

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



IDENTIFICACIÓN, EVALUACIÓN Y CONTROL BIOLÓGICO DE LA  
PUDRICIÓN DE MAZORCA DE MAÍZ

Tesis

Que presenta ANA LAURA AGUILAR HERNÁNDEZ

Como requisito parcial para obtener el grado de  
MAESTRO EN CIENCIAS EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

Saltillo, Coahuila.

Diciembre 2025

IDENTIFICACIÓN, EVALUACIÓN Y CONTROL BIOLÓGICO DE LA PUDRICIÓN  
DE MAZORCA DE MAÍZ

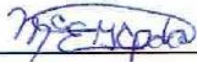
Tesis

Elaborada por ANA LAURA AGUILAR HERNÁNDEZ como requisito parcial  
para obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA  
con la supervisión y aprobación del comité de asesoría



M.C. Abiel Sánchez Arizpe

Director de tesis



Dra. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda

Asesor



Dr. Epifanio Castro del Ángel

Asesor



Dr. Raúl Rodríguez Guerra

Asesor



Dr. Antonio Flores Naveda

Subdirector de Postgrado

Saltillo, Coahuila

Diciembre 2025

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Dios**

Por haberme dado la vida, mantenerme con salud y acompañarme en cada instante. Cada reto superado y cada logro alcanzado en mi carrera profesional han sido posibles gracias a su guía. Agradezco también por poner en mi camino a personas que me han ofrecido su apoyo, afecto y amistad, a quienes les guardo un profundo agradecimiento.

### **Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conahcyt)**

por el valioso apoyo brindado mediante la beca otorgada, que hizo posible la realización de mis estudios de posgrado y el desarrollo de esta investigación.

### **A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**

Mi más sincero agradecimiento a la universidad, por haberme brindado las herramientas esenciales para mi desarrollo profesional y por darme la oportunidad de culminar mis estudios de postgrado.

### **Al M.C. Abiel Sánchez Arizpe**

Le agradezco sinceramente, por darme la oportunidad de trabajar con él, su valiosa amistad, su paciencia, apoyo incondicional, y el tiempo brindado para llevar a cabo este trabajo de investigación. Aprecio profundamente el haber compartido sus conocimientos, los cuales fueron fundamentales en todo momento

### **Al Dr. Epifanio Castro del Ángel**

Por su tiempo y colaboración para llevar a cabo este trabajo de investigación. además, por su paciencia y apoyo en cada momento.

### **A la Dra. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda**

Por su valiosa amistad, disposición para escucharme en todo momento, sus consejos, por compartir sus conocimientos, y principalmente por formar parte de este proyecto.

### **Al Dr. Raúl Rodríguez Guerra**

Por formar parte de este trabajo de investigación, atención, sus aportaciones y sugerencias al trabajo.

**A María Christina Sánchez Flores**

Agradezco profundamente su apoyo constante, la generosidad al compartir sus conocimientos. Valoro sinceramente su amistad y cada uno de sus consejos, que fueron una guía importante para seguir adelante.

## **DEDICATORIA**

### **A mis padres**

Armando Aguilar López y Celia Hernández Aguilar, por ser el pilar y la fuerza que me ha sostenido en cada etapa de mi vida. Agradezco de corazón su apoyo constante, su dedicación y los sacrificios que han hecho por mí. Gracias por acompañarme siempre, por su paciencia, por confiar en mí y por regalarme sus palabras llenas de sabiduría, enseñanzas y valores.

### **A mis hermanos**

Ubando, Héctor, Octavio, Tenchy, Nely, Guille y Lucero, Con todo mi cariño y afecto, gracias por estar siempre presentes en mi vida. Su constante apoyo ha sido mi mayor fuente de fortaleza y motivación. Agradezco su ejemplo de esfuerzo, perseverancia y honestidad, así como sus consejos, que me han inspirado a dar lo mejor de mí para alcanzar mis objetivos.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS .....	iii
DEDICATORIA .....	v
RESUMEN.....	x
INTRODUCCIÓN .....	1
Objetivos .....	2
Hipótesis.....	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Origen y conservación del maíz.....	3
Importancia económica .....	3
Enfermedades del cultivo de maíz .....	4
Factores que están afectando el cultivo del maíz nativo en México.....	5
Control biológico .....	7
MATERIALES Y MÉTODOS .....	9
Localización del Experimento.....	9
Obtención de muestras .....	9
Porcentaje de humedad .....	9
Papel húmedo .....	10
Germinación y vigor (entre papel) .....	10
Identificación de hongos .....	11
Corroboración molecular de las cepas .....	11
Evaluación de la incidencia y severidad de la pudrición de mazorca de maíz .....	12
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	13
Pruebas preliminares de la calidad de semilla.....	13

Germinación y vigor .....	13
Identificación de hongos .....	17
Corroboración molecular de las cepas .....	19
Incidencia de la pudrición de mazorca.....	19
Severidad de la pudrición de mazorca (2023).....	21
Severidad de la pudrición de mazorca (2024).....	21
CONCLUSIONES .....	23
REFERENCIAS .....	24

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Escala arbitraria de severidad por Rivas <i>et al.</i> (2011).....	12
Cuadro 2: Resultados de la prueba de germinación y vigor de los tres sitios del 2023...14	
Cuadro 3: Resultados de la prueba de germinación y vigor en semillas de maíz del 2024. .....	16

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Lugar de recolección de las mazorcas de maíz. ....	9
Figura 2: Niveles de humedad en granos de maíz, colectados en tres sitios.....	13
Figura 3: Micelio de color rosado vinaceo, micelio aéreo, lanoso a algodonoso. ....	17
Figura 4: Micelio verdoso a grisáceo. ....	18
Figura 5: Micelio de color amarillo, verdoso a marrón. ....	19
Figura 6: Resultados de incidencia de la pudrición de mazorca. ....	20
Figura 7: Resultados de la severidad de la pudrición de mazorca en maíz (2023). ....	21
Figura 8: Resultados de la severidad de la pudrición de mazorca en maíz (2024). ....	22

**RESUMEN**

IDENTIFICACIÓN, EVALUACIÓN Y CONTROL BIOLÓGICO DE LA  
PUDRICIÓN DE MAZORCA DE MAÍZ

POR

ANA LAURA AGUILAR HERNÁNDEZ

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

MC. ABIEL SANCHEZ ARIZPE -ASESOR-

Saltillo, Coahuila.

Diciembre 2025.

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar el control de la pudrición de la mazorca de maíz (*Zea mays* L.) una enfermedad causada por diferentes hongos, para identificar los hongos que causan la pudrición de la mazorca, se utilizó granos de maíz y se realizaron pruebas preliminares en laboratorio. Primeramente, se determinó el porcentaje de humedad de las semillas de maíz, posteriormente se sembraron las semillas en charolas y se dejaron incubar durante 10 a 12 días aproximadamente. Posteriormente, los hongos que crecieron fueron purificados en cajas Petri con medio PDA para su desarrollo así mismo se realizaron montas para ser identificados mediante técnicas morfológicas (observando su forma y estructura). Los hongos encontrados con mayor frecuencia correspondieron a *Fusarium*, *Talaromyces* y *Aspergillus*. Además, se realizó una prueba de germinación y vigor, de igual manera utilizando semillas de maíz, posteriormente se realizó por el método "entre papel", con el fin de evaluar el efecto de estos hongos, así mismo saber la viabilidad de las semillas.

Para evaluar la incidencia y severidad de la enfermedad, se utilizaron mazorcas de maíz criollo recolectadas en el estado de Chiapas, donde se muestrearon tres sitios diferentes posteriormente los resultados obtenidos fueron procesados por análisis de varianza y separación de medias por la prueba de Tukey con  $P \leq 0.05$  de significancia, utilizando el programa SAS 9.0.

Palabras claves: *Zea mays*, incidencia y severidad de la enfermedad, *Fusarium*, *Talaromyces*, *Aspergillus*.

**ABSTRACT**

IDENTIFICATION, EVALUATION, AND BIOLOGICAL CONTROL OF CORN  
EAR ROT

BY

ANA LAURA AGUILAR HERNÁNDEZ

MASTER OF SCIENCE IN AGRICULTURAL PARASITOLOGY  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

MC. ABIEL SANCHEZ ARIZPE - ADVISOR-

Saltillo, Coahuila.

December 2025.

This research aimed to evaluate the control of corn ear rot (*Zea mays* L), a disease caused by different fungi. To identify the fungi responsible for ear rot, corn grains were used, and preliminary laboratory tests were conducted. First, the moisture percentage of the corn seeds was determined; afterward, the seeds were sown in trays and incubated for approximately 10 to 12 days. After incubation, the fungi that grew were purified in Petri dishes containing PDA medium for their development. Preparations were then made for identification through morphological techniques (by observing their shape and structure). The most frequently found fungi were *Fusarium*, *Talaromyces*, and *Aspergillus*. In addition, germination and vigor tests were performed using corn seeds, employing the "between paper" method to evaluate the effect of these fungi and determine seed viability. To assess the incidence and severity of the disease, native corn ears were collected from the state of Chiapas, where samples were taken from three different sites. The results obtained were analyzed using analysis of variance and mean separation with Tukey's test at a significance level of  $P \leq 0.05$ , using the SAS 9.0 software.

