

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Identificación de Hongos Fitopatógenos Asociados al Cultivo del Aguacate *Persea americana* Mill. en Michoacán, México.

Por:

OMAR ALONSO GARCÍA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre de 2023.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Identificación de Hongos Fitopatógenos Asociados al Cultivo del Aguacate *Persea americana* Mill. en Michoacán, México.

Por:

OMAR ALONSO GARCÍA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dra. Yisa María Ochoa Fuentes
Asesor Principal Interno


Dra. Rocío de Jesús Díaz Aguilar
Asesor Principal Externo


Dr. Ernesto Cerna Chávez
Coasesor


Dra. Yolanda Rodríguez Pagaza
Coasesor


Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre de 2023.

CARTA DE NO PLAGIO

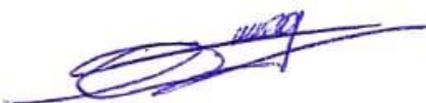
A quien corresponda.

Es de mi agrado dirigirme a usted para confirmar la originalidad del trabajo "Identificación de Hongos Fitopatógenos Asociados al Cultivo del Aguacate *Persea americana* Mill en Michoacán, México. Quiero asegurar que el contenido de este documento es de mi autoría exclusiva, y no ha sido plagiado ni copiado de ninguna fuente sin citar a los autores. Además, he seguido todas las normativas éticas y académicas relacionadas con la citación y referenciación adecuada de cualquier fuente consultada durante el proceso de investigación.

Por lo anterior me hago responsable de las consecuencias de cualquier forma de plagio en caso de existir.

Agradezco su atención y aprecio la oportunidad de demostrar la integridad de mi trabajo.

Atentamente.



Omar Alonso García

Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre de 2023.

AGRADECIMIENTOS

A mi UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO, mi querida ALMA MATER, por el entorno brindado para mi desarrollo académico, por haberme recibido con los brazos abiertos para aprender sobre el campo, darme techo y alimentos por varios años, y brindarme la mejor de las experiencias. Ha dejado una gran huella en mi vida.

A la Dra. Yisa María Ochoa Fuentes, por darme los mejores consejos tanto en el ámbito deportivo como en el académico, brindarme apoyo y confianza para la realización de esta investigación.

Al Dr. Ernesto Cerna Chávez, por el apoyo brindado y ser un gran ejemplo a seguir para mi formación, tanto académica como profesional.

A la Dra. Rocío de Jesús Díaz Aguilar, por estar desde el primer día apoyándome y orientándome para la realización de este proyecto, por su tiempo, dedicación, compartir experiencias, consejos y su inquebrantable paciencia durante los últimos semestres de la carrera.

A la Dra. Yolanda Rodríguez Pagaza, por todo su apoyo y confianza en los eventos del departamento, el gran apoyo durante mi estancia en las prácticas profesionales, y su disposición en la formación de mi comité de asesoría en este trabajo de tesis.

A mis maestros del departamento, **Dr. Juan Carlos, Dr. Gallegos, Dr. Landeros, M.C. Abiel, Dr. Cabezas, Dr. Oswaldo, Dra. Miriam, Dr. Melchor, Dra. Elizabeth, M.C. Cárdenas, Dr. Daniel y Dr. Aguirre,** por su contribución en mi desarrollo universitario y por haber compartido experiencias dentro y fuera de la parasitología agrícola mexicana.

A todos mis amigos de generación CXXXI de I.A.P., por juntos superar obstáculos y compartir triunfos. Gracias por compartir grandes momentos dentro y fuera del salón de clases, así como ser un equipo ejemplar.

Al Sr. Apolinar Manso, Sr. Amparo, Sr. Marco, por las facilidades y apoyo brindado para hacer posible este trabajo.

DEDICATORIA

A mis padres:

Leodegario Alonso Gutiérrez y Ma. Del Carmen García Gaspar.

Cuyo esfuerzo y fe en mí hicieron posible este logro. Gracias por sus desvelos, preocupaciones y palabras de aliento para seguir mis sueños. Son los mejores modelos a seguir que la vida pudo poner en mi camino.

A mis hermanas:

Paola Alonso García y Lluvia Arianna Alonso Morales.

Por el cariño incondicional, creer en mí siempre y ser una gran fuente de inspiración para superarme.

A mis tíos:

Yolanda, Agustín †, Adelina, Heriberto, Carolina † y Juan †

Por el apoyo brindado a mi familia y mantener la unión, el cariño y respeto hacia cada uno de los integrantes. Por demostrarme que siempre hay que tener mucho valor para afrontar las adversidades por más difíciles que parezcan.

A todos los integrantes de la familia Alonso:

Por inculcarme que la unión siempre hace la fuerza, y el nunca olvidar de dónde venimos ni hacia dónde vamos.

Al M.C. Víctor Sánchez Valdés †

Por haberme guiado y aconsejado desde mis inicios en la universidad. Aunque ya no esté físicamente presente, su espíritu perdura en cada paso que doy.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ÍNDICE DE CUADROS	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo General.....	2
Objetivos Específicos.....	2
Hipótesis	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Origen del cultivo	3
Clasificación taxonómica del aguacate	3
Descripción botánica.....	3
Producción de aguacate	4
Nivel nacional	4
Importancia.....	5
Condiciones edafoclimáticas del cultivo.....	7
Principales hongos fitopatógenos que atacan al cultivo del aguacate	7
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	7
<i>Elsinoe perseae</i>	9
<i>Phytophthora cinnamomi</i>	11
<i>Pythium</i> spp.....	13
<i>Fusarium</i> spp.....	15
<i>Mortierella</i> spp.....	17
<i>Cylindrocarpon</i> spp.....	19
MATERIALES Y MÉTODOS	22
Muestreo.....	22
Aislamiento y purificación	23
Identificación morfológica	24

Identificación molecular	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
Identificación morfológica de los fitopatógenos	25
<i>Fusarium oxysporum</i>	25
<i>Fusarium solani</i>	26
<i>Colletotrichum</i> sp.	27
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	28
<i>Mortierella</i> sp.	29
<i>Cylindrocarpon</i> sp.....	30
Identificación Molecular	31
CONCLUSIONES	36
BIBLIOGRAFÍA	37

