mecánicos y hasta ahora, no se ha

identificado que la penetración a los tejidos del hospedero sea de forma química. Una vez que el muérdago ha entrado al tejido del hospedero, este desarrolla un sistema endofítico, que consiste en hebras corticales que corren de forma paralela al córtex y haustorios, y después produce los brotes aéreos (Mathiasen *et al.* 2008).

### ➤ **Polinización**

Muchos muérdagos tropicales y subtropicales tienen grandes y coloridas flores que nacen en grupos, estas producen grandes cantidades de néctar que atrae polinizadores. Esta es llevada a cabo por agentes bióticos, principalmente aves e insectos, además del viento (Mathiasen *et al.* 2008).

### ➤ **Dispersión**

Han tenido una coevolución, las aves con los muérdagos que les favorece por los frutos atractivos y nutritivos que proveen de alimento para muchas especies de aves alrededor del mundo. Estos frutos maduros de los muérdagos son coloridos (usualmente amarillos, rojos, azules o púrpuras) y sus semillas están cubiertas por una sustancia mucilaginosa natural llamada viscina. Las aves pueden tragar todo el fruto, quitar el exocarpo e ingerir la semilla con las viscina o comer únicamente la cubierta de viscina alrededor de la semilla. Una vez que el ave ha comido la semilla, esta es regurgitada o excretada, pero la semilla está aun recubierta por algo de viscina, que le permite adherirse a sus potenciales hospederos. Cerca de 90 especies de aves pertenecientes a 10 familias son consideradas especialistas de frutos de muérdagos, exhibiendo un rango de adaptaciones morfológicas y de comportamiento para su dieta tan restringida (Mathiasen *et al.* 2008).

## **Ecología**

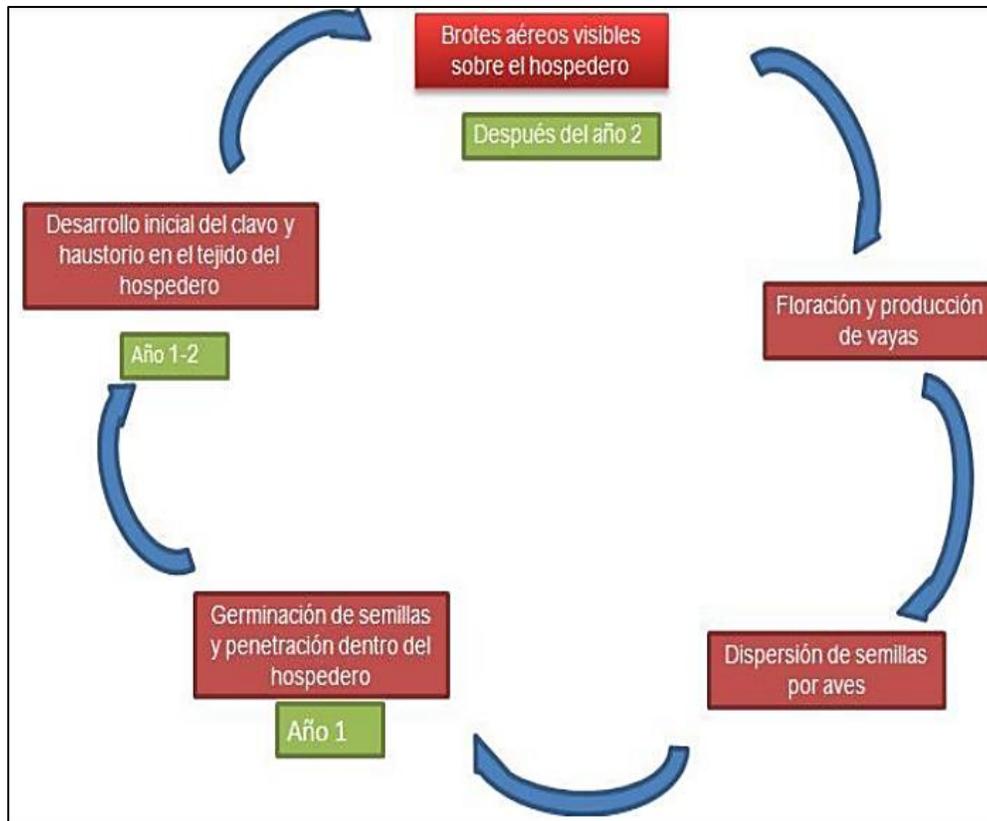
El muérdago es del tipo de plantas parásitas oportunistas que se presentan en áreas debilitadas con una tendencia marcada a la declinación; esto se refiere a las áreas

perturbadas, sobreexplotadas, con un mal manejo y, sobre todo, a aquellas áreas que se desarrollan bajo estrés hídrico no acostumbrado. Estas circunstancias hacen que el arboleado pierda cualquier resistencia natural de repelencia o tolerar el ataque de los parásitos, entonces se torna susceptible y el ataque de estos se hace más notorio y cobra mayor importancia (Young y Olsen 2003).

### **Ciclo de vida**

El *Phoradendron* tiene un ciclo de vida típico de muérdago (Fig. 6), caracterizado por la dispersión de semillas pegajosas por parte de las aves, el parasitismo interno de un hospedante leñoso y los brotes aéreos para la producción de flores y frutos. Estos aspectos han sido objeto de un intenso estudio desde el punto de vista ecológico y evolutivo (Geils *et al.* 2002).

El ciclo comienza cuando las semillas son depositadas sobre el tejido del hospedante, germinan y desarrollan una raíz lateral modificada conocida como haustorios, que responde a un gradiente químico que conecta con la epidermis del hospedante. El haustorio se adhiere y empuja la corteza, forma un disco y secreta un adhesivo que lo fija a la superficie. La raíz penetra mecánicamente al hospedante estableciendo una conexión con el sistema vascular, obteniendo agua, nutrientes y compuestos orgánicos de su hospedante (Cibrián 2007). Una vez que se producen los brotes aéreos, esta planta realiza la fotosíntesis, pero sigue siendo parásito y no una simple epífita. Las flores se producen varios años después de la infección; las plantas más viejas producen más frutos y más grandes. Biológicamente no está claro pero los brotes y hojas de *Phoradendron* podrían imitar a su hospedador. Su sistema endofítico es perenne pero las plantas de todas las edades están sujetas a la mortalidad por temperaturas extremadamente bajas (Geils *et al.* 2002).



**Figura 6.** Ciclo de Vida del Muérdago del género *Phoradendron* (Olsen 2003)

## Distribución

Se encuentra únicamente en el continente americano, distribuyéndose desde el sur de Estados Unidos hasta Brasil e incluye cerca de 250 especies, que se encuentran en zonas tropicales y templadas de América (Gómez *et al.* 2011). Para el caso de México se tienen registradas 37 especies de *Phoradendron*, siendo el género de plantas parásitas más diverso en nuestro país, muchos de ellos en coníferas (Huerta 2021). La superficie forestal infectada varía por estado: Durango 15%, Nayarit 10%, Sonora 9%, Chihuahua 8.5%, Baja California 7%, Zacatecas 24%, Sinaloa 10% y Jalisco 12%. Los muérdagos de *Phoradendron* son abundantes y dañinos en algunas localidades, pero no hay estimaciones regionales de su incidencia y severidad. Muchos de los muérdagos sobre ciprés o de la sierra madre oriental se refieren a *Phoradendron saltillense* Trel. Del este de Nuevo México, el oeste de Texas y el norte de Coahuila (Geils *et al.* 2002).

Se reporta que en Coahuila existen alrededor de 200 hectáreas afectadas por diferentes especies de muérdago, cantidad que para el siguiente año se multiplica por 10 y un poco más subiendo a 2059 has. En el periodo 2010-2019 las plantas parasitas mostraron un 24.73% de afectaciones (SEMARNAT y CONAFOR 2020).

## **Importancia**

Desde una perspectiva económica, los efectos de la infestación de muérdago en lo que respecta a la producción de madera, los muérdagos reducen el crecimiento, el rendimiento y la calidad y aumentan los costos de protección para la planificación, la cosecha, la regeneración, la gestión del combustible y la gestión de la vegetación. Desde una perspectiva ecológica, los efectos de las infestaciones de muérdago son complejos porque existen numerosos criterios y relaciones que podrían considerarse relevantes en una situación determinada. Para un árbol enfermo, la infección de muérdago supone una reducción del estado competitivo y de la aptitud para la reproducción. La relación simbiótica entre el hospedante y el muérdago tiene numerosas consecuencias genéticas y coevolutivas que no se pueden clasificar adecuadamente como positivas o negativas (Geils *et al.* 2002).

Dentro de las aplicaciones medicinales están las actividades terapéuticas que son muchas, pero las más características y potenciales son las propiedades anticancerígenas, antioxidantes, antimicrobianas y antihipertensivas. Han sido estudiados por sus componentes, ya que, al ser plantas parasitarias son capaces de extraer sustancias del hospedador como fuente de energía. Los hospedadores más frecuentes son los robles, pinos, manzanos, olmos y abetos, entre otros. Dicha característica es de gran importancia ya que permite entender el porqué de las distintas propiedades farmacológicas. Por ello los principios activos extraídos son distintos dependiendo del hospedador. Principalmente contienen proteínas como: viscotoxinas, lectinas y polisacáridos en mayor cantidad. Además, poseen fenilpropanoides, triterpenos, flavonoides, alcaloides, ácidos fenólicos, taninos entre otros (Sánchez 2017).

## **Especies evaluadas**

Algunas plantas, no tienen uso por el hombre y presentan ciertas características fitosanitarias y otras que se desconocen. Dentro de las alternativas al control químico en un manejo integrado de plagas y enfermedades, se encuentran el uso de extractos y polvos vegetales.

El género *Phoradendron* tiene principalmente aplicaciones medicinales como actividades terapéuticas que son muchas, pero las más características y potenciales son las propiedades anticancerígenas, antioxidantes, antimicrobianas y antihipertensivas. Han sido estudiados por sus componentes, ya que, al ser plantas parasitarias son capaces de extraer sustancias del hospedador como fuente de energía. Principalmente contienen proteínas como: viscotoxinas, lectinas y polisacáridos en mayor cantidad. Además, poseen fenilpropanoides, triterpenos, flavonoides, alcaloides, ácidos fenólicos, taninos entre otros (Sánchez 2017).