Keywords: *Zea mays*, disease incidence and severity, *Fusarium*, *Talaromyces*, *Aspergillus*.

## INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial debido a su versatilidad en la alimentación humana, la producción de proteína animal y su uso en diversas industrias. Su relevancia económica, social y alimentaria se refleja tanto en su volumen de producción como en su presencia en los mercados internacionales (FIRA, 2015).

En México, el maíz tiene una importancia estratégica. Es el principal cultivo agrícola por superficie sembrada y consumo per cápita, y representa un elemento fundamental en la identidad cultural y la seguridad alimentaria del país. México es reconocido como el centro de origen y diversificación del maíz, con la mayor riqueza genética de variedades nativas a nivel mundial, resultado de más de 10,000 años de domesticación y selección continua por parte de los agricultores (Morales y Rodríguez, 2010). En la actualidad, más de 3.2 millones de productores, en su mayoría ejidales, se dedican a su cultivo (SAGARPA-SIAP, 2014).

No obstante, el cultivo de maíz enfrenta diversas problemáticas fitosanitarias que afectan tanto la calidad del grano como el rendimiento del cultivo. Una de las principales enfermedades es la pudrición de mazorca, provocada por un complejo de hongos fitopatógenos, entre los que se encuentran géneros como *Fusarium*, *Aspergillus* y *Penicillium*. Estos hongos pueden colonizar el grano durante distintas etapas del proceso productivo: en campo, durante la cosecha, en el almacenamiento o en el transporte (Martínez *et al.*, 2013).

La presencia de estos patógenos no solo compromete el rendimiento agrícola, sino que también representa un riesgo para la salud pública, ya que varios de ellos producen micotoxinas, compuestos tóxicos que pueden afectar la salud humana y animal cuando los granos contaminados son consumidos. Además, estas contaminaciones reducen el valor comercial del producto y pueden limitar su acceso a ciertos mercados (Cázares *et al.*, 2015).

Frente a esta problemática, resulta fundamental realizar estudios que permitan identificar los hongos involucrados en la pudrición de mazorca, comprender los factores que favorecen su desarrollo, y establecer estrategias de manejo fitosanitario adecuadas para reducir su impacto y garantizar la calidad e inocuidad del grano.

El maíz puede contaminarse con varias toxinas producidas por diferentes hongos, dependiendo de las condiciones de cultivo y almacenamiento (Carvajal, 2022). Entre estas toxinas, las más comunes son las fumonisinas y la zearalenona, que son generadas por hongos del género *Fusarium* (Odjo *et al.*, 2022).

Las micotoxinas son sustancias químicas que los hongos producen de manera natural y que no son necesarias para su crecimiento, pero que pueden ser dañinas para otros organismos (Coppock & Dziwenka, 2019). Estas toxinas pueden aparecer tanto en el campo, como también después de la cosecha y almacenamiento (Streit *et al.*, 2012). De esta manera, los alimentos pueden llegar a estar contaminados directamente, afectando los granos y los productos almacenados (Vandicke *et al.*, 2019).

### **Objetivos**

- Identificar morfológica y molecularmente los hongos asociados a la pudrición de la mazorca.
- Determinar la incidencia y severidad de la pudrición de la mazorca.

### **Hipótesis**

Se espera identificar al menos tres hongos asociados al síntoma, una estimación de daño igual o superior al 50% y una eficiencia superior al 80% en el control de la pudrición de mazorca, mediante el uso de microorganismos antagonistas.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Origen y conservación del maíz

El cultivo de maíz representa uno de los más relevantes en México, considerado no solo como el principal centro de origen de este grano, sino también como el territorio con la mayor diversidad de variedades a nivel mundial (CONABIO, 2014). Esta importancia se refleja tanto en la superficie sembrada anualmente como en el alto consumo per cápita, siendo además el cultivo con mayor volumen de producción en el país. Gracias a su valor nutricional, el maíz se utiliza ampliamente en la alimentación humana, en la elaboración de productos industriales y como insumo para la producción de proteína animal, lo que lo convierte en un componente clave en los mercados internacionales. No obstante, la producción del grano está expuesta a diversos factores durante su cosecha, almacenamiento, transporte y procesamiento, ya que el maíz alberga una microbiota característica compuesta por bacterias, insectos y hongos que pueden deteriorarlo (Martínez *et al.*, 2013).

Además, este cultivo involucra a un amplio sector del campo mexicano, con aproximadamente 3.2 millones de agricultores, en su mayoría pertenecientes al régimen ejidal, de un total de cerca de 4 millones de productores agrícolas en el país (SAGARPA SIAP, 2014).

### Importancia económica

El maíz tiene una gran importancia tanto económica como social debido a su alta producción, ya que posee un considerable valor agregado y se cultiva en más países que cualquier otro cultivo. Además, representa una fuente fundamental de empleo y alimentación para millones de personas en todo el mundo (FIRA, 2015).

México es considerado el centro de mayor diversidad del maíz, pues en este territorio se llevó a cabo su domesticación. Este proceso comenzó hace aproximadamente 10,000 años y continúa hasta nuestros días gracias al trabajo constante de los agricultores y sus familias, quienes cada año cultivan, seleccionan y conservan diferentes variantes de maíces nativos (Morales y Rodríguez, 2010).

A nivel tanto nacional como internacional, el maíz (*Zea mays*) se reconoce como uno de los principales pilares alimenticios, además de ser clave en el desarrollo de las

comunidades campesinas. En este contexto, se utiliza el término “maíz criollo” para referirse a aquellos materiales genéticos originarios de una comunidad, región, estado o país, los cuales se distinguen de los maíces híbridos o variedades mejoradas que provienen del extranjero (Cázares *et al.*, 2015).

Los maíces nativos constituyen uno de los recursos genéticos más importantes desarrollados y mejorados por los propios agricultores a lo largo del tiempo, mediante procesos de selección empírica. Estos materiales han sido conservados y gestionados de manera continua dentro de sistemas tradicionales que incluyen el intercambio de semillas, promoviendo así el flujo genético. Además, el maíz es una especie alógama en la que la fecundación entre plantas distintas ocurre de manera frecuente y genera mayor variabilidad genética. Esta dinámica ha dado lugar a una notable variabilidad tanto morfológica como genética dentro de las poblaciones de maíz (Cervantes-Adame *et al.*, 2016).

### **Enfermedades del cultivo de maíz**

El maíz es un cultivo altamente vulnerable a diversas enfermedades que, a lo largo del tiempo, han generado pérdidas significativas tanto en el rendimiento como en la calidad del producto. Entre las enfermedades más dañinas se encuentran la roya y el tizón, las cuales han sido responsables de afectaciones severas. Por esta razón, se han desarrollado múltiples estrategias con el fin de minimizar el impacto económico y visual que causan estas enfermedades. Entre las medidas más empleadas se encuentran el uso de plaguicidas, la fumigación del suelo e incluso la quema de residuos de cultivos infectados (Andrade *et al.*, 2019).

Estas enfermedades generalmente son provocadas por distintos tipos de patógenos — como hongos, bacterias, virus y nematodos que interfieren en el crecimiento saludable de la planta. Su aparición y propagación están influenciadas por diversos factores, como las condiciones climáticas (humedad, temperatura), la calidad genética de la semilla, las prácticas agronómicas utilizadas y la presencia de insectos que actúan como vectores de transmisión (Román *et al.*, 2018).

En siembras de maíz realizadas en fechas tardías, es común observar enfermedades como el tizón común, *Cercospora*, el complejo bacteriano foliar, la roya *Puccinia polysora*, la

mancha blanca, así como diversas pudriciones que afectan las raíces, la base del tallo y las espigas. Otras enfermedades, aunque con menor frecuencia, también pueden presentarse: tal es el caso de la roya común, la mancha ocular, el mildiu, virus y nematodos (De Rossi *et al.*, 2014).

### **Factores que están afectando el cultivo del maíz nativo en México.**

Algunas enfermedades que afectan al maíz se ven favorecidas por condiciones del ambiente. Estas condiciones pueden estar relacionadas con el tipo de suelo, la vulnerabilidad de las variedades sembradas, y, en el caso de las enfermedades virales, por factores que permiten que los insectos que transmiten los virus puedan desplazarse, establecerse y sobrevivir en el área de cultivo (Urbina, 2011).