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Principales Estados Productores de Aguacate en la República Mexicana.	4
Cuadro 2. Principales Municipios Productores de Aguacate en el Estado de Michoacán.....	5
Cuadro 3. Ubicación de sitios de muestreo en la franja aguacatera de Michoacán.	23
Cuadro 4. Géneros de hongos aislados de los diversos ejemplares muestreados.	25
Cuadro 5. Identificación molecular de aislamientos de las secuencias presentadas en el GenBank.	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Porcentaje de importación de aguacate mexicano.....	6
Figura 2. Características morfológicas de <i>F. oxysporum</i> en medio PDA.	26
Figura 3. Estructuras morfológicas de <i>F. solani</i> en medio PDA.	27
Figura 4. Morfología de <i>C. acutatum</i> en medio PDA.	28
Figura 5. Características morfológicas de <i>C. gloeosporioides</i> en medio PDA.	29
Figura 6. Estructuras morfológicas de <i>Mortierella</i> sp. en medio PDA.	30
Figura 7. Características morfológicas de <i>Cylindrocarpon</i> sp. en medio PDA.	31

RESUMEN

En el contexto global de la producción de aguacate, México es el principal productor a nivel mundial, siendo Michoacán el estado productor más importante del país. Algunas de las principales enfermedades que disminuyen la calidad y rendimiento del cultivo, son provocadas por hongos fitopatógenos, siendo estos un considerable desafío para los productores, ya que la falta de conocimiento sobre la identidad de los patógenos ha conducido a la implementación de prácticas de manejo inapropiadas; por este motivo, el objetivo de ésta investigación fue identificar morfológicamente y molecularmente los fitopatógenos asociados al cultivo de aguacate, en los principales municipios productores del estado de Michoacán. Se muestrearon frutos con síntomas de antracnosis y roña, así como raíces con presencia de pudrición, y suelo de los diferentes huertos; se obtuvieron diferentes hongos aislados en medio Papa-Dextrosa-Agar (PDA). Las cepas se identificaron morfológicamente y a través de técnicas moleculares mediante la extracción de ADN y reacciones de PCR, corroborando la presencia de *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, *Colletotrichum acutatum*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Mortierella* sp. y *Cylindrocarpon* sp. Se identificaron 6 especies de hongos fitopatógenos asociados al cultivo de aguacate pertenecientes al cinturón aguacatero de Michoacán, México. Se recomienda dar seguimiento a identificaciones morfológicas y moleculares, para realizar un buen manejo de las enfermedades futuras.

Palabras clave: *Persea americana* Mill., Hongos, Fitopatógenos, Enfermedades.

ABSTRACT

In the global context of avocado production, Mexico is the main producer worldwide, Michoacán being the most important producing state in the country. Some of the main diseases that reduce the quality and yield of the crop are caused by phytopathogenic fungi; this being a considerable challenge, since the lack of knowledge about the identify of causal agents has led to the implementation of inappropriate managment practices; for this reason, the objective of this research was to identify both morphologically and molecularly the phytopathogens associated to avocado cultivation on the main producing municipalities of the state of Michoacán. Fruits with symptoms of anthracnose and scab, roots with the presence of rot, as well as soil from avocado trees with symptoms of the aforementioned disease were sampled; different isolated organisms were obtained in Potato-dextrose-agar medium (PDA). The strains were identified morphologically and through molecular techniques by DNA extraction and PCR reactions, corroborating the presence of *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, *Colletotrichum* sp., *Colletotrichum gloeosporioides*, *Mortierella* sp. y *Cylindrocarpon* sp. 6 species of phytopathogenic fungi associated with avocado cultivation belonging to the avocado belt of Michoacán, México were identificated. It's recommended to follow up on both morphological and molecular identifications, to carry out good management of future diseases.

Keywords: *Persea americana* Mill., Fungi, Phytopathogens, Diseases.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del aguacate *Persea americana* Mill. es originario de México y Centroamérica (Téliz, 2000), México es el principal productor, consumidor y exportador de aguacate en el mundo, siendo el estado de Michoacán el principal productor, seguido de Jalisco, México, entre otros (SIAP, 2022). La productividad del cultivo depende de diversos factores bióticos y abióticos, los cuales son limitantes para obtener buenos rendimientos y calidad del fruto (Anguiano *et al.*, 2003). Las enfermedades causadas por hongos fitopatógenos son una de las causas primordiales de pérdidas tanto en campo como en postcosecha (Molano, 2007; Herrera *et al.*, 2020).

La antracnosis en aguacate afecta los retoños jóvenes, hojas, flores y principalmente frutos del aguacate, esta enfermedad es causada por *Colletotrichum* spp. este hongo fitopatógeno se encuentra distribuido en todos los municipios donde se cultiva aguacate en el estado de Michoacán y es un factor limitante para la exportación de este producto (Morales *et al.*, 1996; Ávila *et al.*, 2002). Otro patógeno de importancia económica es el hongo *Sphaceloma perseae*, el cual está distribuido ampliamente en las zonas productoras de aguacate en el país y es un serio problema en regiones con alta humedad relativa, afectando a hojas jóvenes y frutos (Woo *et al.*, 2004). Algunos hongos fitopatógenos afectan el sistema radicular de este cultivo, siendo *Phytophthora cinnamomi* el hongo causante de la enfermedad conocida como tristeza del aguacatero (Carranza, 2015). Existen reportes de nuevas especies de fitopatógenos causando marchitez en este cultivo, tales como *Phytophthora vexans*, aislado de raíces de aguacate en las Islas Canarias, siendo más patogénico que *P. cinnamomi* (Rodríguez *et al.*, 2018).

Para reducir este problema, es necesario buscar, generar y aplicar estrategias que sean sencillas de atribuir a las próximas generaciones y de baja toxicidad para seres humanos y animales (Naeini *et al.*, 2010).

Objetivo General

Identificar morfológica y molecularmente los hongos fitopatógenos asociados al cultivo del aguacate, en los principales municipios de la franja aguacatera del estado de Michoacán.

Objetivos Específicos

Aislar los diversos hongos fitopatógenos asociados al cultivo del aguacate de diferentes municipios del estado de Michoacán.

Identificar morfológica y molecularmente los diferentes hongos asociados al cultivo del aguacate.

Hipótesis

Se identificarán al menos cuatro especies diferentes de hongos fitopatógenos asociados al cultivo del aguacate.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen del cultivo

El cultivo del aguacate es nativo de América y originario de México, donde fue domesticado por las primeras civilizaciones del centro de América, incluidas la parte central de la República Mexicana (Morales *et al.*, 2005). En nuestro país existe una amplia variedad de aguacates, existiendo cerca de 20 diferentes especies emparentadas con el aguacate convencional *Persea americana*, además de que se reconocen tres razas, las cuales son: mexicana, antillana y guatemalteca (Barrientos, 2010).

Clasificación taxonómica del aguacate

Algunos de los aspectos taxonómicos de la especie *P. americana* Mill. son los siguientes:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Laurales

Familia: Lauraceae

Género: *Persea*

Especie: *P. americana* Mill.

Fuente: Téliz *et al.*, 2007.