### ***Phoradendron densum***

*Phoradendron densum* Trel. (Viscaceae), es una especie de planta con flores de la familia del sándalo conocida por el nombre común de muérdago denso. Plantas de 10 a 30 cm de longitud, color verde. Cuenta con entrenudos de 6 a 17 mm de largo, hojas de 10 a 20 mm de largo y 2 a 4 mm de ancho, glabras, sésiles y ápice obtuso; el fruto maduro es de 4 mm de diámetro de un color blanco a pajizo (Fig. 7). Se hospeda en *Cupressus arizonica*, *C. bakeri*, *C. goveniana*, *C. macrocarpa* (raramente), *C. sargentii*, *Juniperus californica*, *J. monosperma*, *J. occidentalis*, *J. osteosperma*, *J. pinchotii*. Se dice que se ha encontrado en *Pinus monophylla* en Ventura, California, pero esto no ha sido confirmado. Su distribución está dada en Estados Unidos (Arizona, California, Oregón) y México (Baja California, Coahuila). El muérdago se extiende desde el sur de Oregón a través de California hasta las elevaciones más bajas de la Sierra de San Pedro Mártir en Baja California, México, con poblaciones periféricas en el centro de Arizona en *Cupressus*. *Phoradendron densum* en Sonora, el Herbario de Patología

Forestal-Fort Collins, CO, tiene colecciones también de Coahuila y Nuevo León, aunque estas colecciones pueden ser más apropiadamente de *Phoradendron saltillense*. La población de la Sierra de San Pedro Mártir infecta a *Juniperus californica*, pero no a *Cupressus*, que se encuentra a mayor altura. Situación parecida ocurre en Arizona; el muérdago infecta a los cipreses, pero no a los enebros, aunque los enebros están ampliamente distribuidos y son abundantes en el estado. El rango de elevación conocido es de 200 a 2.300 msnm (Geils *et al.* 2002).



**Figura 7.** *Phoradendron densum* (Morse 2012)

### ***Phoradendron tomentosum***

*Phoradendron tomentosum* (DC.) Engelm. ex A. Gray. También llamado muérdago de la hoja, muérdago frondoso o el muérdago de Navidad, es un parásito de las especies de árboles de hoja ancha como el almez, el mezquite, el roble y el olmo; sin embargo, también suele infestar el nogal, el haya, el álamo, la nuez, el cerezo y otras especies. Aunque algunas especies de muérdago muestran una especialización de hospederos y se han reportado nuevos sitios y nuevas especies de hospederos para el muérdago de hoja ancha. El principal modo de dispersión del muérdago es por las aves, lo que

complica el control de esta planta parasita. Los pájaros depositan las semillas de muérdago en un patrón heterogéneo que crea una distribución agrupada entre los hospedantes. Después de que las semillas germinan, producen un haustorio que penetra al hospedante para extraer agua y minerales, esta parte endofítica da lugar a un problema de control difícil, ya que los tratamientos deben matar a la parte ectofítica, sin dañar a su hospedero. Aunque el control del muérdago de hoja ancha en los bosques urbanos puede ser difícil, se han probado varios métodos de control, como la eliminación de brotes y ramas manualmente, el uso de etileno, glifosato y la exención de luz solar (Fig. 8). Tradicionalmente se ha controlados con una mezcla de varias estrategias mecánicas para podar los brotes de muérdago en la superficie de las ramas (Todd y Martínez 2006).



**Figura 8.** *Phoradendron tomentosum* (Brundage 2018)

### ***Phoradendron lanceolatum***

Nombre común registrado en la zona del bajío: injerto. Arbusto dioico hasta de 60 cm de largo, anaranjado, glabro; tallos rollizos, entrenudos hasta de 7 cm de largo, con dos catafilos escuamiformes en la base de las ramificaciones; peciolo de 3 a 10 cm de largo, grueso, lámina foliar elíptica, oblonga o lanceolada a ovada, de 6 a 14 cm de largo y 1 a 4 cm de ancho, redondeada en el ápice, cuneada en la base, de textura coriácea, a menudo con 3 o 5 nervaduras paralelas evidentes; inflorescencias masculinas a menudo varias, partiendo de la misma axila, hasta de 7 cm de largo, con 4 a 6 segmentos y 3 a 12 flores por segmento, dispuestas en 2 a 4 hileras longitudinales, tépalos glabros; inflorescencias femeninas hasta de 4.5 cm de largo, con 1 a 6 segmentos y 3 a 8 flores por segmento, dispuestas en 2 o 3 hileras longitudinales; fruto ovoide, de 4 a 5 mm de largo, verde o blanquecino, poniéndose negruzco en el secado, liso, glabro. Parásito frecuente de varias especies de *Quercus*, una vez también encontrado sobre *Heliocarpus*, en encinares y bosques mesófilos de montaña, de Guanajuato, Querétaro, Durango y Coahuila a Jalisco y Oaxaca, Coahuila y Nuevo León. Alt.1000-2550 m. Colectado en flor y fruto a lo largo del año. Planta común, sin problemas de supervivencia (Fig. 9) (Rzedowski y Calderón 2011).



**Figura 9.** *Phoradendron lanceolatum* (Jiménez 2017)

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización

El estudio se llevó a cabo en el área de cámaras bioclimáticas y laboratorios del Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México (25° 22" LN y 101° 02" LO; 1742 msnm).

### Recolecta de Material Vegetal y Organismos Plaga

**Material vegetal:** la recolección y muestreo de especies de *P. densum*, *P. lanceolatum* y *P. tomentosum*, se obtuvieron como parásitos de los árboles *Juniperus angosturana* R. P. Adams (Cupressaceae), *Quercus microphylla* Thiebaut y *Quercus pringlei* Seemen ex Loes. (Fagaceae) respectivamente, en la región de la Sierra de Zapalinamé, Saltillo, Coahuila, México.

**Organismo plaga:** el gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* se obtuvo de una colonia preestablecida en el área de cámaras bioclimáticas del Departamento de Parasitología mantenida bajo condiciones controladas en semilla de maíz.

### Preparación de Polvos Vegetales

La elaboración de polvos del material vegetal recolectado se inició con el secado de este a medio ambiente y en una estufa a 35°C hasta que el peso del material fue constante y ya no descendió más (dependiendo de cada especie, aproximadamente de 7-15 días), posteriormente el tejido vegetal se pulverizó en un molino eléctrico (Oster®), enseguida se filtró en un tamiz con malla número 325 (0.044 mm). El producto del tamizado se envaso en frascos de plástico de 2.0 L de capacidad, recubierto de papel aluminio y papel de estraza a temperatura ambiente y a una humedad relativa menor a 45%, hasta su uso.

## Condiciones de Trabajo

El área de cámaras bioclimáticas mantuvo una temperatura promedio de  $23 \pm 2$  °C, 60  $\pm$  10 % HR y 12:12 h D: O de fotoperiodo).

## Bioensayos para la Evaluación de Polvos Vegetales

Para la evaluación del polvo vegetal; se tomó como referencia la dosis diagnóstica de 1 g·100 g<sup>-1</sup> de maíz, y se ajustó a 50 g de maíz, para lo cual además se agregó una dosis alta y otra baja, quedando los tratamientos siguientes: 0 (testigo), 0.25, 0.50 y 1.0 g de polvo por cada 50 g maíz.

Para el bioensayo se utilizó maíz de color amarillo, el cual primero se desinfecto con un lavado en agua con hipoclorito de sodio al 2% y posteriormente agua destilada, en ambos casos por unos segundos y se guardó en refrigeración por un periodo de 48 horas.

Para el desarrollo del bioensayo se colocaron 50 g de maíz en frascos de vidrio de 120 mL, y en este se colocó cada uno de los tratamientos a evaluar (polvos) y se mezclaron manualmente hasta distribuirlos uniformemente sobre la semilla.

En cada frasco con los 50 g de maíz con el tratamiento, e incluido el testigo sin tratamientos se colocaron 30 adultos (sin sexar) de 5 días de edad aproximadamente y el frasco se recubrió con tela tipo organza para permitir la entrada y salida de oxígeno.

## Diseño Experimental

Consistió en tres polvos de las especies vegetales *P. densum*, *P. lanceolatum*, *P. tomentosum*, además del testigo, cada uno con tres dosis y cada dosis con 6 repeticiones. En cada repetición 30 adultos del insecto.

## Polvos utilizados

En el Cuadro 1, se pueden observar los polvos y las dosis evaluadas en el presente trabajo de investigación.

**Cuadro 1.** Polvos de *Phoradendron* spp evaluados en la protección de semilla del maíz contra *Sitophilus zeamais* (Mutsch).

TRATAMIENTO	POLVO APLICADO	CONCENTRACIÓN (g-50 g <sup>-1</sup> de maíz)
1	Testigo	0
2	<i>P. densum</i>	0.25
		0.50
		1.00
3	<i>P. tomentosum</i>	0.25
		0.50
		1.00
4	<i>P. lanceolatum</i>	0.25
		0.50
		1.00

## Evaluación

Se basó en el trabajo de González *et al.* (2009). La primera evaluación se realizó a los 8 y 15 días de haber aplicado los tratamientos.

**Mortalidad:** Para esta evaluación, primero se retiraron todos los adultos del frasco con maíz y se registró el número de vivos y muertos.