Para reducir el riesgo de enfermedades, es fundamental sembrar semillas que estén sanas, aplicar el fungicida adecuado, y elegir el momento correcto para sembrar. Esto último ayuda a evitar que las fases más sensibles del desarrollo del maíz coincidan con el clima más propicio para el desarrollo de patógenos. También es recomendable rotar los cultivos para romper el ciclo de vida de muchos fitopatógenos, aplicar fertilizantes de forma equilibrada, mantener una densidad de plantas adecuada, controlar las malezas y los insectos, aplicar fungicidas cuando sea necesario, y cosechar en el momento oportuno (Munkvold y White, 2016).

El maíz, como otros cultivos agrícolas, enfrenta importantes desafíos sanitarios, especialmente por enfermedades como las manchas foliares. Estas afectan el rendimiento del cultivo porque dañan las hojas, que son esenciales para captar la luz solar y producir los nutrientes (fotoasimilados) que se necesitan para llenar los granos (Centurión *et al.*, 2015).

Además, hongos pertenecientes a los géneros *Phytophthora*, *Fusarium*, *Colletotrichum*, *Rhizoctonia*, *Botrytis*, *Sclerotinia*, *Lasioidiplodia* y *Penicillium* representan un grupo de patógenos muy importantes, ya que causan enfermedades en diferentes tipos de cultivos como cereales, hortalizas y frutales. Su impacto es grande debido a la gran cantidad de especies que existen y su alta capacidad de reproducción. Estos hongos pueden infectar diferentes partes de las plantas, como las semillas, tallos, frutos, e incluso pueden

sobrevivir en las malezas cercanas a los cultivos, lo que los convierte en una amenaza constante (Alburquerque *et al.*, 2018).

Por otra parte, según estudios indicó que los aislados que realizaron en mazorcas de maíz eran *T. funiculosus* (teleomorfo de *P. funiculosus*). Mencionando que la mayoría de las especies de *Penicillium* son saprófitas, algunas se han descrito como importantes agentes de descomposición de productos agrícolas almacenados y cosechados (Ji *et al.*, 2015).

Algunas especies de *Penicillium* también pueden producir metabolitos secundarios tóxicos, como la ocratoxina, patulina y aflatoxina (Strausbaugh y Dugan 2017).

Un estudio publicado en *Plant Disease* por investigadores del Ministerio de Agricultura y Asuntos Rurales de China identificó al hongo *Talaromyces funiculosus* como un nuevo agente causal de la pudrición de la mazorca de maíz. El aislado mostró características macro y micromorfológicas idénticas a *T. funiculosus*. Además, los análisis genéticos, pruebas de patogenicidad y estudios filogenéticos confirmaron que los tres aislados evaluados se agrupan con cepas de este hongo. Con dichos resultados se considera como el primer reporte de *Talaromyces funiculosus*, como patógena causal de la pudrición de la mazorca en maíz (Liu *et al.*, 2021).

Las pudriciones de mazorca en el maíz provocadas por especies del género *Fusarium* generan grandes pérdidas en la producción. Además, afectan la venta del grano, ya que, si más del 5 % del maíz está dañado, este ya no es apto para el comercio. Otro problema grave es que estos hongos producen micotoxinas, sustancias tóxicas que pueden afectar la salud humana, especialmente cuando hay una alta presencia del hongo (Bentazos, 2018). Además del impacto económico, las especies de *Fusarium* tienen la capacidad de producir micotoxinas, compuestos tóxicos que afectan al ser humano y animales. Estas toxinas, como las fumonisinas, zearalenona y tricótesenos, se generan bajo ciertas condiciones ambientales y durante la infección del grano, representando un riesgo para la salud pública. Su consumo puede estar asociado con efectos carcinogénicos, inmunosupresores y trastornos hormonales, lo cual ha llevado a establecer límites máximos permisibles en alimentos y productos derivados del maíz.

En el estado de Sinaloa, esta enfermedad puede causar pérdidas superiores al 30 % de la cosecha. Recientemente, se ha observado que el daño comienza con ataques de insectos

plaga, como el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), lo que deja al maíz vulnerable a la entrada de los hongos, provocando en conjunto la enfermedad (García *et al.*, 2012).

La pudrición de la mazorca también se ha registrado en los estados de Tamaulipas, Jalisco, Veracruz, Chiapas, Sonora (Leyva-Madrigal *et al.*, 2015) así mismo en Oaxaca (Briones-Reyes *et al.*, 2015). Algunas cepas de *F. verticillioides* pueden infectar la semilla sin mostrar síntomas, iniciando la invasión en el tejido en desarrollo (Wigmann *et al.*, 2019) luego causando una infección sistémica en la planta, por ello, la certificación fitosanitaria es esencial para la industria semillera.

### **Control biológico**

Es recomendable implementar diversas estrategias de control para disminuir el uso de insecticidas, entre ellas el control físico, natural y biológico, las cuales se consideran opciones muy efectivas (Ángel-Ríos *et al.*, 2015). Dentro de éstas, los agentes de control biológico representan una alternativa sostenible y segura para el medio ambiente, ya que se basa en la utilización de organismos vivos para combatir las plagas (Carreras, 2011). Entre estos agentes destacan los microorganismos entomopatógenos, como ciertas bacterias, siendo *Bacillus thuringiensis* (Berliner) una de las más utilizadas en el manejo de plagas (González-Maldonado *et al.*, 2015).

Una de las estrategias naturales que se ha usado con buenos resultados para reducir el impacto de ciertos organismos dañinos en los cultivos es el uso de *Trichoderma*, un tipo de hongo que no necesita oxígeno para vivir (anaeróbico). Este hongo se comporta como un descomponedor de materia orgánica (saprófito) o como un parásito de otros microorganismos.

El éxito de *Trichoderma* como agente de control biológico se debe a varias de sus cualidades:

- Tiene una gran capacidad para reproducirse rápidamente.
- Es resistente y puede sobrevivir en ambientes difíciles o poco favorables.
- Aprovecha muy bien los nutrientes del entorno, lo que le da ventaja frente a otros microorganismos.

- Además, ayuda a fortalecer las raíces de las plantas, mejorando su salud y resistencia a enfermedades.

Todas estas características hacen que *Trichoderma* sea una opción muy efectiva para el manejo biológico de plagas y enfermedades en los cultivos (Hidalgo *et al.*, 2020).

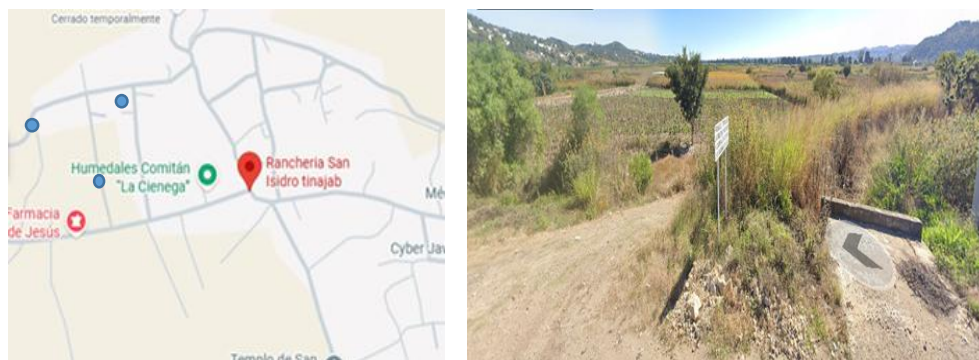
## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización del Experimento

El presente estudio se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), situada en la calzada Antonio Narro 1923, en la ciudad de Saltillo, Coahuila de Zaragoza. Por otra parte, las pruebas de laboratorio se llevaron a cabo en el laboratorio de Fitopatología, perteneciente al Departamento de Parasitología y de Fitomejoramiento.

### Obtención de muestras

Se utilizaron mazorcas de maíz criollo, las mazorcas fueron recolectadas en la localidad de san Isidro Tinajab, Comitán Chiapas, donde se seleccionaron tres sitios de la misma localidad, el muestreo se realizó en patrón W con 11 puntos, con 3 mazorcas por punto, total de muestras recolectadas fue de 33 mazorcas por cada sitio. Una vez recolectadas las muestras, se procedió a desgranar las mazorcas y fueron trasladadas a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro para realizar las pruebas correspondientes. Posteriormente se realizaron las pruebas preliminares, tales como porcentaje de humedad, papel húmedo, germinación y vigor (entre papel).



**Figura 1:** Lugar de recolección de las mazorcas de maíz.

### Porcentaje de humedad

Para llevar a cabo esta prueba, se tomó una cantidad determinada de semillas de maíz, fueron transportadas al Departamento de Fitmejoramiento, posteriormente las semillas fueron introducidas en una maquina (Dikey Jhon). Diseñada para medir el contenido de humedad de las semillas. Esta medición permitió conocer qué porcentaje de humedad

tenían las semillas provenientes de cada una de las parcelas muestreadas, en el estado de Chiapas, lo cual es un dato importante para evaluar la calidad de las semillas y su posible almacenamiento o si están listas para ser sembradas o procesadas.