Descripción botánica

El cultivo del aguacate es perenne; tiene flores perfectas agrupadas en racimos. Llevan a cabo un proceso conocido como nictinastia, donde la flor masculina y femenina abren en momentos del día opuestos, para evitar su autofecundación. El fruto es color verdoso y de piel fina o gruesa (SIAP, 2020).

Producción de aguacate

Nivel nacional

México destaca como el mayor productor a nivel mundial de aguacate, con una extensión de cultivo de 252,000 hectáreas. De todas las regiones productoras en el país Michoacán, sobresale como el principal estado productor con una superficie sembrada que supera las 176,000 hectáreas (Cuadro 1), donde los rendimientos obtenidos alcanzan aproximadamente las 11 ton/ha (SIAP, 2022).

El estado de Michoacán contribuye con más del 70% de la producción total del país. En esta región, varios de sus municipios han logrado alcanzar rendimientos excepcionales, superando las 11 toneladas por hectárea, lo que ha impulsado su valor de producción hasta aproximadamente 47,000,000.00 pesos mexicanos (Cuadro 2). Durante el cierre del año 2021, se demostró que alrededor del 80% de los aguacates exportados desde Michoacán tuvieron como destino el mercado estadounidense (SIAP, 2022; APHIS-USDA, 2022).

Cuadro 1. Principales Estados Productores de Aguacate en la República Mexicana.

Estado	Sup. sembrada (ha)	Sup. cosechada (ha)	Producción (ton)
Michoacán	176,179.35	168,755.10	1,858,407.41
Jalisco	28,647.79	27,832.79	308,813.21
México	13,123.71	10,655.16	127,732.16
Nayarit	8,028.80	6,973.30	74,998.65
Morelos	5,713.00	5,615.00	52,668.80
Guerrero	3,478.58	2,936.86	21,955.09
Chiapas	3,370.81	2,544.06	16,033.53
Puebla	3,245.27	2,508.04	19,884.04

Fuente: SIAP, 2022.

Cuadro 2. Principales Municipios Productores de Aguacate en el Estado de Michoacán.

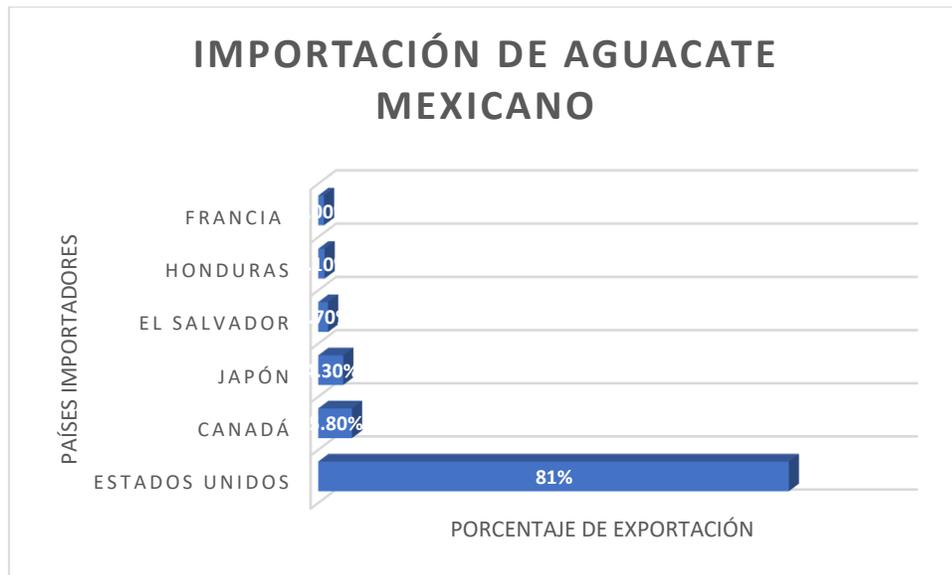
Municipio	Sup. sembrada (ha)	Sup. cosechada (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (ton/ha)
Tancítaro	24,805.00	22,940.98	231,517.00	10.09
Uruapan	17,640.00	17,490.00	186,079.00	10.64
Tacámbaro	17,320.00	17,130.00	183,894.56	10.74
Salvador E.	16,665.00	16,475.00	194,618.95	11.81
Ario de R.	16,514.00	16,324.00	197,183.64	12.08
Peribán	11,716.00	11,716.00	139,488.03	11.91
Nuevo Parangaricutiro	8,990.00	8,940.00	93,441.00	10.45
Los Reyes	7,149.00	6,329.00	74,513.26	11.77
Ziracuaretiro	5,225.00	5,225.00	58,080.00	11.12
Tingambato	4,250.00	4,150.00	41,395.00	9.97

Fuente: SIAP, 2022.

Importancia

El aguacate, es de gran impacto para la economía del país, en virtud de su venta en el extranjero, en 2023 el aguacate mexicano se exportó a más de 34 países de las cuales el 81% fue destinado a Estados Unidos, 5.8% a Canadá, 4.3% a Japón, 1.7% al Salvador, 1.1% a Honduras y 1% a Francia, las compras agrupadas adquiridas de los países referidos lograron alrededor de 116,107 toneladas (SADER, 2023; SIAP, 2023).

Figura 1. Porcentaje de importación de aguacate mexicano.



Fuente: SIAP, 2023.

Este fruto exótico es uno de los productos con mayor éxito en la exportación agroalimentaria nacional. México es el principal proveedor del mercado internacional con la aportación de 45.95% del valor de las exportaciones mundiales; en Estados Unidos, en eventos de alcance internacional, es muy promovido y consumido, como en el Súper Tazón, llegando a consumir cerca de 140,000 toneladas, durante el día del evento (SADER, 2023). De acuerdo a los datos previstos por el Servicio de Inspección de Sanidad Animal y Vegetal, EE. UU. recibió aproximadamente 1,2 millones de toneladas métricas de aguacate durante el periodo comprendido entre 2020 y 2021 (APHIS-USDA, 2022).

Durante el primer cuatrimestre de 2023, el volumen de exportación de aguacate en México, mostró un incremento interanual del 31.1%, al pasar de 391,426 a 513,062 toneladas, situándose como uno de los periodos con las ventas más significativas, efectuando dichas operaciones a 33 países, siendo los principales destinos Estados Unidos, Canadá y Japón, generando con ello mayor fuente de empleos (SIAP, 2023; SADER, 2023). Este fruto además de cubrir requerimientos nutricionales es benéfico en la reducción del colesterol, al provocar un aumento en la alta densidad de las lipoproteínas, niveles de insulina y la disminución en los triglicéridos (Morales

et al., 2005). Además, se emplea la utilización de hojas, fruto y huesos para ciertos problemas digestivos como la disentería, o la eliminación de microbios y parásitos (Durán, 2012).

