



## TESIS

CON EL TEMA:

**“Presencia y distribución de hongos con potencial entomopatógeno en suelos cultivados con maíz (*Zea mays*) del municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco”**

QUE PRESENTA:

**ERICK AVIÑA TORREZ**

ASESOR:

**DRA. SARAI MONSERRAT CUETO MEDINA**

REVISORES:

**DR. JUAN FLORENCIO GOMEZ LEYVA  
DR. PEDRO YESCAS CORONADO**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO EN AGRONOMÍA**

Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, **29/Enero/2024**

No. DE OFICIO: D.SA/245/2024  
ASUNTO: Autorización de impresión  
definitiva y digitalización.

**C. ERICK AVIÑA TORREZ**  
**PASANTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN AGRONOMÍA**  
**P R E S E N T E**

Dado que el Comité dictaminó como **APROBADA** su TITULACIÓN INTEGRAL OPCIÓN I (TESIS), con el tema **"Presencia y distribución de hongos con potencial entomopatógeno en suelos cultivados con maíz (Zea mays) del municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco"** y determinó que da cumplimiento con los requisitos establecidos, se le notifica que tiene la autorización para su impresión definitiva y digitalización.

Sin otro particular quedo de usted.

**ATENTAMENTE**

*Excelencia en Educación Tecnológica®  
Educando para la Sociedad Actual y los Retos del Futuro*

**C. MARÍA ISABEL BECERRA RODRÍGUEZ**  
**DIRECTORA DEL PLANTEL**



C.c.p.- Coordinación de Apoyo a la Titulación. - Edificio  
C.c.p.- Minutario. -

MIBR/RND/VHPS/mjhc  
VP



Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, **26/enero/2023**

No. DE OFICIO: D.SA/DCA/053/2023  
ASUNTO: Liberación de proyecto para la titulación integral.

**ICE. ANA LUISA GARCIA CORRALEJO**  
**JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES**  
**P R E S E N T E**

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

<b>NOMBRE DEL ESTUDIANTE Y/O EGRESADO:</b>	ERICK AVIÑA TORREZ
<b>NO. DE CONTROL:</b>	19940231
<b>PRODUCTO:</b>	OPCIÓN I ( TESIS )
<b>CARRERA:</b>	INGENIERÍA EN AGRONOMÍA
<b>NOMBRE DEL PROYECTO:</b>	<b>"Presencia y distribución de hongos con potencial entomopatógeno en suelos cultivados con maíz (Zea mays) del municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco"</b>

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

**ATENTAMENTE**

Excelencia en Educación Tecnológica®  
Educando para la Sociedad Actual y los Retos del Futuro

  
**ING. MIGUEL HERNANDEZ FLORES**  
**RESPONSABLE DEL DEPARTAMENTO**  
**DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

  
S.E.P.  
IT TLAJOMULCO  
DEPARTAMENTO  
CIENCIAS  
AGROPECUARIAS

 <b>DRA. SARAÍ MONSERRAT CUETO MEDINA</b> Nombre y firma del asesor	 <b>DR. JUAN FLORENCIO GOMEZ LEYVA</b> Nombre y firma del revisor	 <b>DR. PEDRO YESCAS CORONADO</b> Nombre y firma del revisor
--	--	---

C.c.p.- Expediente:  
PYC/mjhc\*



## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mis asesores de tesis, la Dra. Sarai Monserrat Cueto Medina y al Dr. Juan Florencio Gómez Leyva por haberme dado la oportunidad de trabajar con ellos y por confiar en mí para llevar a cabo esta investigación para culminar mi formación profesional. De antemano gracias por su paciencia, apoyo y profesionalismo para desarrollar este trabajo en conjunto.

Al ITTJ por haber sido mi casa de estudio y por abrirme las puertas en mi carrera profesional.

Por último, agradezco de corazón a mis padres, hermanos y abuelos, por el apoyo incondicional durante toda mi formación académica; así como a mis amigos y personas que se cruzaron en mi camino para alentar mi formación.

## DEDICATORIA

Querida familia.

En este día quiero tomar un momento para expresar mi profundo agradecimiento por cada uno de ustedes. Padre, madre, hermanos y abuelos, ustedes son el pilar de mi vida, el refugio donde encuentro amor incondicional y apoyo inquebrantable.

Padre y madre, gracias por ser mis guías, por enseñarme con amor y paciencia, por brindarme las herramientas necesarias para enfrentar los desafíos de la vida. Su sacrificio y dedicación son un ejemplo inspirador que llevo conmigo en cada paso que doy.

Hermanos, ustedes son mis compañeros de vida, mis cómplices en las travesuras de la infancia y mis aliados en los momentos de dificultad. Agradezco la complicidad y el cariño que compartimos, y celebro la fortuna de tenerlos a mi lado en este viaje llamado familia.

Abuelos, su sabiduría y ternura son tesoros que atesoro en lo más profundo de mi corazón. Gracias por ser mi segundos padres, por regalarnos historias de tiempos pasados y por ser el ancla que nos conecta con nuestras raíces.

Juntos, formamos un lazo indestructible que trasciende el tiempo y el espacio. En cada risa compartida, en cada abrazo cálido, encuentro la verdadera esencia del amor familiar, un vínculo que nutre mi alma y me llena de gratitud.

En este día, les envío todo mi amor y gratitud. Que sigamos construyendo recuerdos inolvidables juntos, y que nuestra familia siga siendo un refugio de amor y alegría en los buenos y malos momentos.

Con amor y cariño,

**Erick Aviña Torrez.**

# ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS .....	i
DEDICATORIA .....	ii
ÍNDICE .....	iii
ÍNDICE DE CUADROS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEORICO .....	2
II.1.1. Antecedentes. ....	2
II.2. Marco teorico.....	14
II.2.1. Origen del maiz.....	14
II.2.2. Importancia economica del maiz en Mexico y el mundo.....	15
II.2.3. Clasificación taxonómica. ....	15
II.2.4. Descripción botanica. ....	15
II.2.5. Fenología y Fisiología.....	16
II.2.6. Requerimientos Edafoclimaticos.....	17
II.2.7. Patologías asociadas al cultivo.....	18
II.2.8. Control de plagas.....	21
III. OBJETIVOS. ....	26
III.1. Objetivo General. ....	26
III.2. Objetivos Específicos.....	26
IV. HIPOTESIS .....	27
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
V.1. Área de estudio.....	28

V.2.	Recolecta de muestras.....	28
V.3.	Análisis físico-químicos del suelo.....	28
V.4.	Textura.....	28
V.5.	Materia Orgánica.....	29
V.6.	Conductividad Eléctrica. (C.E).....	31
V.7.	pH.....	31
V.8.	Aislamiento de hongos entomopatógenos.....	32
V.9.	Identificación taxonómica de los hongos entomopatógenos.....	33
V.10.	Bioensayos.....	33
VI.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	34
VI.1.	Análisis e interpretación de resultados.....	34
VI.2.	Numero de aislamientos obtenidos de suelos cultivados con maíz ( <i>Zea mays</i> ) del municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco.....	35
VI.3.	Porcentaje de cepas de hongos entomopatógenos aislados de suelos cultivados con maíz ( <i>Zea mays</i> ) del municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco. 36	
VI.4.	Descripción morfológica.....	37
VI.5.	Bioensayo.....	41
6.5.1	Metarhizium sp.....	41
6.5.2	<i>Fusarium</i> sp.....	42
VII.	CONCLUSION.....	43
VIII.	LITERATURA CITADA.....	44

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Representación de las etapas fenológicas respecto a los días después de la siembra (DDS).....	17
<b>Cuadro 2.</b> Requerimiento térmico según el ciclo fenológico del maíz. ....	18
<b>Cuadro 3.</b> Propiedades fisicoquímicas de las muestras de suelo.....	34
<b>Cuadro 4.</b> Total, de aislamientos obtenidos. ....	35
<b>Cuadro 5.</b> Total, y porcentaje de cepas aisladas e identificadas en larvas de gusano de harina ( <i>Tenebrio molitor</i> ) infectadas mediante el método del “insecto trampa”. .....	36



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Daño ocasionado por bacteria ( <i>Erwinia chrysanthemi</i> pv. <i>zeae</i> , sin. <i>Erwinia carotovora</i> f. sp. <i>Zeeae</i> ) en el tallo del maíz.....	19
<b>Figura 2.</b> Planta de maíz enana infectada por el virus Maize dwarf mosaic (MDMV) .....	19
<b>Figura 3.</b> Daño ocasionado por hongo ( <i>Fusarium</i> spp.) en mazorca de maíz. ....	20
<b>Figura 4.</b> Daño ocasionado por larva de Gusano Elotero ( <i>Helicoverpa zea</i> ) en mazorca de maíz.....	20
<b>Figura 5.</b> Daño ocasionado por larva de Gusano cogollero ( <i>Spodoptera frugiperda</i> ) en la planta del maíz. ....	21
<b>Figura 6.</b> Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos.....	25
Figura 7 Adultos de <i>Spodoptera frugiperda</i> , muertos y esporulados por <i>Beauveria bassiana</i> (A) y <i>Metarhizium anisopliae</i> (B). Tomado de: Gutiérrez-Cárdenas (2017). .....	25
<b>Figura 8.</b> Características macroscópicas de <i>Metarhizium</i> sp (194E). <b>a)</b> anverso, <b>b)</b> reverso .....	37
<b>Figura 9.</b> Características macroscópicas de <i>Metarhizium</i> sp (184E). <b>a)</b> anverso, <b>b)</b> reverso .....	38
<b>Figura 10.</b> Características microscópicas de <i>Metarhizium</i> sp (184E y 194E). <b>a)</b> Larva de gusano de harina ( <i>Tenebrio molitor</i> ) infestado por el hongo entomopatógeno <i>Metarhizium</i> sp. <b>b)</b> Conidios alargados cilíndricos. ....	39
<b>Figura 11.</b> Características macroscópicas de <i>Fusarium</i> sp (6E). <b>a)</b> anverso, <b>b)</b> reverso .....	40
<b>Figura 12.</b> Características microscópicas de <i>Fusarium</i> sp (6E). <b>a)</b> Larva de gusano de harina ( <i>Tenebrio molitor</i> ) infestado por el hongo entomopatógeno <i>Fusarium</i> sp. <b>b)</b> Conidios monofálides alargados septados.....	41

## RESUMEN

El objetivo de este estudio fue identificar la presencia y diversidad de hongos entomopatógenos en suelos cultivados con maíz (*Zea mays*) en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, así como determinar las características físico-químicas de dichos suelos.

Para la recolección de las muestras de suelo, se utilizó una pala de acero inoxidable, tomando una muestra compuesta por predio cultivado. Se obtuvieron un total de 26 muestras, las cuales se almacenaron en bolsas de plástico y se etiquetaron con el lugar del sitio y la fecha de muestreo. Las muestras se trasladaron al laboratorio de suelos del Instituto Tecnológico de Tlajomulco, donde se les realizó un análisis físico-químico, determinando el pH, la conductividad eléctrica y el contenido de materia orgánica.

Para la detección de los hongos entomopatógenos, se empleó la técnica de “insecto trampa”, que consiste en colocar larvas de insectos susceptibles a la infección en el suelo y observar si presentan signos de micosis. Se utilizaron larvas de *Tenebrio molitor* como insectos trampa, las cuales se colocaron en recipientes con 300g de suelo a capacidad de campo, revisando diariamente la mortalidad y el crecimiento fúngico.

De las 26 muestras de suelo analizadas, solo 3 (11,54%) presentaron aislamientos de hongos entomopatógenos, los cuales se identificaron mediante observación microscópica y pruebas bioquímicas. Dos de los aislamientos (7,68%) correspondieron al género *Metarhizium* sp, el cual se caracteriza por producir conidios verdes y esporangióforos verticilados. El otro aislamiento (3,84%) perteneció al género *Fusarium* sp, el cual se distingue por formar macroconidias en forma de media luna.

Los resultados del estudio indican que la presencia y diversidad de hongos entomopatógenos en los suelos de maíz del municipio de Tlajomulco de Zúñiga es baja.

## ABSTRACT

The objective of this study was to identify the presence and diversity of entomopathogenic fungi in soils cultivated with corn (*Zea mays*) in the municipality of Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, as well as to determine the physical-chemical characteristics of these soils.

For the collection of soil samples, a stainless steel shovel was used, taking a composite sample per cultivated plot. A total of 26 samples were obtained, which were stored in plastic bags and labeled with the place of the site and the date of sampling. The samples were transferred to the soil laboratory of the Technological Institute of Tlajomulco, where they underwent a physical-chemical analysis, determining the pH, electrical conductivity and organic matter content.

For the detection of entomopathogenic fungi, the “trap insect” technique was used, which consists of placing larvae of insects susceptible to infection in the soil and observing if they show signs of mycosis. Larvae of *Tenebrio molitor* were used as trap insects, which were placed in containers with 300g of soil at field capacity, checking daily the mortality and fungal growth.

Of the 26 soil samples analyzed, only 3 (11.54%) presented isolates of entomopathogenic fungi, which were identified by microscopic observation and biochemical tests. Two of the isolates (7.68%) corresponded to the genus *Metarhizium* sp, which is characterized by producing green conidia and verticillate sporangiophores. The other isolate (3.84%) belonged to the genus *Fusarium* sp, which is distinguished by forming hyaline conidia.

The results of the study indicate that the presence and diversity of entomopathogenic fungi in the corn soils of the municipality of Tlajomulco de Zúñiga is low.

## I. INTRODUCCIÓN

Los entomopatógenos son microorganismos que producen enfermedades a los insectos (Badii & Abreu, 2006), dentro de los agentes entomopatógenos se consideran a los hongos que distintivamente poseen un gran potencial como agentes de control biológico de plagas, ya que constituyen un grupo de más de 750 especies que al dispersarse son capaces de provocar infecciones en las poblaciones de insectos (Pucheta *et al.*, 2006).

Los hongos entomopatógenos son un elemento importante de la microbiota de ecosistemas agrícolas y forestales, donde contribuyen a la regulación de las poblaciones de insectos y ácaros fitófagos (Quesada-Moraga, 2020).