### **Papel húmedo**

Se seleccionaron 200 semillas de maíz de cada una de las parcelas diferentes lo que dio un total de 600 semillas para el bioensayo, posteriormente se tomaron 50 semillas de cada parcela se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 1% durante 3 minutos, con el objetivo de eliminar posibles microorganismos presentes, posteriormente se enjuagaron tres veces con agua destilada estéril para eliminar residuos de la solución, una vez lavadas las semillas se pusieron a secar sobre papel absorbente (sanitas), también estéril. Posteriormente se utilizaron 12 charolas transparentes, cada una con papel filtro húmedo con agua estéril para mantener condiciones de humedad. Este procedimiento se llevó a cabo dentro de una cámara de flujo laminar, es un espacio de trabajo que mantiene un ambiente estéril para evitar contaminación. Dentro de esta campana y utilizando un mechero y pinzas estériles, se colocaron cuidadosamente 50 semillas en cada una de las charolas. Una vez que las semillas fueron colocadas, las charolas se sellaron con “clean pack” luego se dejaron a temperatura ambiente bajo una fuente de luz blanca constante todos los días, lo cual es importante para promover la germinación o crecimiento inicial de las semillas.

### **Germinación y vigor (entre papel)**

El bioensayo se realizó en el Departamento de Fitomejoramiento, para llevarlo a cabo se eligieron 100 semillas de maíz, de las tres parcelas distintas lo que dio un total de 300 semillas. utilizando papel “anchor” (un tipo de papel absorbente especial para germinación), pinzas (para manipular las semillas sin contaminarlas), lápiz y una charola plana de plástico (donde se colocó agua destilada), y bolsas plásticas transparentes, posteriormente el papel anchor se humedeció sumergiéndolo en el agua contenida en la charola. Después, sobre cada hoja de papel humedecida se colocaron cuidadosamente 25 semillas, (una hoja por grupo de semillas de cada parcela). Luego, se cubrieron estas semillas con otra hoja del mismo papel, formando una especie de tacos. Una vez que las

semillas estaban cubiertas, se comenzó a enrollar el papel con las semillas adentro, formando lo que en el laboratorio le llamamos "tacos" (rollos de papel con semillas en su interior). Este proceso se repitió hasta obtener un total de 12 tacos. Estos tacos se colocaron dentro de bolsas plásticas transparentes para conservar la humedad y luego se pusieron en una rejilla de metal. posteriormente se metieron en un refrigerador que mantenía una temperatura controlada entre 22 y 25 grados Celsius, condiciones ideales para observar la germinación de las semillas.

### **Identificación de hongos**

Para aislar los hongos patógenos que causan la pudrición en mazorcas de maíz, se colocaron 200 semillas sobre papel húmedo en cajas transparentes y selladas, se dejaron a temperatura ambiente entre 10 y 12 días para que los hongos crecieran. Luego, se transfirieron estos hongos a cajas con medio PDA para cultivarlos. Se hizo un proceso llamado punta de hifa para obtener cultivos puros, y se prepararon muestras para su observación. Donde se identificaron tres géneros de hongos relacionados con la pudrición de la mazorca: *Aspergillus* sp. *Talaromyces* sp. y *Fusarium* sp. Para la identificación morfológica de los aislados, a nivel de género, se utilizó el manual de Barnett y Hunter (1998), mientras que para la identificación de especies de *Fusarium* se tomaron los criterios de Booth (1971), así como los de Leslie y Summerell (2006).

### **Corroboración molecular de las cepas**

Las cepas de *Fusarium* sp. *Aspergillus* sp. y *Talaromyces* sp. Se cultivaron en medio PDA. La extracción de ADN genómico y la secuenciación de las regiones parciales del gen ITS se llevó a cabo por el laboratorio Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C. (IPICYT), previamente las secuencias obtenidas se limpiaron y alinearon utilizando el Software CodonCodeAligner, posteriormente se compararon con las reportadas en la base de datos del National Center for Biotechnology Information (NCBI) del GenBank.

### **Evaluación de la incidencia y severidad de la pudrición de mazorca de maíz**

Para determinar la incidencia de la enfermedad, se observó un grupo de 99 mazorcas de maíz para identificar cuántas de ellas estaban afectadas por la pudrición. La incidencia se expresó en porcentaje, es decir, el porcentaje de mazorcas afectadas por la enfermedad con respecto al total de mazorcas observadas. La severidad se determinó utilizando una escala arbitraria, con un rango de 0 al 5 propuesta por Rivas *et al.* (2011).

**Cuadro 1:** Escala arbitraria de severidad por Rivas *et al.* (2011).

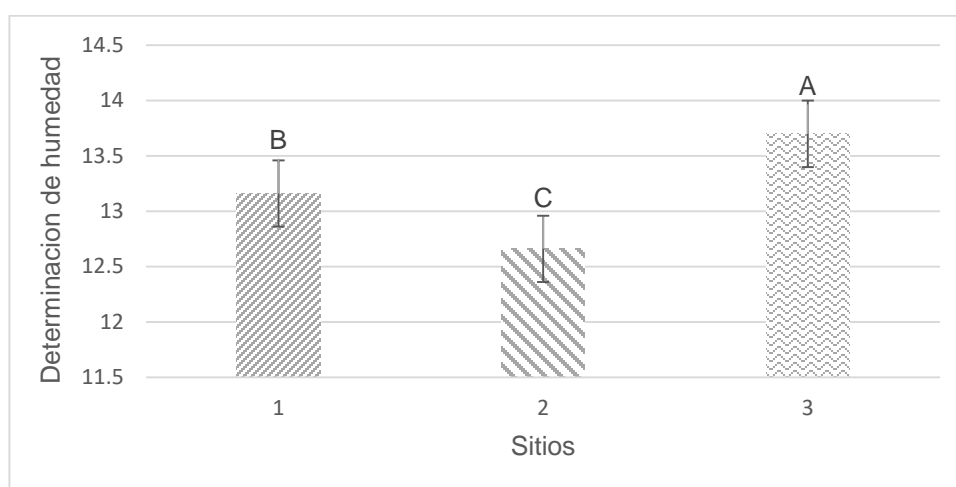
<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>
0	Sanas
1	1-10% granos infectados
2	11-25% granos infectados
3	26-50% granos infectados
4	51-75 % granos infectados
5	76-100% granos infectados

Los resultados de severidad de la enfermedad fueron procesados por análisis de varianza y separación de medias por la prueba de Tukey con  $P=0.05$  de significancia. Se utilizó el software SAS versión 9.0 para Windows.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Pruebas preliminares de la calidad de semilla

En esta prueba se determinó el porcentaje de humedad en las semillas de maíz, proveniente de tres sitios diferentes, tal como se muestra en la Figura 1. Aunque los valores obtenidos mostraron leves variaciones entre los tres sitios evaluados, el análisis mostró diferencias estadísticas, ( $p < 0.05$ ) entre los tres sitios; sin embargo, se destaca que el sitio 3 presentó humedad más alta, con un valor de 13.7%.



**Figura 2:** Niveles de humedad en granos de maíz, colectados en tres sitios.

Otra manera fácil de hacer la prueba es usando un frasco con sal. Esta prueba funciona porque la sal se junta y forma grumos cuando la humedad en el aire está entre el 70 y 75% reportados por (Sutcliffe y Adams, 2014). La humedad del aire influye en la cantidad de agua que tienen las semillas. Cuando la humedad del aire está entre el 70 y 75%, las semillas de maíz mantienen un nivel de humedad estable, que es aproximadamente un 15% según (Mrema, 2011).

### Germinación y vigor

En esta prueba, como se muestra en el Cuadro 2 y 3, se presentan los porcentajes de germinación y vigor de las semillas recolectadas en tres sitios diferentes durante el año 2023 y 2024, respectivamente. En el año 2023 se observa que el sitio 3 tuvo el porcentaje

más alto de germinación, mientras que en el sitio 1 se registró el mayor porcentaje de semillas sin germinar.

**Cuadro 2:** Resultados de la prueba de germinación y vigor de los tres sitios del 2023.

<b>Parcelas</b>	<b>Repetición</b>	<b>Plantas Normales</b>	<b>Plantas Anormales</b>	<b>Semillas Muertas</b>	<b>Semillas Germinar</b>	<b>sin Total Semillas</b>
<b>Sitio 1</b>	1	8	17	0	0	25
	2	13	12	0	0	25
	3	8	17	0	0	25
	4	9	16	0	0	25
<b>Sitio 2</b>	1	21	4	0	0	25
	2	21	4	0	0	25
	3	15	10	0	0	25
	4	16	9	0	0	25
<b>Sitio 3</b>	1	21	4	0	0	25
	2	19	6	0	0	25
	3	21	4	0	0	25
	4	21	4	0	0	25

Nuss y Tanumihardjo (2010) mencionan que el pericarpio, que es la capa externa del grano— contiene un alto nivel de fibra cruda. Por su parte, Vicent (2017) señala que los pericarpios más gruesos pueden afectar negativamente la fisiología de la semilla y dificultar el establecimiento temprano del cultivo. Esto se debe a que un pericarpio grueso puede retrasar la imbibición (la absorción de agua por parte de la semilla) al actuar como una barrera física, lo que interfiere con la salida de estructuras importantes para la germinación, como la radícula y el coleóptilo.