Los datos de mortalidad se evaluaron con un análisis Probit para estimar el valor de la CL<sub>50</sub>, CL<sub>95</sub> y el margen de fiabilidad (límite fiducial) al 95% de significancia. En caso de mortalidad en el testigo, esta se corrigió (MC) mediante la fórmula de Abbott (1925), con una mortalidad aceptada del 15%.

$$\text{MC Abbott (\%)} = \frac{\text{Mortalidad en el tratamiento} - \text{Mortalidad en el testigo}}{100 - \text{Mortalidad en el testigo}} * 100$$

**Daño en grano:** se contabilizaron el número de granos dañados (picados, perforados, roídos por acción de los insectos) y los granos sanos y se determinó el porcentaje de daño en grano (DG) con la siguiente formula:

$$\text{DG (\%)} = \frac{\text{Número de granos dañados}}{\text{Número de granos totales}} * 100$$

**Calidad de la semilla:** Se evaluó la viabilidad de la semilla, mediante la germinación de esta. Para este ensayo se seleccionaron 10 semillas en cada repetición de cada tratamiento y se colocaron sobre una caja de Petri con papel filtro y agua destilada para su imbibición, con el embrión hacia abajo. El ensayo se mantuvo bajo condiciones controladas en el área de cámaras bioclimáticas. Posteriormente a 8 días (cuando el testigo contemplo el 100% de germinación) se determinó el número de semillas germinadas y no germinadas y se obtuvo el porcentaje de germinación (G) con la siguiente formula:

$$\text{G (\%)} = \frac{\text{Semillas germinadas}}{\text{Semillas totales}} * 100$$

En el mismo ensayo se evaluó el tamaño de epicótilo (da lugar al brote terminal formado por las hojas) e hipocótilo (que da lugar a raíz) durante el tiempo que duro el ensayo de viabilidad y se determinó la longitud promedio de crecimiento, con respecto al testigo. Cabe mencionar que para evaluar los parámetros de calidad de semilla (germinación e inhibición, crecimiento de raíz y tallo) se agregó un tratamiento testigo de semilla sin haber estado expuesta al daño por *S. zeamais* y sin aplicación de polvo para su comparativo en el desarrollo natural de la semilla.

**Evaluación de la F1:** Después de los ensayos de calidad de la semilla, la semilla restante se regresó a cada frasco sin la presencia de gorgojo. Y se resguardan los ensayos hasta 55 días para evaluar el porcentaje de emergencia de adultos nuevos de la siguiente generación (F1), tomando como base el 100% la emergencia (E) de los adultos en el testigo y se calculó con la siguiente formula:

$$E (\%) = \frac{\text{Emergencia en el tratamiento}}{\text{Emergencia en el testigo}} * 100$$

### **Bioensayos para la Evaluación de Repelencia**

Se basó en el trabajo de González *et al.* (2009) con modificaciones. La evaluación de la repelencia se llevó a cabo en cajas de acrílico, de 10x20 cm y 10 cm de altura y recubierta la tapa con tela de tipo organza para permitir el paso de aire. En este bioensayo se adaptaron cinco cajas de acrílico a un diseño o arreglo en forma de “X”; para el cual la caja central se conectó con las demás mediante tubos de 10 cm de longitud, dispuestos diagonalmente. Las cajas con el maíz tratado y el testigo se distribuyeron en dos cajas simétricamente opuestas con seis repeticiones. En el recipiente central se liberaron 50 adultos de *S. zeamais* y posteriormente a las 24 horas se llevó a cabo la evaluación; contabilizando el número de insectos presentes en cada tratamiento. Con los datos se obtuvo el índice de repelencia y/o atracción por los polvos vegetales con la ecuación siguiente:

$$\text{Índice de repelencia (IR)} = 2G / (G+P);$$

Dónde:

IR=Índice de repelencia,

G=Porcentaje de insectos en el tratamiento y P=Porcentaje de insectos en el testigo.

Se utilizó como referencia: (IR=1) Neutro; (IR>1) Atrayente; (IR<1) Repelente.

### **Análisis de Datos**

En los diferentes parámetros a evaluar, los datos de los resultados se transformaron a raíz cuadrada de arcoseno y se sometieron a un análisis de varianza bajo un diseño completamente al azar y comparación entre medias con una prueba de rango múltiple de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Los análisis estadísticos se determinaron utilizando el software estadístico Statistical Analysis System versión 9.0 (SAS 2002).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Efecto de Repelencia de Polvos Vegetales de *Phoradendron* spp. Sobre el Gorgojo del Maíz *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae)

La prueba de repelencia de los polvos vegetales y sus respectivos resultados al finalizar la prueba se muestran en el Cuadro 2 se puede apreciar que los tratamientos de *P. densum* y *P. lanceolatum* arrojaron un índice de repelencia de 1.20 y 1.02 respectivamente a las 48 horas después de la exposición, resultados que indican que estos tratamientos resultaron ser atractivos para el gorgojo del maíz. Por otra parte el pulverizado de *P. tomentosum* obtuvo un IR=1, lo que concluye que su efecto sobre estos coleópteros es neutro es decir ni atractivo ni repelente, este caso es similar a los tratamientos evaluados por Gómez *et al.* (2018), quienes obtuvieron un IR=1 (neutro) usando polvos de Ocote (1, 2, 3, 4 y 5%), Hierba Santa (1, 2,3, 4 y 5%), Cola de caballo (1, 2, 3, 4 y 5%), Epazote (2, 3, 4 y 5 %) e Higuierilla (1, 2 y 4%); pero con los tratamientos de epazote al 1% e higuierilla al 3 y 5% se obtuvo un IR<1 lo que indico que tienen un efecto repelente.

**Cuadro 2.** Índice de repelencia del gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* en maíz tratado con tres polvos vegetales.

Tratamientos	Repeticiones						Total	(%)	IR	Referencia
	1	2	3	4	5	6				
<i>P. densum</i>	33	36	22	21	32	27	171	60.00	1.20	Atractivo
Testigo	15	11	24	29	15	20	114	40.00		
<i>P. tomentosum</i>	29	22	23	24	22	23	143	50.00	1.00	Neutro
Testigo	19	26	23	23	28	24	143	50.00		
<i>P. lanceolatum</i>	36	28	19	27	27	14	151	51.36	1.02	Atractivo
Testigo	12	22	30	21	22	36	143	48.64		

%=Porcentaje del total de cada tratamiento con su testigo. IR=Índice de repelencia. (IR=1) Neutro; (IR>1) Atractivo; (IR<1) Repelente.

Se hizo un contraste en comparación a los índices de repelencia de 0.22, 0.13, 0.08, 0.06 y 0.04 con las concentraciones de 0.25%, 0.50%, 1.0%, 2.0% y 4.0% respectivamente, usando polvos de *Laurelia sempervirens* L. (Atherospermataceae) lo que implica que son repelentes de este insecto (Torres *et al.* 2015). Los efectos dados

en esta prueba pudieron ser determinados por los tipos de metabolitos secundarios presentes en los muérdagos como los triterpenos, alcaloides, taninos, entre otros (Sánchez 2017).

## Mortalidad

Los resultados de la aplicación de los extractos vegetales de follaje de las especies *P. densum* (Cuadro 3), *P. tomentosum* (Cuadro 4) y *P. lanceolatum* (Cuadro 5) en granos de maíz almacenado para el control de *S. zeamais*, indican que una vez pasados los primeros 8 días de exposición los tratamientos de *P. densum* (0.25 g), (0.50 g) y (1.0 g) arrojaron porcentajes de mortalidad de 11.93%, 12.71% y 12.59% respectivamente, en el caso de *P. tomentosum* (0.25 g), (0.50 g) y (1.0 g) los porcentajes de mortalidad obtenidos fueron 4.29%, 5.08% y 9.51% respectivamente, en las evaluaciones de *P. lanceolatum* (0.25 g), (0.50 g) y (1.0 g) los resultados fueron 1.72%, 3.48% y 3.42% respectivamente, sin diferencias estadísticas entre los tratamientos, podemos observar que en los tratamientos de *P. densum* y *P. tomentosum* las dosis más altas tienen un efecto de mortalidad mayor, caso opuesto *P. lanceolatum* con un porcentaje de mortalidad todavía más bajo que el testigo.

**Cuadro 3.** Mortalidad de gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* en maíz tratado con polvo de *Phoradendron densum*.

Concentración (g)	Mortalidad (%) <sup>1</sup>	
	8 días	15 días
0.00	8.34 a	10.66 a
0.25	11.93 a	14.71 a
0.50	12.71 a	16.44 a
1.00	12.59 a	17.09 a
GL	3,23	3,23
F	1.72	2.24
Pr> F	0.2058ns	0.1257ns
R <sup>2</sup>	0.42	0.41
&CL <sub>50</sub> (\$LC, 95%)	1,892,535,713 (NC)	740.23394 (NC)
&CL <sub>95</sub> (\$LC, 95%)	3.66205 × 10 <sup>-16</sup> (NC)	620,210 (NC)

<sup>1</sup>Medias entre tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey;  $p < 0.05$ ). ns=sin diferencias significativas. &Concentración letal=g<sup>-1</sup> polvo, \$Límites de confianza. N.C.=No calculado por el software.

En el segundo conteo a los 15 días de exposición, los porcentajes de mortalidad respecto a sus dosis fueron los siguientes: *P. densum* (0.25)-14.71%, (0.50)-16.44% y (1.0)-17.09%, *P. tomentosum* (0.25) - 12.91%, (0.50) - 16.90% y (1.0) - 16.73%, en el caso de *P. lanceolatum* (0.25) - 5.83%, (0.50) - 6.84% y (1.0) - 6.84%, no hubo diferencias significativas en comparación al testigo que tuvo 10.66% de mortalidad pero ocurre lo mismo que en la primera evaluación, a los 15 días de exposición los tratamientos de *P. densum* y *P. tomentosum* muestran que a medida que incrementan las dosis y el tiempo de exposición tienen un efecto de mortalidad mayor. Reyes (2018) también documentó que al utilizar polvos de *Argemone ochroleuca* (hoja, flor y raíz), *Quercus* sp. (hoja ancha), *Pinus* sp. (hojas frescas o secas, enteras o cortadas), *Bidens heterophylla* (hoja) y *Baccharis salicifolia* (hoja) no ocasionaron mortalidad significativa del insecto, cabe señalar que en ese estudio la concentración de polvo usada solo fue de 1 g (1%). Caso contrario a lo demostrado por Granados *et al.* (2017) quienes reportaron que al utilizar polvo de hoja o follaje de *Senecio salignus* al 4%, se eliminó el 50% de la población a los 15 días, hecho similar o con mayores resultados fue el elaborado por Suleiman *et al.* (2012) donde obtuvieron entre 70 y 90% de efectividad con el polvo de hoja ancha de *Euphorbia balsamifera* (Aiton) al 1%. Torres *et al.* (2015), también reporto una efectividad del 90% utilizando polvo de follaje de laurel chileno *L. sempervirens* al 1%.

**Cuadro 4.** Mortalidad de gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* en maíz tratado con polvo de *Phoradendron tomentosum*.