Tradicionalmente, el suelo ha sido considerado el principal reservorio de hongos entomopatógenos de los géneros *Beauveria*, *Metarhizium* y *Paecilomyces*, que generalmente habitan en el suelo como parte de su ciclo de vida, y también pueden vivir como saprofitos (Khudhair *et al.*, 2014) (Quesada-Moraga, 2020).

Tener el conocimiento de la presencia y distribución georeferenciada de los hongos entomopatógenos, permitiría su uso como agentes de control biológico de plagas agrícolas.

## II. MARCO TEORICO

### II.1. Antecedentes.

En el **2011**, **Hernández-Velázquez et al.**, aislaron hongos entomopatógenos, con la técnica de “insecto trampa” utilizando larvas del insecto conocido como el “gusano de la cera” (*Galleria mellonella*), que pertenece a la familia *Pyralidae*. De un total de 44 muestras de suelo recogidas, 22 procedían de áreas en cultivo de maíz y 22 de áreas cercanas no cultivadas. Se encontró que el 68.18% de las muestras analizadas contenían hongos entomopatógenos, específicamente *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y especies del género *Paecilomyces*. Demostró que *B. bassiana* estaba presente en el 60.8% de las muestras, *M. anisopliae* en el 21.7%, y las especies de *Paecilomyces* en el 6.5% de las muestras. Estos estudios indicaron la presencia y distribución de hongos entomopatógenos en suelos de diferentes condiciones de altitud y temperatura, con un enfoque especial en su relación con el cultivo de maíz.

En el sur de Tamaulipas, se llevó a cabo un estudio realizado por **González et al.**, en **2019**, para aislar hongos entomopatógenos utilizando larvas de *Tenebrio molitor* L. Se recolectaron un total de 134 muestras en diferentes localidades y tipos de suelos y cultivos, que incluían parcelas con gramíneas, fabáceas, parcelas sin cultivar, huertos con árboles frutales y parcelas con hortalizas. Durante el estudio, se identificaron seis géneros de hongos entomopatógenos, que son *Beauveria* sp., *Lecanicillium* sp., *Metarhizium* sp., *Paecilomyces* sp., *Trichoderma* sp. e *Isaria* sp. Entre estos géneros, *Beauveria* sp. fue el más común y ampliamente distribuido en todas las localidades y tipos de cultivos estudiados, destaca la presencia predominante en múltiples tipos de suelos.

En el estudio realizado por **Schapovaloff et al.**, en **2015**, se llevó a cabo una investigación para identificar hongos entomopatógenos nativos en muestras recolectadas en las proximidades de plantas de yerba mate. Para lograrlo, se utilizaron 40 muestras y se aplicó la técnica de dilución seriada en medios de cultivo selectivos. Posteriormente, se identificaron los hongos utilizando claves taxonómicas específicas, lo que permitió aislar un total de 29 cepas fúngicas. Estas

cepas pertenecían a tres especies diferentes, siendo la especie *Beauveria bassiana* la más predominante con 17 cepas, seguida de *Metarhizium anisopliae* con 2 cepas y *Purpureocillium lilacinum* con 10 cepas. Este estudio contribuye al conocimiento de la diversidad de hongos entomopatógenos presentes en el entorno de las plantas de yerba mate.

El objetivo de **Villegas-Rodríguez et al.**, en **2017** evaluaron la susceptibilidad del psílido de la papa a cuatro cepas de hongos entomopatógenos: dos cepas comerciales y dos cepas nativas de *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*. Además, se confirmó la identificación de estas cepas mediante técnicas moleculares. Los resultados demostraron que las cepas nativas de hongos entomopatógenos recolectadas en el estado de Guanajuato, correspondientes a *Beauveria bassiana*, fueron más virulentas que las cepas de *Metarhizium anisopliae* en ninfas de tercer estadio de *Bactericera cockerelli*, el psílido de la papa. La cepa más virulenta resultó ser la comercial de *Beauveria bassiana* (BB09). Además, se encontró que la cepa nativa de *Beauveria bassiana* (BB42) tenía la misma virulencia que las cepas comerciales de *Metarhizium anisopliae* (MA28) y *Beauveria bassiana* (BB09). Estos hallazgos tienen implicaciones importantes para el control de plagas en la agricultura.

Tal como mencionan **Rodríguez-Rodríguez et al.**, en **2023**, llevaron a cabo investigaciones para aislar hongos entomopatógenos del suelo de un huerto convencional de aguacate utilizando el método de trampas con larvas de *Galleria mellonella*. Se logró aislar un total de 34 hongos entomopatógenos, todos pertenecientes al género *Metarhizium*, de los cuales 23 fueron identificados como *Metarhizium robertsii* y 11 como *Metarhizium guizhouense*. Estos resultados indican que existe una baja diversidad de especies de hongos entomopatógenos en la rizosfera del cultivo de aguacate. Se sugiere que su presencia podría estar relacionada con su capacidad para resistir las prácticas agronómicas que inducen su actividad endófito en la planta. Es crucial comprender el papel que desempeña *Metarhizium* en la rizosfera, ya que esto podría llevar al desarrollo de programas de

control biológico específicos para el cultivo de aguacate y, en última instancia, garantizar el éxito en el control de plagas de manera más efectiva.

Evaluó **Rivera, G., & Pinto, L.** en el **2001**, la patogenicidad de aislamientos nativos de los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*. Se obtuvieron tanto de áreas naturales como de papa almacenada, y se evaluaron en adultos del gusano blanco de la papa, *Premnotrypes vorax* (Hustache). El estudio se llevó a cabo mediante bioensayos en condiciones de laboratorio, utilizando tanto insectos adultos criados en laboratorio como aquellos capturados en el campo. Para evaluar la patogenicidad de los aislamientos, se midió la mortalidad en relación con el tiempo, calculando el tiempo letal cincuenta (TL50) y el tiempo letal noventa (TL90). Además, para dos de los aislamientos, se evaluó la mortalidad en relación con la concentración del inóculo, determinando la concentración letal media (CL50). Los resultados mostraron que todos los aislamientos produjeron porcentajes de mortalidad superiores al 45%. Además, se observaron diferencias en la mortalidad de los insectos según su origen. El aislamiento de *Beauveria bassiana* 9770, que fue obtenido de larvas de *Premnotrypes vorax*, se destacó como promisorio debido a su capacidad patogénica efectiva. Estos resultados sugieren el potencial de este aislamiento como una opción prometedora para el control de plagas en el cultivo de papa.

En un estudio realizado por **Beatriz et al.**, en **2022** en el estado de Guanajuato, se analizaron nueve muestras de suelo tomadas de diferentes cultivos, como mostacilla, sorgo y brócoli. En tres de las nueve ubicaciones muestreadas, se lograron aislar hongos entomopatógenos, incluyendo *Beauveria bassiana* y especies de los géneros *Metarhizium* e *Isaria*. Estos hongos ya habían sido previamente identificados en México y algunos de ellos habían sido evaluados en laboratorio para controlar a la chinche pintada *Bactericera hilaris*. Los resultados del estudio revelaron que en el área de estudio, tres géneros de hongos entomopatógenos (*Beauveria bassiana*, *Metarhizium* sp., *Isaria* sp. 1 e *Isaria* sp. 2) infectaban de forma natural a la chinche pintada *B. hilaris*. Estos géneros ya habían sido reconocidos en México y habían sido evaluados previamente por varios

investigadores en términos de su eficacia para el control de *B. hilaris*. Específicamente, *Beauveria bassiana* destacó como uno de los principales candidatos para ser utilizado en el control biológico de esta plaga. Estos hallazgos sugieren que *Beauveria bassiana* podría ser una opción prometedora para el control biológico de *Bactericera hilaris* en la región.

Un estudio realizado por **Restrepo, T.** en el **2015**, se aislaron hongos a partir de trips recolectados en cultivos de aguacate con el objetivo de evaluar su potencial como controladores de plagas en el campo. Dos tipos de hongos, *Lecanicillium sp* y *Metarhizium sp*, conocidos por su capacidad para combatir plagas agrícolas, fueron identificados mediante características físicas y moleculares. Se realizaron pruebas de patogenicidad en laboratorio utilizando adultos de *Frankliniella spp* recolectados en el campo. Se descubrió que *Lecanicillium sp* y *Metarhizium sp* eran patógenos efectivos contra estos trips, con una mortalidad del 100% en tratamientos que utilizaban una alta concentración de esporas (108 conidios/ml). Además, los valores bajos de CL50 (concentración letal para el 50% de la población) y TL50 (tiempo letal para el 50% de la población) indican la eficacia de estos aislamientos como agentes de control de plagas.

En el año **2022**, **Tene Moyolema, W. E.** Recolectaron 23 muestras de suelo de diferentes zonas agrícolas en la Provincia de Tungurahua distribuidas en Pelileo Santa Rosa Unamuncho y Quisapincha Se utilizaron larvas de *Galleria mellonella* como trampas cebo para detectar hongos entomopatógenos. De las muestras de suelo el 56.52 resultaron positivas para la presencia de estos hongos con un 45.45 de *Metarhizium* un 31.82 de *Beauveria* y un 22.73 de *Paecilomyces*. Se aislaron 7 cepas de *Beauveria* 10 cepas de *Metarhizium* y 5 cepas de *Paecilomyces* en diferentes ubicaciones. Estos hallazgos abren oportunidades para utilizar hongos entomopatógenos en la biotecnología como una forma de control de plagas en los cultivos de la región de Tungurahua.

La recolección de insectos en el **2011**, se llevó a cabo en un parche de vegetación secundaria en el Poblado Límbano Blandín, que forma parte del municipio de Macuspana, Tabasco. Se realizaron cuatro colectas aleatorias por **García et al.**, de



insectos silvestres muertos que estaban cubiertos de hongos en el exterior. Como resultado, se obtuvieron dos especies de hongos, *B. bassiana* y *M. anisopliae*. Se lograron obtener 4 cepas de *B. bassiana* y 8 cepas de *M. anisopliae*. Las cepas de *B. bassiana* se obtuvieron de hemípteros y coleópteros adultos, mientras que las de *M. anisopliae* se obtuvieron de larvas de *coleópteros*, *himenópteros* y *coleópteros* adultos. Estos hallazgos sugieren que los coleópteros son más susceptibles a ser parasitados por estos hongos.

Evalúo **Gandarilla Pacheco, F. L.** en el **2012**, 33 aislamientos de hongos entomopatógenos obtenidos del suelo de cultivos cítricos y ocho cepas de colección para determinar su efectividad en el control del insecto *D. citri*, una importante plaga de los cultivos cítricos. También se examinó la producción de esporas en diferentes medios de cultivo, la actividad enzimática de los hongos y su capacidad de crecimiento en grano de arroz. Además, se llevaron a cabo pruebas de seguridad con insectos depredadores que atacan a *D. citri*. Los resultados mostraron que algunos aislados de hongos, como HIB-19, HIB-32 (*I. fumosorosea*) y HIB-24 (*B. bassiana*), fueron efectivos en causar la muerte de adultos de *D. citri* mediante aspersión. La cepa Pfr-114 causó una alta mortalidad en los adultos de *D. citri* por contacto. En el caso de las ninfas de *D. citri*, la cepa Pfr-612 fue efectiva en inducir la mortalidad en los bioensayos por aspersión, mientras que varios aislados de *B. bassiana* causaron una mortalidad del 100% en los bioensayos por inmersión. En cuanto a la producción de esporas, el aislado HIB-4 (*B. bassiana*) tuvo la concentración más alta de esporas por mililitro. En términos de actividad enzimática, HIB-19 tuvo la mayor actividad quitinasa. El estudio encontró que el uso de hongos entomopatógenos podría ser una alternativa efectiva para controlar *D. citri*, lo que podría reducir la necesidad de insecticidas convencionales. Esto es particularmente importante para evitar la resistencia del insecto a los insecticidas y minimizar los efectos secundarios en el medio ambiente de las áreas de cultivo de cítricos. Además, la facilidad de producción masiva de estos hongos es una ventaja significativa que podría ser aprovechada por laboratorios comerciales para su producción y distribución.

**Carbonero et al.**, en el **2014**, recolectaron 30 muestras de suelos agrícolas y se utilizaron en un estudio que empleó el método del "cebo-insecto". A través de claves taxonómicas, se identificaron cepas aisladas de hongos. Luego, se evaluó la capacidad de un hongo entomopatógeno, *Beauveria bassiana*, para causar mortalidad en larvas de cuarto estadio de *Spodoptera frugiperda* mediante cuatro tratamientos de diferentes concentraciones de conidias por mililitro. Se encontró que *Beauveria bassiana* fue el único hongo entomopatógeno identificado en 15 de las muestras de suelo, representando el 3.33% de las cepas aisladas. Además, se observó que *Beauveria bassiana* tuvo un efecto significativo en la mortalidad de *Spodoptera frugiperda* en condiciones In Vitro, siendo la concentración de  $1 \times 10^6$  conidias por mililitro la que causó la mayor mortalidad.

Se compararon 23 muestras de suelo **Ortiz Villacís, J. A.** en el **2021**, de diversos sectores agrícolas en la Provincia de Tungurahua. Se emplearon larvas de *Galleria mellonella* como trampas cebo para detectar y aislar hongos entomopatógenos, con un total de 200 larvas evaluadas por generación. Tras la caracterización macroscópica y microscópica, se encontró que el 56.52% de las muestras mostraron la presencia de hongos entomopatógenos. Se identificaron tres géneros principales: *Metarhizium* sp. en 10 cepas (45.45%), *Beauveria* sp. en 7 cepas (31.82%) y *Paecilomyces* sp. en 5 cepas (22.73%). Cada género presentó características distintivas en cuanto a su apariencia y morfología, lo que los hace útiles para potenciales aplicaciones en el control de plagas en los cultivos de la región mediante la biotecnología.