Condiciones edafoclimáticas del cultivo

El cultivo del aguacate requiere suelos de textura franca, con facilidad de filtración, drenaje y materia orgánica superior al 10%, esto debido a que el árbol posee un sistema radicular poco desarrollado. La mayoría de las variedades requieren de condiciones entre 18°C y 25°C. Asimismo, se necesita de una humedad relativa mayor a 65%; altitud entre los 1,200 a 1,800 msnm. Es indispensable una precipitación media anual no mayor a 1,500 mm y un viento moderado (Baraona y Barrantes, 2005).

Principales hongos fitopatógenos que atacan al cultivo del aguacate

Los hongos fitopatógenos son los causantes de la mayor parte de las enfermedades de este cultivo, mientras que algunas de estas son provocadas por virus, bacterias y/o nematodos (Mendoza, 1996), estos pueden generar pérdidas económicas considerables, llegando a ser responsables del retraso en crecimiento, amarillamiento, antracnosis, pudriciones radiculares, y en casos severos, hasta la muerte de la planta (Hermida *et al.*, 2022).

Colletotrichum gloeosporioides

Generalidades del hongo

En 1881, el micólogo alemán Heinrich Rehm describió por primera vez el género *Colletotrichum*, el cual es conocido por contener muchas especies fitopatógenas que causan enfermedades en las plantas, como la antracnosis (Van *et al.*, 2021). La especie *C. gloeosporioides* fue reportada por Penzig y Saccardo por primera vez, basándose en *Vermicularia gloeosporioides*, cuyo espécimen fue recolectado de especies del género *Citrus* en Italia (Ajay, 2014). El hongo *Glomerella cingulata*, representa el estado teleomorfo sexual de este hongo (Yamamoto *et al.*, 1999).

La antracnosis, originada por el agente causal *C. gloeosporioides*, es uno de los hongos con mayor importancia en el cultivo del aguacate en México. Dentro de los municipios más amenazados por este hongo se localizan: Uruapan (57%), Peribán (50%), Tacámbaro (74%), Tinguindín (67%) y Zitácuaro (42%) (Téliz *et al.*, 2007).

En México, se han encontrado 46 especies del género *Colletotrichum*, 28 identificadas morfológicamente y 18 identificadas molecularmente. Las principales especies de hongos que afectan un gran número de hospedantes como limón, mango, chile, papaya, y aguacate son *C. gloeosporioides* y *C. truncatum* (Rojó *et al.*, 2017).

Este hongo se ha registrado en casi todo el cinturón aguacatero de Michoacán, tanto en campo como en frutos almacenados, afectando gravemente su calidad siendo este una de las limitantes para la exportación del fruto (Robles, 2015).

Clasificación taxonómica

Dominio: Eucariota

Reino: Fungi

Phyllum: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Glomerellales

Familia: Glomerellaceae

Género: *Colletotrichum*

Especie: *C. gloeosporioides*

EPPO, 2023.

Características morfológicas

Los caracteres particulares de este hongo son acérvulos que brotan a través de los tejidos vegetales en forma de cojín o disco, subepidérmicos, usualmente con setas o espinas con tonalidad oscura en el borde o alrededor de los conidióforos; conidióforos simples y alargados, conidios hialinos, de una célula exclusiva,

cilíndricos o elípticos; los grupos de conidios son de color salmón (Barnett y Hunter, 1998).

Sintomatología

Este hongo se manifiesta sobre diferentes partes de la planta, en las hojas aparecen manchas de tamaño pequeño color café claro, que simulan ser más amplias cuando llegan a aglomerarse; en brotes tiernos se aprecian abultamientos alrededor del este con presencia de savia de color blanco, a este síntoma se le conoce ordinariamente como sarampión; puede llegar a secar las partes atacadas, que por lo general son las puntas de las ramas, denominándose también como “marchitez de puntas” (Coria *et al.*, 2009). Las flores afectadas por este hongo presentan un tizón, originando la caída de éstas o el aborto de los frutos; en estos últimos, inicialmente se presentan pequeñas prominencias de color verde brillante, que se presenta en cualquier etapa de desarrollo del fruto, aunque el ataque es más severo cuando el fruto es muy pequeño, las lesiones son circulares, tomándose con el paso del tiempo de color café a negro claro y con una consistencia corchosa; la penetración del hongo al tejido del fruto puede producirse antes o después de que se madure, ya que la muerte celular no es un fenómeno necesario para que se lleve a cabo la patogénesis (Trinidad *et al.*, 2017).

Elsinoe perseae

Generalidades del hongo

Las especies del género *Elsinoe* (*Sphaceloma* spp.) son hongos fitopatógenos que ocasionan problemas de interés económico al cultivo de aguacate, sin embargo, ataca a otros cultivos como cítricos, mango, vid, nochebuena, café, caña de azúcar, yuca, entre otros (Fantin, 1988; Fan *et al.*, 2017).

Ésta especie ha sido reportada en diversas regiones productoras de aguacate en el mundo, tal es caso de países con climas tropicales y subtropicales, como en Chile, Perú, Colombia, Estados Unidos, México, entre otros (Arellano, 2016; Ramírez *et al.*, 2019).

En México ha sido registrada en los estados de Michoacán, Guanajuato, Puebla, Querétaro, México, Morelos, Nayarit, Tamaulipas, Jalisco e Hidalgo (Coria *et al.*, 2009). En el caso específico de Michoacán, este hongo está reportado en todas las huertas de la franja aguacatera del estado; siendo *Elsinoe perseae*, al que se dirige el mayor número de aplicaciones de fungicidas para su prevención y curación (López, 2021).

Clasificación taxonómica

Dominio: Eucariota

Reino: Fungi

Phylum: Ascomycota

Clase: Dothideomycetes

Orden: Myriangiales

Familia: Elsinoaceae

Género: *Elsinoe*

Especie: *E. perseae*
(*Sphaceloma perseae* Jenk)

EPPO, 2023.

Características morfológicas

La morfología sexual de *Elsinoe perseae* es difícil de apreciarse, ya que es difícil de encontrarla en la naturaleza. La fase asexual de este hongo con presencia de acérvulo con conidias polifialídicas, le pertenece a *Sphaceloma*; este cuenta con acérvulos en forma de cojín o disco, son cerosos; conidióforos simples, reducidamente agrupados o compactados, que se manifiestan de una base parecida a un estroma, algunas veces casi semejante a un esporodoquio; sus conidios son hialinos, unicelulares, oblongos u ovoides (Barnett y Hunter, 1998).

Sintomatología

El hongo *E. perseae* afecta las hojas jóvenes y brotes tiernos, se observan diminutas lesiones (1 a 2 mm de diámetro) de color café oscuro, rodeadas de un leve halo

clorótico. En ataques severos, los brotes y las hojas se pudren, se enroscan hacia arriba y pueden llegar a morir. En el fruto, se presentan lesiones redondas o irregulares de color pardo a café claro, de apariencia corchosa, que pueden unirse o afectar gran parte del fruto, estas lesiones son superficiales y no afectan la calidad de la pulpa. (Marroquin, 1998).