Concentración (g)	Mortalidad (%) <sup>1</sup>	
	8 días	15 días
0.00	8.34 a	10.66 a
0.25	4.29 a	12.91 a
0.50	5.08 a	16.90 a
1.00	9.51 a	16.73 a
GL	3,23	3,23
F	1.53	1.93
Pr> F	0.2480ns	0.1678ns
R <sup>2</sup>	0.63	0.47
&CL <sub>50</sub> (§LC, 95%)	NC (NC)	10.62 (2.82-17,870,009)
&CL <sub>95</sub> (§LC, 95%)	NC (NC)	207.69564 (14.55-1.16×10 <sup>-15</sup> )

<sup>1</sup>Medias entre tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey;  $p < 0.05$ ). ns=sin diferencias significativas. &Concentración letal=g<sup>-1</sup> polvo, §Límites de confianza. N.C.=No calculado por el software.

La baja mortalidad observada pudiera estar relacionada a la presencia y cantidad de las sustancias como terpenos, alcaloides y/o taninos presentes en el follaje de las especies evaluadas depende de cuando se haga la colecta del material vegetal. De acuerdo con el trabajo de Reyes (2018), cuando la planta de *P. heterophylla* se colecta en tiempo de frío ésta contiene sustancias activas letales para el adulto de *S. zeamais*, pero que no afectan la emergencia ni disminuyen el daño en grano, en tanto que estas no están presentes, o están en menor concentración o se manifiestan otras sustancias al comenzar la estación fría que son insectísticas y protegen el grano. Tapia (2012) también señala que en tiempos de frío la raíz de *Derris sp.* tiene mayor cantidad de rotenona, un isoflavonoide insecticida.

Los polvos evaluados en esta investigación fueron elaborados de material vegetal colectado en el mes de septiembre, tiempo en el cual las temperaturas comienzan a descender en la zona de colecta.

**Cuadro 5.** Mortalidad de gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* en maíz tratado con polvo de *Phoradendron lanceolatum*.

Concentración (g)	Mortalidad (%) <sup>1</sup>	
	8 días	15 días
0.00	8.34 a	10.66 a
0.25	1.72 a	5.83 a
0.50	3.48 a	6.84 a
1.00	3.42 a	6.84 a
GL	3, 23	3, 23
F	1.64	0.70
Pr> F	0.2225ns	0.5662ns
R <sup>2</sup>	0.40	0.23
&CL <sub>50</sub> (§LC, 95%)	NC (NC)	NC (NC)
&CL <sub>95</sub> (§LC, 95%)	NC (NC)	NC (NC)

<sup>1</sup>Medias entre tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey;  $p < 0.05$ ). ns=sin diferencias significativas. &Concentración letal= $g^{-1}$  polvo, §Límites de confianza. N.C.=No calculado por el software.

## Evaluación de Polvos Vegetales en la Calidad de Maíz *Zea mays* L. (Poaceae)

### Daño en Grano

De manera general los resultados de la evaluación de daño en grano (Cuadro 6, 7 y 8) se describen a continuación: se realizaron conteos a los 8 y 15 días de exposición a los polvos vegetales en cada una de las unidades experimentales, arrojando que en la aplicación de *P. densum* 0.25 g presentó 38.03%, 0.50 g 32.21% y 1.0 g 29.29% de los granos dañados, en el segundo conteo (Cuadro 6), para las dosis 0.25, 0.50 y 1.0 g se obtuvieron 45.35, 40.36 y 36.08% de daño en los granos respectivamente.

**Cuadro 6.** Daño en grano por *Sitophilus zeamais* en maíz tratado con polvo de *Phoradendron densum*.

Concentración (g)	Daño en grano (%) <sup>1,2</sup>	
	8 días	15 días
0.00	41.64 a	73.14 a
0.25	38.03 ab	45.35 b
0.50	32.21 bc	40.36 bc
1.00	29.29 c	36.08 c
GL	3,23	3,23
F	7.63	132.51
Pr> F	<0.0025**	<0.0001***
R <sup>2</sup>	0.61	0.96

<sup>1</sup>Medias entre tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey;  $p < 0.05$ ).

<sup>2</sup>Datos transformados por arcoseno para su análisis. \*\*, \*\*\* Indica diferencias significativas contraste valor F a  $p < 0.01$ ,  $p < 0.001$  respectivamente.

En el caso de *P. tomentosum* (Cuadro 7) se observó en el primer conteo para los tratamientos de 0.25 g, 0.50 g y 1.0 g los porcentajes de daño fueron 33.12, 37.39 y 58.21% respectivamente, en el siguiente conteo se observa que para las dosis de 0.25 g, 0.50 g y 1.0 g los porcentajes de daño en grano fueron 42.97, 48.03 y 62.02% respectivamente. Con *P. lanceolatum* (Cuadro 8) para las dosis de 0.25 g, 0.50 g y 1.0 g fueron de 65.32, 72.51 y 70.04% respectivamente, mientras que a los 15 días de evaluación para 0.25 g el daño fue de 78.49%, para 0.50 g fue de 80.06% y para 1.0 g fue de 80.44%. Los datos del testigo fueron 41.64 y 73.14% de daño en grano a los 8 días y 15 días respectivamente, mostrando diferencias significativas con respecto a *P. densum* 1.0 g, 0.5 g y *P. tomentosum* 0.25 g (Cuadro 6 y Cuadro 7), se observó que

los tratamientos de *P. densum* 1.0 g, 0.5 g y *P. tomentosum* 0.25 g siguieron el mismo comportamiento de reducción de daño en grano conforme incremento el tiempo de exposición siendo *P. densum* el tratamiento el que destacó en este parámetro evaluado.

**Cuadro 7.** Daño en grano por *Sitophilus zeamais* en maíz tratado con polvo de *Phoradendron tomentosum*.

Concentración (g)	Daño en grano (%) <sup>1,2</sup>	
	8 días	15 días
0.00	41.64 b	73.14 a
0.25	33.12 c	42.97 c
0.50	37.39 bc	48.03 c
1.00	58.21 a	62.02 b
GL	3,23	3,23
F	42.02	67.81
Pr> F	<0.0001***	<0.0001***
R <sup>2</sup>	0.90	0.93

<sup>1</sup>Medias entre tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey;  $p<0.05$ ).

<sup>2</sup>Datos transformados por arcoseno para su análisis. \*\*\*Indica diferencias altamente significativas contraste valor F a  $p<0.001$ .

**Cuadro 8.** Daño en grano por *Sitophilus zeamais* en maíz tratado con polvo de *Phoradendron lanceolatum*.

Concentración (g)	Daño en grano (%) <sup>1,2</sup>	
	8 días	15 días
0.00	41.64 b	73.14 b
0.25	65.32 a	78.49 a
0.50	72.51 a	80.06 a
1.00	70.04 a	80.44 a
GL	3,23	3,23
F	44.07	6.87
Pr> F	<0.0001***	0.0039**
R <sup>2</sup>	0.90	0.63

<sup>1</sup>Medias entre tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey;  $p<0.05$ ).

<sup>2</sup>Datos transformados por arcoseno para su análisis. \*\*, \*\*\*Indican diferencias significativas contraste valor F a  $p<0.01$ ,  $p<0.001$  respectivamente.

En otros estudios se obtuvieron datos similares/mayores en reducción de daño. Los polvos de tallo de *B. heterophylla*, raíces de *B. salicifolius* y *D. stramonium* y hoja angosta de *Quercus* sp. redujeron entre 62.9 a 66% el daño (Reyes 2018). En el daño en grano tratados con *P. lanceolatum*, el porcentaje de daño fue mayor que el testigo. Esto puede ser atribuido a que, al estar en un ambiente desfavorable, por el polvo

impregnado en el grano, los insectos buscaron refugio, perforando los granos para esconderse y lograr sobrevivir (Reyes 2018).

### Porcentaje de Germinación

En los Cuadros 9, 10 y 11 se observa que en las pruebas de germinación dos de los tres extractos vegetales usados para el control de *S. zeamais* en semillas de maíz no presento diferencias significativas respecto al testigo sin exponer (germinación de la semilla de 100%) y el testigo expuesto a *S. zeamais* (98.3%). Esto indica que dos tratamientos usados no afectaron de manera negativa la viabilidad de los granos.

**Cuadro 9.** Efecto del polvo de *Phoradendron densum* sobre la germinación de la semilla de maíz para el control de *Sitophilus zeamais*.

Concentración (g)	Germinación (%) <sup>3,4</sup>	Inhibición (%) <sup>3,4</sup>
0.00 <sup>1</sup>	100.00 a	0.00 a
0.00 <sup>2</sup>	98.33 a	1.67 a
0.25	95.00 a	5.00 a
0.50	100.00 a	0.00 a
1.00	100.00 a	0.00 a
GL	4,29	4,29
F	2.74	2.74
Pr> F	0.0573ns	0.0573ns
R <sup>2</sup>	0.40	0.40

<sup>1</sup>Testigo sin exponer al ataque de *S. zeamais*, <sup>2</sup>Testigo expuesto al ataque de *S. zeamais*, <sup>3</sup>Medias entre tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey;  $p < 0.05$ ). <sup>4</sup>Datos transformados por arcoseno para su análisis. nsno significativo.

**Cuadro 10.** Efecto del polvo de *Phoradendron tomentosum* sobre la germinación de semilla de maíz tratada para el control de *Sitophilus zeamais*.