**Dos et al.** en el **2003** realizaron aislamientos a partir de ninfas muertas de *Trialeurodes vaporariorum* con signos de infección por hongos entomopatógenos, obtenidas en varios departamentos de Uruguay. Estos aislamientos se sometieron a una caracterización morfológica, tanto macroscópica como microscópica, y luego se identificaron utilizando claves y descripciones de géneros y especies. Se descubrió que en estos departamentos se encuentran de forma natural especies como *Verticillium lecanii*, *Paecilomyces fumosoroseus* y el género *Beauveria* como patógenos de *T. vaporariorum* en cultivos de tomate en invernaderos. Este hallazgo

representa el primer informe de este tipo en el país. Además, se llevaron a cabo pruebas de virulencia en condiciones de laboratorio utilizando dos aislamientos: Pf-001 y VI-001. Se calculó la Concentración Letal del 50% (CL50) para el aislamiento Pf-001 en  $1.31 \times 10^4$  conidios por mililitro, mientras que para VI-001 fue de  $4.98 \times 10^4$ , es decir, 3.8 veces mayor. El Tiempo Letal del 50% (TL50) para el aislamiento Pf-001 fue de 73.18 horas, en comparación con 91.12 horas para VI-001, lo que sugiere que el primer aislamiento logra el mismo efecto de mortalidad en ninfas en un tiempo 17.9 horas más corto que el segundo.

En el distrito de Boquete, seleccionaron 80 insectos muertos **Castillo et al.**, en el **2013**, en fincas de café. De estos, se logró aislar un total de 33 cultivos de hongos pertenecientes a siete especies en cinco géneros diferentes. Las especies aisladas incluyen *Acremonium charticola*, *A. crassum*, *Beauveria bassiana*, *B. brongniartii*, *Fusarium oxysporum*, *Lecanicillium tenuipes* y *Metarhizium anisopliae*. Además, se identificó un hongo en su fase sexual, también conocida como teleomorfo, denominado *Torribiella tenuis*, que parasita insectos del orden Heteroptera. No se logró obtener un cultivo de esta especie.

Evaluaron en Ecuador, **Valle et al.**, en el **2021**, la eficacia de aislamientos monospóricos del hongo nativo *Metarhizium* spp. en el control del salivazo (*Mahanarva andigena*) en cultivos de caña de azúcar. Se seleccionaron veinte aislamientos obtenidos tanto del suelo como de insectos micosados en los cultivares de caña. Se realizó un experimento con un diseño completamente aleatorizado y seis réplicas por cada aislamiento. Los resultados mostraron que el aislamiento DAS5401 tuvo el mayor crecimiento radial y la tasa de crecimiento más alta, no difiriendo significativamente de otros aislamientos como SJS5103, DAS5403 y TS6302. En cuanto a la producción de conidios, los aislamientos TS6302, SJS5101, DAS5401 y PS5002 mostraron las cifras más elevadas. Se observó variabilidad en el crecimiento radial, tasa de crecimiento y producción de conidios entre los aislamientos monospóricos de *Metarhizium* spp. obtenidos del suelo y de insectos micosados en cultivos de caña de azúcar. Estos resultados sugieren que estos aislamientos podrían ser considerados como micoinsecticidas para el control del

salivazo *Mahanarva andigena* en diversas condiciones, incluyendo laboratorio, invernadero y campo.

En el año **2006**, **Claro et al.**, realizaron una exploración para identificar hongos entomopatógenos a partir de insectos plaga sospechosos de estar afectados por micosis, en cultivos de gran importancia económica, así como en muestras de suelo. De un total de 53 muestras analizadas, se obtuvieron 17 muestras útiles que contenían 15 aislados de *Beauveria bassiana*, un aislado de *Paecilomyces lilacinus* y uno de *Metarhizium anisopliae*. La predominancia de aislados de *Beauveria* se debió en parte a la amplia variedad de hospedantes que esta especie fúngica afecta y a la cantidad de muestras procesadas que incluyeron a *Hypothenemus hampei*, la broca del café, donde *Beauveria* es un patógeno común. En el proceso de trapeo con insectos patrones en el suelo, solo se logró aislar un hongo de las 15 muestras procesadas. Todos estos aislados se incorporaron a la Colección de Cepas de Hongos Entomopatógenos del Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV). Se registraron sus características macroculturales, microculturales, origen y especie a la que pertenecen con el propósito de conservarlos para investigaciones futuras y su posible aplicación como agentes de biocontrol para combatir insectos plaga.

El estudio realizado en el **2023**, tuvo como objetivo evaluar la eficacia de aislamientos colombianos por **Solano Flórez, E. C.** de hongos entomopatógenos del género *Cordyceps* en condiciones de laboratorio como agentes de control biológico de las larvas del mosquito *Aedes aegypti*, un importante vector de enfermedades. Se llevaron a cabo colectas de insectos infectados, aislamiento e identificación de los hongos, seguidos de bioensayos de patogenicidad en larvas de tercer estadio utilizando diferentes concentraciones de conidios. Se midió la mortalidad y el efecto larvicida. Las cepas que presentaron el mayor porcentaje de mortalidad se identificaron como *Metarhizium sp.*, *Pestalotiopsis sp.*, *Beauveria sp.* y *Monilia sp.* Se determinaron las Concentraciones Letales del 50% (LC50) para estas cepas, que fueron de  $0.55 \times 10^5$  conidios por mililitro,  $0.59 \times 10^5$  conidios por mililitro,  $17.23 \times 10^5$  conidios por mililitro y  $58.29 \times 10^5$  conidios por mililitro,

respectivamente. Sugieren que los aislamientos de *Cordyceps* colombianos podrían ofrecer una alternativa efectiva en el control biológico del mosquito *Aedes aegypti*, lo que es importante para combatir la propagación de enfermedades transmitidas por este vector.

Establece **Medina, H. E.** en el **2023**, validar el uso de hongos entomopatógenos como una alternativa efectiva y de bajo impacto ambiental para reducir la población de *Sphenarium cancellata*, una plaga agrícola. Se realizó una búsqueda de hongos que afectaran naturalmente a esta plaga, lo que resultó en la detección, aislamiento e identificación de tres aislados de *Beauveria bassiana*: LPSc 1225, 1226 y 1227, con su identificación confirmada mediante técnicas moleculares. Se llevaron a cabo ensayos de laboratorio para analizar la eficacia de estas tres cepas y se determinó la relación entre sus niveles de quitinasas, proteasas y lipasas a diferentes temperaturas, así como su actividad insecticida. Los resultados indicaron que la cepa LPSc 1227 mostró un alto potencial. Se realizó una evaluación preliminar en condiciones de campo con esta cepa, lo que resultó en una mortalidad promedio del 62.4% en los insectos tratados. Este estudio representó la primera vez que se aislaron cepas nativas de *B. bassiana* que afectan naturalmente a *S. cancellata*. Ofreció información valiosa sobre el potencial de los hongos entomopatógenos como agentes de control biológico para estas plagas y sugiere la necesidad de investigaciones adicionales para determinar su viabilidad en la gestión de esta plaga.

En año **2023**, **Abalo, M. S.** formula un bioinsecticida compuesto por hongos entomopatógenos y otros componentes para el manejo sostenible de plagas en los cultivos de soja. El trabajo consistió en varias etapas: primero, se buscó insectos infectados con hongos entomopatógenos en campos de soja y maíz durante varios años. Se observaron orugas del lepidóptero *Rachiplusia nu* infectadas con el hongo *Metarhizium rileyi* y se documentaron en un herbario. Luego, se aislaron hongos entomopatógenos del suelo, principalmente identificados como *Beauveria bassiana*, y se evaluó su capacidad para controlar *R. nu* mediante bioensayos. Se seleccionaron cinco aislados de *B. bassiana* (LPSc 1082, LPSc 1197, LPSc 1226,

LPSc 1086 y LPSc 1098) para combinar con diferentes sustancias y medios de fermentación (C1, C2, C3, C4 y C5, respectivamente). Se llevaron a cabo pruebas de laboratorio, y las combinaciones C4 y C5 mostraron una alta mortalidad en las larvas de *R. nu*, alcanzando el 100% y el 97% respectivamente. En ensayos de campo, estas combinaciones lograron una mortalidad del 82.4% y el 61.8%, respectivamente. Estos resultados indican un gran potencial para el control biológico de las plagas en los cultivos extensivos utilizando formulaciones basadas en hongos entomopatógenos, lo que sugiere una perspectiva prometedora en la gestión de plagas agrícolas.

Planeo **Vázquez Benito, J. A.** de este estudio en el **2022**, la eficacia de tres hongos entomopatógenos (*Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Cordyceps fumorosea*) y dos ácaros depredadores (*Neosius californicus* y *Amblyseius swirskii*) de forma individual y en combinación, en términos de mortalidad de *Brevipalpus yothersi* en un entorno de laboratorio. Inicialmente, se aplicaron suspensiones de conidios de los hongos a hembras adultas de *B. yothersi* en una concentración de  $1 \times 10^8$  conidios por mililitro. Luego, se introdujeron adultos de cada depredador junto con diferentes etapas de desarrollo de *B. yothersi*. Además, se investigó si los ácaros depredadores podían actuar como vectores de conidios de *B. bassiana* y *M. anisopliae*. Los hongos entomopatógenos causaron una mortalidad del 80% en hembras adultas de *B. yothersi*, mientras que los depredadores consumieron huevos, larvas y ninfas de los ácaros. Las combinaciones de *A. swirskii* con cualquiera de los hongos entomopatógenos, y la combinación de *N. californicus* con *M. anisopliae*, lograron mayores tasas de mortalidad que la acción individual de cada agente de control. La combinación de ambos agentes de control redujo las poblaciones de huevos y hembras adultas de *B. yothersi*. Este estudio demostró que los ácaros depredadores pueden transportar conidios de hongos entomopatógenos, lo que potencia el control biológico de *B. yothersi*.

Propone **Basulto et al.**, en el **2022**, evaluar a nivel fisiológico, molecular y en términos de patogenicidad, siete aislamientos de *Metarhizium spp.* contra

*Tetranychus urticae*, un ácaro fitófago, en un entorno de laboratorio. Se caracterizaron los siete aislamientos de *Metarhizium sp.* a nivel fisiológico y molecular, utilizando la secuenciación de la región de rDNA ITS-5.8S, que confirmó que todos pertenecían a *Metarhizium anisopliae*. Se evaluó la actividad acaricida de estos aislamientos, observando la mortalidad de *T. urticae*, la concentración letal media (CL50) y el tiempo letal medio (LT50) en condiciones de laboratorio. Los resultados indicaron que los aislamientos Ma114, Ma109 y Ma106 mostraron un alto crecimiento radial, y Ma114 y Ma108 tuvieron una alta germinación acumulada. Todos los aislamientos resultaron ser patogénicos para los adultos de *T. urticae*, causando mortalidades que oscilaron entre el 45.0% y el 85.0%. Los aislamientos más efectivos (Ma110, Ma109 y Ma106) tuvieron un tiempo letal medio (TL50) de 7.2 a 10.0 días, y la concentración letal mediana (CL50) se situó entre  $1.1 \times 10^8$  y  $1.2 \times 10^8$  conidios por mililitro. En conclusión, los aislamientos Ma110, Ma109 y Ma106 se destacan como prometedores agentes de control biológico para la gestión de *Tetranychus urticae*, lo que sugiere su potencial aplicación en el manejo de este ácaro fitófago.

**Culqui Quinatoa, J. B.** en el **2023** determinó, la investigación que fue identificar y caracterizar microorganismos entomopatógenos en dos sistemas de producción agrícola familiar: uno orgánico y otro convencional. Para ello, se utilizó el método de trampeo con larvas de *Galleria mellonella* L4 y se realizó un análisis estadístico. Se lograron aislar un total de 15 bacterias, 17 hongos y un nematodo con características entomopatógenas. Luego, se llevaron a cabo pruebas de mortalidad utilizando una concentración de  $1.2 \times 10^7$  esporas/mL y bacterias/mL para identificar aislamientos efectivos. Se encontraron 4 aislamientos efectivos de hongos que causaron el 100% de mortalidad en 5 días, pertenecientes a los géneros *Metarhizium* y *Beauveria*. Estos aislamientos se identificaron como las especies *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, tanto morfológica como molecularmente. En cuanto a las bacterias, no se identificó ningún aislamiento efectivo. En el caso del nematodo, se observó que, con concentraciones de 2, 3 y 4 nematodos por larva, causó una mortalidad del 70% en 8 días, y se identificó como *Steinernema carpocapsae*. Mediante el Análisis Probit, se determinaron las Dosis

Letales 50 (DL50) para *B. bassiana* y *M. anisopliae*, y se obtuvieron valores de 6.22 y  $6.09 \times 10^7$  esporas/mL, respectivamente, con un Tiempo Letal 50 (TL50) de 5 días. La DL50 de *S. carpocapsae* se estableció en 3 nematodos por larva, con un TL50 de 8 días. Se concluye que los hongos entomopatógenos efectivos encontrados en estos sistemas agrícolas ofrecen una alternativa local de control biológico, y se recomienda llevar a cabo la escalada de estas cepas efectivas para su aplicación práctica en la comunidad.

**Yucra Curo, J.** evaluó el impacto de la aplicación de hongos entomopatógenos naturales en el **2023**, y un producto biológico comercial llamado Arrazador-PBA en cultivos de *Theobroma cacao* (cacao clon CCN-51) para controlar el daño causado por *Carmenita spp.* (mazorquero de cacao) en la región de Kimbiri, Cusco, bajo condiciones agroecológicas. Se llevó a cabo un diseño experimental con cuatro tratamientos y un grupo de control, con cuatro repeticiones. Los resultados del estudio indican que tanto el producto comercial Arrazador-PBA como los hongos entomopatógenos (*Lecanicillium lecanii*, *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*) tienen efectos beneficiosos en la reducción del daño causado por *Carmenita spp.* en comparación con el grupo de control. Aunque los mecanismos de acción de Arrazador-PBA y los hongos entomopatógenos son similares en términos de los parámetros evaluados, existen diferencias numéricas entre ellos. El producto biológico Arrazador-PBA demostró un alto nivel de efectividad, con un 95% de mazorcas de cacao sanas, 2.5 larvas por mazorca y un 73.5% de almendras de cacao en buen estado por mazorca. Los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Lecanicillium Lecanii* también mostraron resultados positivos, aunque ligeramente inferiores en algunos aspectos, lo que sugiere que todos estos métodos son efectivos para reducir el daño causado por *Carmenita spp.* en los cultivos de cacao en esta región.

