

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Evaluación de Extractos Botánicos para el Control de Hongos Fitopatógenos en  
Granos Almacenados

Por:

**JUAN DANIEL CORTEZ NARVÁEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

Saltillo, Coahuila, México

Abril de 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Evaluación de Extractos Botánicos para el Control de Hongos Fitopatógenos en  
Granos Almacenados

Por:

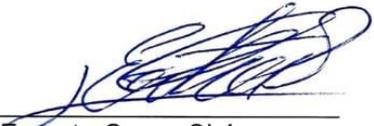
**JUAN DANIEL CORTEZ NARVÁEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

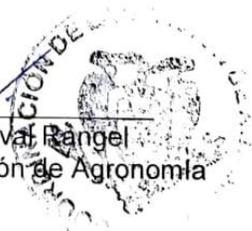
  
\_\_\_\_\_  
Dr. Ernesto Cerna Chávez  
Asesor Principal Interno

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Jazmín Jarlet Velázquez Guerrero  
Asesor Principal Externo

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Yisa María Ochoa Fuentes  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Alberto Roque Enríquez  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Alberto Sandoval Rangel  
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Abril de 2025

### **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.

Autor principal



Juan Daniel Cortez Narváez

Firma y Nombre

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a **Dios** por la vida y la oportunidad que me ha regalado de llegar hasta aquí, porque a pesar de las pruebas, luchas y dudas Él fue fiel, bueno y misericordioso. Gracias Padre por tu infinita Gracia y Misericordia que me permitieron estar en esta hermosa universidad, en donde tuve una de las mejores y más lindas aventuras de mi vida.

A mis padres, **María Gabriela Narváez Fuentes (†)** y **Juan Antonio Cortez Pérez** por su apoyo incondicional y sus sabios consejos. Por el amor que día a día me dieron a lo largo de mi carrera profesional y por sus oraciones para que todo este proceso fuera de la mejor manera.

A mis hermanos **Gabriel, Isaí y Natán**, y también a mi cuñada **Gaby** que estuvieron ahí para mí en aquellos días cansados, siempre con una palabra de ánimo y con un empujoncito para que pudiera seguir adelante.

Al amor de mi vida, **Paola Carrizalez**, por estar en uno de los procesos más difíciles de mi vida y aún a pesar de todos los días grises, permaneciste a mi lado. Gracias amor por tus consejos, por tus palabras de aliento, por tu ayuda, pero sobre todo por tu amor incondicional, el cual fue mi motor en el último tiempo de mi carrera profesional.

Gracias a mi asesor de tesis, el Doctor **Ernesto Cerna Chávez** por la oportunidad y el privilegio de poder trabajar bajo su tutela. Gracias por darme esa confianza y el ánimo de que todo se podía con esfuerzo y dedicación.

Gracias a la Doctora **Jazmín J. Velázquez Guerrero**, por estar para mí en el proceso de preparación, desarrollo e investigación. Gracias por su paciencia para enseñarme lo necesario para llevar adelante todo este proyecto.

Y por último, pero de ninguna manera menos importante, gracias a mi hermosa casa de estudios, la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por abrirme las puertas de su arco todas las mañanas. Sus aulas, jardines y pasillos, fueron mi hogar.

## DEDICATORIA

A mi padre **Juan Cortez**, por ser el mejor ejemplo de un hombre esforzado, responsable, apasionado, perseverante y amoroso. Gracias papá por jamás tirar la toalla y siempre estar para mí en aquellos retos que parecían muy difíciles. Gracias por ser un papá ejemplar en la crianza de mis hermanos y yo, por siempre darnos lo necesario para salir adelante en nuestra preparación profesional.

A mi mamá **Gabriela Narváez (†)**, porque mientras Dios te permitió estar a nuestro lado fuiste la mejor mamá, amiga, confidente. A ti hermosa mujer que en el proceso difícil de mi carrera tus oraciones estuvieron día y noche. Sin temor a equivocarme, tu sonrisa y alegría fueron por 27 años de mi vida el mejor regalo que Dios me pudo dar y aunque ahora ya no estas con nosotros, tus recuerdos viven en mí y me motivan a seguir siendo un hombre responsable, íntegro y perseverante en todas y cada una de las áreas de mi vida.

A mis abuelos **papá Cleme y mamá Nati (†)** que me abrieron las puertas de su casa y con amor, atención y cariño, hicieron que mi estancia durante mi tiempo de estudios universitarios fuera más cómoda y placentera.

A mis hermanos **Gabriel, Isaí y Natán**, que han sido una parte fundamental en mi desarrollo profesional. Gracias hermanos míos por ser los mejores amigos, compañeros y cómplices en cada una de las aventuras y retos que la vida nos ha regalado al estar juntos.

A **Pao**, mi compañera de vida y mi ayuda idónea, que ha sido una parte fundamental en este último tiempo. Gracias hermosa por tus oraciones y apoyo incondicional, por animarme a seguir adelante y por estar día a día al pendiente de mí.

A **todos mis maestros y tutores**, los cuales fueron piezas clave en todo este proceso de preparación profesional y que gracias a todo su esfuerzo, conocimiento y experiencias compartidas he llegado al final de mi carrera universitaria.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS .....	1
DEDICATORIA.....	2
ÍNDICE GENERAL.....	3
ÍNDICE DE CUADROS .....	6
RESUMEN .....	7
INTRODUCCIÓN .....	9
Objetivo general.....	10
Objetivo Específico .....	10
Hipótesis .....	10
REVISIÓN DE LITERATURA.....	11
Aspectos generales del cultivo .....	11
Maíz.....	11
Clasificación taxonómica del cultivo .....	11
Importancia productiva .....	12
Triticale .....	12
Importancia productiva .....	12
Clasificación taxonómica .....	12
Los granos almacenados.....	13
Los granos almacenados en México .....	13
Enfermedades en granos almacenados .....	13
Hongos en granos almacenados .....	14
<i>Fusarium</i> spp.....	14
Distribución.....	14

Generalidades del hongo.....	15
Micotoxinas.....	15
Aflatoxinas .....	15
Zearalenona .....	16
Fumonisina .....	16
Tricotecenos.....	16
Métodos de control .....	16
Control químico .....	16
Control Biológico .....	17
Tipos de control biológico .....	17
Parasitoides y depredadores .....	17
Plantas repelentes y compuestos fitoquímicos.....	17
Componentes de extractos botánicos.....	18
Extracto de gobernadora ( <i>Larrea tridentata</i> L.).....	18
Extracto de mostaza .....	19
MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
Ubicación del experimento .....	19
Fitopatógenos.....	19
Extractos Botánicos .....	20
Diseño experimental .....	20
Evaluación de la efectividad biológica de <i>L. tridentata</i> y <i>S. alba</i> sobre <i>F. oxysporum</i> , <i>F. chlamidosporum</i> y <i>F. verticillioides</i> .....	20
Crecimiento e inhibición micelial.....	21
Conteo de esporas.....	21
Análisis estadísticos.....	22

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
CONCLUSIONES .....	28
LITERATURA CITADA.....	29

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Porcentaje de inhibición de crecimiento micelial de <i>F. oxysporum</i> , evaluado con extracto de mostaza y gobernadora a diferentes concentraciones.	23
<b>Cuadro 2.</b> Porcentaje de inhibición de crecimiento micelial de <i>F. verticillioides</i> , evaluado con extracto de mostaza y gobernadora a diferentes concentraciones.	23
<b>Cuadro 3.</b> Porcentaje de inhibición del crecimiento micelial de <i>F. chlamidosporum</i> , evaluado con extracto de mostaza y gobernadora a distintas concentraciones. ..	24
<b>Cuadro 4.</b> Concentración letal media, límites fiduciales y ecuación de predicción de los tratamientos.....	25
<b>Cuadro 5.</b> Comparación del número de esporas de <i>F. oxysporum</i> , ante los diferentes tratamientos utilizados.....	26
<b>Cuadro 6.</b> Comparación de número de esporas de <i>F. verticillioides</i> ante los diferentes tratamientos.....	26
<b>Cuadro 7.</b> Comparación de número de esporas de <i>F. chlamidosporum</i> ante los diferentes tratamientos.....	27

## RESUMEN

La producción de semillas y granos ha sido un área de suma importancia económica en el crecimiento de la agricultura y la vida social de nuestro país, pero sin lugar a duda existen factores que merman la calidad de las producciones que han sido obtenidas. El ataque de diferentes patógenos en especial los hongos hacia los productos obtenidos han sido una preocupación constante para quienes forman parte del proceso desde el campo hasta el consumo, gracias a esto, la búsqueda de nuevos métodos de control ha ido en aumento tratando de obtener productos más amigables y así poder disminuir el uso desmedido de los productos químicos que el mercado ofrece. Por esta razón, con la finalidad de hacer una evaluación de los diferentes efectos que brindan algunos extractos botánicos como la gobernadora (*Larrea tridentata*) y la mostaza (*Sinapsis alba*), se reactivaron algunas cepas de hongos fitopatógenos (*Fusarium oxysporum*, *Fusarium verticillioides* y *Fusarium chlamidosporum*), en condiciones *in vitro*, se colocó un explante de estas cepas en medio de cultivo envenenado manejando diferentes concentraciones del extracto a evaluar, 10, 50, 100, 250 ppm (mostaza) y 700, 1500, 2500 y 3500 ppm (gobernadora), así mismo un testigo absoluto, con cuatro repeticiones para cada una de las concentraciones. Para las variables se realizó una prueba de comparación de medias con Tukey ( $\alpha=0.05$ ), y para los porcentajes de inhibición se determinó la  $CI_{50}$  mediante un PROBIT. Después de haber obtenido los resultados se determinó que los extractos tuvieron una inhibición favorable en el control de crecimiento de los hongos, cada hongo presentó diferente inhibición de acuerdo a la concentración que fue usada, por tal razón, los extractos pueden ser considerados eficientes en un plan de manejo integrado, esto de acuerdo al hongo que se quiera controlar.