Las lesiones y esporulación del hongo son favorecidas por precipitaciones abundantes y humedad relativa superior al 80% en el ambiente. El ataque de la roña es favorecido por la presencia de la especie de trips *Frankliniella occidentalis*, que abren puertas de entrada al patógeno (Cambero *et al.*, 2010).

Phytophthora cinnamomi

Generalidades del hongo

El primer reporte de esta especie se autentifica para Rands en 1992, quien aisló de tejidos con síntomas de canchales de árboles pertenecientes a la familia de las lauráceas (*Cinnamomum burmani*) en Sumatra (Labán, 2012).

El hongo *P. cinnamomi* ha sido reportado en varios países de distintas partes del mundo como Australia, España, Portugal, Chile, Argentina, Brasil, Japón, México, etc., este hongo tiene la capacidad de afectar en diversas regiones y climas. (Sumida *et al.*, 2020). También cuenta con una amplia gama de hospederos como pino, encino, vid y aguacate (Butcher *et al.*, 1984; Latorre *et al.*, 1997; Almaraz *et al.*, 2013).

En México, *P. cinnamomi* ha sido reportado en diversos estados como Michoacán, Puebla, Morelos, Nayarit, Veracruz y Chiapas (Téliz *et al.*, 2007). Desde el año 2015, se han detectado cerca de 250,000 árboles de aguacate Hass con presencia de este hongo distribuidos en zonas de los municipios de Tancítaro, Los Reyes, Uruapan, San Juan Nuevo, Tinguindín y Ziracuaretiro, pertenecientes al estado de Michoacán (Agapito *et al.*, 2022). Una vez que el hongo infecta a la planta, puede causar daños significativos, hasta llevar a la muerte en caso de no tomar medidas de control adecuadas (Köhne *et al.*, 2004).

Clasificación taxonómica

Dominio: Procariota

Reino: Chromista

Phylum: Oomycota

Clase: Oomycetes

Orden: Peronosporales

Familia: Peronosporaceae

Género: *Phytophthora*

Especie: *P. cinnamomi* Rands.

EPPO, 2023.

Características morfológicas

Los caracteres morfológicos del hongo *P. cinnamomi* son micelio cenocítico, muy turuloso en forma arrosada, con vesículas globosas a piriformes; las hifas tienen un diámetro variable de 3.5 a 21 μ , la colonia micelial presenta un aspecto de camelia, debido al crecimiento deprimido y algodónoso del micelio, que tiene lugar a intervalos regulares; esporangióforos simples o ramificados, a veces por proliferación esporangial; esporangios abundantes formados en el suelo, ovales y ovoides-alargados, sin papila; clamidiosporas esféricas, ovales, piriformes, regularmente en racimo; gametangios formados únicamente en aislamientos de tejidos de cultivos como aguacate o papaya; oogonios esféricos, terminales, alrededor de 40 μ de diámetro; anteridios subclaviformes y largos (Erwin y Ribeiro, 1996).

Sintomatología

Este es el hongo fitopatógeno más importante del aguacate en todas las zonas productoras en el mundo; la pudrición de raíces del aguacate se puede presentar desde la etapa de almácigos, y en vivero pueden llegar a morir prematuramente antes que se produzca el prendimiento del injerto, debido a la pudrición de cuello del patrón; en campo, los árboles tienen poco crecimiento, reducen su desarrollo foliar y muestran amarillamiento generalizado de hojas (Tamayo, 2007).

***Pythium* spp.**

Generalidades del hongo

El género de este hongo fue descrito en 1858 por Pringsheim, separando las diversas especies a partir de sus caracteres morfológicos de esporangios, oogonios, anteridios y oosporas (Johnson y Gorrión, 1961).

Las especies de este género están ampliamente distribuidas por todo el mundo, desde regiones templadas hasta tropicales, e incluso en regiones árticas y antárticas. Se encuentran como saprofitas o parásitos del suelo, así como en agua, insectos, plantas, peces, animales y hasta seres humanos (Ho *et al.*, 2012).

Desde el punto de vista económico, son particularmente importantes como patógenos asociados a plantas superiores, causando graves daños a cultivos agrícolas y céspedes (Hendrix y Campbell, 1973).

En México, el hongo *Pythium* spp. ha sido registrado en varios estados, incluyendo Chiapas, Yucatán, Michoacán, Sinaloa, Sonora, Guerrero, Baja California Sur, entre otros (Rodríguez *et al.*, 2001). Según algunos reportes, el género incluye hongos que afectan no sólo al aguacate, sino también a cultivos hortícolas y ornamentales, generando problemas económicos significativos (Rodríguez *et al.*, 2001; Quiroga *et al.*, 2007; Pereyda *et al.*, 2016; Ochoa *et al.*, 2018). Entre las especies más importantes de este género están *P. ultimum* y *P. aphanidermatum* (Gómez y Melero, 2011; Salman y Abuamsha, 2012).

Algunas especies del género *Pythium* pueden tener beneficios positivos para los humanos, tales como agentes de control biológico de patógenos fúngicos transmitidos por el suelo y mosquitos, de la misma manera como una fuente de sustancias químicas útiles en medicina e industria alimentaria (Stredansky *et al.*, 2000).

Clasificación taxonómica

Dominio: Eucariota

Reino: Cromista

Phylum: Oomycota

Clase: Oomycetes

Orden: Pythiales

Familia: Pythiaceae

Género: *Pythium*

EPPO, 2023.

Especie: *Pythium* spp.

Características morfológicas

Este hongo se caracteriza por la presencia de micelio cenocítico, con numeroso protoplasma y considerable cantidad de ramificaciones; algunos de los septos se componen de hifas dañadas para delimitar las porciones, aunque llegan a aparecer en sitios donde se originan las ramas hifales fértiles; cuenta con esporangios filamentosos o esférico, los oogonios llegan a ser esféricos, subesféricos o elípticos, dependiendo de su posición que puede ser apical o intercalar; paredes delgadas, lisas o rugosas; los anteridios son esféricos, alantoides, campanulados, falcados, en forma de trompeta; los oogonios terminales o intercalares; su pedicelo anteridial llega a ser largo, corto, simple o ramificado, torcido o encorvado; las oosporas son esféricas, de pared rugosa o lisa, gruesas, pleróticas o apleróticas (Ramos *et al.*, 2007; Grijalba *et al.*, 2015).