González *et al.* (2014) reportan que la calidad de la semilla implica la integridad morfológica y los procesos fisiológicos que conservan la viabilidad, siendo indicadores de la calidad la germinación y el vigor, los cuales dependen del genotipo y del manejo en la producción y poscosecha. La germinación de la semilla se define como la serie de procesos metabólicos y morfogenéticos, que transforman el embrión en una plántula que se puede convertir en una planta adulta mencionan (Rosental *et al.*, 2014); mientras que el vigor es la sumatoria de aquellas propiedades de las semillas que determinan el nivel de actividad y la respuesta durante la germinación y emergencia de la plántula (Navarro *et al.* 2015). Es por ello que las pruebas de germinación y vigor se recomiendan implementarlas de forma paralela, para emitir veredictos integrales de la calidad fisiológica, debido a que estas dos pruebas infieren y ayudan a definir la calidad física y fisiológica de la semilla.

**Cuadro 3:** Resultados de la prueba de germinación y vigor en semillas de maíz del 2024.

Parcelas	Repetición	Plantas	Plantas	Semillas	Semillas sin Total	Total
		Normales	Anormales	Muertas	Germinar	
<b>Sitio 1</b>	1	15	10	0	0	25
	2	14	10	0	1	25
	3	13	12	0	0	25
	4	16	9	0	0	25
<b>Sitio 2</b>	1	22	3	0	0	25
	2	20	5	0	0	25
	3	24	1	0	0	25
	4	23	2	0	0	25
<b>Sitio 3</b>	1	15	10	0	0	25
	2	11	14	0	0	25
	3	16	6	0	3	25
	4	13	11	0	1	25

Se llevó a cabo una prueba de germinación para evaluar qué tan bien germinan las semillas de diferentes poblaciones. Al analizar los resultados, se encontraron diferencias estadísticamente significativas, los porcentajes de germinación variaron entre 28% y 100%. De las 35 poblaciones que fueron evaluadas, 25 de ellas (el 71,4%) mostraron una germinación superior al 80%, lo cual indica que en general, la mayoría de las poblaciones tienen un buen potencial de germinación.

Estos resultados coinciden con los reportados por González-Cortés *et al.* (2016) quienes mencionan que las semillas con más del 80% de germinación se consideran de alta germinación, entre 60% y 80% de germinación media, y menos del 60% de baja germinación.

En cuanto al crecimiento de las plántulas, el 60% de las poblaciones (21) produjeron plántulas de más de 5 cm de largo, y el 40% (14 poblaciones) tuvieron plántulas con alto

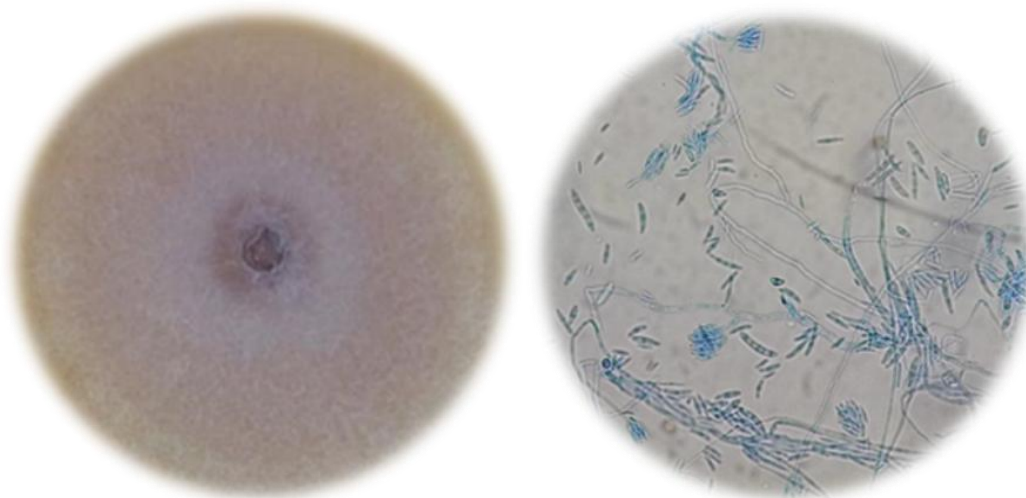
vigor. Las poblaciones 17 y 30 destacaron por tener tanto alto porcentaje de germinación como alto vigor, lo cual es positivo.

Marcos-Filho (2015) menciona que el potencial para qué de una semilla depende de su capacidad para germinar y del vigor que muestre al crecer.

También se observó que las plántulas normales, es decir, las que tienen raíces y brotes, fueron más frecuentes en las poblaciones con alto vigor. Esto es importante porque, como indica AOSA (2014) solo las plántulas con estructuras completas y sanas pueden desarrollarse bien en el campo. En cambio, las plántulas anormales, que tienen partes dañadas o mal formadas, no logran crecer correctamente.

### **Identificación de hongos**

Para aislar los hongos, se utilizaron semillas de maíz criollo mediante la técnica de papel húmedo. Tras varios días, se observó crecimiento micelial, el cual fue transferido a cajas con medio papa dextrosa agar (PDA) para su desarrollo. Luego, se realizaron montajes en portaobjetos para la identificación morfológica, reconociendo a nivel de género a *Aspergillus*, *Fusarium* y *Talaromyces*. En el caso de *Talaromyces*, se observó únicamente el estado asexual (anamorfo) para su identificación.



**Figura 3:** Micelio de color rosado vináceo, micelio aéreo, lanoso a algodonoso.

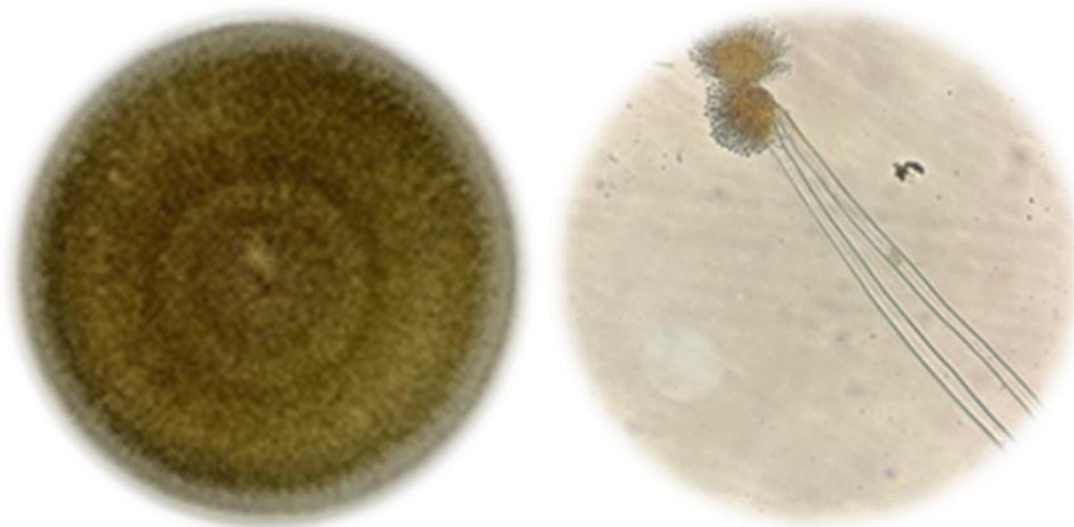
Lombard, Van Doorn, et al. (2019) mencionan que en condiciones de laboratorio las colonias de *Fusarium* desarrolladas en PDA e incubadas a 24 °C llegan a alcanzar 90 mm de diámetro después de 7 días, desarrollando micelio de color rosado vináceo a pálido en

el centro de la colonia, con abundante micelio aéreo, denso, lanoso a algodonoso. Para el estudio de estructuras de interés taxonómico, lo adecuado es establecer colonias en agar nutritivo sintético (SNA) con hojas de clavel e incubadas bajo luz negra. Du et al. (2020) reportan que de esta forma se obtienen microconidias que se forman abundantemente en cabezas falsas o en otras (de acuerdo con cada especie) en el micelio aéreo, que surgen en monofiálidas y polifiálidas, de forma septadas, con presencia de clamidosporas solitarias e intercalares y en algunos casos ausencia de las mismas, según (Duan *et al.*, 2019).



**Figura 4:** Micelio verdoso a grisáceo.

Para el aislamiento de *Talaromyces* sp. Como podemos observar las estructuras que lo identifican, son los conidióforos fueron simples o ramificados y los racimos de fiálidas en forma de botella ya que los conidióforos terminan en fialidas de las que se origina las cadenas conidiales. (Barnett y Hunter, 1998).