### **Palabras Clave:**

Inhibición, extractos vegetales, esporas, fitopatógenos, control.

## ABSTRACT

The production of seeds and grains has been an area of great economic importance in the growth of agriculture and social life in our country, but undoubtedly there are factors that undermine the quality of the productions that have been obtained. The attack of different pathogens, especially fungi to the products obtained has been a constant concern for those who are part of the process from the field to consumption, thanks to this, the search for new control methods has been increasing trying to obtain more friendly products and thus reduce the excessive use of chemicals that the market offers. For this reason, in order to evaluate the different effects provided by some botanical extracts such as the mustard (*Sinapsis alba*) and creosote bush (*Larrea tridentata*), some strains of phytopathogenic fungi (*Fusarium oxysporum*, *Fusarium verticillioides* and *Fusarium chlamidosporum*) were reactivated, In vitro conditions, an explant of these strains was placed in poisoned culture medium with different concentrations of the extract to be evaluated, 10, 50, 100, 250 ppm (mustard) and 700, 1500, 2500 and 3500 ppm (governor), as well as an absolute control, with four replicates for each of the concentrations. For the variables, a mean comparison test was performed with Tukey ( $\alpha=0.05$ ), and for the inhibition percentages, the CI50 was determined by means of a PROBIT. After obtaining the results it was determined that the extracts had a favorable inhibition in the control of fungal growth, each fungus presented different inhibition according to the concentration that was used, for this reason, the extracts can be considered efficient in an integrated management plan, this according to the fungus to be controlled.

### **Key words:**

Inhibition, plant extracts, spores, plant pathogens, control.

## INTRODUCCIÓN

El buen manejo de granos y semillas desde que son cosechados hasta que llegan al consumidor final son de suma importancia, por lo tanto, son necesarias una serie de actividades durante ese proceso de cosecha hasta el consumo. La planta, bodega o silos de semilla se reciben generalmente a granel y dependiendo de la capacidad de la planta que los recibe son tomados de inmediato o son almacenados por algún tiempo, para posteriormente ser distribuidos (Ruiz y Hernández, 2024).

El almacenamiento de semillas tiene como objeto principal el mantener la calidad de la semilla, protegiendo la integridad de cada grano de las diferentes amenazas que se encuentran en su almacenamiento (Ruiz y Hernández, 2024). Suele ser un ecosistema en donde interactúan roedores, aves y diferentes microorganismos como hongos, algunas bacterias, protozoarios e insectos. Cada uno de estos son causantes de importantes pérdidas en la calidad de los granos almacenados, los efectos más importantes sin lugar a duda están en función de la especie, el ciclo biológico, el comportamiento y la densidad de población del patógeno (Aguilera, 2017).

La diversidad de especies se ve beneficiada en áreas con altos índices de humedad y temperatura, dichos factores afectan en el incremento de la población que busca ser controlada, por otra parte, algunos ingredientes activos pueden ser usados buscando el control de los diferentes patógenos, pero con el tiempo disminuye su efectividad y el uso continuo puede ser un causante de resistencia en las poblaciones (Aguilera, 2017).

Una alternativa para el control de patógenos en los granos almacenados son los extractos naturales de diferentes plantas, dicho control se debe principalmente a la presencia de los diferentes metabolitos secundarios, los cuales están sintetizados en los vegetales como parte del mecanismo de defensa, esa diversidad de componente en los extractos explica su amplio espectro en la actividad biológica (Regnault *et al.*, 2004). Actualmente, los extractos vegetales que contienen propiedades fungistáticas (inhibición del desarrollo del hongo) y/o fungicidas (destrucción del hongo) tienen grandes ventajas y una de ellas es que no causan una resistencia en el patógeno, son biodegradables y no son contaminantes (Regnault *et al.*, 2004).

### **Objetivo general**

- Evaluar el efecto inhibitorio *in vitro* de extractos vegetales Gobernadora (*Larrea tridentata*) y mostaza (*Sinapsis alba*), sobre el desarrollo de hongos fitopatógenos *Fusarium oxysporum*, *Fusarium verticillioides* y *Fusarium chlamidosporum*.

### **Objetivo Específico**

- Determinar la concentración letal media (CL<sub>50</sub>) inhibitoria del extracto de Gobernadora (nombre científico) contra *Fusarium oxysporum*, *F. verticillioides* y *F. chlamidosporum*.
- Determinar la concentración letal media (CL<sub>50</sub>) inhibitoria de los extractos de mostaza (*Sinapsis alba*) contra *F. oxysporum*, *F. verticillioides* y *F. chlamidosporum*.

### **Hipótesis**

- Al menos uno de los extractos vegetales Gobernadora (*Larrea tridentata*) y mostaza (*Sinapsis alba*) inhibirán el crecimiento y desarrollo de *F. oxysporum*, *F. verticillioides* y *F. chlamidosporum*.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Aspectos generales del cultivo

#### Maíz

Se considera que el maíz fue una de las primeras plantas domesticas por los primeros pobladores del continente americano, una de las evidencias más antiguas que se tienen del maíz como alimento proviene de algunos sitios arqueológicos de México, donde fueron encontradas algunas pequeñas mazorcas con una antigüedad estimada de 5,000 años (Reyes C., 1990; Paliwal, R.L. FAO, 2001).

El maíz es uno de los pocos cultivos que puede ser sembrado en una gran variedad de climas, suelos, altitudes y latitudes; sus usos son muy variados en el área alimenticia como también en la industrial, además cabe decir que el maíz es la mayor fuente de almidón a nivel mundial (DHAOGTR, 2008). En México es una parte fundamental de la dieta de sus habitantes y ha sido consumido por su población desde tiempos ancestrales y fue un factor importante en el asentamiento y desarrollo de las primeras culturas mesoamericanas, el consumo per cápita es de 335.2 kg al año, junto con el trigo y el arroz, constituye uno de los recursos renovables más relevantes en la historia de la humanidad (SIAP, 2023).

#### Clasificación taxonómica del cultivo

El maíz pertenece a la familia de las Gramíneas (*Poáceas*), Genero *Zea* y a la especie *Zea mays*, que es la única especie cultivada de este género (Bedoya, 2010).

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Angiosperma*

Orden: *Poales*

Familia: *Poaceae*

Género: *Zea*

Especie: *Zea mays*

### **Importancia productiva**

El maíz es uno de los pocos cultivos que son sembrados en una gran cantidad de países, como China, Estados Unidos, Brasil, India, Unión Europea y México, este ocupando el sexto lugar con 7.3 millones de hectáreas (ha) de superficie sembrada y el octavo en cuanto a producción con 28 millones de toneladas (t) (USDA, 2022).

Anualmente en México se siembran en promedio 7,000,000 ha de maíz para grano, teniéndose una muy pequeña fluctuación, con una producción en promedio de 26.20 millones de toneladas (SIAP, 2023). Se ha observado un notable incremento del rendimiento en el territorio nacional ya que de las 1.83 ton/ha que eran obtenidas en 1980, se ha incrementado a 4.07 ton/ha en 2023, lo que representa un incremento del 120% (SIAP, 2022).

### **Triticale**

El triticale es un cereal que fue obtenido artificialmente por el hombre a partir del cruzamiento del trigo (*Triticum* ssp.) con centeno (*Secale* ssp), con la creación de este nuevo cereal se pretendió combinar, calidad, rendimiento y productividad del trigo y el vigor y rusticidad del centeno, lo que aporta resistencia a sequías, bajas temperaturas y diferentes limitantes del suelo (Mellado *et al.*, 2008).