En el año **2023**, **Martínez-Scott, et al.**, se enfocaron en evaluar la eficacia de los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Paecilomyces Isaria fumosoroseus*, originarios de Salvatierra, Guanajuato, en el control de la palomilla



del dorso de diamante (*Plutella xylostella*) en cultivos de brócoli. Se llevaron a cabo bioensayos para determinar la capacidad de estos hongos para infectar y matar a la plaga. Se realizaron dos experimentos en diferentes ciclos de cultivo, uno en otoño-invierno y otro en primavera-verano, con densidades de población de 45,000 y 58,000 plantas por hectárea, respectivamente. Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Los resultados mostraron que *Beauveria bassiana*, a una concentración de  $1 \times 10^{12}$  conidias por mL<sup>-1</sup>, logró una tasa de mortalidad del 100% en larvas de la plaga después de cinco días. Se observó melanización y colonización de los insectos inoculados con *P. fumosoroseus* y *B. bassiana*, respectivamente. Sin embargo, en los dos experimentos de campo, los resultados no fueron concluyentes debido a la baja densidad de población de la palomilla del dorso de diamante durante ambos ciclos de cultivo. Esto sugiere que la efectividad de los hongos entomopatógenos podría variar según las condiciones específicas de cada ciclo y la densidad de la plaga.

## **II.2. Marco teorico.**

### **II.2.1. Origen del maiz.**

El maíz, pertenece a la familia de las Poáceas o Gramíneas y es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen, es una planta domesticada y altamente productiva que no crece en forma salvaje por lo que es completamente dependiente de los cuidados del hombre. Su origen se dio en la región central de México a través de la fusión de plantas que crecían en forma silvestre como el teocintle o teosinte. Se considera que el maíz fue cultivado hace aproximadamente 10 mil años a.C. la evidencia más antigua que se tiene, es de hace 6,250 años, evidencia encontrada en la cueva de Guila Naquitz, en Oaxaca, a unos kilómetros de Mitla. El nombre científico de este grano es *Zea mays*, los nahuas de Mesoamérica lo llamaban Centli y durante su propagación por el continente americano adquirió nombres como choclo, jojoto, corn, milho o elote y maíz con la llegada de los españoles a través de la adaptación fonética de mahís (ASERCA, 2018).

### **II.2.2. Importancia economica del maiz en Mexico y el mundo.**

La producción de maíz en 2017 fue de 27.8 millones de toneladas, mientras que la superficie Sembrada en el mismo año fue de 7.5 millones de hectáreas, gran parte del territorio nacional es propicio para la producción por lo que en los 32 Estados de la República Mexicana se produce Maíz Grano.

Los principales Estados productores son Sinaloa (22%), Jalisco (14%), México (8%), Michoacán (7%), Guanajuato (6%), Guerrero (5%), Veracruz (5%), Chiapas (5%), Chihuahua (4%), Puebla (4%) y el resto de los Estados representan el (20%) restante.

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

### **II.2.3. Clasificación taxonómica.**

**Clase:** LILIOPSIDA

**Orden:** CIPERALES

**Familia:** POACEAE

**Tribu:** MAYDAE

**Género:** *Zea*

**Especie:** *Zea mays* L.

**Nombre vulgar:** maíz.

### **II.2.4. Descripción botánica.**

La planta del maíz es de porte robusto de fácil desarrollo y de producción anual.

- **Tallo:** El tallo es simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, es robusto y sin ramificaciones. Por su aspecto recuerda al de una caña, no presenta entrenudos y si una médula esponjosa si se realiza un corte transversal.

- **Inflorescencia:** El maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta. En cuanto a la inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgarmente denominadas espigón o penacho) de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen. En cada florecilla que compone la panícula se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen. En cambio, la inflorescencia femenina marca un menor contenido en granos de polen, alrededor de los 800 o 1000 granos y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen de forma lateral.
- **Hojas:** Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes.
- **Raíces:** Las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias (Becerra, 2023).

### **II.2.5. Fenología y Fisiología.**

Los investigadores dividen las etapas de crecimiento en dos grandes categorías (Ver Cuadro 1):

- Vegetativa (V)
- Reproductiva (R)

Además, las etapas de crecimiento se pueden agrupar en cuatro grandes períodos:

- Crecimiento de las plántulas (etapas VE y V1)
- Crecimiento vegetativo (etapas V2, V3... Vn)
- Floración y la fecundación (etapas VT, R0, y R1)
- Llenado de grano y la madurez (etapas R2 a R6) (Becerra, 2023).

**Cuadro 1.** Representación de las etapas fenológicas respecto a los días después de la siembra (DDS)

<b>Etapa</b>	<b>DDS</b>	<b>Características</b>
<b>VE</b>	5	El coleóptilo emerge de la superficie del suelo
<b>V1</b>	9	Es visible el cuello de la primera hoja.
<b>V2</b>	12	Es visible el cuello de la segunda hoja.
<b>Vn</b>		Es visible el cuello de la hoja número "n". ("n" es igual al número definitivo de hojas que tiene la planta; "n" generalmente fluctúa entre 16 y 22, pero para la floración se habrán perdido las 4 a 5 hojas de más abajo.)
<b>VT</b>	55	Es completamente visible la última rama de la panícula.
<b>R0</b>	57	Antesis o floración masculina. El polen se comienza a arrojar.
<b>R1</b>	59	Son visibles los estigmas.
<b>R2</b>	71	Etapa de ampolla. Los granos se llenan con un líquido claro y se puede ver el embrión.
<b>R3</b>	80	Etapa lechosa. Los granos se llenan con un líquido lechoso blanco.
<b>R4</b>	90	Etapa masosa. Los granos se llenan con una pasta blanca. El embrión tiene aproximadamente la mitad del ancho del grano.
<b>R5</b>	102	Etapa dentada. La parte superior de los granos se llena con almidón sólido y, cuando el genotipo es dentado, los granos adquieren la forma dentada. En los tipos tanto cristalinos como dentados es visible una "línea de leche" cuando se observa el grano desde el costado.
<b>R6</b>	112	Madurez fisiológica. Una capa negra es visible en la base del grano. La humedad del grano es generalmente de alrededor del 35%.

### **II.2.6. Requerimientos Edafoclimaticos.**

#### **Clima.**

El maíz suave se cultiva entre los 2200 a 3100 m.s.n.m; En un clima templado-frio y sub-cálido. Requiere de una temperatura de 10 a 20 °C y de bastante luz solar para su crecimiento y desarrollo. Algo que es importante es que la temperatura óptima para la germinación de la semilla está entre los 15 a 20 °C (Guacho, 2014).

Cortes (2014). Indica que el maíz requiere una temperatura que está entre 15 y 30 °C; menciona, además, que el maíz puede soportar temperaturas mínimas de 8 °C y a partir de los 30 °C pueden aparecer problemas de mala absorción de nutrientes minerales y agua. Se menciona además que la temperatura ideal para el desarrollo de la mazorca está entre los 20 a 32 °C.

El maíz requiere de un porcentaje de humedad que está entre 80 –90%, una pluviosidad que va desde los 700 a 1300 mm. Menciona una Tabla de las temperaturas ideales para cada etapa fenológica que se presentan (Guacho, 2014).

**Cuadro 2.** Requerimiento térmico según el ciclo fenológico del maíz.

Proceso Fisiológico	Temperatura en °C		
	Mínima	Optima	Máxima
Germinación	10	20-25	40
Crecimiento	15	20-30	40
Floración	20	21-30	30

#### **Suelo.**

El maíz se adapta a todos los tipos de suelo, pero en suelos de textura franca, franco-arcilloso y franco-limoso, con pH de 6,5 a 7,5 es donde se aprecia el mejor desarrollo. Requieren además suelos profundos, ricos en materia orgánica con buen drenaje. Para impedir el encharque y consecuente asfixia de las raíces. Cuando se siembra en estos suelos, las semillas van a germinar con más facilidad; Las plantas serán fuertes y vigorosas y se obtienen mazorcas grandes y granos de calidad (Guacho, 2014).

#### **II.2.7. Patologías asociadas al cultivo.**

##### **Enfermedades.**

- **Bacteria. (*Erwinia chrysanthemi* pv. *zae*):** Se encuentra en climas con temperaturas altas y bastante humedad. Se propaga rápidamente en la planta hospedante y la destruye. Las plantas infectadas son de color oscuro, tienen un aspecto acuoso en la base del tallo, la descomposición bacteriana produce un olor característico desagradable (Taba, 2004).



**Figura 1.** Daño ocasionado por bacteria (*Erwinia chrysanthemi* pv. *zeae*, sin. *Erwinia carotovora* f. sp. *Zeae*) en el tallo del maíz.

**Virus. Maize dwarf mosaic virus (MDMV):** es un virus muy difundido en el mundo, siendo más importante en áreas templadas que en áreas tropicales y subtropicales. Los síntomas que ocasiona son muy variables siendo los más característicos las estrías y bandas cloróticas en las hojas, denominado comúnmente mosaico estriado, también pueden producirse moteados y anillos cloróticos, enanismo y acortamiento de entrenudos, alteración en la formación de espigas, disminución en el peso y números de granos (Graciela & de la Paz, 2012).



**Figura 2.** Planta de maíz enana infectada por el virus *Maize dwarf mosaic* (MDMV)

**Hongo (*Fusarium spp.*):** El organismo que lo ocasiona vive en el rastrojo del maíz y en otras plantas especialmente gramíneas. La infección puede ocurrir en diferentes condiciones ambientales, pero es más importante en ambientes cálidos y húmedos y está asociada a las heridas producidas por ataque de insectos o

heridas por granizo. Las esporas aéreas pueden acceder por el interior del tubo polínico y germinar e infectar el grano, presentándose como pigmentación blanca sobre el grano, erupción del grano y pudrición, (Becerra, 2023)



**Figura 3.** Daño ocasionado por hongo (*Fusarium spp.*) en mazorca de maíz.

### Plagas.

- **Gusano elotero (*Helicoverpa zea*):** Son larvas pequeñas que tienen la cabeza de color negro y el resto del cuerpo de color blanco hialino (cristalino), con numerosas cerdas; en la tercera fase son predominantemente de color café y en ocasiones son de color verde con líneas longitudinales blancas, amarillas; pueden llegar a medir alrededor de 3.5 cm de largo. Las larvas dañan los granos del ápice del elote y propicia la presencia de otros insectos plaga. Puede llegar a causar pérdidas del 10 al 30% (García-Gutiérrez *et al.*, 2012).



**Figura 4.** Daño ocasionado por larva de Gusano Elotero (*Helicoverpa zea*) en mazorca de maíz

- **Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*):** Larvas jóvenes de color verde-amarillo con bandas longitudinales de tonos claros y con la cabeza

oscura, las larvas grandes son de color café oscuro grisáceo, con tres líneas longitudinales más claras, llegan a medir alrededor de 3.5 cm de largo. Se consideran la plaga más dañina del maíz; se presentan en poblaciones elevadas, sobre todo en siembras extemporáneas, perfora el tallo de las plantas a la altura del cuello de la raíz, con lo que provoca el marchitamiento de la planta, dañan los estigmas, las espigas, y el elote. Daños severos que pueden reducir el rendimiento en porcentajes superiores al 30% (García-Gutiérrez *et al.*, 2012).



**Figura 5.** Daño ocasionado por larva de Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en la planta del maíz.

### **II.2.8. Control de plagas.**

**Químico:** Implica el uso de sustancias químicas, como plaguicidas, para debilitar, interrumpir o prevenir el crecimiento de poblaciones de plagas en cultivos. Dependiendo de su función específica, estos productos químicos se llaman insecticidas (contra insectos), herbicidas (contra plantas no deseadas) y fungicidas (contra hongos). Este enfoque se utiliza para proteger los cultivos de daños causados por plagas y mantener la salud de las plantas. (Infoagro, 2020).

- **Biológico:** Es una alternativa sostenible para el control de plagas que no causa impactos negativos en el medio ambiente. Esta alternativa implica el uso de insectos parasitoides, depredadores y microorganismos patógenos, como bacterias, virus y hongos, con el propósito de reducir las poblaciones de insectos plaga a un nivel en el que no causen daño económico. La intención del control biológico es complementar más que sustituir otras



estrategias de control de plagas, con un enfoque en la coexistencia armónica con el entorno natural (Pacheco *et al.*, 2019).

- **Parasitoides:** Son un grupo numeroso de insectos que pasan por un desarrollo completo, desde huevo hasta adulto, y dependen de artrópodos llamados hospedadores para reproducirse. Las hembras de parasitoides ponen huevos en los hospedadores, y las larvas que eclosionan se alimentan de los tejidos del hospedador, lo que finalmente causa la muerte del hospedador. Esto diferencia a los parasitoides de los parásitos, que causan daños menores sin matar a su huésped. Una vez que las larvas de los parasitoides maduran, se convierten en pupas, ya sea dentro o fuera del cuerpo del hospedador muerto. Los adultos de los parasitoides son de vida libre (Bernal, 2007)
- **Depredadores:** Son organismos que matan a sus presas para alimentarse. A diferencia de los insectos parásitos, las larvas o ninfas de los depredadores se alimentan de múltiples presas para completar su ciclo de vida, no penetran en ellas y son generalmente más grandes que sus presas. Las hembras de los depredadores depositan sus huevos cerca de las presas, y las larvas o ninfas consumen a las presas cuando están inmóviles o se mueven poco. Estos depredadores suelen atacar a todos los estados de desarrollo de sus presas, ya sea masticándolas o succionando su contenido interno (Zelaya-Molina *et al.*, 2022).
- **Entomopatógenos:** Son microorganismos que pueden provocar enfermedades en insectos plaga, llevándolos a la muerte en un breve período después de la infección. Estos microorganismos incluyen hongos, bacterias y virus, y tienen la capacidad de controlar poblaciones de insectos plaga de manera efectiva (Hernández-Trejo *et al.*, 2019).