**Figura 5:** Micelio de color amarillo, verdoso a marrón.

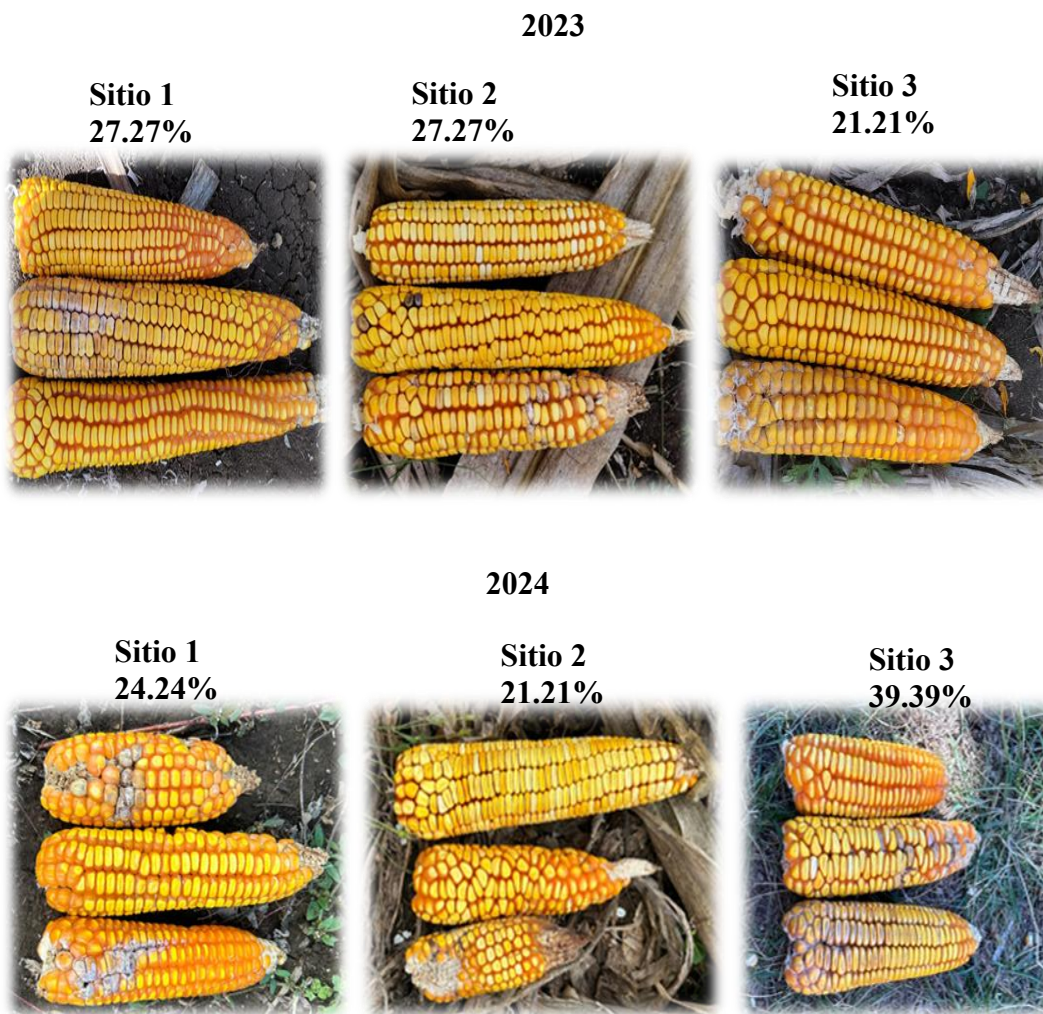
Para el aislamiento de *Aspergillus* sp. Se identificó en base a sus características morfológicas (Barnett y Hunter, 1998). Donde se observa el color del micelio es Amarillo verdoso a marrón, conidios en cadena (globosos, ovoide) de igual manera los conidios sobre una vesícula.

#### **Corroboración molecular de las cepas**

Las cepas de *Fusarium* sp. *Aspergillus* sp. y *Talaromyces* sp. De acuerdo con el programa BLAST, las secuencias de las cepas obtenidas correspondieron con *Aspergillus niger*, con un porcentaje de identidad de 98.64%, con *Fusarium verticillioides* de 100.00% y *Talaromyces funiculosus* con un porcentaje de 99.45%.

#### **Incidencia de la pudrición de mazorca**

En el análisis de la incidencia de la enfermedad en la mazorca, de dos años distintos se observó que hubo diferencias entre los tres sitios muestreados. Sin embargo, en el sitio 3, la incidencia fue del 21.21%, mientras que en los sitios 1 y 2 la incidencia fue mayor, con un valor de 27.27%. A pesar de esta diferencia numérica, estadísticamente no se encontró una diferencia significativa entre los sitios 1 y 2. Así mismo observamos las muestras del año 2024 la incidencia de los sitios 1 y 2 tuvo un valor bajo, ya que el sitio 3 tuvo un valor más alto.



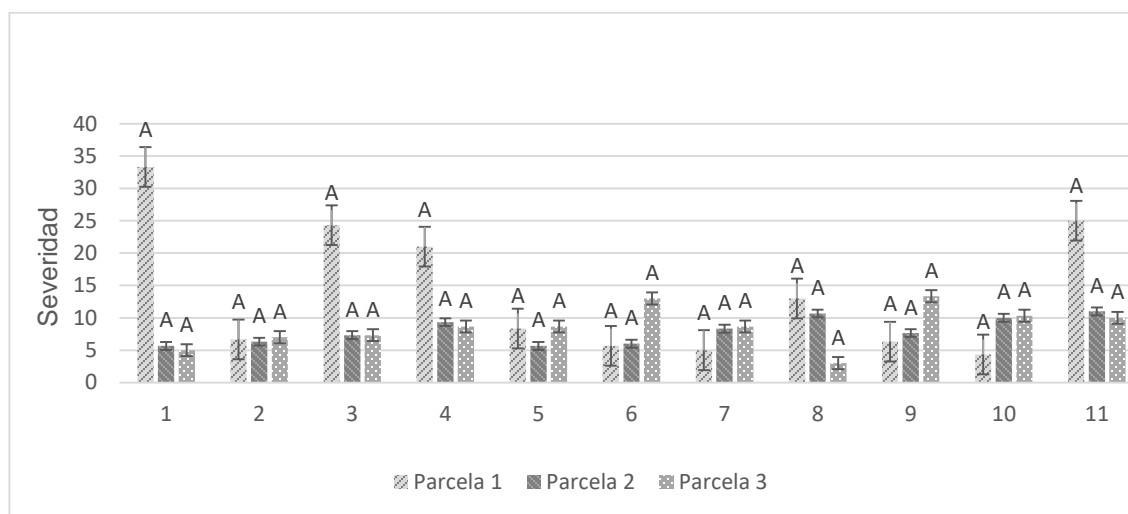
**Figura 6:** Resultados de incidencia de la pudrición de mazorca.

Estudios realizados por González *et al.* (2017) reportaron que la incidencia de enfermedades en la mazorca de maíz se relaciona con varios factores, entre ellos la susceptibilidad del genotipo, el manejo agronómico aplicado y las condiciones ambientales a las que se expone el cultivo durante su desarrollo. Además, diferentes especies de *Fusarium*, que están ampliamente distribuidas y son endémicas en todas las regiones productoras de maíz, causan pudriciones en el tallo y la mazorca.

Por otro lado, Chen *et al.* (2022) señalan que la implementación de cultivares resistentes, el manejo adecuado de los residuos de cultivos, el riego controlado y el uso de agentes biológicos para el control de enfermedades constituyen prácticas agrícolas efectivas que han demostrado reducir tanto la incidencia como la propagación de enfermedades provocadas por *Fusarium*.

### Severidad de la pudrición de mazorca (2023)

La severidad de la enfermedad en maíz varió significativamente entre los tres sitios evaluados, siendo el sitio 1 el más afectado con un promedio de severidad del 33.33%, seguido por el sitio 3 con 13.33% y el sitio 2 con 11% y. Esta diferencia podría estar influenciada por variaciones en las condiciones climáticas y prácticas de manejo en cada parcela. Además, la variabilidad observada entre repeticiones sugiere que la severidad no es homogénea, lo que podría indicar microambientes con diferente nivel de presión de enfermedad.