### **Importancia productiva**

En México, la superficie dedicada a la siembra de triticale bajo condiciones de temporal durante los años 2004 hasta 2009, no superaron las 300 ha. a partir del año 2011 se dio inicio a la siembra para la producción de forrajes en 70 ha, para el 2012 tuvo un incremento de 2,764 ha (SIAP, 2012). los valores nutrimentales de este cultivo lo convirtieron en uno de los más importantes en la alimentación ganadera, ya que presenta gran aprovechamiento forrajero (Ferrari *et al.*, 2018; Riasat, 2019).

### **Clasificación taxonómica**

El triticale ha sido clasificado de la siguiente manera:

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Liliopsida*

Orden: *Poales*

Familia: *Poaceae*

Género: *Triticosecale*

Especie: *Triticum aestivum* L.

El tipo de clasificación del cultivo puede ser de tres maneras: tipo de cruzamiento, número de cromosomas que posee y por la presencia o ausencia de la dotación cromosómica del centeno (Royo, 1992).

### **Los granos almacenados**

La práctica del ensilaje dio inicio hace 3,000 años, la primera referencia formal sobre la conservación del forraje verde data del año 1786, para 1842 el ensilaje de gramíneas y leguminosas dentro de fosas había dado inicio en Londres, años después en Estados Unidos (EUA) se inicia con ensilaje de maíz y posteriormente con ensilajes de gramíneas, raíces, tubérculos, hierbas frescas y finalmente con leguminosas (Chaverra y Bernal, 2000).

### **Los granos almacenados en México**

Los granos una vez que son cosechados demandan una serie de cuidados especiales por su alto valor económico, alimenticio, agrícola e industrial, por lo que ha sido necesaria su conservación por medio del almacenamiento (ASERCA, 2018). México se destaca como uno de los principales productores de maíz en grano, ocupando el séptimo lugar a nivel mundial, con una producción de 26,553,239 t. para el caso del trigo en grano se contó con una producción estimada de 3,610,847 t (SIAP, 2023).

### **Enfermedades en granos almacenados**

El almacenamiento de granos es una etapa sensible y vital en la cual se le brinda al grano un lugar con las condiciones necesarias, aún así pueden ocurrir diversos problemas que están relacionados con la preservación de los alimentos, se estima que se tienen pérdidas entre el 25 y 30 % de los cereales durante la poscosecha ya

que, puede sufrir de daños por la acción de ciertas plagas (roedores, pájaros e insectos), por condiciones climáticas (humedad, calor excesivo) he incluso verse afectados por diferentes patógenos como son bacterias y hongos entre lo que se encuentran *Aspergillus* spp. *Penicillium* spp. *Alternaria* spp. y *Fusarium* spp. (Blancas, 2007; Collantes, 2011; FAO, 2010; Garon *et al.* 2006).

### **Hongos en granos almacenados**

Los cereales que son destinados para el consumo del ganado se ven afectados por algún tipo de hongo, de acuerdo a algunos estudios se estima que el 25 al 40% de esos granos contienen algún hongo y esto debido a las condiciones de humedad y temperatura que contiene el grano (FAO, 2020). Garon y colaboradores en el 2006, hicieron un reporte que resalta los principales hongos asociados al ensilaje de granos, entre los cuales se encuentra *A. falvus*, *A. fumigatus*, *F. verticillioides* y *F. proliferatum*.

Por otra parte, en México, Centro América y Brasil, los ensilajes de maíz se ven afectados por: *Mucor* spp., *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp., *Fusarium* spp., *Alternaria* spp., *Cladosporium* spp. y *Geotrichum* spp., cada uno de estos hongos son capaces de producir micotoxinas, las cuales son causantes de enfermedades e inclusive la muerte tanto en humanos como en los animales (Reyes-Velázquez *et al.*, 2008; Keller *et al.*, 2012; Alpizar, 2015). Particularmente los hongos del género *Fusarium* spp. son capaces de colonizar e infectar las plantas del maíz lo que ocasiona infecciones asintomáticas, esas infecciones ocurren sistemáticamente en la planta del maíz, lo cual daña en su mayoría los tejidos (Silva *et al.*, 2004; Desjardins *et al.*, 2000)

### ***Fusarium* spp**

- Podredumbre de raíces
- Pudrición por *Fusarium*
- Marchitez por *Fusarium*

### **Distribución**

Es un hongo que cuenta con una distribución cosmopolita y es endémico de las zonas maiceras del mundo, el género *Fusarium* afecta a diferentes cultivos como

son maíz (*Zea mays* L.) trigo (*Triticum* spp.), avena (*Avena sativa* L.), cebada (*Hordeum vulgare* L.) (Santos-Gerardo *et al.*, 2017), en México se encuentra distribuido en varios estados que tengan plantíos de maíz (Mendoza *et al.*, 2003).

### **Generalidades del hongo**

Los hongos del genero *Fusarium* son muy agresivos en climas húmedos y con una temperatura que ronde los 25° a 30°C, las enfermedades causadas por *Fusarium* se hacen más severas cuando existe un desbalance de nitrógeno en relación con el potasio (Herbario virtual, 2020). Además, las diferentes especies del género *Fusarium* producen una diversidad de tipos de micotoxinas esto especialmente en granos almacenados (Logrieco *et al.*, 2002; Desjardinsm 2006; Nesic *et al.*, 2014).

Estas micotoxinas son capaces de inducir efectos tóxicos agudos y crónicos que suelen estar relacionados con el tipo de toxina, la exposición, las especies animales que son expuestas y la edad de estas (Castro, 2015; Serrano-Coll & Cardona-Castro, 2015). Las micotoxinas actúan como “asesinos silenciosos”, ya que su ingesta en pequeñas dosis no son causantes de síntomas clínicos perceptibles, pero con el tiempo la acumulación de esa ingesta puede traer graves consecuencias sobre la calidad y durabilidad de la vida (Requena *et al.*, 2005).

### **Micotoxinas**

Son metabolitos secundarios liberados por hongos, son contaminantes de productos agrícolas ante, durante y después de la cosecha, estas micotoxinas presentan una toxicidad para los animales y los seres humanos, las más comunes son: aflatoxinas B1, B2, M1, ocratoxinas, zearalenona, fumosinas y tricotecenos, a estos se le conoce como contaminantes tóxicos emergentes, que llaman la atención mundial por las pérdidas económica y las afecciones a la salud humana y animal ocasionando problemas hepáticos, disminución en la producción, pérdida de peso e incluso la muerte en ejemplares jóvenes los cuales suelen ser más vulnerables (Godswill *et al.*, 2021; Ramos *et al.*, 2015).

### **Aflatoxinas**

Es una micotoxinas producida principalmente por el hongo del género *Aspergillus* y pueden infestar algunos cultivos, alimentos y productos agrícolas, las aflatoxinas

son las más importantes en cuanto a su aparición, impacto animal y humano, toxicidad y abundancia, tienen efectos carcinogénicos en aves, roedores, primates, cerdos y rumiantes (Godswill *et, al.*, 2021).

### **Zearalenona**

Presenta alta actividad estrogénica, su ingestión no causa daños severos, pero sus efectos estrogénicos y anabólicos ocasionan problemas de reproducción muy fuertes en todas las especies animales (Krska, 1999). Puede ser encontrada como contaminante natural en granos de maíz, cebada, trigo, avena, sorgo, semilla de sésamo y ensilados, los principales síntomas son vulvas dilatadas y enrojecidas (vulvovaginitis y edemas de vulva), las cerdas son altamente sensibles a esta micotoxina en especial las jóvenes (Gimeno y Lúgia, 2011).

### **Fumonisina**

Son una familia de micotoxinas cancerígenas y tóxicas, están relacionadas con la leucoencefalomalacia equina en caballos, el edema pulmonar porcino y la hipertrofia de la arteria pulmonar en cerdos (Wu *et, al.*, 2014; Haschek *et, al.*, 2001; Escrivá *et, al.*, 2015). Estas toxinas inhiben la biosíntesis de los esfingolípidos e interfieren con el metabolismo de la esfingosina y esfinganina lo cual da lugar a una perturbación de los esfingolípidos, los cuales constituyen el hígado y las lipoproteínas (Gimeno y Lúgia, 2011).

### **Tricotecenos**

Son contaminantes naturales en distintos cereales (maíz, cebada, sorgo, avena, trigo, arroz, centeno) y algunos subproductos de cereales, el síndrome causado por este tipo de toxina es el gastroentérico, los sistemas y órganos afectados son el sistema nervioso, circulatorio y la piel, los tricotecenos tienen una potente actividad inmunosupresiva e inhiben la síntesis proteica seguida de una interrupción secundaria de la síntesis del ADN y ARN (Gimeno y Lúgia, 2011).