Concentración (g)	Germinación (%) <sup>3,4</sup>	Inhibición (%) <sup>3,4</sup>
0.00 <sup>1</sup>	100.00 a	0.00 a
0.00 <sup>2</sup>	98.33 a	1.67 a
0.25	100.00 a	0.00 a
0.50	100.00 a	0.00 a
1.00	95.00 a	5.00 a
GL	4,29	4,29
F	1.82	1.82
Pr> F	0.1636ns	0.1636ns
R <sup>2</sup>	0.43	0.43

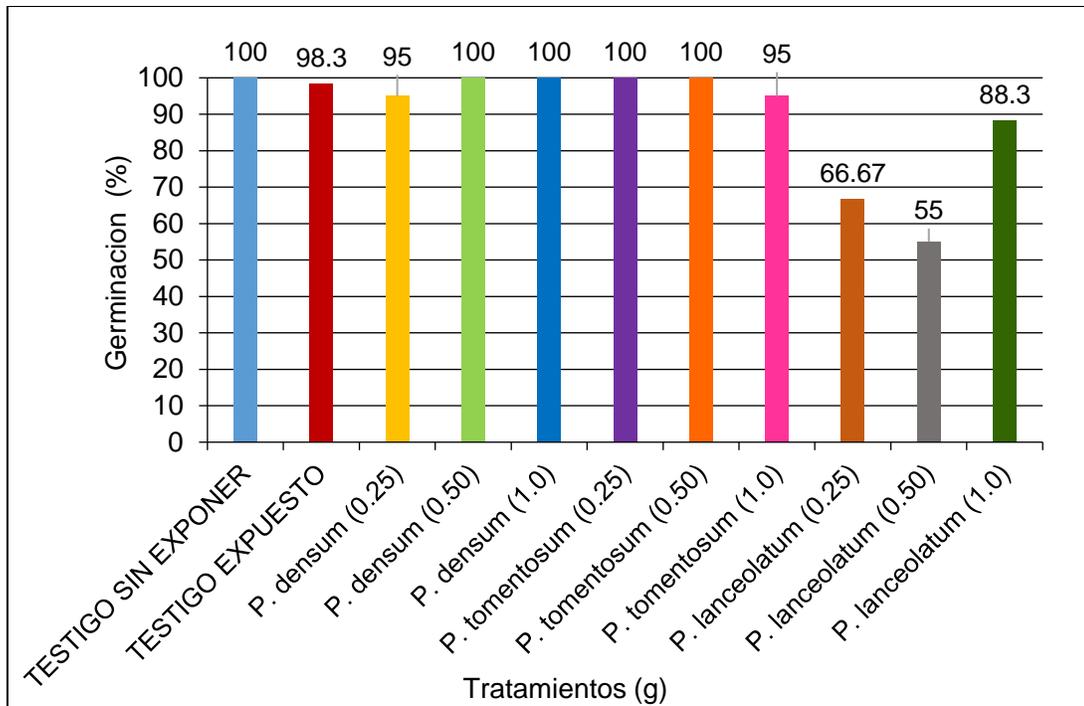
<sup>1</sup>Testigo sin exponer al ataque de *S. zeamais*, <sup>2</sup>Testigo expuesto al ataque de *S. zeamais*, <sup>3</sup>Medias entre tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey;  $p < 0.05$ ). <sup>4</sup>Datos transformados por arcoseno para su análisis. nsno significativo.

**Cuadro 11.** Efecto del polvo de *Phoradendron lanceolatum* sobre la germinación de semilla de maíz tratada para el control de *Sitophilus zeamais*.

Concentración (g)	Germinación (%) <sup>3,4</sup>	Inhibición (%) <sup>3,4</sup>
0.00 <sup>1</sup>	100.00 a	0.00 c
0.00 <sup>2</sup>	98.33 a	1.67 c
0.25	66.67 bc	33.33 ab
0.50	55.00 c	45.00 a
1.00	88.33 ab	11.67 bc
GL	4,29	4,29
F	13.59	13.59
Pr> F	<0.0001***	<0.0001***
R <sup>2</sup>	0.74	0.74

<sup>1</sup>Testigo sin exponer al ataque de *S. zeamais*, <sup>2</sup>Testigo expuesto al ataque de *S. zeamais*, <sup>3</sup>Medias entre tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey;  $p < 0.05$ ). <sup>4</sup>Datos transformados por arcoseno para su análisis. \*\*\*Indican diferencias significativas contraste valor F a  $p < 0.001$ .

Los dos primeros tratamientos *P. densum* y *P. tomentosum* tuvieron porcentajes de germinación entre el 95% y 100% (Fig. 10) es decir no afectaron la germinación de los granos en ninguna de sus concentraciones, estos resultados son similares o mayores a los que reportaron Torres *et al.* (2015), aplicando tratamientos de polvos de *L. sempervirens* en concentraciones de 0.50, 1.0, 2.0 y 4.0 % donde obtuvieron desde un 90%, 93.3%, 96.7% y 95% de germinación en las semillas de maíz respectivamente. Estos porcentajes de germinación también se pueden comparar con el trabajo de Higuera *et al.* (2021) quienes evaluaron polvos de dos especies de *Eucalyptus* spp., donde la germinación del maíz no se vio afectada significativamente por ninguno de los tratamientos, ya que todos lograron una germinación superior al 90% y no presentaron diferencias significativas entre ellos. El hecho de que la germinación del maíz no se viera perjudicada de manera significativa al utilizar los extractos vegetales en las semillas de maíz concuerda parcialmente con Morales (2011) quien señala que esto es válido para concentraciones menores al 4.0%, coincidiendo con los tratamientos de polvo de *P. densum* y *P. tomentosum* utilizados bajo este umbral y que no afectaron la germinación del maíz, se puede señalar que estos podrían usarse para la protección de grano destinados al consumo animal así como para semilla.



**Figura 10.** Porcentaje de Germinación de Semillas de Maíz Tratadas

Es importante mencionar que se reportaron diferencias significativas respecto al testigo sin exponer y al testigo expuesto encontrando que la menor germinación se registró con los tratamientos de *P. lanceolatum* (0.5 g), (0.25 g), (1.0 g) con 55, 66.67 y 88.33% respectivamente, claramente se observa que no nulifican la germinación, pero el porcentaje de esta no es el apropiado, debido a que los porcentajes de inhibición van desde el 11.67 a 45% (Cuadro 11).

Torres *et al.* (2015) reportó un dato similar al evaluar polvo de *L. sempervirens* al 0.25% con un porcentaje de germinación de 85% siendo el menor valor en comparación a las otras concentraciones usadas. Esto se puede explicar debido a que el potencial de germinación puede verse afectado por factores bióticos, abióticos y de manejo, de ahí el interés de encontrar productos para el control de plagas y enfermedades de los granos almacenados, puesto que el daño de estos es un factor importante en la inhibición de la germinación (Comunicación personal Hernández-Juárez A.).

Raramente existe bajo porcentaje de germinación en semillas cosechadas al año anterior antes de ser plantas. Sin embargo, las semillas generalmente se almacenan

de un año a otro y si se almacenan incorrectamente o por demasiado tiempo, pueden perder vigor y pueden germinar mal al ser plantadas. Si las semillas germinan por debajo del 85%, es mejor descartar o tirar el resto de las semillas almacenadas y comprar nuevas (Lee 2017).

### Crecimiento de radícula y plúmula

En esta prueba se evaluaron los parámetros fisiológicos de longitud de radícula y plúmula Una vez pasados 8 días de su germinación *in vitro*, donde el testigo sin exponer al daño de *S. zeamais* presentó los mejores resultados en crecimiento de plúmula y radícula con 22.38 mm y 62.16 mm respectivamente; de ahí se partió para comparar con los demás ensayos. En el caso de *P. densum* (Cuadro 12) no se mostraron diferencias significativas en las concentraciones de 0.25 g y 0.5 g comparado con el testigo sin exponer, estas se comportaron de manera parecida con crecimientos de radícula con 58.98 y 58.74 mm respectivamente, con la dosis de 1.0 g (51.68 mm) si hubo diferencia estadística esto en el crecimiento de radícula. Con respecto al crecimiento de plúmula si hubo diferencias significativas con las concentraciones de 0.5 g, 1.0 g y el testigo expuesto con 13.60, 15.50 y 15.79 mm respectivamente. Con la dosis de 0.25 g creció 18 mm.

**Cuadro 12.** Crecimiento de radícula y plúmula de maíz tratado con polvo de *Phoradendron densum* para el control de *Sitophilus zeamais*.

Concentración (g)	Radícula (mm) <sup>3</sup>	Plúmula (mm) <sup>3</sup>
0.00 <sup>1</sup>	62.17 a	22.38 a
0.00 <sup>2</sup>	48.70 c	15.80 b
0.25	58.98 ab	18.00 ab
0.50	58.74 ab	13.60 b
1.00	51.68 bc	15.50 b
GL	4,29	4,29
F	2.89	3.46
Pr> F	0.0485*	0.0265*
R <sup>2</sup>	0.45	0.48

<sup>1</sup>Testigo sin exponer al ataque de *S. zeamais*, <sup>2</sup>Testigo expuesto al ataque de *S. zeamais*, <sup>3</sup>Medias entre tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey;  $p < 0.05$ ). \*Indica diferencias significativas contraste valor F a  $p < 0.05$ .

Al contrastar el parámetro de longitud de radícula y plúmula del tratamiento *P. tomentosum* este no mostro diferencias estadísticas significativas (Cuadro 13) con respecto al testigo sin exponer y el testigo expuesto al insecto con valores muy similares y/o mayores, concluyendo que no hay afectaciones en el desarrollo de radícula y plúmula. Al respecto Cerna *et al.* (2010) obtuvieron mayores resultados sembrando las semillas en sustrato y tratadas con extractos de Nim teniendo crecimientos de hasta 18 cm en raíz y 30 cm de altura de planta y Lila midiendo 16 cm de raíz y 29.28 cm de altura de planta.

**Cuadro 13.** Crecimiento de raíz y tallo de maíz tratado con polvo de *Phoradendron tomentosum* para el control de *Sitophilus zeamais*.