Sintomatología

Los síntomas que causa el hongo *Pythium* spp. son necrosamiento de las raíces, amarillamiento de la plántula que puede causar su muerte. En plantas más viejas, los tejidos foliares llegan a perder su turgencia o presentan amarillamiento en las puntas, mientras que en plantas en maceta las yemas florales se caen. Este hongo se ha reportado principalmente en países europeos, dañando plantas de aguacate en vivero (Solel, 1984). La mayoría de las especies de *Pythium* forman zoosporas en el agua por lo que son una amenaza potencial en sistemas de riego (Pérez,

2008). La sintomatología presentada por la pudrición de la raíz por el hongo *Pythium* es muy difícil de distinguir de los producidos por *Phytophthora*, ya que ambos provocan deterioros parecidos en las raíces absorbentes (López *et al.*, 2020).

***Fusarium* spp.**

Generalidades del hongo

El género de este hongo fitopatógeno fue definido en 1915 por Link; este se presenta de forma natural en el suelo y tiene una distribución mundial (Schneider *et al.*, 2001).

En México diversos cultivos son atacados por el hongo *Fusarium* spp; entre ellos se encuentran el tomate, chile manzano, fresa, aguacate, melón, entre otros, y este hongo está reportado en Sinaloa, Guanajuato, Morelos, Michoacán y Colima (Camacho *et al.*, 2015; Almaraz *et al.*, 2019; García *et al.*, 2021).

Los hongos de este género pueden afectar a los cultivos tanto en campo, como en la etapa de postcosecha. En campo algunas especies infectan las plantas a través de las raíces, mientras que en postcosecha pueden contaminar los productos almacenados, deteriorando su calidad y causando impactos financieros significativos (Aguilera *et al.*, 2003; Aguaysol *et al.*, 2013).

El género *Fusarium* spp. es hospedero de una amplia variedad de especies, algunas de las cuales desempeñan un papel crucial en el agroecosistema, las especies como *F. oxysporium*, *F. solani*, *F. graminearum* y *F. verticillioides* son algunas de las más comunes que lo conforman (Ochoa *et al.*, 2012).

Clasificación taxonómica

Dominio: Eucariota

Reino: Fungi

Phylum: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Nectriaceae

Género: *Fusarium*

Especie: *Fusarium* spp.

EPPO, 2023.

Características morfológicas

Las características particulares del hongo *Fusarium* spp. son que posee un micelio transparente, ramificado y septado. Tiene conidióforos prolongados en forma de botella con ramas a intervalos regulares o verticiladas, con microconidias piriformes o elipsoidales, y macroconidias en forma de media luna o ligeramente curvadas, con base puntiaguda o en forma de pie. También llega a producir clamidosporas globosas, piriformes u ovals, individuales o agrupadas y presenta diversas tonalidades como blanca, amarilla, naranja, rosa, hasta más oscura como café. (Barnett y Hunter, 1998).

Sintomatología

El hongo *Fusarium* spp. interrumpe el crecimiento de los brotes vegetativos, provoca amarillamiento foliar, hojas pequeñas y absorción de estas mismas, los árboles llegan a morir después de algunas semanas al comenzar la presencia de síntomas foliares cuando la pudrición es severa, a nivel radicular, hay presencia de pudrición en raíces jóvenes con tonalidad marrón oscuro-negro que, con el paso del tiempo, llega a extenderse a las raíces de mayor grosor (Olalde *et al.*, 2020).

El hongo *Fusarium* spp. inverna durante años en el suelo, en residuos de tejidos vegetales en forma de clamidosporas; aunque también puede sobrevivir en

semillas, herramientas, estructuras de invernadero y maquinaria (DGSV y CNRF, 2020).

***Mortierella* spp.**

Generalidades del hongo

La primera especie reportada del género *Mortierella* fue *M. polycephala*, por Coeman en el año de 1863, aislada originalmente de un hongo (Yadav *et al.*, 2014).

En México, se han detectado diversas especies de este hongo, siendo *M. elongata* patogénica en el cultivo de aguacate en el estado de Michoacán y Veracruz, además se ha reportado la presencia de este género en chile serrano y manzano en los estados de Tamaulipas y Chihuahua (Hernández *et al.*, 2018; Mares *et al.*, 2018; Solís *et al.*, 2021; Díaz *et al.*, 2022).

El género *Mortierella* spp. abarca una amplia variedad de especies, algunas de las cuales destacan por su relevancia en diversos campos, incluyendo la industria alimentaria, agrícola y biotecnológica, como es el caso de *M. elongata*, *M. isabellina*, *M. hyalina*, *M. wolfii*, *M. alpina*, entre otras (Ozimek y Hanaka, 2021).

La especie *M. alpina* es un hongo oleaginoso que produce lípidos que se utilizan comercialmente en la producción de ácido araquidónico (Wang *et al.*, 2011).

Clasificación taxonómica

Dominio: Eucariota

Reino: Fungi

Phylum: Zygomycota

Clase: Mucoromicotina

Orden: Mortierellales

Familia: Mortierellaceae

Género: *Mortierella*

Especie: *Mortierella* spp.

EPPO, 2023.

Características morfológicas

Las especies pertenecientes al género *Mortierella* muestran caracteres morfológicos como micelio muy fino, con un crecimiento arrosetado o en anillos, de tonalidad blanquecina a lechosa; hifas cenocíticas con esporangio hialino; esporangioforos hialinos, simples o ramificados; conidios hialinos, globosos, unicelulares, apicales; esporangios multiesporados en varias especies, aunque ausentes en algunas; la cepa llega a portar un olor a ajo o cebolla (Barnett y Hunter, 1998; Wang *et al.*, 2011).

Sintomatología

Este hongo es el causante de síntomas muy parecidos a *Phytophthora cinnamomi* Rands, como necrosis en los tallos, iniciando con manchas necróticas en la superficie de este, donde avanza desde el punto de inoculación, provocando el decaimiento foliar del cultivo (Suksiri *et al.*, 2018). Este patógeno llega a esporular y penetrar en el tejido vegetal por sí solo (García *et al.*, 2022).

***Cylindrocarpon* spp.**

Generalidades del hongo

En 1913, el género *Cylindrocarpon* fue incluido por Wollenweber, agrupándolo a los hongos que descomponen hierbas y arbustos, causando daños a la raíz (Domsch *et al.*, 2007).

Especies tanto del género *Cylindrocladium*, como de *Cylindrocarpon*, son hongos que se han aislado de árboles maduros de aguacate, así como plantas de invernaderos en países como Australia, España, Portugal, Chile, Israel, entre otros, en el caso de *Cylindrocarpon*, ocasiona pérdidas económicas importantes en cultivos como ginseng, semilleros de coníferas, vid, manzana, entre otros (Dann *et al.*, 2011; Cabral *et al.*, 2012). De acuerdo a algunos reportes, en México se ha encontrado presencia del hongo *Cylindrocarpon* spp. en viveros de fresa, vid, plátano, nopal, así como en raíces de aguacate, siendo específicamente en los estados de Michoacán, Sonora, Puebla y Veracruz (Carranza *et al.*, 2015; Martínez, 2020).