## **Métodos de control**

### **Control químico**

Es el más común en el sector agrícola y tiene a su favor distintos ingredientes activos que han ido en aumento, entre los que se destacan las ftalimidas y los

ditiocarbamatos de generación intermedia, caracterizados por tener múltiples sitios de acción (Laatikainen y Heinonen-Tanski, 2002). El uso de productos químicos, puede ser altamente efectivo para el control de enfermedades, sin embargo, los elevados costos y las afectaciones al medio ambiente ha causado una búsqueda de métodos alternativos (Dhanasekaran, *et al.*, 2012).

### **Control Biológico**

Ha surgido como alternativa del control químico y son enemigos naturales de plagas y patógeno, se utilizan con el fin de reducir o eliminar los efectos nocivos sobre las plantas (Beneduzi, *et al.*, 2012). El principio básico del control biológico es el control de las plagas agrícolas y de los insectos que son transmisores de enfermedades, al ser un método racional y amigable con el medio ambiente, no deja residuos en las plantas ni en los alimentos que serán consumidos más adelante (EMBRAPA, 2018).

#### **Tipos de control biológico**

##### **Parasitoides y depredadores**

En México los primeros registros del uso de parasitoides y depredadores fue a inicios del siglo XX, a partir de ese tiempo las especies más utilizadas son: los himenópteros, lepidópteros parasitoides, hemípteros, dípteros, coleópteros depredadores de plagas exóticas y nativas que son relevantes en cultivos de importancia económica (Montesinos y Matías *et al.*, 2020).

Los parasitoides son organismos que atacan generalmente a otros organismos del mismo tamaño, estos parasitoides se desarrollan dentro o sobre el organismo de interés y por lo regular el organismo que es atacado muere, por otra parte, los depredadores consumen organismos que pueden ser denominados presas y en su mayoría son más pequeños, todas estas especies que son empleados como control son producidas por el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (Cancino *et al.*, 2019).

##### **Plantas repelentes y compuestos fitoquímicos**

Existen plantas que se defienden de algunos enemigos naturales a través del uso combinado de mecanismos de defensa directos e indirectos, esos mecanismos son

rasgos que están presentes de manera continua en la planta, gracias a estos mecanismos dichas plantas se han tomado en cuenta y han sido utilizadas para el control de insectos, bacterias y hongos (Sun *et al.*, 2020).

Los productos derivados de esas plantas generalmente son biodegradables y se caracterizan por no causar un desequilibrio en los ecosistemas (Lannacone y Reyes, 2001). Entre las especies vegetales más usadas en el control de patógenos se encuentra: el ajo (*Allium sativum*), higuera (*Ricinus communis*) y gobernadora (*Larrea tridentata*) (Pavela, 2016).

### **Componentes de extractos botánicos**

El metabolismo de las plantas es responsable de la síntesis de numerosas sustancias que son bioactivas, gracias a esto se han creado extractos que contienen una multitud de esas sustancias, las cuales incluyen alcaloides, glucósidos, lípidos, glucosinolatos, cianogénicos, fenólicos, terpenos, polieninos y poliacetilenos, cada una de estas moléculas ha sido explorada y se ha implementado su uso en el manejo integrado de plagas y patógenos (Isman, 2000). Se ha demostrado también que los extractos botánicos, tienen una actividad biológica en contra de algunos patógenos fúngicos de plantas, tanto en condiciones *in vitro* como en *vivo* y pueden utilizarse como productos bio-fungicidas (Romanazzi *et al.*, 2012).

Los mecanismos de acción de las sustancias bioactivas son variables: los fenoles tienen una inhibición enzimática por oxidación de compuestos en diferentes microorganismos, los terpenos y aceites esenciales pueden causar un rompimiento de la membrana a través de sus compuestos lipofílicos, los alcaloides se intercalan con el DNA, las lectinas y polipéptidos pueden formar canales iónicos en la membrana microbiana o causan la inhibición competitiva por adhesión de proteínas microbianas a los polisacáridos receptores del hospedero (Zaker, 2016).

### **Extracto de gobernadora (*Larrea tridentata* L.)**

De los recursos más usados en el control de plagas, específicamente de hongos fitopatógenos es *Larrea tridentata* L., dicha planta es nativa de las zonas áridas y semiáridas de Norteamérica; en el caso de México se encuentra distribuida comúnmente en el norte del país (Nellessen, 2004).

La parte más usada de la planta son los compuestos que se extraen de la resina que cubre las hojas y los tallos jóvenes, al usarse en conjunto llegan a producir un eficaz y potente antioxidante el cual tiene como ingrediente principal el ácido nordihidroguaiarético (ADGN), el cual posee una efectiva actividad antifúngica (Arteaga *et al.*, 2005).

Además, se han realizado numerosos estudios, los cuales han demostrado que las resinas que son extraídas de *L. tridentata* son efectivas como fungicidas sobre diferentes tipos de hongos fitopatógenos (*Rhizoctonia* spp., *Fusarium* spp., *Pythium* spp., *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp.) esto en condiciones *in vitro*, también se ha confirmado que extractos y material vegetativo puede ser incorporado al suelo, para inhibir o controlar algunos tipos de hongos en cultivos agrícolas (Lira *et al.*, 2003; Vargas *et al.*, 2006; Jasso *et al.*, 2007).

### **Extracto de mostaza**

*Brassica alba* L. o *Sinapsis alba* L. tiene su origen en el sur de Europa, en la actualidad es cultivada en diferentes países: Australia, China, Chile, Japón, Inglaterra, Canadá y Estados Unidos (Divakaran y Babu, 2016). Es una planta que ha sido ampliamente usada en diferentes áreas, en la gastronomía, medicina y recientemente en la agricultura como controladora de plagas, lo cual está atribuido a su contenido de glucosinolatos (Peng *et al.*, 2014).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Ubicación del experimento**

La presente investigación fue realizada en el laboratorio de Toxicología del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en Saltillo, Coahuila, México.

### **Fitopatógenos**

Las cepas de *Fusarium oxysporum*, *F. chlamidosporum* y *F. verticillioides*, fueron proporcionadas por la Dra. Jazmín Velázquez de su colección de hongos fitopatógenos del laboratorio de Toxicología de la UAAAN. estos se reactivaron en cajas Petri de 8.5 cm de diámetro, en medios de cultivo PDA – Bioxon® (Papa –

Dextrosa – Agar), como también agar maíz, con la ayuda de un sacabocados y una aguja de disección se procedió a colocar un explante de 5 mm de diámetro en la parte central de cada caja, esterilizando la aguja y el sacabocados después de cada colocación del explante, posteriormente cada una de las cajas fue sellada con papel film y fueron colocadas en una incubadora a una temperatura de 27° C. hasta poder tener un crecimiento visible dentro de cada una de las cajitas.

### **Extractos Botánicos**

Fueron evaluados dos extractos de origen vegetal, Gober® (*L. tridentata* L.), y Mostaza (*Sinapis alba* L.), los cuales fueron proporcionados por la empresa CULTA S. A de C. V.

### **Diseño experimental**

Fue utilizado un diseño completamente al azar en el que fueron evaluadas cuatro concentraciones diferentes para cada uno de los extractos botánicos, para el extracto de gobernadora fueron usadas las concentraciones de 700, 1500, 2500 y 3500 partes por millón (ppm) y para el extracto de mostaza fueron usadas las concentraciones de 10, 50, 100 y 250 ppm, también se obtuvo un testigo absoluto (únicamente con PDA) el cual nos indicaría el crecimiento libre de cada hongo, cada uno de los tratamientos estuvo conformado de cuatro repeticiones.

### **Evaluación de la efectividad biológica de *L. tridentata* y *S. alba* sobre *F. oxysporum*, *F. chlamidosporum* y *F. verticillioides*.**

La actividad fúngica de los extractos botánicos utilizados, fue realizada mediante la técnica de dilución en agar (Guerrero *et al.*, 2007). En matraces Erlenmeyer se vertió agua destilada y así poder adicionar las cantidades de PDA siguiendo las recomendaciones del fabricante BIOXON®, los matraces fueron tapados con papel aluminio y se agitaron suavemente para disolver la materia sólida, los matraces fueron colocados en una olla de presión a 121 °C y a una presión de 15 psi (In in<sup>-2</sup>) durante 15 minutos, para lograr la esterilización de cada uno de ellos. Una vez que los matraces fueron sacados de la olla, se dejaron enfriar hasta 45 °C para así adicionarles las distintas concentraciones del extracto a evaluar, para el extracto de Gobernadora y mostaza se utilizaron las concentraciones ya antes mencionadas.

Después de haber sido adicionadas las concentraciones, cada frasco fue agitado durante tres minutos para homogenizar y realizar el vaciado en cajas Petri de 8.5 cm de diámetro, para que el medio se solidificara las cajitas se dejaron enfriar durante 24 hrs a temperatura ambiente y después se les colocaron explantes de 5 mm de diámetro de cada una de las cepas (*F. oxysporum*, *F. chlamidosporum* y *F. verticillioides*).