Concentración (g)	Raíz (mm) <sup>3</sup>	Tallo (mm) <sup>3</sup>
0.00 <sup>1</sup>	62.17 a	22.38 a
0.00 <sup>2</sup>	48.70 a	15.79 a
0.25	59.41 a	19.84 a
0.50	58.71 a	18.58 a
1.00	57.10 a	21.60 a
GL	4,29	4,29
F	1.50	2.46
Pr> F	0.2387ns	0.0785ns
R <sup>2</sup>	0.29	0.39

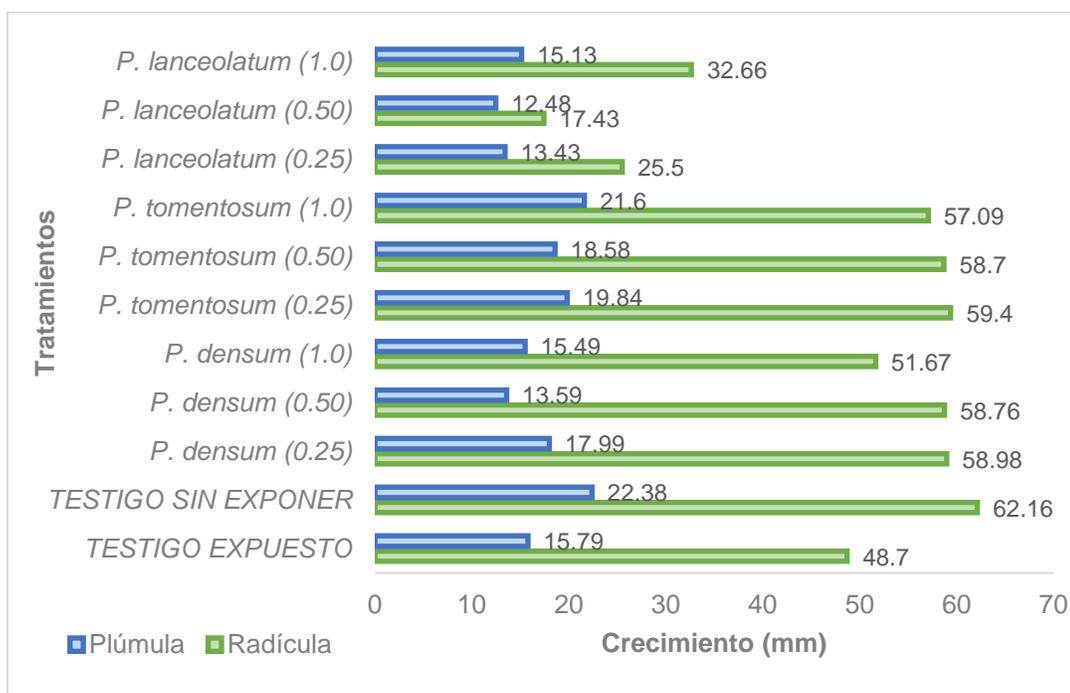
<sup>1</sup>Testigo sin exponer al ataque de *S. zeamais*, <sup>2</sup>Testigo expuesto al ataque de *S. zeamais*, <sup>3</sup>Medias entre tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey;  $p < 0.05$ ). ns no significativo.

En las semillas tratadas con *P. lanceolatum* (Cuadro 14) se presentó un escenario opuesto a los otros dos tratamientos con cada una de sus concentraciones, el crecimiento de plúmula y radícula arrojaron los resultados más bajos (Fig. 11). Por lo expuesto anteriormente, se puede señalar que el polvo de *P. lanceolatum* afectan la calidad de las plántulas reduciendo la altura de la planta en un 59% y 45% para radícula y plúmula respectivamente.

**Cuadro 14.** Crecimiento de radícula y plúmula de maíz tratado con polvo de *Phoradendron lanceolatum* para el control de *Sitophilus zeamais*.

Concentración (g)	Raíz (mm) <sup>3</sup>	Tallo (mm) <sup>3</sup>
0.00 <sup>1</sup>	62.17 a	22.38 a
0.00 <sup>2</sup>	48.70 ab	15.79 b
0.25	25.50 c	13.43 b
0.50	17.43 c	12.48 b
1.00	32.66 bc	15.13 b
GL	4,29	4,29
F	21.99	7.47
Pr> F	<0.0001***	0.0008***
R <sup>2</sup>	0.82	0.63

<sup>1</sup>Testigo sin exponer al ataque de *S. zeamais*, <sup>2</sup>Testigo expuesto al ataque de *S. zeamais*, <sup>3</sup>Medias entre tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey;  $p < 0.05$ ). \*\*\*Indica diferencias significativas contraste valor F a  $p < 0.001$ .



**Figura 11.** Crecimiento de Radícula y Plúmula de Semillas de Maíz Tratadas

Los resultados de este ensayo sugieren que los compuestos como los alcaloides, flavonoides y otros pueden estar presentes en los polvos y produjeron el estímulo y/o inhibición; para el caso de *P. tomentosum* fue estimulante, *P. densum* (0.25 g) fue la concentración que no perjudicó el desarrollo de radícula y plúmula, caso contrario del tratamiento de *P. lanceolatum*.

Estos resultados pudieron estar influidos por la capacidad que tienen las plantas para sintetizar moléculas relacionadas con diferentes mecanismos de defensa, entre ellas se mencionan los ácidos fenólicos, flavonoides, alcaloides y quinonas, las cuales se encuentran prácticamente en todos los tejidos vegetales (Cheng y Cheng 2015). Además, las semillas logran germinar después de las aplicación de soluciones fitotóxicas, pero no quedan exentas del todo, sino que son afectadas en su crecimiento, longitud radicular y peso (Cruz y Flores 2021).

### F1 de *Sitophilus zeamais*

Los polvos evaluados en la inhibición de la progenie (emergencia de la F1) de *S. zeamais* mostraron diferencias estadísticas (Cuadro 15) y porcentualmente (Fig. 12) que el tratamiento de *P. densum* (0.25 g) redujo en un 68.95% la emergencia de estos, caso similar con la investigación de Reyes (2018) quien obtuvo que con el polvo de raíz de *B. heterophylla* inhibió un 68.4% la emergencia de adultos.

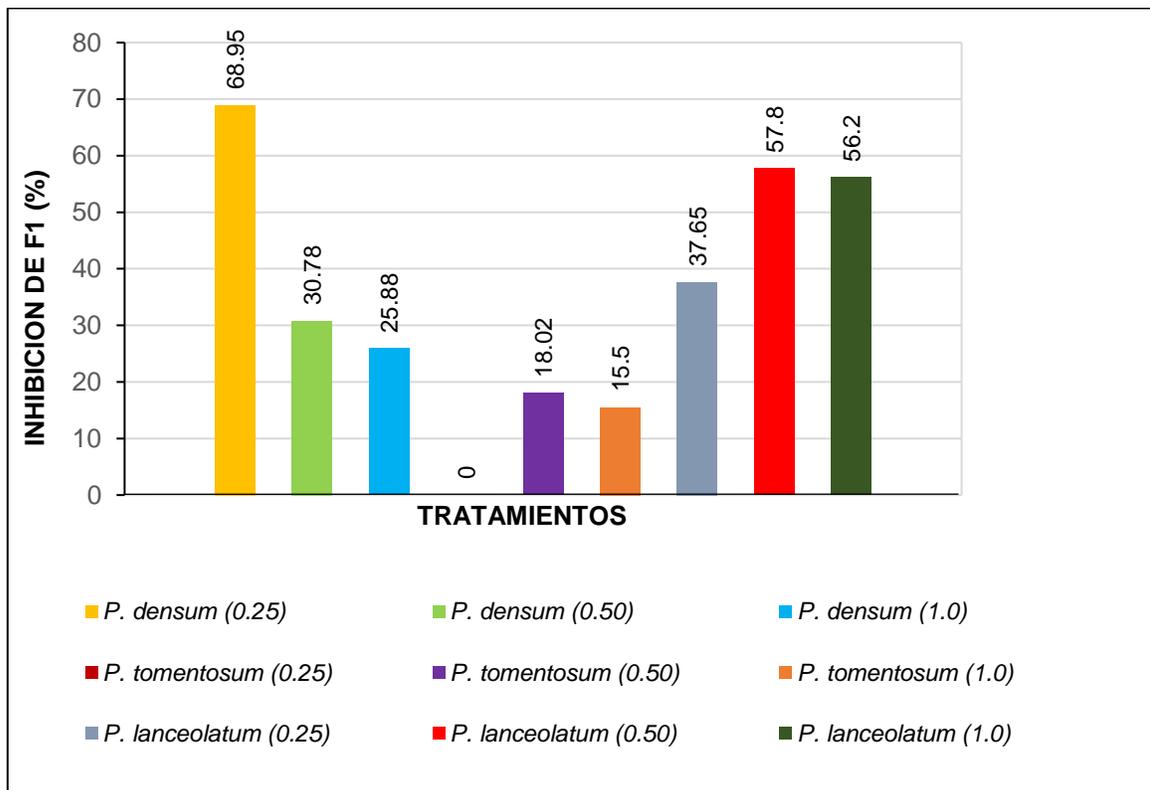
**Cuadro 15.** Emergencia de la F1 de *Sitophilus zeamais* de semilla de maíz tratada con polvos botánicos de *Phoradendron* spp.

Concentración (g)	<i>Phoradendron densum</i> <sup>1</sup>	<i>Phoradendron tomentosum</i> <sup>1</sup>	<i>Phoradendron lanceolatum</i> <sup>1</sup>
0.00	448.3 a	448.33 a	448.33 a
0.25	139.2 b	519.33 a	279.50 b
0.50	310.3 ab	367.50 a	189.17 c
1.00	332.3 ab	378.83 a	196.33 bc
GL	3,23	3,23	3,23
F	3.04	1.15	30.56
Pr> F	0.0616ns	0.3611ns	<0.0001***
R <sup>2</sup>	0.45	0.42	0.87

<sup>1</sup>Medias entre tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey;  $p < 0.05$ ). <sup>ns</sup>no significativo. \*\*\*Indica diferencias significativas contraste valor F a  $p < 0.001$  respectivamente.

*P. lanceolatum* (0.50 g), (1.0 g) (0.25 g) redujo la emergencia en 57.80, 56.20 y 37.65% la emergencia de la F1. Otras plantas resultaron efectivas de manera similar o mayor, los polvos de fruto, hoja y raíz de *A. ochroleuca*, hojas anchas 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 (Reyes 2018).

Entre los datos de *P. tomentosum* y el testigo no se presentaron diferencias estadísticas significativas, Estos datos fueron similares a los polvos de 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*, donde no se mostró un efecto significativo en la emergencia del insecto (Reyes 2018).



**Figura 12.** Reducción de la F1 de *S. zeamais* Expuesto a *Phoradendron* spp.

*P. densum* y *lanceolatum* son prometedores en este parámetro. Estos efectos probablemente se deban a los taninos de las hojas, pues Maldonado *et al.* (2015) mencionan que en *Quercus* spp., son estos los que afectan la alimentación de los insectos y por ende otros parámetros.

De manera general la aplicación de pulverizados vegetales de *P. densum*, *tomentosum* y *lanceolatum* en semillas de maíz con la finalidad de proteger contra el daño de gorgojo del maíz *S. zeamais*, sin perjudicar la germinación y desarrollo de estas además de inhibir la emergencia de adultos en la primera generación, se determinó que a pesar del IR obtenido por los polvos de *P. densum* y *P. tomentosum* (atrayero y neutro) ante *S. zeamais*, los resultados de daño fueron menores de manera significativa en comparación del testigo.