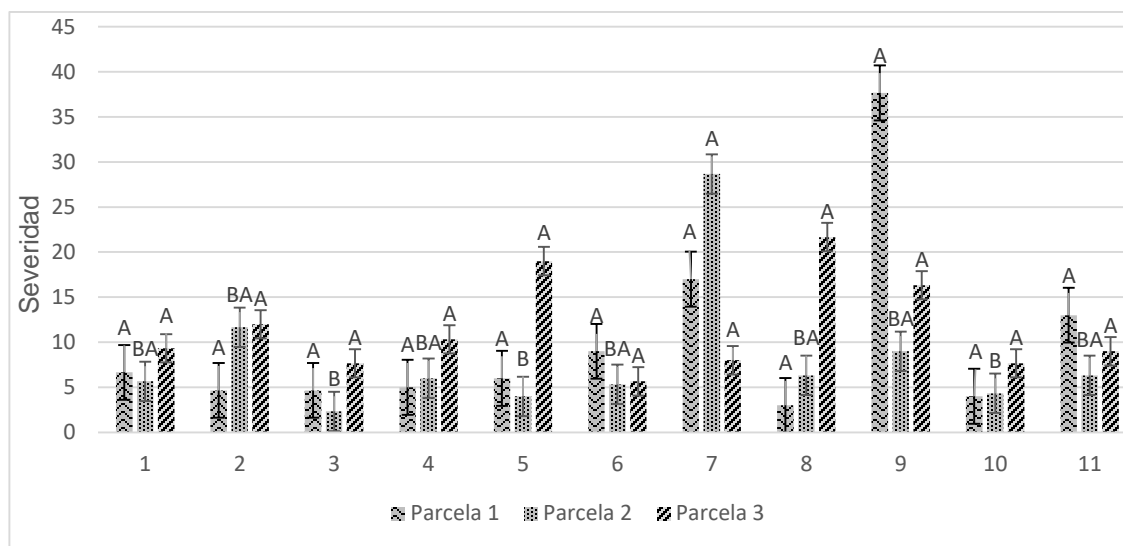
**Figura 7:** Resultados de la severidad de la pudrición de mazorca en maíz (2023).

Al respecto Laurentin, (2011) menciona que la severidad y la incidencia de estas enfermedades pueden variar de un año a otro dentro de una misma región, o presentar diferencias entre distintas regiones en un mismo periodo. El comportamiento de los genotipos de este cereal depende de su rendimiento y de la tolerancia que demuestren frente a las principales plagas. Por otra parte, Rodríguez *et al.* (2018) mencionan que no es importante únicamente el control de fusariosis para reducir las pérdidas en el rendimiento de los cultivos, sino también para prevenir la formación de fumonisinas, unas toxinas producidas por *Fusarium*, ya que afectan la calidad de los granos.

### Severidad de la pudrición de mazorca (2024)

Se evaluó la severidad de la pudrición de mazorca en tres parcelas, observándose diferencias significativas entre ellas. Se identificaron diferencias estadísticas entre las medias de severidad, indicadas por letras distintas. La Parcela 1 presentó el valor más alto

de severidad con 37.66, significativamente mayor que las otras parcelas. La Parcela 3 mostró valores intermedios con una severidad máxima de 21.66, mientras que la Parcela 2 registró valores menores, con un máximo cercano a 28.66 pero con medias que estadísticamente difieren de la Parcela 1. Esta diferencia se debe a la influencia de factores ambientales y manejo de cada sitio.



**Figura 8:** Resultados de la severidad de la pudrición de mazorca en maíz (2024).

García y Martínez (2010) mencionan que si observaron diferencias en la presencia de especies de *Fusarium* en función de la severidad del daño en las semillas. En particular, *Fusarium oxysporum* ya que fue aislado principalmente de semillas con síntomas de pudrición intensa, no obstante, es importante señalar que esta especie se ha asociado con mayor frecuencia a pudrición del tallo, una característica que también comparte *Fusarium subglutinans* (Figuroa *et al.*, 2010).

## CONCLUSIONES

El análisis morfológico y molecular permitió identificar a tres géneros de hongos asociados a la pudrición de mazorca de maíz: *Talaromyces* sp. *Fusarium* sp y *Aspergillus* sp. Así mismo se pudo observar que entre ambos métodos, se confirmó la presencia de estos microorganismos como los principales agentes asociados a la pudrición de mazorca de maíz, en las muestras evaluadas.

En la incidencia de la pudrición de mazorca fue variable entre los años y sitios de muestreo. El año 2024 presentó la mayor incidencia con un 39.39%, mientras que en 2023 el valor máximo registrado fue de 27.27%. Estos resultados indican un incremento en la presencia de la enfermedad, posiblemente relacionado con las condiciones ambientales o prácticas de manejo del cultivo.

Por otro lado, en la severidad hubo diferencias significativas en los tres sitios de los dos años, con valores similares.

## REFERENCIAS

- Albuquerque, A. D., & Gusqui, M. R. (2018). Eficacia de fungicidas químicos para el control *in vitro* de diferentes fitopatógenos en condiciones controladas. *Arnaldoa*, 25(2), 489–498.
- Andrade, P., Luna, A., Osorio, E., Molina, E., Landero, N., & Barrales, J. (2019). Antagonismo de *Trichoderma* spp. vs. hongos asociados a la marchitez de chile. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(6), 1259–1272. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i6.1326>.
- Ángel-Ríos, M. D., Pérez-Salgado, J., & Morales, F. J. (2015). Toxicidad de extractos vegetales y hongos entomopatógenos en el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae), del maíz en el estado de Guerrero. *Entomología Mexicana*, 2, 260–265.
- AOSA. (2014). *Rules for testing seeds*. Association of Official Seed Analysts (AOSA), USA. Disponible en: [http://www.aosaseed.com/aosa\\_rules\\_for\\_testing\\_seeds](http://www.aosaseed.com/aosa_rules_for_testing_seeds) (consultado el 10 de febrero de 2016).
- Barnett, H. L., & Hunter, B. B. (1998). *Illustrated genera of imperfect fungi* (4th ed.). The American Phytopathological Society.
- Bentazos, M. E. (2018). *Varietades de maíz resistentes: Una opción para reducir la pudrición de la mazorca en Chiapas, México*. *Agricultura Técnica en México*, 27(1), 57–67.
- Booth, C. (1971). *The genus Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute.
- Briones-Reyes, D., Castillo-González, F., Chávez-Servia, J. L., Aguilar-Rincón, V. H., de León-García-de Alba, C., & Ramírez-Hernández, A. (2015). Respuesta del maíz nativo del altiplano mexicano a pudrición de mazorca, bajo infección natural. *Agronomía Mesoamericana*, 26(1), 73–85. <https://doi.org/10.15517/am.v26i1.16922>.
- Carreras, S. B. (2011). Aplicaciones de la bacteria entomopatógena *Bacillus thuringiensis* en el control de fitopatógenos. *Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 12(2), 129–133.

- Carvajal, M. (2022). Mycotoxin challenges in maize production and possible control methods in the 21st century. *Journal of Cereal Science*, 103, 103293. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103293>.
- Cázares, S. E., Chávez, S. J. L., Salinas, M. Y., Castillo, G. F., & Ramírez, V. P. (2015). Variación en la composición del grano entre poblaciones de maíz (*Zea mays* L.) nativas de Yucatán, México. *Agrociencia*, 49, 15–30.
- Centurión, A. F., & Ocampos, C. J. G. (2015). Control biológico del complejo de hongos causantes de la mancha foliar en maíz dulce (*Zea mays* var. *saccharata*) con bacterias benéficas. *Investigación Agraria*, 16(2), 83–92.
- Cervantes, A. Y. F., Castillo, G. A., Carapia, R. V. E., Andrade, R. M., Núñez, V. M. E., Villegas, T. O. G., Perdomo, R. F., Suárez, R. F. R., & López, S. J. A. (2016). Variabilidad genética y asociación morfológica entre poblaciones nativas de maíz y sus cruas F1. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(8), 1919–1931.
- Chen, A. H., Islam, T., & Ma, Z. H. (2022). An integrated pest management program for managing *Fusarium* head blight disease in cereals. *Journal of Integrative Agriculture*, 21(12), 3434–3444. <https://doi.org/10.1016/j.jia.2022.08.053>.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2014). *Sitio web de la CONABIO*. Recuperado el 3 de agosto de 2014, de <https://www.conabio.gob.mx>.
- Coppock, R. W., & Dziwenka, M. M. (2019). Mycotoxins. *Biomarkers in Toxicology*, 615–626. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814655-2.00036-0>.
- De Rossi, R. L. (2014). *La sanidad del maíz en los nuevos escenarios productivos*. En *Actas del X Congreso de Maíz*. Rosario.
- Du, Q., Duan, C. X., Li, S. C., Tang, Z. L., & Luo, J. Y. (2020). First report of maize ear rot caused by *Fusarium concentricum* in China. *Plant Disease*, 104(5), 1539. <https://doi.org/10.1094/pdis-07-19-1515-pdn>.
- Duan, C. X., Du, Q., Tang, Z. L., Li, S. C., & Wang, B. B. (2019). First report of maize ear rot caused by *Fusarium sacchari* in China. *Plant Disease*, 103(10), 2674. <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-19-0829-PDN>.
- Figueroa, R. M. A., Rodríguez, G. R., Guerrero, A. B. Z., González, C. M. M., Pons, H. J. L., Ramírez, P. J. G., Andrio, E. E., & Mendoza, E. M. (2010). Caracterización

de especies de *Fusarium* asociadas a la pudrición de raíz de maíz en Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 28, 124–134.