### **Crecimiento e inhibición micelial**

El crecimiento radial del micelio de cada hongo fue medido cada 24 horas, utilizando un vernier digital milimétrico y se tomaron medidas hasta que el testigo cubrió el diámetro de la caja con crecimiento micelial, lo cual nos indicaría que ya debíamos dejar de medir. Con la metodología empleada por Bautista *et al.* (2002), se tomaron dos lecturas radiales cruzadas a partir del segundo día de la siembra, las medidas fueron promediadas y el promedio fue reportado en centímetros (cm), el porcentaje de inhibición correspondió a los valores finales y se calculó con la fórmula de Bautista *et al.* (2002), citados por Ochoa *et al.* (2002):

$$\% \text{ de inhibicion} = \frac{dc - dt}{dc} \times 100$$

Donde **dc** es el diámetro promedio en centímetros del crecimiento micelial del control, y **dt** es el diámetro del crecimiento micelial con los diferentes extractos (Kishore *et al.*, 1996).

### **Conteo de esporas**

Una vez terminadas las mediciones, al día siguiente se dio inicio el conteo de esporas de cada una de las repeticiones evaluadas, para llevar a cabo ese conteo, fueron colocados 10ml de agua destilada en tubos falcón los cuales fueron esterilizados en autoclave, una vez enfriada el agua ya esterilizada y con la ayuda de un sacabocados de 5mm de diámetro se obtuvieron 5 explantes, los cuales fueron colocados dentro de cada uno de los tubos, cabe resaltar que cada uno de los tratamientos contaba con un tubo diferente para su prueba, el cual fue previamente etiquetado con la concentración del tratamiento. Una vez colocados los explantes y con la ayuda de un vortex, se agitaron los tubos para que las esporas

de cada uno de los hongos fueran desprendidas y así poder obtener una suspensión homogénea, enseguida se colocaron 15µl de la suspensión de esporas en una cámara de Neubauer y se procedió a contar las esporas con la ayuda de un microscopio en un objetivo ocular de 100X.

### **Análisis estadísticos**

Una vez obtenidos los datos del porcentaje de inhibición, se realizó un análisis PROBIT en SAS (Statistical Analysis Software) versión 9.1 y se corrió un análisis de varianza, así como también una prueba de Tukey con probabilidad de 0.05, esto nos ayudaría a determinar la concentración letal media (CL50) y la (CL95) para cada uno de los fitopatógenos con cada uno de los extractos.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

De acuerdo con los resultados del cuadro 1 para la cepa de *F. oxysporum* el tratamiento de mostaza a una concentración de 250 ppm tuvo una mayor inhibición, sin embargo, los resultados de las concentraciones 50 y 100 ppm son similares a los reportados por Singh *et al.* (2017), quienes probaron diferentes productos botánicos para el control de *F. oxysporum*, donde la mostaza tuvo una inhibición del 93.75% del hongo, de la misma manera, Nasrin *et al.* (2018) reportaron una inhibición micelial por encima del 90% de *F. oxysporum*, usando un extracto de *Calotropis procera* (flor manzana de Sodoma). Por otra parte, para el extracto de gobernadora tenemos un porcentaje del 70% y esto a una concentración de 3500 ppm, al respecto Tequida-Meneses y colaboradores en el 2002 desarrollaron una evaluación antifúngica del extracto de gobernadora obteniendo resultados muy similares a los presentados en este trabajo, en donde la inhibición fue por encima del 70% del crecimiento del hongo.

<b><i>F. oxysporum</i></b>			
<b>Concentración</b>	<b>Mostaza</b>	<b>Concentración</b>	<b>Gobernadora</b>
<b>10 ppm</b>	65.21 a	700 ppm	49.9 a
<b>50 ppm</b>	81.02 b	1500 ppm	67.04 a
<b>100 ppm</b>	90.58 b	2500 ppm	68.57 a
<b>250 ppm</b>	91.73 b	3500 ppm	71.13 b
<b>TA</b>	0.0 c	TA	0.0 c

**Cuadro 1.** Porcentaje de inhibición de crecimiento micelial de *F. oxysporum*, evaluado con extracto de mostaza y gobernadora a diferentes concentraciones.

En el cuadro 2 se aprecia que el extracto de mostaza presentó mayor inhibición en la concentración de 250 ppm ya que el extracto de gobernadora inhibió únicamente 74.90 a una concentración de 3500 ppm. Al respecto Drakopoulos en el 2020 evaluó diferentes extractos de mostaza, obteniendo inhibiciones de más del 50, 80 y hasta el 90% del crecimiento micelial en *F. graminearum* lo cual afirma que los extractos de mostaza tienen una inhibición directa sobre este hongo. Hosen y Shamsi (2019) encontraron actividad antifúngica significativa contra hongos del género *Fusarium* usando extractos de *Allium sativum* (ajo), obteniendo una inhibición por encima del 50%, similar a la inhibición que se obtuvo en nuestro estudio con el extracto de gobernadora en la dosis más baja (700 ppm).

<i>F. verticillioides</i>			
Concentración	Mostaza	Concentración	Gobernadora
10 ppm	49.28 a	700 ppm	44.29 a
50 ppm	64.89 a	1500 ppm	62.39 ab
100 ppm	80.68 ab	2500 ppm	66.75 ab
250 ppm	84.72 b	3500 ppm	74.90 b
TA	0.0 c	TA	0.0 c

**Cuadro 2.** Porcentaje de inhibición de crecimiento micelial de *F. verticillioides*, evaluado con extracto de mostaza y gobernadora a diferentes concentraciones.

Para la cepa de *F. chlamidosporum* (cuadro 3) el extracto que tuvo un mejor control fue el de gobernadora teniendo una inhibición del 100% del crecimiento radial del hongo a 3500 ppm, sin embargo, el extracto de mostaza tuvo una inhibición alrededor de 93% a 250 ppm, estos resultados fueron similares a los obtenidos por Guedez y colaboradores (2014) quienes descubrieron que usando extracto de canela a una concentración del 2.5% se podía obtener a inhibición del crecimiento del hongo del 100% esto sobre *F. solani*, así mismo usaron una concentración del 1% sobre el mismo hongo y se obtuvo una inhibición entre el 80.9% y 83.5% algo similar a los resultados obtenidos con el extracto de gobernadora sobre *F. chlamidosporum* por su parte Chávez y Aquino (2012) reportaron una inhibición del

100% del crecimiento micelial usando un extracto de ajo sobre cepas de *Fusarium* spp.

Los resultados que fueron obtenidos dentro de este trabajo son similares a los de Tequida y colaboradores en el 2002, donde fueron evaluados diferentes extractos etanolitos de *L. tridentata* aplicados sobre *F. poae* y *F. verticillioides* donde se obtuvo un rango inhibitorio de 41.5 hasta un 100%, nuestros resultados son similares a la evaluación de López y colaboradores en el 2005, donde fue usado extracto de *L. tridentata* al 5 y 10% de concentración, obteniendo una inhibición del 81.3 y 92.7 % sobre *F. oxysporum* f. sp. *Lycopersici*.

<b><i>F. chlamidosporum</i></b>			
<b>Concentración</b>	<b>Mostaza</b>	<b>Concentración</b>	<b>Gobernadora</b>
<b>10 ppm</b>	72.96 a	700 ppm	93.76 a
<b>50 ppm</b>	81.93 a	1500 ppm	93.50 a
<b>100 ppm</b>	83.50 a	2500 ppm	94.24 a
<b>250 ppm</b>	93.42 a	3500 ppm	100 a
<b>TA</b>	0.0 b	TA	0.0 b

**Cuadro 3.** Porcentaje de inhibición del crecimiento micelial de *F. chlamidosporum*, evaluado con extracto de mostaza y gobernadora a distintas concentraciones.

De acuerdo a la inhibición vista en las cepas que fueron evaluadas en este trabajo, el efecto fue en aumento de acuerdo a la concentración aplicada, es decir, que la afectación del extracto hacia el crecimiento es directamente proporcional. Este efecto también fue reportado por De Rodríguez *et al.* (2007), donde fueron evaluados extractos etanólicos de diferentes plantas contra *F. oxysporum*, donde según el aumento de concentración del extracto de la planta, aumento la inhibición en el crecimiento micelial.

Así mismo, fue calculada la dosis letal media para los extractos que fueron evaluados ante las diferentes cepas de *Fusarium* (Cuadro 4) donde las CL<sub>50</sub> más baja del extracto de gobernadora fue de 1950 ppm, ante la cepa de *F. oxysporum*, estos resultados son muy similares a los obtenidos por García (2018) en donde se reportó que *F. oxysporum* requirió concentraciones que van desde las 940 a 4040 ppm para su Cl<sub>50</sub> con un extracto de cítricos, para el caso del extracto de mostaza

que fue evaluado en este trabajo la concentración fue de 595 ppm ante la cepa correspondiente a *F. chlamidosporum*, cabe resaltar que aunque todas las cepas son del género *Fusarium*, la especie de cada una es un factor determinante en la producción de esporas y la susceptibilidad que pueden tener ante los extractos.