De los polvos aplicados los que presentaron una mayor protección al grano fueron los obtenidos de *P. densum* (1.0 g), (0.5 g) y *P. tomentosum* (0.25 g), siendo *P. densum* (1.0 g) el que destacó en este parámetro, al presentar 36.08 % de daño en comparación al testigo con 73.14% de daño.

Se observó que no hay efectos negativos en la germinación y desarrollo de las semillas al aplicar polvos de *P. tomentosum*, en cambio con *P. densum* no hay efectos negativos en la germinación pero si en el desarrollo de radícula y plúmula; en el caso de la aplicación de *P. lanceolatum* los resultados muestran que hay efectos negativos en la germinación y desarrollo de la plántula.

Los polvos que ayudaron a inhibir la emergencia de adultos en la primera generación y disminuyeron el daño al grano fueron los que se obtuvieron de *P. densum* y *P. lanceolatum*. El polvo más consistente en este parámetro fue el de *P. densum* (0.25 g) al inhibir 68.95% la emergencia de la F1 de *S. zeamais*.

Los metabolitos secundarios juegan un papel muy importante en la adaptación de la planta ante el estrés ambiental y la defensa frente a potenciales depredadores y patógenos, se han descubierto los grandes beneficios de los metabolitos secundarios en diversos sectores incluyendo el agrícola (Lustre 2022).

Las funciones ecológicas de los principales metabolitos secundarios de acuerdo con Chomel *et al.* (2016) son alcaloides, que generan un sabor amargo en las plantas y un sabor desagradable a los animales que se alimentan de ellas; compuestos como los ácidos fenólicos que influyen en el crecimiento, supervivencia o reproducción de otras plantas ya sea con efecto perjudicial o benéfico, protegen a las plantas de las bacterias,

siguen los flavonoides que proporcionan color y aroma a las plantas, protegen de los rayos UV, los hongos y bacterias, también están los taninos que disminuyen el ataque a las plantas por herbívoros y protegen contra organismos que puedan causar enfermedades; por último están los Terpenos que proporcionan aroma, permiten que las plantas se comuniquen entre ellas, así como con otros animales y protegen de la depredación de insectos y de temperaturas elevadas.

## CONCLUSIONES

Los polvos de muérdagos *P. densum* y *tomentosum* en general provén protección al grano de maíz para disminuir el daño por *S. zeamais*.

Los polvos de *P. densum*, *tomentosum* y *P. lanceolatum* no presentan efecto de repelencia ni insecticida sobre *S. zeamais*.

Los polvos de *P. densum* y *P. tomentosum* no impactan la germinación de la semilla de maíz. *P. lanceolatum* presento porcentajes bajos de inhibición.

Los polvos de *P. densum* y *P. lanceolatum* afectan el desarrollo de radícula y plúmula. *P. tomentosum* no afecta negativamente el desarrollo de la semilla.

Los polvos de *P. densum* y *P. lanceolatum* afectan significativamente el desarrollo a la primera generación de *S. zeamais*. *P. tomentosum* no reduce la primera generación de *S. zeamais*.

## LITERATURA CITADA

- Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios (ASERCA). 2018. Maíz grano cultivo representativo de México. In: <https://www.gob.mx/aserca/articulos/maiz-grano-cultivo-representativo-de-mexico?idiom=es#:~:text=Se%20registran%2059%20variedades%20criollas%20de%20ma%C3%ADz%20en%20M%C3%A9xico.&text=M%C3%A9xico%20ocupa%20el%208%C2%B0,Exportador%20mundial%20de%20ma%C3%ADz%20grano>. (Fecha de consulta: 14 abril 2022).
- Agencia de Servicios a la comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios (ASERCA). 2018. ¿Conoces el origen el maíz? In: <https://www.gob.mx/aserca/articulos/conoces-el-origen-del-maiz?idiom=es> (Fecha de consulta: 02 abril 2022).
- Agrios G. N. 2005. Plant pathology. Elsevier Academix Press. 5. San Diego, CA. USA. 921 p.
- Alvarado B. W. 2017. Evaluación de especies vegetales para el control de gorgojo (*Sitophilus zeamais*) en maíz almacenado. Tesis de pregrado en agronomía. Universidad Rafael Landívar. 59 p.
- Asturias M. Á. 2004. Maíz de alimento sagrado a negocio del hambre. Acción Ecológica, red para una América Latina Libre de Transgénicos. Quito, Ecuador. 111 p.
- Cerna C. E., Guevara A. L., Landeros F. J., Ochoa F. Y., Badii Z. M. H y V. Olalde P. 2010. Evaluación de aceites y extractos vegetales para el control de *Sitophilus zeamais* y su efecto en la calidad de semillas de maíz. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. Universidad Nacional de Cuyo. Argentina 42(2): 135-145.
- Cheng F. y Cheng Z. 2015. Research Progress on the use of Plant Allelopathy in Agriculture and the Physiological and Ecological Mechanisms of Allelopathy. *Plant Science*. 6 (1020): 1-16. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.01020>
- Chomel M., Guittonny-Larcheveque M., Fernández C., Gallet C., DesRochers A., Pare D., G. Jackson B. y V. Calvo. 2016. Plant secondary metabolites: a key driver of litter decomposition and soil nutrient cycling. *Journal of Ecology*. British

- Ecological Society. London. 104(6): 1527-1541. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12644>
- Cibrián T. D. 2007. Plantas parásitas – Parasitic plants. Enfermedades Forestales en México – Forest Diseases in Mexico. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. 91-93 pp.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2018. Agente Causal, Plantas Parasitas. In: <https://www.gob.mx/conafor/documentos/agente-causal-plantas-parasitas> (Fecha de consulta: 25 junio 2022).
- Cruz O. L. y M. Flores M. 2021. Avances en el desarrollo de nuevos herbicidas biológicos a partir de extractos vegetales fitotóxicos aplicados *in vitro*. Informador Técnico. Universidad Autónoma de Chiapas. 86(1): 34-45. <https://doi.org/10.23850/22565035.3648>
- Degesch. 2017. Manejo Integrado de Plagas (MIP) en Granos Almacenados. In: <http://degeschmexico.com/soluciones-integrales/> (Fecha de consulta: 16 junio 2022).
- Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO). 2017. El maíz, Base de la Dieta Mexicana desde Época Prehispánica. In: <https://www.gob.mx/firco/articulos/el-maiz-base-de-la-dieta-mexicana-desde-epoca-prehispanica> (Fecha de consulta 29 Marzo 2022).
- García G. C., Nava P. E., Apodaca S. M. A., Armenta B. A. D., Martínez B. N., González M. M. B., Meza G. J. L., Cortes M. E., Armenta B. A. D., Rosas G. N. M., Ruelas A. R. D., Vejar C. G., Aguilera P. M., Martínez R. R., Rojo M. G. E., Jasso M. J., Vázquez P. P. y R. Díaz R. 2009. Tecnologías de Granos y Semillas. Libros Técnicos: Serie Agricultura.1. Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. 290 p.
- García L. S. 2004. Mapa genético de las características del maíz tropical (*Zea mays*) asociadas con la resistencia a la plaga de almacenamiento, *Sitophilus zeamais* MOTSCH. (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE). Tesis Doctoral. Universidad Autónoma Metropolitana. Iztapalapa, México, D.F. 116 p.
- García L. S. y D. J. Bergvinson. 2007. Programa integral para reducir pérdidas pos cosecha en maíz. *Agricultura Técnica en México*. 33(2): 181-189.

- García P. D. E. 2009. Evaluación de insecticidas de cuatro grupos toxicológicos para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 67 p.
- Geils W. B., Cibrián T. J. y B. Moody. 2002. Mistletoes of North American Conifers. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-98. Ogden, UT: US. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. E. U. A. 123 p.
- Gómez H. H. A., González M. O. y J. C. González C. 2018. Vegetales pulverizados para el manejo de *Sitophilus zeamais* Motschulsky en almacenamiento. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 9(4): 711-892 <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i4.1396>
- Gómez S. M., Sánchez F. L. J. y L. A. Salazar O. 2011. Anatomía de especies mexicanas de los géneros *Phoradendron* y *Psittacanthus*, endémicos del Nuevo Mundo. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 82(4): 1203-1218.
- González, S., Pino, O., Herrera, R. S., Valenciaga, N., Fortes, D. y. Sánchez. 2009. Control de *Sitophilus zeamais* con polvos vegetales de una especie de la Familia Fabaceae (49-1-XIV). *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 43(3): 321-325.
- Granados-Echegoyen C. A., Vásquez-Cruz J.L., Ortega-Morales B.O., Reyes-Estébanez M. M. de J., Chan-Bacab M. de J. y J. C. Camacho-Chan. 2017. Control de *Sitophilus zeamais* (Coleóptera: Curculionidae) con polvos botánicos de *Senecio salignus* (Asteraceae) y *Solanum diversifolium* (Solanaceae) en postcosecha. 414-415 pp. In: Covaburrubias-Gutiérrez I., Martínez-Solís J., Magaña-Lira N., M. López-Rojo. (Eds). V Congreso Internacional y XIX Congreso Nacional de Ciencias Agronómicas. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Chapingo, Estado de México, México.
- Higueras C., Silva-Aguayo G., Urbina A., Figueroa I., Rodríguez-Maciel J.C., Lagunes-Tejeda A., Rodríguez M. y L. Aguilar-Marcelino. 2021. Control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky con polvos de follaje de dos especies del género *Eucalyptus*. *Chilean Journal of Agricultural & animal sciences*. Chillan, Chile. 37(2): 101-111. <http://dx.doi.org/10.29393/chjass37-12cscl80012>