- FIRA. (2015). Panorama agroalimentario. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/61952/Panorama\\_Agroalimentario\\_Ma\\_z\\_2015.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/61952/Panorama_Agroalimentario_Ma_z_2015.pdf).
- García, A. G., & Martínez, F. R. (2010). Especies de *Fusarium* en granos de maíz recién cosechado y desgranado en el campo en la región de Ciudad Serdán, Puebla. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81, 15–20.
- García, G. C., Lizarraga, S. G. J., Armenta, B. A. D., & Apodaca, S. A. (2012). Efecto de productos biorracionales en la incidencia de hongos y concentración de aflatoxinas en maíz blanco cultivado en Sinaloa, México. *Revista UDO Agrícola*, 12(4). ISSN 1317-9152.
- González, H. A., Vázquez, G. L. M., Sahagún, C. J., Rodríguez, P. J. E., & Pérez, L. D. D. J. (2017). Rendimiento del maíz de temporal y su relación con la pudrición de mazorca. *Agricultura Técnica en México*, 33(1), 33–42.
- González, R. F., León, D., Borges, L., Pinzón, L., Magaña, M., Sanguines, R., & Urrestarazu, M. (2014). Envejecimiento acelerado sobre la calidad de semilla de maíz para producir germinados para forraje alternativo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Publicación Especial* (8), 1487–1493.
- González-Cortés, N., Silos-Espino, H., Estrada Cabral, J. C., Chávez-Muñoz, J. A., & Tejero Jiménez, L. (2016). Características y propiedades del maíz (*Zea mays* L.) criollo cultivado en Aguascalientes, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(3), 669–680.
- González-Maldonado, M. B., Gurrola-Reyes, J. N., & Cháirez-Hernández, I. (2015). Productos biológicos para el control de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 41(2), 200–204.
- Hidalgo, R., & Moran, I. (2020). *Trichoderma*: Hongo fungicida usado en tratamientos foliares del suelo y el control de diversas enfermedades producidas por hongos. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, 12(50), 50–63.

- Ji, I., Han, G. D., Jeong, J. J., Sang, M. K., Chun, S. C., & Kim, K. D. (2015). First report of *Penicillium georgiense* as a fungal pathogen of onion (*Allium cepa* L.). *Crop Protection*, 72, 83–89.
- Lanubile, A., Maschietto, V., Borrelli, V. M., Stagnati, L., Logrieco, A. F., & Marocco, A. (2017). Molecular basis of resistance to *Fusarium* ear rot in Maize. *Frontiers in Plant Science*, 8, Article 1774. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01774>.
- Laurentin, H. (2011). *Genética agrícola*. Editorial Académica Española.
- Leslie, J. F., & Summerell, B. A. (2006). *The Fusarium laboratory manual*. Blackwell Professional.
- Leyva-Madrigal, K. Y., Larralde-Corona, C. P., Apodaca-Sánchez, M. A., Quiroz-Figueroa, F. R., Mexia-Bolaños, P. A., Portillo-Valenzuela, S., Ordaz-Ochoa, J., & Maldonado-Mendoza, I. E. (2015). *Fusarium* species from the *Fusarium fujikuroi* species complex involved in mixed infections of maize in northern Sinaloa, Mexico. *Journal of Phytopathology*, 163, 486–497. <https://doi.org/10.1111/jph.12346>.
- Liu, S., Wang, J., Guo, N., Sun, H., Ma, H., Zhang, H., & Shi, J. (2021). *Talaromyces funiculosus*, a novel causal agent of maize ear rot and its sensitivity to fungicides. *Plant Disease*. <https://doi.org/10.1094/pdis-04-21-0686-re>.
- Lombard, L., Van Doorn, R., & Crous, P. W. (2019). Neotypification of *Fusarium chlamydosporum* - A reappraisal of a clinically important species complex. *Fungal Systematics and Evolution*, 4, 183–200. <https://doi.org/10.3114/fuse.2019.04.10>.
- Marcos-Filho, J. (2015). Seed vigor testing: An overview of the past, present and future perspective. *Scientia Agricola*, 72(4), 363–374.
- Martínez, P. H. Y., Hernández, D. S., Reyes, M. C. A., & Vázquez, C. G. (2013). El género *Aspergillus* y sus micotoxinas en maíz en México: Problemática y perspectivas. ISSN:01853309.
- Morales, C., & Rodríguez, C. (2010). Una cultura en peligro: Maíz transgénico, la coyuntura actual. En I. UCCS (Ed.), *Los maíces nativos como patrimonio cultural*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH).

- Mrema, G. C. (2011). *Rural structures in the tropics: Design and development*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
- Munkvold, G. P., & White, D. G. (2016). *Compendium of corn diseases* (4th ed.). The American Phytopathological Society.
- Navarro, M., Febles, G., & Herrera, R. S. (2015). Vigor: Essential element for seed quality. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 49(4), 447–458.
- Nelson, P. E., Toussoun, T. A., & Marasas, W. F. O. (1983). *Fusarium species: An illustrated manual for identification*. The Pennsylvania State University Press.
- Nuss, E. T., & Tanumihardjo, S. A. (2010). Maize: A paramount staple crop in the context of global nutrition. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9, 417–436.
- Odjo, S., Alakonya, A. E., Rosales-Nolasco, A., Molina, A. L., Muñoz, C., & Palacios-Rojas, N. (2022). Occurrence and postharvest strategies to help mitigate aflatoxins and fumonisins in maize and their co-exposure to consumers in Mexico and Central America. *Food Control*, 138, 108968. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.108968>.
- Rivas, V. P., Virgen, V. J., Rojas, M. I., Cano, S. A., & Ayala, E. V. (2011). Evaluación de pudrición de mazorca de híbridos de maíz en valles altos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(6).
- Rodríguez, I. C., & Flores, J. (2018). Capacidad antagónica *in vitro* de *Trichoderma* spp. frente a *Rhizoctonia solani* Kuhn y *Fusarium verticillioides* Nirenberg. *Bioagro*, 30(1), 49–58.
- Román, A., Monar, C., Silva, D., & Rodríguez, E. (2018). Fitopatógenos asociados a enfermedades foliares de maíz en la provincia de Bolívar. *Revista de Investigación Talentos*, 1, 544–553.
- Rosental, L., Nonogaki, H., & Fait, A. (2014). Activation and regulation of primary metabolism during seed germination. *Seed Science Research*, 24(1), 1–15.
- Ruíz-Torres, N. A., Rincón-Sánchez, F., Bautista-Morales, V. M., Martínez-Reyna, J. M., Burciaga-Dávila, H. C., & Olvera-Esquivel, M. (2012). Calidad fisiológica de semilla en dos poblaciones de maíz criollo mejorado. *Agraria*, 9(2), 43–48.

- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación – Sistema de Información Agropecuaria (SAGARPA–SIAP). (2012). Resumen nacional por estado. Consultado el 5 de enero de 2014.
- Strausbaugh, C. A., & Dugan, F. (2017). A new *Penicillium* species causing root rot of stored sugar beet in Idaho. *Plant Disease*, 101, 1781–1787.
- Streit, E., Schatzmayr, G., Tassis, P., Tzika, E., Marin, D., Taranu, I., Tabuc, C., Nicolau, A., Aprodu, I., Puel, O., & Oswald, I. P. (2012). Current situation of mycotoxin contamination and co-occurrence in animal feed focus on Europe. *Toxins*, 4(10), 788–809. <https://doi.org/10.3390/toxins4100788>.
- Sutcliffe, V., & Adams, J. (2014). *Low-cost monitors of seed moisture status*. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Urbina, M. (2011). *Fitopatología especial: Unidad III: Enfermedades del cultivo del maíz y arroz* (25 p.). Universidad Católica Agropecuaria del Trópico Seco.
- Vandicke, J., De Visschere, K., Croubels, S., De Saeger, S., Audenaert, K., & Haesaert, G. (2019). Mycotoxins in flanders' fields: Occurrence and correlations with *Fusarium* species in whole-plant harvested maize. *Microorganisms*, 7(11), 1–21. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7110571>.
- Vicient, C. M. (2017). The effect of frequency-specific sound signals on the germination of maize seeds. *BMC Research Notes*, 10, 323. <https://doi.org/10.1186/s13104-017-2643-4>.
- Wigmann, É. F., Behr, J., Vogel, R. F., & Niessen, L. (2019). MALDI-TOF MS fingerprinting for identification and differentiation of species within the *Fusarium fujikuroi* species complex. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103, 5323–5337. <https://doi.org/10.1007/s00253-019-09794-z>.