**Virus:** Que afectan a insectos plaga son de gran importancia en los programas de control biológico debido a su alta capacidad de infección y su acción específica. Entre las familias más utilizadas para el control de plagas se encuentran Baculoviridae, Reoviridae, Poxviridae y Polydnviridae. Estos virus, al igual que las bacterias y otros entomopatógenos, deben ser ingeridos por los insectos para

causar enfermedad y, eventualmente, la muerte. Dependiendo del tipo de virus, afectan a sitios específicos dentro del insecto, lo que resulta en síntomas como pérdida de apetito, debilidad corporal, movimiento hacia la parte superior de la planta, adopción de posiciones colgantes y la liberación de fluidos a través del tegumento (Pacheco *et al.*, 2019).

**Bacterias:** Son microorganismos capaces de invadir a sus hospederos insectos y evadir sus defensas, lo que les permite multiplicarse y causar enfermedades utilizando factores de patogenicidad como toxinas y enzimas. Una vez que han causado la muerte del insecto, las nuevas generaciones de bacterias emergen y están listas para infectar a nuevos hospederos. Algunas bacterias, como las del género *Bacillus*, pueden formar esporas que les confieren resistencia a factores ambientales, lo que les brinda una ventaja en términos de supervivencia en un entorno con recursos limitados y dispersión pasiva. Los géneros principales de bacterias entomopatógenas incluyen *Bacillus*, *Peenibacillus*, *Brevibacillus*, *Serratia*, *Pseudomonas*, *Xenorhabdus* y *Photorhabdus*. Estas bacterias juegan un papel importante en el control biológico de plagas (Vásquez *et al.*, 2023).

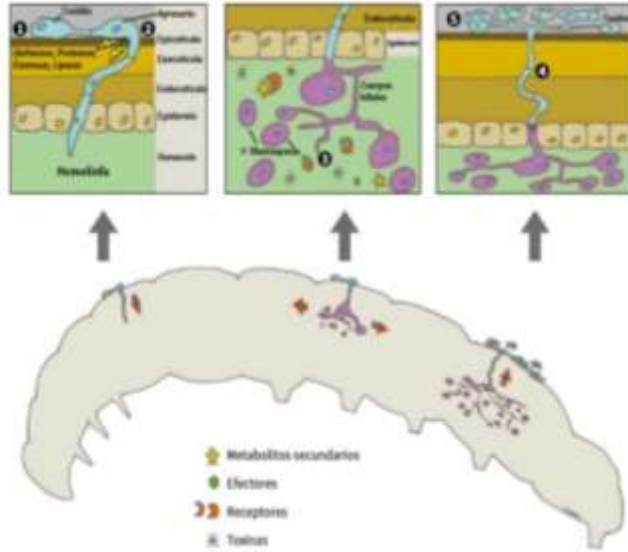
**Hongos:** Se encuentran en el suelo son efectivos para controlar plagas de insectos vectores. Estos microorganismos se adhieren a la superficie de los insectos que atacan a los cultivos, desarrollándose en su interior y causándoles daños fatales. Los hongos entomopatógenos, que pertenecen a diferentes géneros y se encuentran en la naturaleza. Los síntomas iniciales pueden ser sutiles, pero los insectos afectados pierden el apetito y mueren después de varios días debido a la falta de nutrientes. Los hongos entomopatógenos son una alternativa ecológica a los plaguicidas, ya que no causan daños al medio ambiente. Además, son una opción simple, económica y sostenible para el control de plaga (Iliná *et al.*, 2023). Estos hongos pueden tener estructuras somáticas celulares o ramificadas y están rodeados por paredes celulares de quitina. Los hongos entomopatógenos pueden parasitar una amplia variedad de organismos, desde ectoparásitos que no causan daños graves a sus artrópodos hospedantes hasta patógenos letales que pertenecen a diversos grupos fúngicos. (Abalo, 2023).

### **Mecanismos de acción:**

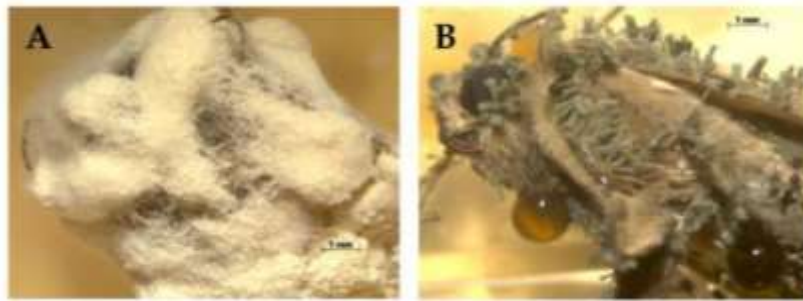
Los hongos entomopatógenos utilizan varios mecanismos para infectar a los insectos, pasando por diferentes fases en su ciclo de acción:

1. **Adhesión y germinación de la spora:** Las esporas se adhieren a los insectos a través de receptores específicos y procesos químicos, como el intercambio catiónico. Luego, la spora germina y forma una estructura de infección llamada apresorio.
2. **Penetración:** El hongo utiliza dos mecanismos para penetrar en el insecto. Primero, ejerce presión con una estructura llamada haustorio para romper la capa cuticular del insecto. Luego, utiliza enzimas como proteasas, lipasas y quitinasas para degradar la cutícula, facilitando la entrada del hongo.
3. **Colonización del hemocele:** Dentro del insecto, las hifas del hongo colonizan al patógeno y provocan síntomas fisiológicos anormales, como falta de coordinación, comportamientos alterados y parálisis, así como daño físico en los tejidos y deshidratación celular.
4. **Producción de toxinas y muerte del insecto:** Los hongos entomopatógenos producen toxinas que afectan al sistema inmune del insecto, provocando su muerte y permitiendo que el hongo lo colonice por completo. Las hifas emergen del insecto y forman nuevas esporas.
5. **Esporulación y dispersión:** Finalmente, el hongo esporula en condiciones adecuadas de humedad y temperatura. Las esporas se dispersan mediante autodiseminación o contaminación cruzada, completando así su ciclo de vida (Urbina 2023).

Estos mecanismos hacen que los hongos entomopatógenos sean eficaces para controlar las plagas de insectos y son una alternativa ecológica al uso de plaguicidas (Urbina 2023).



**Figura 6.** Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos.



**Figura 7** Adultos de *Spodoptera frugiperda*, muertos y esporulados por *Beauveria bassiana* (A) y *Metarhizium anisopliae* (B). Tomado de: Gutiérrez-Cárdenas (2017).

### **III. OBJETIVOS.**

#### **III.1. Objetivo General.**

Establecer la presencia de hongos con potencial entomopatógenos provenientes de suelos cultivados de maíz (*Zea mays*) en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco.

#### **III.2. Objetivos Específicos.**

1. Verificar la presencia de hongos entomopatógenos en los diferentes sitios de muestreo.
2. Clasificar taxonómicamente especies de hongos con potencial entomopatógenos.
3. Realizar bioensayos preliminares sobre larvas de gusano de harina (*Tenebrio molitor*) con las diferentes cepas encontradas de los sitios de muestreos.

#### **IV. HIPOTESIS**

En el suelo cultivado con maíz (*Zea mays*) en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, existe abundancia y diversidad de hongos con potencial entomopatógeno.

## **V. MATERIALES Y MÉTODOS.**

### **V.1.Área de estudio.**

El estudio se realizó en el área agrícola del municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, México, que ocupa un área de 33 679.63 ha, el 49.3% de la superficie total (68 247 ha) del municipio. Los análisis en el Instituto Tecnológico de Tlajomulco en el área del Laboratorio de suelo y biología molecular del Instituto Tecnológico de Tlajomulco.

### **V.2.Recolecta de muestras.**

Los sitios de muestreo se seleccionaron con base a las áreas cultivadas con maíz. Se obtuvieron 26 muestras de aproximadamente 2 kilogramos de suelo cada una, las cuales fueron trasladadas al laboratorio; posteriormente, se secaron a temperatura ambiente y se tamizaron con la malla de 2 mm de diámetro, para determinar sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

### **V.3.Análisis físico-químicos del suelo.**

Las determinaciones físicas y químicas que se realizaron a las muestras de suelo, se llevaron a cabo de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000

### **V.4.Textura.**

Determinación de la textura del suelo por el procedimiento de Bouyoucos se llevó a cabo con el método AS-09.

Procedimiento.

1. Pesar 60 g de suelo de textura fino o 120 g de suelo de textura gruesa en un vaso de precipitados de 500 ml agregar 40 ml de agua oxigenada y poner a evaporar hasta sequedad, agregar otros 40 ml y observar la reacción. Evaporar nuevamente a sequedad. Repetir hasta que no haya efervescencia al agua oxigenada.

2. En general dos ataques son suficientes para la mayoría de suelos. Después de eliminar la materia orgánica y llevar a sequedad el suelo, pesar 50 g de suelo de textura arcillosa o 100 g de suelo de textura arenosa y ponerlos en un vaso de precipitados de 250 ml. Adicionar agua hasta cubrir la superficie con una lámina de 2 cm. Agregar 5 ml de oxalato de sodio y 5 ml de metasilicato de sodio y dejar reposar durante 15 minutos. Si el suelo tiene mucha arcilla puede prolongarse el tiempo hasta media hora.

3. Pasar las muestras de los vasos de precipitado a las copas del agitador mecánico, pasando todo el material con la ayuda de una piceta. Activar los agitadores y proceder a dispersar cinco minutos. Al finalizar el tiempo de agitación,

4. Bajar la copa del dispersor y pasar el contenido a una probeta de 1000 ml o al cilindro de Bouyoucos enjuagando la copa con ayuda de una piceta.

5. Agregar agua destilada hasta completar un litro con el hidrómetro dentro de la suspensión en el caso de la probeta y si utiliza el cilindro de Bouyoucos llevar a la marca inferior (1113 ml) con el hidrómetro dentro de la suspensión. Sacar el hidrómetro y suspender el suelo con un agitador de mano operando durante un minuto.

6. Tomar las lecturas del hidrómetro a los 40 segundos y después de 2 horas de terminada la dispersión con el agitador de mano.

7. Para hacer una lectura, colocar el hidrómetro dentro de la probeta 20 segundos antes del momento de la determinación, cuidando de alterar lo menos posible la suspensión. Después de hacer la lectura se seca el hidrómetro, se lava, se seca y se toma la temperatura. Si por alguna razón al hacer la lectura se acumula espuma alrededor del hidrómetro, agregar unas gotas de alcohol etílico.

#### **V.5.Materia Orgánica.**

Determinación de materia orgánica del suelo se realizó a través del método AS-07, de Walkley y Black.



#### Procedimiento.

1. Pesar 0.5 g de suelo seco y pasado por un tamiz de 0.5 mm y colocarlo en un matraz Erlenmeyer de 500 ml. Procesar un testigo sin suelo.
2. Adicionar exactamente 10 ml de dicromato de potasio 1 N girando el matraz cuidadosamente para que entre en contacto con todo el suelo.
3. Agregar cuidadosamente con una bureta 20 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado a la suspensión, girar nuevamente el matraz y agitar de esa forma durante un minuto.
4. Dejar reposar durante 30 minutos sobre una lámina de asbesto o sobre una mesa de madera, evitando las mesas de acero o cemento.
5. Añadir 200 ml de agua destilada.
6. Añadir 5 ml de H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> concentrado.
7. Adicionar de 5 a 10 gotas del indicador de difenilamina.
8. Titular con la disolución de sulfato ferroso gota a gota hasta un punto final verde claro.

#### Cálculos.

Donde:

B = Volumen de sulfato ferroso gastado para valorar el testigo (ml).

T = Volumen de sulfato ferroso gastado para valorar la muestra (ml).

N = Normalidad exacta del sulfato ferroso (valorar por separado al momento de analizar las muestras). g = Peso de la muestra empleada (g).

mcf= factor de corrección de humedad.

% Materia orgánica = % C Orgánico x 1.724

## **V.6. Conductividad Eléctrica. (C.E)**

La medición de la conductividad eléctrica en el extracto de saturación se realizó a través del método AS-18, con potenciómetro.

Procedimiento.

1. Pesar 10 g de suelo en un frasco de vidrio o plástico de boca ancha.
2. Adicionar 20 ml de agua destilada al frasco conteniendo el suelo.
3. Con una varilla de vidrio, agitar manualmente la mezcla de suelo: agua a intervalos de 5 minutos, durante 30 minutos.
4. Dejar reposar durante 15 minutos.
6. Agite nuevamente la suspensión e introduzca el potenciómetro en la suspensión.
7. Registre el C.E. al momento en que la lectura se haya estabilizado.

## **V.7.pH**

Determinación del pH del suelo medido en agua se realizó a través del método AS-02

Procedimiento.

1. Pesar 10 g de suelo en un frasco de vidrio o plástico de boca ancha.
2. Adicionar 20 ml. de agua destilada al frasco conteniendo el suelo.
3. Con una varilla de vidrio, agitar manualmente la mezcla de suelo: agua a intervalos de 5 minutos, durante 30 minutos.
4. Dejar reposar durante 15 minutos.
5. Calibrar el medidor de pH con las soluciones reguladores pH 4.00 y 7.00 o 7.00 y 10.00 según el suelo, enjuagando con agua destilada los electrodos antes de iniciar las lecturas de las muestras.

6. Agite nuevamente la suspensión e introduzca el electrodo en la suspensión.
7. Registre el pH al momento en que la lectura se haya estabilizado.

#### **V.8. Aislamiento de hongos entomopatógenos.**

Los hongos entomopatógenos fueron aislados por el método de insecto trampa utilizando larvas de gusano de harina (*Tenebrio molitor*). Las larvas fueron sometidas a un lavado de alcohol al 70% durante 10 s. Posteriormente se pusieron en caja Petri con papel filtro para retirar el exceso de humedad antes de ser empleada en los ensayos. Al mismo tiempo se tomaron 300 gramos de suelo de las muestras previamente colectadas en campo y se recolectaron en un recipiente de 500 mL, se le agregó agua destilada estéril 50 mL, evitando la saturación. A continuación, se transfirieron 5 larvas sobre la superficie de cada una de las muestras.

Todas las cajas fueron incubadas a una temperatura ambiente con un fotoperiodo 12:12 h luz/oscuridad, durante 8 días. Las cajas con las muestras de suelo fueron revisadas diariamente y se extrajeron las larvas muertas o que mostraban micosis aparente o síntomas de infección por hongos entomopatógenos. Todas las larvas fueron enjuagadas tres veces con hipoclorito de sodio al 1% durante 5 s. para remover el suelo adherido.