CEPA	P. A.	Ppm		LFI	LFS	CL95	Ec. Predicción	P-valor
		CL50						
F.O	Gobernadora	1950	-	-	5.218	Y=-2.1036+ 0.6394	0.0031	
F.V	Gobernadora	440.97	-	-	1.09	Y=-1.6692+ 0.6312	0.0191	
F.C	Gobernadora	2495	706.72	107153	5.32	Y=-2.0923 +0.6159	0.001	
F.O	Mostaza	9205	-	-	5.16	Y=-2.0055 + 0.5059	0.1979	
F.V	Mostaza	6696	-	-	5.32	Y=-2.0305 + 0.5307	0.3685	
F.C	Mostaza	595	-	-	1261	Y-0.6872 + 0.3088	0.7703	

**Cuadro 4.** Concentración letal media, límites fiduciales y ecuación de predicción de los tratamientos.

En cuanto a la esporulación de la cepa de *F. oxysporum* (cuadro 5) ambos extractos tuvieron una reducción gradual del número de esporas conforme las ppm de los extractos, esto se relaciona con lo reportado por Yehia y Ahmed (2013) quienes reportaron un mayor control del patógeno si la concentración es más alta, esto con respecto al producto que está siendo utilizado. Así que, las concentraciones tanto de mostaza como de gobernadora a altas concentraciones obtuvieron una inhibición de más del 60% en la formación de esporas, dichos datos coinciden con Sharma *et al.* (2009) quienes evaluaron extractos de *Capparis decidua* (Karira), *Lantana camara* (Flor de fuego) y *Tridax procumbens* (Romerillo) sobre la formación de esporas en *F. oxysporum* obteniendo valores por encima del 70% y en algunos casos lograron el 100% de inhibición.

***F. oxysporum* (esporas)**

Concentración	Mostaza	Concentración	Gobernadora
10 ppm	1 250 000 a	700 ppm	2 550 000 a
50 ppm	850 000 a	1500 ppm	2 325 000 a
100 ppm	750 000 a	2500 ppm	2 175 000 a
250 ppm	500 000 a	3500 ppm	875 000 a
TA	3 125 000 a	TA	3 125 000 a

**Cuadro 5.** Comparación del número de esporas de *F. oxysporum*, ante los diferentes tratamientos utilizados.

En el cuadro 6 se puede observar que el número más bajo de esporas por mililitro corresponde al extracto de gobernadora a 3500 ppm siendo 5 veces menor respecto al testigo, por otra parte, el extracto de mostaza a partir de 50 ppm el número de esporas fue similar estadísticamente, es decir que se obtuvo una inhibición por encima del 50% respecto al testigo. Ramírez (2016) reportó datos muy similares en los que fueron evaluados extractos hidrodestilados contra *F. oxysporum*, obteniendo un rango inhibitorio entre el 50 y 60% en la formación de conidias respecto al testigo absoluto.

<i>F. verticillioides</i> (esporas)			
Concentración	Mostaza	Concentración	Gobernadora
10 ppm	2 125 000 b	700 ppm	4 500 000 a
50 ppm	1 875 000 b	1500 ppm	4 250 000 a
100 ppm	1 625 000 b	2500 ppm	1 625 000 a
250 ppm	1 250 000 b	3500 ppm	875 000 a
TA	5 000 000 a	TA	5 000 000 a

**Cuadro 6.** Comparación de número de esporas de *F. verticillioides* ante los diferentes tratamientos.

Para la cepa correspondiente a *F. chlamydosporum* (cuadro 7) la esporulación fue más reducida en mayor proporción por el extracto de mostaza a 250 ppm siendo 11 veces menor que el testigo absoluto, al respecto Drakopoulos y colaboradores en el 2019 reportaron datos similares en cuanto a la reducción de esporas del hongo, al evaluar un extracto de mostaza sobre cepas de *Fusarium* sp.

Por otra parte, el caso del extracto de gobernadora en la dosis más alta fue 7 veces menor siendo estos datos muy similares a los obtenidos por Jasso y colaboradores

en el 2007, quienes reportaron una inhibición por encima del 60% de la producción de esporas en cepas de *A. alternata*, usando un extracto de *L. tridentata*, lo cual solo afirma la efectividad de dicho extracto.

<b><i>F. chlamidosporum</i> (esporas)</b>			
<b>Concentración</b>	<b>Mostaza</b>	<b>Concentración</b>	<b>Gobernadora</b>
<b>10 ppm</b>	1 475 000 b	700 ppm	1 375 000 b
<b>50 ppm</b>	1 155 000 b	1500 ppm	1 125 000 bc
<b>100 ppm</b>	875 000 b	2500 ppm	625 000 cd
<b>250 ppm</b>	250 000 c	3500 ppm	375 000 d
<b>TA</b>	2 875 000 a	TA	2 875 000 a

**Cuadro 7.** Comparación de número de esporas de *F. chlamidosporum* ante los diferentes tratamientos.

## **CONCLUSIONES**

Cada uno de los extractos evaluados obtuvieron resultados eficientes en el control de los hongos fitopatogenos que fueron desarrollados. Si nos enfocamos en la esporulacion de los hongos, podemos afirmar que cada extracto tuvo un impacto positivo en la disminucion de esporas lo cual es de suma importancia, ya que dichas esporas son nuestro principal foco de desarrollo, por lo tanto podemos concluir que los extractos evaluados en este trabajo son eficientes en el control de *Fusarium* spp.

## LITERATURA CITADA

- Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios. (2018). Almacenamiento y conservación de granos y semillas. Consultado el 14 de mayo de 2022. <https://www.gob.mx/aserca/articulos/almacenamiento-y-conservacion-de-granos-y-semillas>
- Aguilera, P.M. 2017. Plagas de Productos Alimenticios en Almacén y Estrategias para su Combate. Serie. Poscosecha y Comercialización. Núm. 06. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 2 p.
- Alpizar, S.C. 2015. Presencia de hongos y contaminación con micotoxinas en ensilajes para alimentación de rumiantes. Rev. Cienc. Veterin. 33 (1):7-31.
- Arteaga, S.; Andrade, A. C.; Cardenas, R. 2005. "*Larrea tridentata* (Creosote bush), an abundant plant of Mexican and US-American deserts and its metabolite nordihydroguaiaretic acid". Journal of Ethnopharmacology, 98 (3): 231-239.
- Awuchi CG, Ondari EN, Ogbonna CU, Upadhyay AK, Baran K, Okpala COR, Korzeniowska M, Guiné RPF. Mycotoxins Affecting Animals, Foods, Humans, and Plants: Types, Occurrence, Toxicities, Action Mechanisms, Prevention, and Detoxification Strategies-A Revisit. Foods. 2021 Jun 3;10(6):1279. doi: 10.3390/foods10061279. PMID: 34205122; PMCID: PMC8228748.
- Bedoya C.A., V.H. Chávez Tovar. 2010. El Teocintle: el ancestro del Maíz. Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA) México D.F. Claridades Agropecuarias, N° 201:32-42
- Beneduzi, A., Ambrosini, A. and Passaglia, L.M. (2012) Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR): The Potential as Antagonists and Biocontrol Agents. Genetics and Molecular Biology, 35, 1044-1051. <https://doi.org/10.1590/S1415-47572012000600020>
- Blancas, M. B. (2007). Manejo de granos en almacenamiento, causas de deterioro y prevención. Arch. Latinoam. Prod. Anim., 15(1), 180-184.

- Brinker, F., 1993. "*Larrea tridentata* (D.C) (Chaparral or creosote bush)". *British Journal of Phytoterapy*, 3: 10-30.
- Cancino, J.; Ruiz, L.; López, E.; Aguilar, E.; Galvez, C.; Montoya, P. and Liedo, P. 2019. Suppression of *Ceratitis capitata* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) populations in coffee in the Mexico-Guatemala border region through the augmentative releases of *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae). *Biocontrol Sci. Technol.* 29(8):822-826. <https://doi.org/10.1080/09583157.2019.1608507>.
- Castro, N. M. C. (2015). Micotoxicosis y micotoxinas: generalidades y aspectos básicos. *CES Medicina*, 29(1), 152-152.
- Chávez AR, Aquino AS. 2012. Control de los hongos *Rhizoctonia* sp., *Fusarium* sp y *Sclerotium* sp con extractos vegetales. *Investigación Agraria* 14:17-23. <http://www.agr.una.py/revista/index.php/ria/article/view/242/228>
- Collantes, R. (2011). Insectos plaga asociados a granos y productos almacenados. Universidad de Panamá, Semanario la U, lunes 1 al domingo 7 de agosto de 2011, pp. 1
- De Rodríguez DJ, Hernández-Castillo D, Angulo-Sánchez JL, Rodríguez-García R, Villarreal Quintanilla JA, Lira-Saldivar RH. 2007. Antifungal activity in vitro of *Flourensia* spp. extracts on *Alternaria* sp., *Rhizoctonia solani*, and *Fusarium oxysporum*. *Industrial Crops and Products* 25(2): 111-116. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2006.08.007> [FAOSTAT] Statistical databases.
- Desjardins AE. 2006. *Fusarium* Mycotoxins: Chemistry, Genetics, and Biology. The American Phytopathological Society: St. Paul, MN, USA; 2006. p. 260.
- Desjardins, A.E.; Manandhar, H.K.; Plattner, R.D.; Manandhar, G.G.; Poling, S.M.; Margos, C.M. 2000. *Fusarium* species from Nepalese rice and production of mycotoxin and gibberllic acid by selected species. *Appl. Environ. Microbiol.* 66: 1020-1025.