En las diversas partes del mundo, se encuentran presentes especies fitopatógenas pertenecientes al género *Cylindrocarpon*, algunas de éstas son *C. destructans*, *C. macrodidymum*, *C. obstusiusculum*, *C. olidum*, *C. pauciseptatum*, *C. pseudonaviculatum*, *C. fasciculare*, *C. lirioidendri*, *C. tenue* y *C. tonkinense* (Dolar y Nirenberg, 1998; Yolageldi y Turhan, 2005; Whitelaw *et al.*, 2007; Petit *et al.*, 2011; Hirooka *et al.*, 2012).

Clasificación taxonómica

Dominio: Eucariota

Reino: Fungi

Phylum: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Nectriaceae

Género: *Cylindrocarpon*

Especie: *Cylindrocarpon* spp.

EPPO, 2023.

Características morfológicas

Los caracteres morfológicos del género *Cylindrocarpon* son la presencia de conidióforos hialinos, verticales, delgados, simples o ramificados irregularmente, acabando en finas fialides; los conidios (fialosporas) generalmente tienen de 3 a 4 células hialinas, cilíndricas y compuestas en diminutos fascículos; las macroconidias en el esporodioquio pueden ser lisas, rectas o levemente curvadas, cilíndricas a fusoides, con extremos rectos o redondos, su base de inserción ligeramente saliente, con presencia de 1 a 3 septos (Barnett y Hunter, 1998). Poca abundancia de microconidias, de aspecto liso, elíptico a cilíndrico, rectas a curvadas, con extremos redondos y presencia de 1 septo; clamidosporas de coloración hialina a marrón, globosas, lisas, aisladas o en cadenas, pueden agruparse de manera intercalar o terminal (Kang *et al.*, 2016). Este hongo es semejante al hongo *Fusarium*, pero con tamaño más grande y con conidios sin curva (Ramírez *et al.*, 2014).

Sintomatología

Los síntomas de este hongo fitopatógeno primeramente fueron confundidos con la “tristeza del aguacatero”, cuyo agente causal es el hongo *P. cinnamomi*; no obstante, se descartó la similitud con la enfermedad antes mencionada, ya que los

síntomas aéreos son distintos, produciendo clorosis, disminución en el tamaño foliar y decaimiento lento en plantas afectadas en vivero (Besoain y Piontelli, 1999).

En campo, los síntomas provocados por *Cylindrocarpon* spp. son amarillamiento foliar generalizado, flacidez de tejidos foliares, así como retraso en el crecimiento, enanismo y muerte regresiva. Cuando la enfermedad progresa, se llega a presentar defoliación y necrosis descendiente, finalizando así con la muerte de la planta, el sistema radicular presenta pudrición negra, así como necrosis (Ramírez y Morales, 2013). La pudrición negra en las raíces es considerada uno de los principales problemas en plantas de vivero de aguacate (Chaupis, 2019).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento

El desarrollo experimental se llevó a cabo en el laboratorio de Toxicología, perteneciente al Departamento de Parasitología, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México.

Muestreo

Durante el mes de agosto del año 2022, se realizaron muestreos en huertas de aguacate con presencia de antracnosis, roña, canchros en tallo y pudriciones radiculares (conocida como tristeza del aguacate). Los muestreos de raíz fueron guiados directamente de la zona de goteo, y se ejecutaron en 9 huertas pertenecientes a las comunidades de San Lorenzo (municipio de Uruapan); San Felipe de los Herreros y Charapan (municipios de Charapan); San José de Gracia, Atapan y Pamatácuaro (municipios de Los Reyes de Salgado) pertenecientes al estado de Michoacán, México. Estos lugares de muestreo presentan condiciones climáticas templado húmedas y templado subhúmedas, con un rango de altitud entre los 1554 a 2495 msnm, y temperaturas que van de los 18 a 29°C.

Se recolectaron muestras de suelo de 1 kg aproximadamente dentro de bolsas plásticas de primer uso, así como muestras de raíz y frutos de cada huerta, las cuales fueron etiquetadas y almacenadas en una hielera.

Cuadro 3. Ubicación de sitios de muestreo en la franja aguacatera de Michoacán.

Municipio	Localidad	Sitios de muestreo	Coordenadas
Uruapan	San Lorenzo	Huerta Cruz de la Bandera	19°29'19.6"N, 102°07'47.4"W
Charapan	San Felipe de los Herreros	Huerta Paracuero	19°36'32.8"N, 102°11'06.8"W
	Charapan	Huerta Andachuhucua	19°39'31.6"N, 102°13'07.2"W
	Charapan	Huerta El Tecolote	19°38'48.0"N, 102°17'27.7"W
Los Reyes	San José de Gracia	Huerta Parhamba	19°34'39.7"N, 102°18'32.1"W
		Huerta Zapote 20	19°38'07.3"N, 102°26'30.1"W
	Atapan	Huerta Zapote 10	19°38'09.3"N, 102°26'22.8"W
		Huerta El Aguacate	19°38'23.8"N, 102°26'18.5"W
	Pamatácuaro	Huerta Pararrosa	19°41'03.1"N, 102°22'07.1"W

Aislamiento y purificación

De las raíces que presentaban síntomas característicos de pudrición se lavaron en agua corriente, y con ayuda de un bisturí estéril se cortaron fragmentos de tejido entre 0.5 a 1 cm. Los cortes fueron desinfectados en una solución de hipoclorito de sodio al 3% durante un minuto; posteriormente, se realizaron dos lavados adicionales con agua destilada estéril y se colocaron sobre papel absorbente previamente esterilizado, una vez secos, se colocaron en cajas Petri adicionadas con medio de cultivo papa-dextrosa-agar (PDA) y fueron incubados a temperatura constante de 28°C para favorecer su crecimiento y desarrollo.

La técnica de purificación que se llevó a cabo fue punta de hifa, donde se extrajeron porciones de micelio que se colocaron en el centro de cajas Petri con PDA, estas

fueron selladas e incubadas a 28°C, hasta que los hongos llenaron completamente las cajas.

Identificación morfológica

Para llevar a cabo la identificación morfológica se realizaron montas en portaobjetos con azul de lactofenol, para teñir las estructuras desarrolladas y el micelio de los diferentes hongos y así poder visualizarlos a 4X, 10X y 40X en un microscopio óptico Motic (BA210LED), así como con la cámara del microscopio digital y software Dino-Lite para la observación y medición de las estructuras.