En seguida se pusieron en caja Petri con papel filtro humedecido con agua destilada estéril durante 5 días, para que las larvas se manifestaran con la sintomatología de la presencia de infección de hongos entomopatógenos.

Los hongos entomopatógenos desarrollados sobre la superficie de las larvas se aislaron con ayuda de una aguja de disección y se sembraron en cajas de Petri con medio de cultivo Agar Dextrosa Y Papa. Además de antibiótico.

Todos los aislados se incubaron a una temperatura ambiente durante 15 días hasta llegar a la esporulación de los hongos, para posteriormente ir purificando cada hongo entomopatógeno y así determinar su morfología macroscópica y microscópica.

### **V.9. Identificación taxonómica de los hongos entomopatógenos.**

Para la identificación micromorfológica de los hongos entomopatógenos se observaron las estructuras reproductivas asexuales (conidios) mediante laminillas teñidas con azul de metileno, utilizando un microscopio óptico (ITALY). Finalmente, para determinar el género y/o especie se tomó como referencia las claves taxonómicas de Humber, 2012.

### **V.10. Bioensayos.**

La realización del bioensayo se llevó a cabo mediante la dilución de 1ml de medio de cultivo y se asperjó en cajas estériles que contenían cinco larvas en 10 repeticiones, teniendo un total de 50 larvas, además se agregó un testigo absoluto con el mismo número de larvas para cada sepa aislada. La mortalidad de las larvas se estuvo observando y registrando durante 15 días.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSION.

### VI.1. Análisis e interpretación de resultados.

#### Características físico-químicas del suelo.

Cuadro 3. Propiedades fisicoquímicas de las muestras de suelo.

No. Muestras	Textura	Materia Orgánica. MO (%)	Conductividad Eléctrica. CE (d/Sm)	pH
191 E	Franco Arenoso	4.0 <sup>M</sup>	2.32 <sup>BS</sup>	6.1 <sup>MA</sup>
186 E	Limo	4.6 <sup>M</sup>	1.08 <sup>NS</sup>	6.2 <sup>MA</sup>
183 E	Franco Arenoso	4.7 <sup>M</sup>	0.20 <sup>NS</sup>	6.4 <sup>MA</sup>
192 E	Franco	0.2 <sup>B</sup>	0.66 <sup>NS</sup>	5.6 <sup>MA</sup>
175 E	Franco Limoso	4.2 <sup>M</sup>	0.25 <sup>NS</sup>	5.4 <sup>MA</sup>
187 E	Franco Arenoso	8.1 <sup>A</sup>	0.84 <sup>NS</sup>	6.2 <sup>MA</sup>
189 E	Arcilla Limoso	4.3 <sup>M</sup>	0.06 <sup>NS</sup>	6.9 <sup>N</sup>
188 E	Franco Arenoso	4.3 <sup>M</sup>	0.71 <sup>NS</sup>	6.7 <sup>N</sup>
195 E	Franco	4.6 <sup>M</sup>	0.43 <sup>NS</sup>	6.4 <sup>MA</sup>
190 E	Franco limoso	9.2 <sup>A</sup>	0.33 <sup>NS</sup>	6.0 <sup>MA</sup>
194 E	Franco	7.1 <sup>A</sup>	0.34 <sup>NS</sup>	5.3 <sup>MA</sup>
193 E	Arenoso Franco	7.0 <sup>A</sup>	1.01 <sup>NS</sup>	6.9 <sup>N</sup>
180 E	Franco Arenoso	1.6 <sup>B</sup>	0.24 <sup>NS</sup>	4.4 <sup>FA</sup>
196 E	Franco Arenoso	6.1 <sup>A</sup>	1.27 <sup>NS</sup>	4.5 <sup>FA</sup>
197 E	Franco Arenoso	3.8 <sup>M</sup>	1.54 <sup>BS</sup>	4.3 <sup>FA</sup>
170 E	Franco Arenoso	5.18 <sup>A</sup>	2.01 <sup>NS</sup>	6.0 <sup>MA</sup>
171 E	Franco Arenoso	6.10 <sup>A</sup>	0.20 <sup>NS</sup>	6.0 <sup>MA</sup>
177 E	Franco Limoso	6.43 <sup>A</sup>	0.32 <sup>NS</sup>	6.6 <sup>N</sup>
184 E	Arenoso Franco	5.63 <sup>A</sup>	0.56 <sup>NS</sup>	7.2 <sup>N</sup>
185 E	Franco	5.41 <sup>A</sup>	0.69 <sup>NS</sup>	7.3 <sup>N</sup>
3 E	Franco Arenoso	5.88 <sup>A</sup>	0.24 <sup>NS</sup>	6.6 <sup>N</sup>
4 E	Franco Arenoso	5.94 <sup>A</sup>	1.13 <sup>NS</sup>	7.5 <sup>LA</sup>
5 E	Franco Arenoso	6.86 <sup>A</sup>	0.16 <sup>NS</sup>	6.8 <sup>N</sup>
6 E	Franco Arenoso	5.95 <sup>A</sup>	0.20 <sup>NS</sup>	7.11 <sup>LA</sup>
24 E	Franco Arenoso	6.31 <sup>A</sup>	0.20 <sup>NS</sup>	6.5 <sup>N</sup>
29 E	Franco	5.30 <sup>A</sup>	0.46 <sup>NS</sup>	6.7 <sup>N</sup>

**A:** Alto, **M:** Medio, **B:** Bajo, **NS:** No Salino, **BS:** Bajo en Sales, **FA:** Fuertemente Acido, **MA:** Moderadamente Acido, **N:** Neutro, **LA:** Ligeramente Acido.

Las muestras de suelos cultivados con maíz (*Zea mays*) representan una diversidad de textura, como: franco, franco arenoso, franco limoso y limo. En este estudio, las muestras de suelo con presencia de hongos entomopatógenos (HE) se observó que tenían una textura predominantemente franco arenosa y franco. Lo cual concuerda

con lo reportado por Salazar *et al.* (2007) donde indica que la mayor concentración de conidias de *Metarhizium sp.* se presento en suelos francos.

Los suelos muestreados presentan un 5.3% de materia orgánica en promedio y según Vásquez-Ramírez & Castaño-Zapata (2017) *Fusarium sp.* sobrevive en el suelo, como saprófito o en restos vegetales, donde se mantiene viable hasta 10 años, del mismo modo Huerta *et al.*, (2018) reporta la presencia de *Metarhizium sp.* en suelos óptimos de presencia de materia orgánica. lo cual concuerda con los resultados de los análisis de suelo mostrados en el Cuadro 3, ya que las muestras de suelo donde se aisló este hongo cuentan con un porcentaje cercano al nivel medio de Materia Orgánica, tomando en cuenta los valores de referencia de Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 para suelos volcánicos.

En cuanto el pH de estos suelos un nivel medio de 6.2 presentan valores prácticamente neutros, lo cual concuerda con lo descrito por Huerta *et al.*, (2018) donde ellos indican que un nivel de acidez en el suelo puede afectar la viabilidad de las estructuras reproductivas, siendo los suelos de este estudio aptos para la germinación de esporas de hongos entomopatógenos.

## **VI.2. Numero de aislamientos obtenidos de suelos cultivados con maíz (*Zea mays*) del municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco.**

**Cuadro 4.** Total, de aislamientos obtenidos.

<b>No. Muestras</b>	<b>Hongos. HE</b>
191 E	0
186 E	0
183 E	0
192 E	0
175 E	0
187 E	0
189 E	0
188 E	0
195 E	0
190 E	0
194 E	1
193 E	0

180 E	0
196 E	0
197 E	0
170 E	0
171 E	0
177 E	0
184 E	1
185 E	0
3 E	0
4 E	0
5 E	0
6 E	1
24 E	0
29 E	0
<b>Total.</b>	<b>3</b>

De las 26 muestras aisladas únicamente se presentaron 3 aislamientos de hongos entomopatógenos, los cuales pertenecen a los géneros *Metarhizium sp.* y *Fusarium sp.*

### VI.3. Porcentaje de cepas de hongos entomopatógenos aislados de suelos cultivados con maíz (*Zea mays*) del municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco.

**Cuadro 5.** Total, y porcentaje de cepas aisladas e identificadas en larvas de gusano de harina (*Tenebrio molitor*) infectadas mediante el método del “insecto trampa”.

Hongos Entomopatógenos	Aislamientos	
	No.	%
<i>Metarhizium sp.</i>	2	7.68
<i>Fusarium sp.</i>	1	3.84
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>11.52</b>

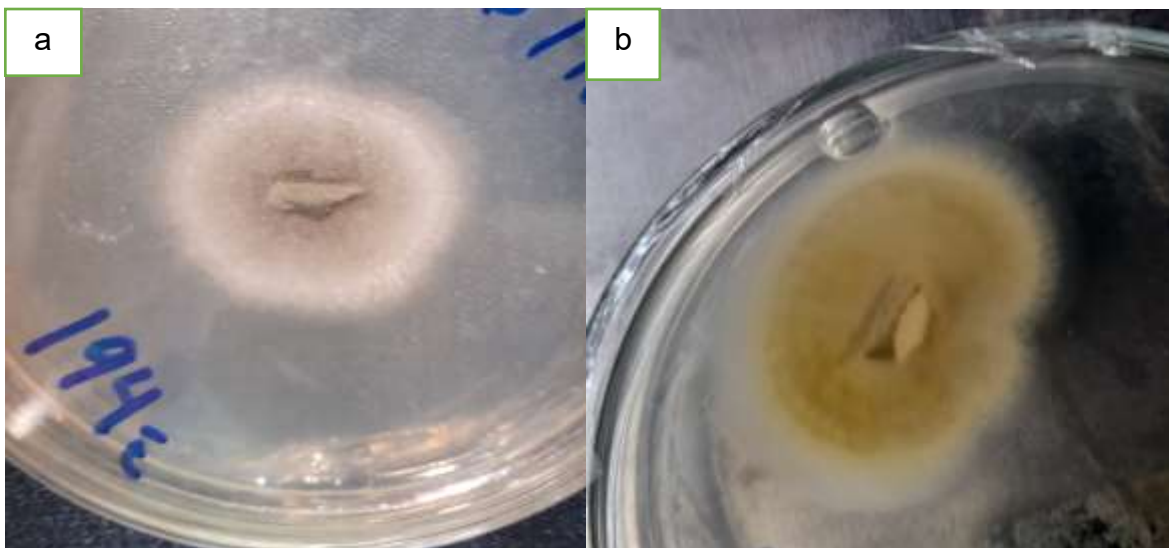
De las 26 muestras aisladas únicamente se presentaron 3 aislamientos de hongos entomopatógenos, 2 de *Metarhizium sp.* 7.68% y 1 de *Fusarium sp.* 3.84% estos representan el 11.52% del conjunto total de aislamientos. Esto es contrario a lo registrado por Hernández-Velázquez *et al.* (2011) y Rodríguez-Rodríguez *et al.*

(2023), ya que ellos registraron un 21.7% y un 67.64% de aislamiento para el género *Metarhizium sp.* respectivamente.

Respecto al género *Fusarium sp.* solo se obtuvo 3.84% del total de las muestras con presencia de este hongo, aunque como mencionan Mosqueda-Anaya *et al.* (2018) es un género ampliamente distribuido en el mundo, capaz de desarrollar estructuras de resistencia para sobrevivir en ambientes adversos, y puede presentarse en el ambiente como entomopatógeno, fitopatógeno, saprofito y dañino para la salud humana.

Estos resultados indican que existe una baja diversidad de hongos entomopatógenos en la rizosfera de cultivos de maíz, lo cual podría estar relacionado en las practicas agronómicas, así como indica Rodríguez-Rodríguez *et al.* (2023).

#### VI.4. Descripción morfológica.

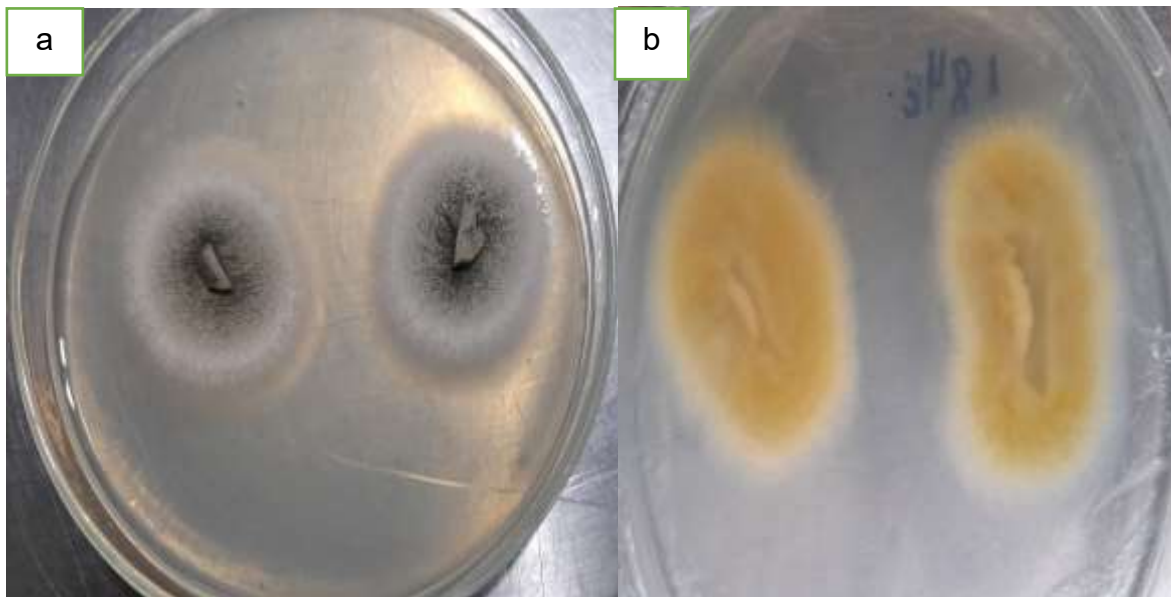


**Figura 8.** Características macroscópicas de *Metarhizium sp* (194E). **a)** anverso, **b)** reverso

El hongo obtenido mediante insecto trampa de la muestra 194E procedente de suelo cultivado con maíz (*Zea mays*) en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, una vez aislado en medio de cultivo PDA, en la figura 8 se observaron las siguientes