- Dhanasekaran, D., Thajuddin, N., and Pannerserlvam, A. 2012. Applications of actinobacterial fungicides in agriculture and medicine in: Dhanasekaran, D. (Ed.) Fungicides for plant and animal diseases. Intech open. Pp. 29-55.
- DHAOGTR (Department of Health and Ageing Office of the Gene Technology Regulator). 2008. The Biology of *Zea mays* L. Ssp *mays*: maize and corn. Office of Gene Technology Regulator. Australian Government. Pag 6,22. <http://www.agtr.gov.au>.
- Divakaran. M. and Babu, K.N. (2016). Encyclopedia of Food and Health. Indian Institute of Spices Research, Kozhikode, India. 2: 9-19.
- Drakopoulos, Dimitrios Meca, Giuseppe Torrijos, Raquel Marty, Anja Kägi, Andreas Jenny, Eveline Forrer, Hans-Rudolf Six, Johan Vogelgsang, Susanne. 2020. Frontiers in Microbiology English (5-8 words): Fusarium head blight, antifungal botanical, Isothiocyanate, phenolic acid, mycotoxin, conidia, Ascospores, wheat 10.3389/fmicb.2020.01595 2020-July-21 Original Research Control of *Fusarium graminearum* in Wheat With Mustard-Based Botanicals: From in vitro to in planta
- Drakopoulos, D., Luz Torrijos R., Meca G., Weber P., Banziger I., y Vogelgsang S. (2019). Uso de botánicos para suprimir diferentes etapas de ciclo de vida de *Fusarium graminearum*. Fitopatología, 109 (12): 2116-2123. <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PHYTO-06-19-0205-R>
- EMBRAPA (2018) Biological control. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Recuperado de: <https://www.embrapa.br/en/tema-controle-biologico/sobre-o-tema>.
- Escrivá L., Font G., Manyes L. In vivo toxicity studies of fusarium mycotoxins in the last decade: A review. Food Chem. Toxicol. 2015;78:185–206. doi: 10.1016/j.fct.2015.02.005.
- FAO <http://www.fao.org/food/food-safety-quality/a-z-index/mycotoxins/es/> 19/02/2020

- Ferrari, E. D., V.A. Ferreira., E.M. Grassi., A.M.T. Picca., and H.A. Paccapelo, 2018. Genetic parameters estimation in quantitative traits of a cross of triticale (X *Triticosecale* Wittmack.). *Open Agriculture* 3(1):25-31.
- Garon, D.; Richard, E.; Sage, L.; Bouchart, V.; Pottier, D.; Lebailly, P. 2006. Mycoflora and multimycotoxin detection in corn silage: Experimental Study. *J. Agric. Food Chem* 54:3479-3484.
- Gimeno, A. Lúgia, M. 2011. Micotoxinas y Micotoxicosis en Animales y Humanos. (3ª edición). Special Nutrients, Inc.
- Guerrero, R. E.; Solís, G. S.; Hernández, C. F. D.; Flores, O. A.; Sandoval, L. V.; Jasso, C. D. 2007. Actividad Biológica *in vitro* de Extractos de *Fluorensia cernua* D. C. en Patógenos de Postcosecha: *Alternaria alternata* (Fr.:Fr.) Keissl., *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. y *Sacc.* y *Penicillium digitatum* (Pers.: Fr.) Sacc. *Revista mexicana de fitopatología*, 25(1), 48-53.
- Haschek W.M., Gumprecht L.A., Smith G., Tumbleson M.E., Constable P.D. Fumonisin toxicosis in swine: An overview of porcine pulmonary edema and current perspectives. *Environ. Health Perspect.* 2001;109(Suppl. S2):251–257. doi: 10.1289/ehp.01109s2251.
- Herbario virtual. 2020. Vuelco de maíz (Podredumbre de raíces y base del tallo). En línea: [http://herbariofitopatologia.agro.uba.ar/?page\\_id=175](http://herbariofitopatologia.agro.uba.ar/?page_id=175) Fecha de consulta: julio de 2020.
- Hernan Chaverra Gil, Javier Bernal Eusse, 2000. El ensilaje en la alimentación del ganado vacuno. Tercer mundo editores. Colombia: Pp 15.
- Hosen MD, Shamsi S: Antagonismo *in vitro* de *Trichoderma verede* y *Aspergillus* spp. contra un hongo patógeno transmitido por las semillas de sésamo. *J Bangladesh Acad Sci.* 2019; 43 (1): 17–23.
- [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=npMY5vJ1PQC&oi=fnd&pg=PR9&dq=ensilaje+&ots=auPE3Zd1GW&sig=ckNt\\_bdlVVfaTJGPBoka4KhBAoc#v=onepage&q=ensilaje&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=npMY5vJ1PQC&oi=fnd&pg=PR9&dq=ensilaje+&ots=auPE3Zd1GW&sig=ckNt_bdlVVfaTJGPBoka4KhBAoc#v=onepage&q=ensilaje&f=false)

- Isman, M. B. (2000). Plant essential oils for pest and disease management. *Crop protection*, 19 (8-10), 603-608.
- Jasso, R. D.; Rodríguez, G.R.; Hernández, C. F. D.; Villarreal, Q. J. A.; Galván, C. A. 2007. "Antifungal effects *in vitro* of semiarid plant extracts against post-harvest fungi". AAIC Annual Meeting: Bringing Industrial Crops into the Future. October 7-10. Portland, Maine.
- Keller, M.; Keller, K.; Monge, M.; Pereyra, C.; Alonso, V.; Cavaglieri, L.; Chiachiera, S.; Rosa, C. 2012. Gliotoxin contamination in pre- and postfermented corn, sorghum and wet brewer's grains silage in Sao Paulo and Rio de Janeiro State, Brazil. *J. Appl. Microbiol.* 5: 865-873.
- Kishore, N.; Chansouria, J.; Dubey, N. 1996. "Antidermatophytic action of the essential oil of *Chenopodium ambrosioides* and an ointment prepared from it". *Phytotherapy Research*, 10: 453-455.
- Krska, R. 1999. "Mycotoxins of growing interest. Zearalenone". Third Joint FA O / W H O / U N E P International Conference on Mycotoxins". Tunes.
- Laatikainen, T., and Heinonen-Tanski, H. 2002. Mycorrhizal growth in pure cultures in the presence of pesticides. *Microbiol.Res.* 157(2): 127–137. doi:10.1078/0944-5013-00139. PMID:12002401.
- Lannacone, J. y Reyes, M. 2001. Efecto de la rotenona y neem sobre Bemisia tabaco Gennadius (Homoptera: Aleyrodidae) y Liriomyza huidobrensis Blanchard (Diptera: Agromyzidae) plagas del tomate en el Perú. *Agronomía Trop.* 51(1):65-79.
- Lira, S. R. H. 2003. "Estado actual del conocimiento sobre las propiedades biocidas de la gobernadora (*Larrea tridentata* (D.C) Coville)". *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21(2): 214-222.
- Logrieco A, Bailey JA, Corazza L, Cook BM. 2002 *Mycotoxins in Plant Disease*. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers; 734 p.