- Huerta H. I. 2021. Distribución espacial de plantas parasitas en regiones forestales de alta montaña en México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México. Edo. de México. 93 p.
- Ishaya I. y A. Horowitz. R. 2009. Biorational Control of Arthropod Pests. Application and Resistance Management. Springer. 412 p.
- Jiménez L. 2015. Determinación de la susceptibilidad de *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) con los hongos Entomopatogenos *Beauveria bassiana* (Vuillemin) y *Lecanicillium lecanii* (Zimmerman) en condiciones de laboratorio. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 47 p.
- Koch D. S. y D. Cibrián T. 2007. Clave para los géneros de muérdagos de México/ Key to mexican mistletoe genera. In: Enfermedades Forestales en México – Forest Diseases in Mexico. Cibrian T.D., Alvarado R. D Y S.E. García D. II. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. 356 p.
- Lee S. 2017. Understanding Seeds and Seedling Biology. College of Agricultural Sciences. In: <https://extension.psu.edu/understanding-seeds-and-seedling-biology> (Fecha de consulta: 12 octubre 2022).
- Lustre S. H. 2022. Los superpoderes de las plantas: los metabolitos secundarios en su adaptación y defensa. Revista Digital Universitaria (RDU). 23(2). <http://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2022.23.2.10>
- Maldonado L. Y., Cuevas R. P., González R. A., Pérez L. G., Acosta G. C. y K. Oyama. 2015. Relationships among plant genetics, phytochemistry and herbivory patterns in *Quercus castanea* across a fragmented landscape. *Ecological Research*. 30(1): 133-143.
- Mathiasen R. L., Nickrent L. D., Shaw C. D. y D. Watson M. 2008. Mistletoes, pathology, systematic, ecology and management. Plant Disease. *The American Phytopathological Society*. 92(7): 20 p.
- Máxima U. J. 2020. Definición y Características Maíz. In: <https://www.caracteristicas.co/maiz/> (Fecha de consulta: 16 junio 2022).
- Moore S. J. y A. Lenglet D. 2004. An overview of plants used as insect repellent. Traditional medicinal plants and malaria. CRC Press. Boca Raton. 343-363 pp.

- Morales P. 2011. Evaluación de follaje de tres especies arbóreas nativas sobre *Sitophilus oryzae* L. en trigo almacenado. Memoria Ingeniero Agrónomo, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC). 2010. Problemática ambiental y la utilización de agroquímicos en la producción de coca. Viena, Austria. In [https://www.unodc.org/documents/peruandecuador/Informes/Informes-Analiticos/Informe\\_Analitico\\_Agroquimicos.pdf](https://www.unodc.org/documents/peruandecuador/Informes/Informes-Analiticos/Informe_Analitico_Agroquimicos.pdf) (Fecha de consulta 20 de abril 2022).
- Palacios S. M., Maggi M. E., Bazán M. C., Carpinella M. C., Turco M., Muñoz A., Alonso R. A., Nuñez C., Cantero J. J., Defago M. T., Ferrayoli C. G. y G. R. Valladares. 2007. *Screening of Argentinian plants for pesticide activity*. *Fitoterapia*. 7-8 (78): 580-584. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2007.03.023>
- Pérez F., Silva G., Tapia M. y R. Hepp. 2007. Variación anual de las propiedades insecticidas de *Peumus boldus* sobre *Sitophilus zeamais*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 42(5): 633-639. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000500004>
- Regnault R. C., Philogene B. J. R. y C. Vicent. 2005. *Biopesticides of Plant Origin*. Lavoisier Publishing. Paris, Francia. 313 p.
- Reséndiz R. Z., López S. J. A., Osorio H. E., Estrada D. B., Pecina M. J. A., Mendoza C. M. C y C. A. Reyes M. 2016. Importancia de la resistencia del maíz nativo al ataque de larvas de lepidópteros. *Revista de la Universidad Tecnológica de la Mixteca*. 59(20): 200.
- Reyes Z. M. M. 2018. Polvos y cenizas vegetales del centro de Michoacán para el manejo de *Sitophilus zeamais*. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 38 p.
- Rodríguez H. C. 2000. Plantas contra plagas: potencial práctico de ajo, anona, nim, chile y tabaco. RAPAM. 2. Texcoco, México. 133 p.

- Rodríguez H. C., Silva G. y J. Vendramim D. 2003. Insecticidas de origen vegetal. Bases para el manejo racional de insecticidas. Universidad de Concepción. Fundación para la Innovación Agraria. Chile. 89-111 pp.
- Rodríguez M. R y C. De León. 2008. El cultivo del maíz, temas selectos. Colegio de Posgraduados. Mundi Prensa.1. D.F, México.127 p.
- Rodríguez P. Y. 2018. Alternativas de control biológico para *Phoradendron* spp. En árboles forestales de los municipios de General Cepeda y Arteaga, Coahuila. UAAAN. In: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/43221>
- Rzedowski J. y G. Calderón R. 2011. Flora del bajío y regiones adyacentes - Viscaceae. Instituto de Ecología A.C. Centro Regional del Bajío. Pátzcuaro, Michoacán. 59 p.
- S.A.S. Institute. 2002. The SAS System for Windows, Release 9.0. SAS, Institute, Cary N. C. U.S.A.
- Sánchez G. A. 2017. Aplicaciones medicinales de los muérdagos. Grado en Farmacia. Universidad Complutense. Madrid, España. 20 p.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). 2019. ¿Qué es la poscosecha y por qué es importante? In: <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/que-es-la-poscosecha-y-por-que-es-importante> (Fecha de consulta 4 de diciembre 2021).
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). 2020. Granim, al ataque del gorgojo del maíz. In: <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/granim-al-ataque-del-gorgojo-del-maiz> (Fecha de consulta: 10 diciembre 2021).
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). 2020. Maíz el cultivo de México. In: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/maiz-el-cultivo-de-mexico#:~:text=Los%20peque%C3%B1os%20productores%20aportan%20alrededor,la%20producci%C3%B3n%20nacional%20de%20ma%C3%ADz> (Fecha de consulta: 30 de marzo 2022).
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2017. Planeación agrícola nacional 2017-2030.1. Del. Benito Juárez, Ciudad de México. 28 p.

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2020. Estrategia Nacional de Sanidad Forestal 2019-2024. Ciudad de México. 50 p.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2018. Cuidado con el muérdago, puede terminar con tus árboles. In: <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/el-muerdago-invasor-silencioso?idiom=es#:~:text=El%20control%20de%20la%20plaga,la%20semilla%20hacia%20%C3%A1reas%20sanas.> (Fecha de consulta: 20 febrero 2022).
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad (SENASICA). 2020. Maíz mexicano, sustento ancestral. In: <https://www.gob.mx/senasica/articulos/maiz-mexicano-sustento-ancestral> (Fecha de consulta: 10 junio 2022).
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Acciones y Programas. Cierre de la producción agrícola. In: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (Fecha de consulta: 14 noviembre 2022).
- Silva A. G., Lagunés T. A., Rodríguez M. J. C. y D. Rodríguez L. 2002. Insecticidas vegetales: una vieja y nueva alternativa para el manejo de plagas. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. 66: 4-12
- Sistema Agrícola (AGROWARE). 2016. Métodos de control de plagas en granos almacenados. In: <https://sistemaagricola.com.mx/blog/control-de-plagas-en-granos-almacenados/> (Fecha de consulta: 10 febrero 2022).
- Sounjanya P.L., Sekhar J.C., Kumar P., Sunil N., Prasad Ch. y U. Mallavadhani V. 2016. Potentiality of botanical agents for the management of postharvest insects of maize: a review. Journal of Food Science and Technology. 53: 2169-2184. DOI 10.1007/s13197-015-2161-0
- Suleiman M., Ibrahim N. D. y 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. O. G. 2012. Control orgánico del gorgojo de maíz (*Sitophilus zeamais*) en semillas almacenadas de Chulpi (*Zea mays* var *rugosa*) con ajenojo "Santa Maria" (*Parthenium hysterophorus*) y romero (*Rosmarinus officinalis*). Tesis de Licenciatura. Universidad Politécnica Salesiana. Quito, Ecuador. 113 p.

- TecnoAgro y Danzos R. H. 2019. Alternativas al uso de plaguicidas. In: <https://tecnoagro.com.mx/no.-133/alternativas-al-uso-de-plaguicidas> (Fecha de consulta: 17 junio 2022).
- Tecnología Agrícola PROAIN. 2021. Principales plagas en el cultivo de maíz en México. In <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/principales-plagas-en-el-cultivo-de-maiz-en-mexico> (Fecha de consulta: 4 enero 2022).
- The Global Biodiversity Information Facility (GBIF). 2013. Backbone Taxonomy. In: <https://www.gbif.org/species/5290052> (Fecha de consulta: 16 junio 2022).
- Todd W. W. y T. Martínez T. 2006. Strategies and Treatments for Leafy Mistletoe (*Phoradendron tomentosum* (DC.) Engelm ex. Gray) Suppression on Cedar Elm (*Ulmus crassifolia* Nutt.). *Arboriculture & Urban Forestry*. 32(6): 265-270.
- Torres C., Silva G., Tapia M., Rodríguez J. C., Urbina A., Figueroa I., Lagunés A., Santillán-Ortega C., Robles-Bermúdez A. y S. Aguilar-Medel. 2015. Propiedades insecticidas del polvo de *Laurelia sempervirens* L. para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*. Universidad de Santiago de Chile, Santiago, Chile. 14(1): 48-59.
- Trichodex. 2016. Fitopesticidas: sustancias naturales que se obtienen de las plantas. In: <https://www.trichodex.bio/familias-de-plantas-con-propiedades-pesticidas/> (Fecha de consulta: 12 junio 2022).
- Universidad Autónoma Nacional de México (UNAM). 2010. Colecciones Biológicas – *Phoradendron* sp. Engelm. Instituto de Biología. Herbario Nacional. In: <http://unibio.unam.mx/collections/specimens/urn/IBUNAM:MEXU:PVsn16402> (Fecha de consulta: 30 de junio 2022).
- Vázquez Z. R. L. 2014. Evaluación de tres insecticidas para el control del gorgojo de maíz *Sitophilus zeamais* Motschulsky, bajo condiciones de laboratorio. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 59 p.
- Young D. y W. Olsen M. 2003. True Mistletoes. The University of Arizona Cooperative Extension. Publication AZ1308. Tucson, Arizona. State United American. 3.

Zunjare R., Hossain F., Muthusamy V., Jha S.K., Kumar P., Sekhar J.C. y H. Gupta S. 2016. Genetic variability among exotic and indigenous maize inbreds for resistance to stored grain weevil *Sitophilus oryzae* L. infestation. *Cogent Food Agriculture*. 2(1): 113-156.