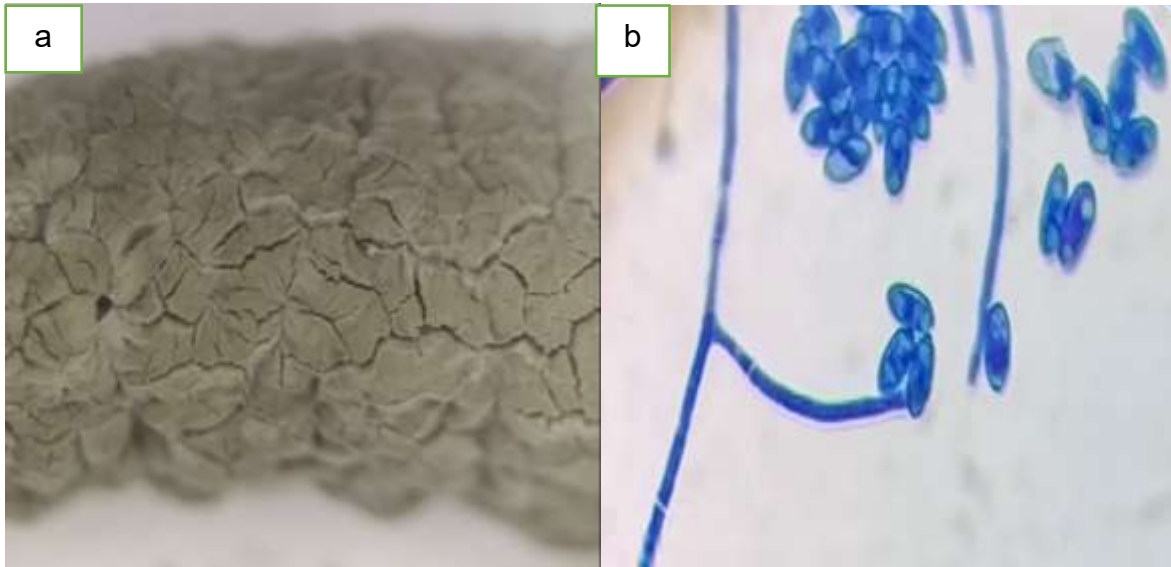


características macroscópicas presento al inicio micelio de color blanquecino de textura algodonosa, forma circular, elevada plana, alcanzando un diámetro de 2.8 cm a los 12 días, llegando a alcanzar a los 20 días un diámetro de 6.2 cm, transcurrido este tiempo la colonia fúngica en el anverso empezó a tonarse de color amarillo verdoso hasta llegar a un color verde oliva intenso que se extiende desde el centro hacia el borde, este color se debe a la presencia de las esporas características de este hongo, el borde se mantiene de color blanquecino hasta que la esporulación se expanda por completo cepa de *Metarhizium sp.*



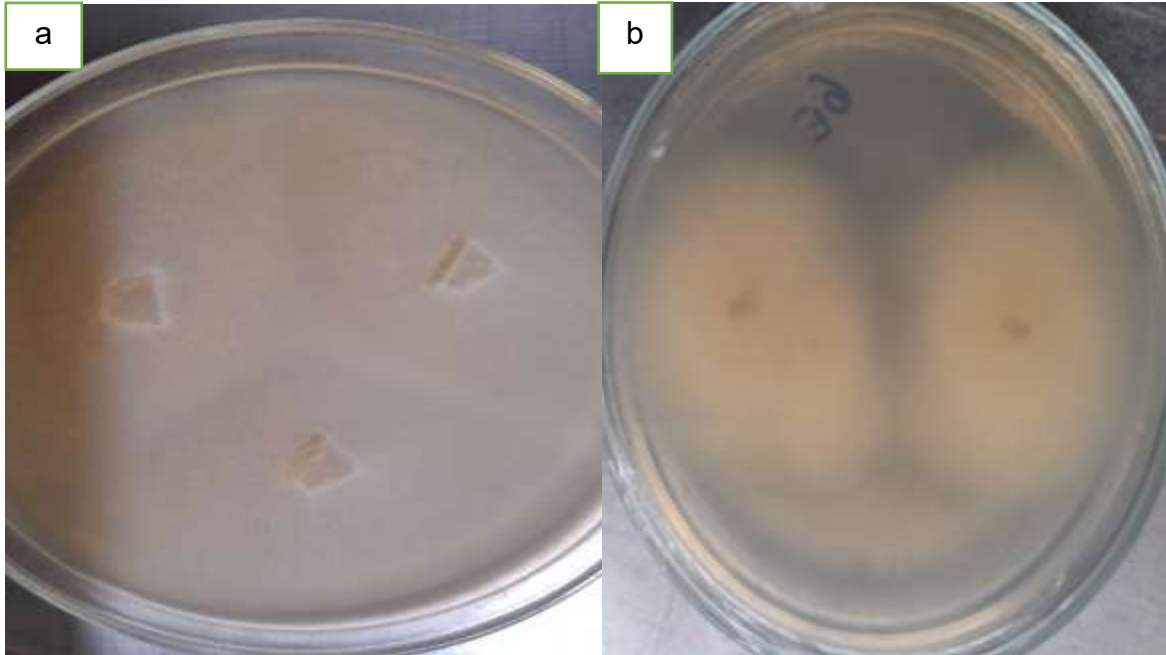
**Figura 9.** Características macroscópicas de *Metarhizium sp* (184E). **a)** anverso, **b)** reverso

El hongo obtenido mediante insecto trampa de la muestra 184E procedente de suelo cultivado con maíz (*Zea mays*) en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, una vez aislado en medio de cultivo PDA, en la figura 9 se observó a nivel macroscópico micelio de color blanquecino de textura algodonosa, forma circular, elevación plana, a los 12 días alcanzó 2.8 cm de diámetro, transcurrido este lapso la colonia fúngica en el anverso empezó a tornarse de color amarillo verdoso hasta llegar a un verde oliva intenso debido a la presencia de esporas a medida que se van extendiéndose desde el centro hacia los bordes, por ende el borde se mantiene de color blanco hasta que se expanda por completo, el color del lado reverso de la colonia es de color amarillo anaranjado y llegando a los 20 días a un diámetro de 5.9 cm.



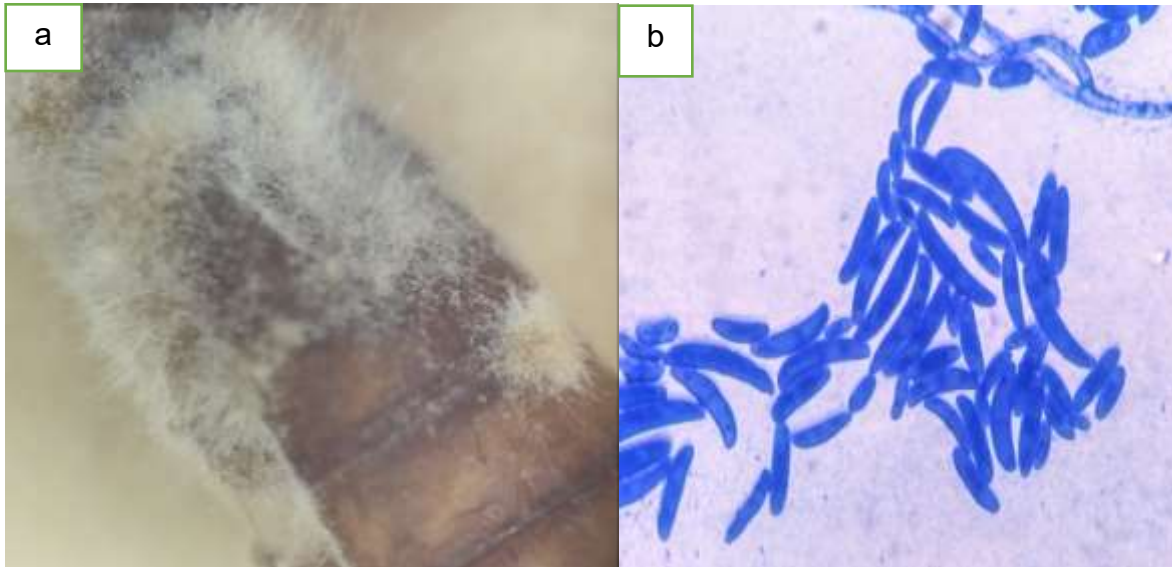
**Figura 10.** Características microscópicas de *Metarhizium sp* (184E y 194E). **a)** Larva de gusano de harina (*Tenebrio molitor*) infestado por el hongo entomopatógeno *Metarhizium sp*. **b)** Conidios alargados cilíndricos.

La identificación a nivel genero de estas dos muestras se realizó con el capítulo VI identificación de hongos entomopatógenos Humber (2012), del manual de técnicas en patología de invertebrados, Lacey (2012).



**Figura 11.** Características macroscópicas de *Fusarium sp* (6E). **a)** anverso, **b)** reverso

El hongo obtenido mediante insecto trampa de la muestra 6E procedente de suelo cultivado con maíz (*Zea mays*) en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, una vez aislado en medio de cultivo PDA, en la figura 11 se observó a los 12 días un diámetro de 3.1 cm, alcanzando a los 20 días un diámetro de 5.9 cm; en el anverso se presentó al inicio micelio blanquecino de textura algodonosa densa, forma circular, borde entero, elevación, en el centro se desarrolló esporulaciones de color blanco que se extienden hacia los bordes y en el reverso también presento blanquecino con un poco de tono amarillento en el centro hacia los bordes.



**Figura 12.** Características microscópicas de *Fusarium sp* (6E). **a)** Larva de gusano de harina (*Tenebrio molitor*) infestado por el hongo entomopatógeno *Fusarium sp*. **b)** Conidios monofiálides alargados septados

Las características observadas como macroconidios septados, corresponden a las claves taxonómicas propuestas por Nelson *et al.* (1994) tal como se muestra en la figura anterior.

## **VI.5. Bioensayo.**

### **6.5.1 *Metarhizium sp***

Para la fase de bioensayo de los hongos identificados como genero *Metarhizium* se observó un 100% de mortalidad tal como lo demostraron Villegas-Rodríguez *et al.*, en (2017), Vázquez (2022), Abalo (2023) y Culqui (2023), quienes en múltiples bioensayos con diversas plagas demostraron el mismo 100% de mortalidad, pero se contrapone a lo observado por Basulto *et al.* (2020) quienes observaron solo un 85% de mortalidad.

También se observó que todas las larvas de las muestras 184E y 194E a los  $5 \pm 2$  días habían muerto, lo cual coincide con los tiempos de muerte reportados por Villegas-Rodríguez *et al.*, en (2017), quienes observaron tiempos de mortalidad de  $5 \pm 2$  días después de la infección, en cambio Basulto *et al.* (2020) reportó un tiempo de mortalidad de  $7 \pm 2$  días después de la infección.

### **6.5.2 *Fusarium* sp.**

En la fase de bioensayo a los 5 días se observó que, dos de las 10 repeticiones de los gusanos infectados, habían muerto, lo cual coincide con los tiempos de muerte reportados por Díaz *et al.* (2003), quienes observaron tiempos de mortalidad de  $5.5 \pm 3.03$  días después de la infección, sin embargo, en cuanto a porcentaje, solo se obtuvo un 10% en comparación al  $62.5 \pm 9.57\%$  obtenido por Díaz *et al.* (2003).

Aunque da Silva (2020) recopila información sobre la actividad entomopatógena de *Fusarium* sp. en plagas de importancia agronómica y otros insectos, es importante señalar que Goldberg y Stanghellini (1990) demostraron que algunas especies de hongos del género *Fusarium* utilizan a los insectos como vectores para llegar a su hospedero principal. Por lo tanto, la presencia de hongo en el insecto podría deberse a lo descrito por Willsey *et al.* (2017), quienes describen que algunos hongos fitopatógenos se encuentran presentes en el intestino de los insectos y los utilizan como vectores para transportarse a otros cultivos.

## VII. CONCLUSIONES.

Con base en los resultados obtenidos en este estudio se descarta la hipótesis inicial que sugería una presencia significativa y diversa de estos hongos. Los datos recopilados indican:

- De un total de 26 muestras procedentes de suelos cultivados con maíz (*Zea mays*) del municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, de los cuales únicamente se presentaron 3 aislamientos de hongos entomopatógenos con la técnica de “insecto trampa” 2 (7,68%) corresponden a *Metarhizium sp* y 1 (3,84%) a *Fusarium sp*.
- De esos 3 aislamientos solo 2 (7.68%) mostraron actividad entomopatógena, pues en la fase de bioensayo *Fusarium* no demostró ser nocivo para los insectos y los dos aislamientos corresponden al género *Metarhizium*, por lo tanto no existe ni abundancia, diversidad y amplia distribución de estos hongos.

Estos resultados pueden deberse a factores como el manejo agrícola, las condiciones climáticas, la competencia con otros microorganismos y la susceptibilidad de los insectos trampa.

Se sugiere realizar más estudios con diferentes técnicas de aislamiento, diferentes insectos trampa y diferentes épocas del año, para obtener una mejor estimación de la riqueza y abundancia de estos hongos en la zona.