- López, B. A; López, B. S.; Vázquez, B. M.; Rodríguez, H.S.; Mendoza, E. M.; Padrón, C. E. 2005 Inhibición del Crecimiento Micelial de *Fusarium oxysporum* Schlechtend. f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder y Hansen, *Rhizoctonia solani* Kühn y *Verticillium dahliae* Kleb. Mediante Extractos vegetales Acuosa. Revista Mexicana de Fitopatología, 23 (2), 183-190.
- Mellado Z., Mario; Matus T., Iván; Madariaga B., Ricardo. 2008. Antecedentes sobre el triticale, en Chile y otros países. Chillán, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 183, 74 p.
- Mendoza EM, López BAO, Oyervides GA, Martínez ZG, De León C, Moreno ME. 2003. Herencia genética y citoplásmica de la resistencia a la pudrición de la mazorca de maíz (*Zea mays* L.) causada por *Fusarium moniliforme* Sheld. Revista Mexicana de Fitopatología 21: 267-271.
- Montesinos-Matías, R., Ayala-Zermeño, M. A., Berlanga-Padilla A. M., Avalos, A. J. J., & Arredondo-Bernal, H. C. (2020). Colección de Hongos Entomopatógenos del Centro Nacional de Referencia de Control Biológico, México. Boletín de la Federación Latinoamericana de Colecciones de Cultivos (FELACC), 29, 6-13. <http://felacc.cinvestav.mx/boletin/29.pdf>
- Nasrin L, Podder S, Mahmud MR: Investigación del posible control biológico de *Fusarium oxysporum* f.sp. *Lycopersici* mediante extractos vegetales, especies antagonistas y elicitores químicos *in vitro*. Fungal Genom Biol. 2018; 8 (1): 155.
- Nellessen, J. E. 2004. *Larrea tridentata* (Sesse'an Moc. Ex DC.) Coville creosote bush. Wildland Shrubs of the United States and Its Territories: Thamnic Descriptions: Volume, 419.
- Nellessen, J. E. 2004. *Larrea tridentata* (Sesse'an Moc. Ex DC.) Coville creosote bush. Wildland Shrubs of the United States and Its Territories: Thamnic Descriptions: Volume, 419.
- Nesic K, Ivanovic S, Nesic V. 2014. Fusarial toxins: secondary metabolites of *Fusarium* fungi. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology. 2014; 228:101-120

- Ochoa, F. Y. M.; Cerna, C. E.; Landeros, F. J.; Hernández, C. S.; Delgado, O. J. C. 2012. Evaluación *in vitro* de la actividad antifúngica de cuatro extractos vegetales metanólicos para el control de tres especies de *Fusarium spp.* *Phyton* (Buenos Aires), 81(1), 69-73.
- Paliwal R.L. 2001. Origen, Evolución y Difusión del Maíz. en R.L. Paliwal, Gonzalo Granados, Honor Renée Lafitte y Alejandro D. Violic. El maíz en el Trópico. Depósito de Documentos de la FAO. <http://www.fao.org/docrep/003/X7650S/x7650s00.htm#toc>.
- Pavela, R. 2016. History, presence and perspective of using plant extracts as commercial botanical insecticides and farm products for protection against insects - a review. *Plant Protect. Sci.* 52(4):229-241. <https://doi.org/10.17221/31/2016-PPS>.
- Peng, C., Zhao, S.Q., Zhang, J., Huang, G. Y., Chen, L. Y., Zhao, F. Y. (2014). Chemical composition, antimicrobial property and microencapsulation of Mustard (*Sinapis alba*) seed essential oil by complex coacervation. *J. Food chemistry*, Vol. 165: 560-568.
- Pérez, P. R.; Rodríguez, H.C.; Lara, R. J.; Montes, B. R. y Ramírez, V.G. 2004. Toxicidad de aceites, esencias y extractos vegetales en larvas de mosquito *Culex quinquefasciatus* Say (*Diptera: culicidae*). *Acta zoológica mexicana*, 20 (1), 141-152.
- Ramírez, G. S. I.; López, B. O.; Espinosa, Z. S.; Wong, V. A. 2016. Actividad antifúngica de hidrodestilados y aceites sobre *Alternaria solani*, *fusarium oxysporum* y *Colletotrichum gloesporioides*. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7 (8), 1879-1891.
- Ramos A.J., Sanchis V., y Marin S. (2015). Las micotoxinas: un problema que resurge con fuerza. <http://www.interempresas.net/Grandes-cultivos/Articulos/146314-Lasmicotoxinas-un-problema-que-resurge-con-fuerza.html>
- Regnault, C., PHILOGENE, B., & Vincent, C. (2004). *Vegetal, Biopesticidas de origen*.

- Requena, F., Saume, E., & León, A. (2005). Micotoxinas: Riesgos y prevención. *Zootecnia tropical*, 23(4), 393-410.
- Reyes Castañeda P. 1990. El Maíz y su Cultivo. AGT editor. México, D.F. Pp. 460.
- Reyes-Velázquez, W.P.; Espinoza, V.H.; Rojo, F.; Jiménez-Plasencia, C.; Palacios, E.; Hernández-Góbora, J.; Ramírez-Álvarez, A. 2008. Occurrence of fungi and mycotoxins in corn silage, Jalisco State, Mexico. *Revista Iberoamericana de Micología*. 25:182-185.
- Riasat, M., S. Kiaani, M.A. Saed, and P. Mohamed. 2019. Oxidant related biochemical traits are significant indices in triticale grain yield under drought stress condition. *Journal of Plant Nutrition* 42(2): 111-126.
- Romannazi, G., Litcher, A., Glaber, F. M., & Sminalick, J. L. (2012). Recent advances on the use of natural and safe alternatives to conventional methods to control postharvest gray molds of table grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 63 (1), 141-147.
- Ruiz, R. S. y Hernández, M. R. 2024. Cosecha y poscosecha en semilla de maíz. Serie Cereales. Núm. 57. Artículos técnicos de INTAGRI. México. 8 p.
- Santos-Gerardo LM, Vega-Portillo HE, Villaseñor-Mir HE, Tlapal-Bolaños B, Vargas-Hernández M, Camacho-Tapia M, Tovar-Pedraza JM. 2017. Caracterización de especies de fusarium causantes de pudrición de raíz del trigo en el bajo, México. *Chilean J. Agric. Anim. Sci., ex Agro-Ciencia*. 33(2):142-151.
- Serrano-Coll, H. A., & Cardona-Castro, N. (2015). Micotoxicosis y micotoxinas: generalidades y aspectos básicos. *Ces Medicina*, 29(1), 143-151.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2023). Panorama agroalimentario 2023. Recuperado el 23 de abril de 2024. [https://nube.siap.gob.mx/gobmx\\_publicaciones\\_siap/pag/2023/Panorama-Agroalimentario-2023](https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2023/Panorama-Agroalimentario-2023)
- Sharma, R, R.; Singh, R. 2009. Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables by microbial antagonist: A review. *Biological control* 50:205-221.

- Silva, J.B.; Dilkin, H.; Fonseca, B.; Corrêa, C. 2004. Production of aflatoxins by *Aspergillus flavus* and of fumonisins by *Fusarium* species isolated from Brazilian sorghum. *Braz. J. Microbiol.* 35: 182-186.
- Singh, J. K.; Kumar, M.; Kumar, S.; Kumar, A. y Mehta, N. 2017. Inhibitory effect of botanicals on growth and sporulation of *Fusarium oxysporum* inciting wilt of chilli (*Capsicum annum* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry.* 6(5):2199-2204.
- Sun, W.; Shahrajabian, M. H. and Cheng, Q. 2020. Pyrethrum an organic and natural pesticide. *J. Biol. Environ. Sci.* 14(40):41-44.
- Tequida-Meneses, M.; Cortez-Rocha, M.; Rosas-Burgos, E. C.; López-Sandoval, S. y Corrales-Maldonado, C. 2002. Efecto de extractos alcohólicos de plantas silvestres sobre la inhibición de crecimiento de *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Penicillium chrysogenum*, *Penicillium expansum*, *Fusarium moniliforme* y *Fusarium poae*. *Revista Iberoamericana de Micología.* 19(1):84-88.
- United State Department of Agriculture. 2016. World Agricultural Production. United State Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service (USDA-FAS). Circular Series WAP 11-16. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>.
- Vargas, A. I.; Contreras, V. A.; Hernández, M. J.; Martínez, T. A. 2006. "Arielselenofosfatos con acción antifúngica selectiva contra *Phytophthora omnívora*", *Revista de fitotecnia mexicana. Sociedad Mexicana de Fitogenética*, A. C. Chapingo, México. 28 (002): 171-174. ISSN 0187-7380.
- Villa-Martínez A, Pérez-Leal R, Morales-Morales HA, Basurto-Sotelo M, Soto-Parra JM, Martínez-Escudero E (2015) Situación actual en el control de *Fusarium* spp. y evaluación de la actividad antifúngica de extractos vegetales. *Acta Agronómica* 64: 194-205.

Wu F., Groopman J.D., Pestka J.J. Public Health Impacts of Foodborne Mycotoxins. *Annu. Rev. Food Sci. Technol.* 2014;5:351–372. doi: 10.1146/annurev-food-030713-092431.

Yehia RS, Ahmed OF (2013) In vitro study of the antifungal efficacy of zinc oxide nanoparticles against *Fusarium oxysporum* and *Penicillium expansum*. *African Journal of Microbiology Research* 7: 1917-1923.

Zaker, M. (2016). Natural plant products as eco-friendly fungicides for plant diseases control-A Review. *The Agriculturists*, 14 (1), 134-141.