## VIII. LITERATURA CITADA.

- (ASERCA) Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios, A. de S. a. la C. y. D. (2018) ¿Conoces el origen del maíz? 8 de noviembre de 2022, de <https://www.gob.mx/aserca/articulos/conoces-el-origen-del-maiz?idiom=es>
- Abalo, M. S. (2023). Evaluación de hongos entomopatógenos (Ascomycota: Hypocreales) como potenciales controladores del lepidóptero plaga *Rachiplusia nu* (Guenée) (Lepidoptera: Noctuidae) del cultivo de soja (*Glycine max*) y su posible aplicación como bioinsecticidas (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- Abalo, M. S. (2023). Evaluación de hongos entomopatógenos (Ascomycota: Hypocreales) como potenciales controladores del lepidóptero plaga *Rachiplusia nu* (Guenée) (Lepidoptera: Noctuidae) del cultivo de soja (*Glycine max*) y su posible aplicación como bioinsecticidas (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- Badii, M. H., Abreu. J. L. (2006). Biological control a sustainable way of pest control. International Journal of Good Conscience. 1(1): 82-89.
- Basulto, M. E. C., Sánchez, E. R., Cupul, W. C., Gómez, H. B., Ramírez, A. R., & Núñez, E. H. (2022). Potencial de hongos entomopatógenos para el manejo de la araña roja. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 26(2), 7-8.
- Beatriz, R. V., María, B. P. A., Angel, A. Z. M., Araceli, S. C. M., Barajas-Romero, M. I., & Manuel, R. V. J. (2022) HONGOS ENTOMOPATÓGENOS QUE AFECTAN A *Bagrada hilaris* (BURMEISTER) (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE) EN GUANAJUATO, MÉXICO.
- Becerra Moreno, J. L. (2023). Evaluacion De Veinte Híbridos De Maiz (*Zea Mays*) En Cuatro Localidades De Jalisco.
- Bernal, J. S. 2007. Biología, ecología y etología de parasitoides, pp. 61-74. En: L. A. Rodríguez-del-Bosque y H. C. Arredondo-Bernal (eds.), Teoría y Aplicación

delControl Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico, México. 303 p.

Carbonero Peñaloza, C. R., & Córdova Soto, M. W. (2014). Aislamiento de hongos entomopatógenos de suelos agrícolas de Ica y su efectividad in vitro en el control de *Spodoptera frugiperda* (Smith), enero-marzo 2013.

Castillo, S. Y., Vega, J. A. B., Lezcano, J., Piepenbring, M., & Cáceres, O. (2013). Hongos entomopatógenos asociados a insectos recolectados en plantaciones de café en el oeste de Panamá. *Tecnociencia*, 15(2), 29-39.

Claro, O. E., Ramos, J. J., & Pérez, A. C. (2006). Aislamiento, identificación y caracterización morfométrica de aislados nativos de hongos mitosporicos con potencialidad para el control de especies de insectos plaga. *Fitosanidad*, 10(4), 265-272.

Cortes Montiel, A. N. G. E. L. I. C. A. (2014). Comparacion De Diferentes Variedades De Maiz Bajo Un Sistema De Produccion Organica Biointensiva.

Culqui Quinatoa, J. B. (2023). Aislamiento y caracterización de microorganismos entomopatógenos en dos sistemas de producción agrícola familiar representativos de la comunidad San Francisco.

Díaz, P. A., Gómez, Y. A., Zenner De Polanía, I. N. G. E. B. O. R. G., & Vargas, A. (2003). Evaluación de una cepa nativa de *Fusarium* sp. para el manejo de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 29(1), 71-76.

Dos Santos, A. R., & del Pozo Núñez, E. (2003). Aislamiento de hongos entomopatógenos en Uruguay y su virulencia sobre *Trialeurodes vaporariorum* West. *Agrociencia Uruguay*, 7(2), 71-78.

E. Quesada Moraga (2020): Entomopathogenic fungi as endophytes: their broader contribution to IPM and crop production, *Biocontrol Science and Technology*, DOI:10.1080/09583157.2020.1771279



- Gandarilla Pacheco, F. L. (2012). Evaluación de aislados nativos de hongos entomopatógenos de zonas citrícolas sobre *Diaphorina citri* Kuwayama (*Hemiptera: Psyllidae*) (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).
- García, M. A. G., García, S. C., Gordillo, J. M. L., & Martínez, R. F. M. (2011). Aislamiento y caracterización morfológica de los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*. *Horizonte Sanitario*, 10(2), 21-28.
- García-Gutiérrez, C., González-Maldonado, M. B., & Cortez-Mondaca, E. (2012). Uso de enemigos naturales y biorracionales para el control de plagas de maíz. *Ra Ximhai*, 8(3), 57-71.
- González Baca, G., Venegas Barrera, C. S., González Gaona, O. J., Vargas Madriz, H., Jiménez Gómez, M. A., Pérez Arriaga, E., & Azuara Domínguez, A. (2019). Abundancia y distribución de hongos entomopatógenos en diferentes localidades y ambientes del sur de Tamaulipas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(3), 669-681.
- Graciela, L. I., & de la Paz, G. P. M. (2012). Panorama mundial de las enfermedades causadas por virus y mollicutes en el cultivo de maíz. Enfermedades del maíz producidas por virus y mollicutes en Argentina, 31.
- Guacho Abarca, E. F. (2014). Caracterización agro-morfológica del maíz (*Zea mays* L.) de la localidad San José de Chazo (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Hernández-Trejo, A., Estrada Drouaillet, B., Rodríguez-Herrera, R., García Giron, J. M., Patiño-Arellano, S. A., & Osorio-Hernández, E. (2019). Importancia del control biológico de plagas en maíz (*Zea mays* L.). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(4), 803-813.
- Hernández-Velázquez, V. M., Cervantes Espíndola, Z., Villalobos, F. J., García, L. L., & Peña Chora, G. (2011). Aislamiento de hongos entomopatógenos en

suelo y sobre gallinas ciegas (*Coleoptera: Melolonthidae*) en agroecosistemas de maíz. *Acta zoológica mexicana*, 27(3), 591-599.

Huerta R., A., Pérez, L. L., Vara, J. N. E., González, C. G., Enríquez, G. R., Aguilar, E. E. Q., & Dorantes, N. G. (2018). Presencia de hongos entomopatógenos nativos en suelos cultivados con maíz del municipio de Epitacio Huerta, Michoacán. *Biotecnología y Sustentabilidad*, 3(2), 9-9.

Iliná, A., & González, R. R. (2023). El control biológico como una alternativa para combatir las enfermedades y plagas de los cultivos agrícolas. *Consejo Ejecutivo*, 55.

Infoagro. (2020, 2 marzo). MANEJO INTEGRAL DE PLAGAS. Control Biológico y Control Químico. - Revista InfoAgro México. *Revista InfoAgro México*. <https://mexico.infoagro.com/manejo-integral-de-plagas-control-biologico-y-control-quimico/>

Intagri S.C. (s. f.). Los entomopatógenos, Control biológico de plagas <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/los-entomopatogenos-control-biologico-de-plagas>

Khudhair, M., Alrubeai, H., Khalaf, M., Shbar, A., Hamad, B., & Khalaf, H. (2014). OCCURRENCE AND DISTRIBUTION OF ENTOMOPATHOGENIC FUNGI IN IRAQI AGRO-ECOSYSTEMS. *International Journal of Entomological Research*, 2(2), 117-124. Retrieved from <https://esciencepress.net/journals/index.php/IJER/article/view/861>

Laserna, S. (s. f.). Insectos depredadores de plagas agrícolas. <https://www.agroes.es/agricultura/control-de-plagas-enfermedades/insectos-beneficos-y-patogenos-de-plagas-en-agricultura/insectos-depredadores-de-plagas-en-agricultura/709-insectos-depredadores-de-plagas-agricolas>

Luna, M. G. ¿QUÉ SON LOS INSECTOS PARASITOIDES? Control biológico de plagas en horticultura, 75.

- Martínez-Scott, M. M., Aguilar, M. R., & Maldonado, W. M. Z. (2023). Control biológico de palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella* L.) en brócoli con hongos entomopatógenos. *Biological control*, 11(1).
- Medina, H. E. (2023). Evaluación de hongos entomopatógenos (Ascomycota: Hypocreales) como potenciales controladores de la langosta sudamericana *Schistocerca cancellata* (Orthoptera: Acridoidea) y su posible aplicación como bioinsecticidas (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- Medina, H. E. (2023). Evaluación de hongos entomopatógenos (Ascomycota: Hypocreales) como potenciales controladores de la langosta sudamericana *Schistocerca cancellata* (Orthoptera: Acridoidea) y su posible aplicación como bioinsecticidas (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- Mosqueda-Anaya, J. A., Landeros-Jaime, F., Ramírez-Baltazar, S., Santiago-Basilio, M. Á., Vergara-Pineda, S., Cervantes-Chávez, J. A., & Esquivel-Naranjo, E. U. (2018). Hongos asociados a cadáveres de insectos plaga en el estado de Querétaro, México. *Scientia fungorum*, 47, 25-35.
- NOM-021-SEMARNAT-2000 (antes NOM-021-RECNAT-2000) NORMA OFICIAL MEXICANA, QUE ESTABLECE LAS ESPECIFICACIONES DE FERTILIDAD, SALINIDAD Y CLASIFICACIÓN DE SUELOS. ESTUDIOS, MUESTREO Y ANÁLISIS.
- Odum EP (1984) Properties of agroecosystems. In: Lowrance R, BR Stinner & GJ House (Eds) 1984. *Agricultural Ecosystem: Unifying concepts*. J Willey & Sons. New York: 5-11.
- Ortiz Villacís, J. A. (2021). Aislamiento y caracterización de hongos entomopatógenos presentes en el suelo de las diferentes zonas agrícolas de la Provincia de Tungurahua (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de

Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Carrera de Ingeniería Bioquímica).

Pacheco Hernández, M., Reséndiz Martínez, J., & Arriola Padilla, V. J. (2019). Organismos entomopatógenos como control biológico en los sectores agropecuario y forestal de México: una revisión. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 10(56), 4-32.

Pucheta Díaz, Micaela, Flores Macías, Antonio, Rodríguez Navarro, Silvia, & de la Torre, Mayra. (2006). Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos. *Interciencia*, 31(12), 856-860. Recuperado en 16 de febrero de 2023, de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442006001200006&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006001200006&lng=es&tlng=es).

Quinelato, S.; Golo, P.S.; Perinotto, W.M.; Sá, F.A.; Camargo, M.G.; Angelo, I.C.; Bittencourt, V.R. 2012. Virulence potential of *Metarhizium anisopliae* s.l. isolates on *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* larvae. *Veterinary Parasitology*, 190: 556-565.

Restrepo, T. (2015). Aislamiento, identificación y evaluación de hongos entomopatógenos como posibles agentes de control de trips (*Thysanoptera: Thripidae*) asociados a cultivos de aguacate (*Persea americana Miller*). Universidad Nacional de Colombia.

Rivera, G., & Pinto, L. (2001). Evaluación de patogenicidad de aislamientos nativos de hongos entomopatógenos sobre el gusano blanco de la papa, *Premnotrypes vorax* (Hustache). *Revista Colombiana de biotecnología*, 3(2), 53-65.

Rodríguez-Rodríguez, J. C., Ayala-Zermeño, M. A., Neri-Luna, C., Rodríguez-Vélez, B., Gallou, A., & Castruita-Domínguez, J. P. (2023). Presencia natural de *Metarhizium* en suelos agrícolas de aguacate (*Persea americana* Mill.) en Colima, México. *Manglar*, 20(1), 69-76.

Salazar, A. M., Gerding, M., France, A., Campos, J., Gerding, M., & Sandoval, M. (2007). Desplazamiento de Conidias de *Metarhizium anisopliae* var.

- anisopliae en Columnas de Tres Series de Suelo. Agricultura Técnica, 67(3), 236-243.
- Schapovaloff, M. E., Alves, L. F. A., Urrutia, M. I., & Lastra, C. C. L. (2015). Ocurrencia natural de hongos entomopatógenos en suelos cultivados con yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) en Misiones, Argentina. Revista argentina de microbiología, 47(2), 138-142.
- Solano Flórez, E. C. (2023). Evaluación del potencial del hongo entomopatógeno *Cordyceps sensu lato* como agente biocontrolador de larvas de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae).
- Taba, S. (2004). Enfermedades del maíz: una guía para su identificación en el campo. Cimmyt.
- Tene Moyolema, W. E. (2022). Desarrollo de un estudio de estabilización de residuos peligrosos para los laboratorios de la Facultad de Ciencia en Ingeniería en Alimentos y Biotecnología (FCIAB) (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Carrera de Ingeniería Bioquímica).
- URBINA CAMPOS, M. D. L. A. (2023). EVALUACION DE BIOINSECTICIDAS A BASE DE HONGOS DROSOPHILA SUZUKII EN LOS REYES, MICHOACAN.
- Valle, S., Carrera, K., Alemán, R., & Caicedo, W. (2021). Caracterización de aislamientos nativos de *Metarhizium spp.* para el control de Mahanarva andigena en el cultivar de caña de azúcar POJ93 en la Amazonia ecuatoriana. Idesia (Arica), 39(1), 69-75.
- Vásquez Basto, V., & Hurtado Sandoval, A. F. (2023). Control biológico de la marchitez del banano (*Musa x paradisiaca* L.) causada por *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* utilizando bacterias del género *Pseudomonas* como una alternativa agrosostenible.

- Vázquez Benito, J. A. (2022). Mortalidad de *Brevipalpus yothersi* ocasionada por la interacción entre *Amblyseius swirskii*, *Neoseiulus californicus* y tres hongos entomopatógenos (Doctoral dissertation).
- Vásquez-Ramírez, L. M., & Castaño-Zapata, J. (2017). Manejo integrado de la marchitez vascular del tomate [*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (SACC.) WC SNYDER & HN HANSEN]: una revisión. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 20(2), 363-374.
- Villegas-Rodríguez, F., Díaz-Gómez, O., Casas-Flores, J. S., Monreal-Vargas, C. T., Tamayo-Mejía, F., & Aguilar-Medel, S. (2017). Actividad de dos hongos entomopatógenos, identificados molecularmente, sobre *Bactericera cockerelli*. *Revista Colombiana de Entomología*, 43(1), 27-33.
- Yucra Curo, J. (2023). Aplicación de *Beauveria bassiana*, *Lecanicillium lecanii* y *Metarhizium anisopliae* en *Theobroma cacao* con relación al daño de Caramenta spp., Kimbiri, Cusco, 2019.
- Zelaya-Molina, L. X., Chávez-Díaz, I. F., de los Santos-Villalobos, S., Cruz-Cárdenas, C. I., Ruíz-Ramírez, S., & Rojas-Anaya, E. (2022). Control biológico de plagas en la agricultura mexicana. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(SPE27), 69-79.