Los hongos se identificaron de acuerdo a las claves taxonómicas de Barnett y Hunter (1998), Leslie y Summerell (2006) y Wagner *et al.*, (2013).

Identificación molecular

Para la identificación molecular, se extrajo el ADN de los hongos aislados, de acuerdo con la metodología de Doyle y Doyle modificado (1990), la visualización del ADN se efectuó en gel de agarosa al 1%.

La amplificación de la región ITS se efectuó con los indicadores ITS1 (TCCGTAGGTGAACCTGCGG) e ITS4 (TCCTCCGCTTATTGATATGC). Los programas de reacción de PCR, utilizados para la identificación molecular de los hongos fueron: desnaturalización inicial (1 ciclo a 94°C durante 5 minutos), desnaturalización (30 ciclos a 95°C durante 10 segundos), alineamiento (30 ciclos a 57°C durante 30 segundos), extensión (30 ciclos a 72°C durante 2 minutos) y extensión final (1 ciclo a 72°C durante 5 minutos). Así mismo, se visualizó el producto de la reacción con la ayuda de electroforesis en un gel de agarosa al 1%, y el producto de las pruebas de PCR se mandó secuenciar en el Laboratorio Nacional de Biotecnología Agrícola, Médica y Ambiental (LANBAMA) del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C.

Los resultados obtenidos, se compararon en la base de datos del NCBI (National Center for Biotechnology Information), mediante el programa BLAST (Basic Local Alignment Search Tool).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación morfológica de los fitopatógenos

En los municipios que conforman el conocido cinturón aguacatero de Michoacán (Charapan y Los Reyes), se obtuvieron diversos géneros y especies de las muestras recolectadas (Cuadro 4).

Cuadro 4. Géneros y especies de hongos aislados de las diversas zonas de muestreo.

Localidad / Municipio	Huerta	Género / Especie	Tejido Aislado
Atapan, municipio de Los Reyes de Sagado	H. Zapote 10	<i>Fusarium solani</i>	Corteza
		<i>Mortierella</i> sp.	Raíz
		<i>Fusarium oxysporum</i>	Raíz / Fruto
		<i>Cylindrocarpon</i> sp.	Raíz
	H. Zapote 20	<i>Colletotrichum</i> sp.	Fruto
		<i>Fusarium oxysporum</i>	Fruto
San Felipe de los Herreros, municipio de Charapan	H. Paracuero	<i>Fusarium oxysporum</i>	Fruto

De acuerdo a este cuadro, se puede apreciar que el hongo fitopatógeno *Fusarium* sp. fue el aislado con mayor frecuencia por medio de fruto, corteza y raíz de árboles que presentaron sintomatología de pudriciones.

Fusarium oxysporum

Las cepas obtenidas de la especie *F. oxysporum* presentaron un micelio algodonoso, levemente aplanado, que con el tiempo tomó una coloración de blanca a morada. Al examinarlo al microscopio, se apreciaron hifas hialinas, con abundante producción de microconidias, ovales y elípticas de 8.53 μm de largo y 3.08 μm de ancho, regularmente no septadas o con un septo. También se encontró escasa producción de macroconidias con una longitud de 33.21 μm y 3.30 μm de ancho,

ligeramente curvada, con al menos 3 septos cada una. Estos resultados concuerdan con las observaciones previas realizadas por Leslie y Summerell (2006).

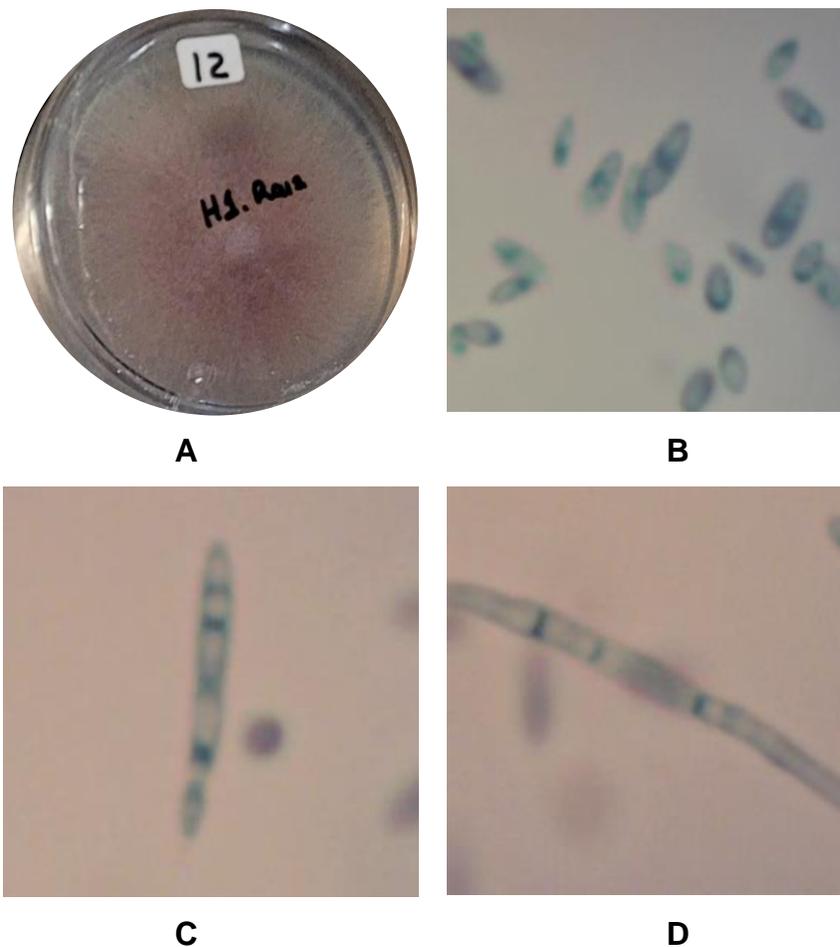


Figura 2. Características morfológicas de *F. oxysporum* en medio PDA. A) Micelio blanco algodonoso, con centro púrpura; B) Microconidias; C, D) Macroconidias.

Fusarium solani

Se obtuvieron cepas de la especie *F. solani* que mostraron micelio característico hialino y septado. El micelio blanco adquirió una coloración rosa en el centro. Al observarlo bajo el microscopio, se observaron fialides largas y abundantes microconidias con un tamaño de 5.3–11.6 μm de largo por 2.1–3.4 μm de ancho. Además, se encontraron macroconidias robustas y ligeramente curvadas con 22.5–43 μm de largo por 3.2–4.3 μm de ancho, con al menos 3–4 septos; clamidosporas

globosas, lisas, agrupadas en cadenas cortas. Estos hallazgos coinciden con lo informado previamente por Leslie y Summerell (2006).

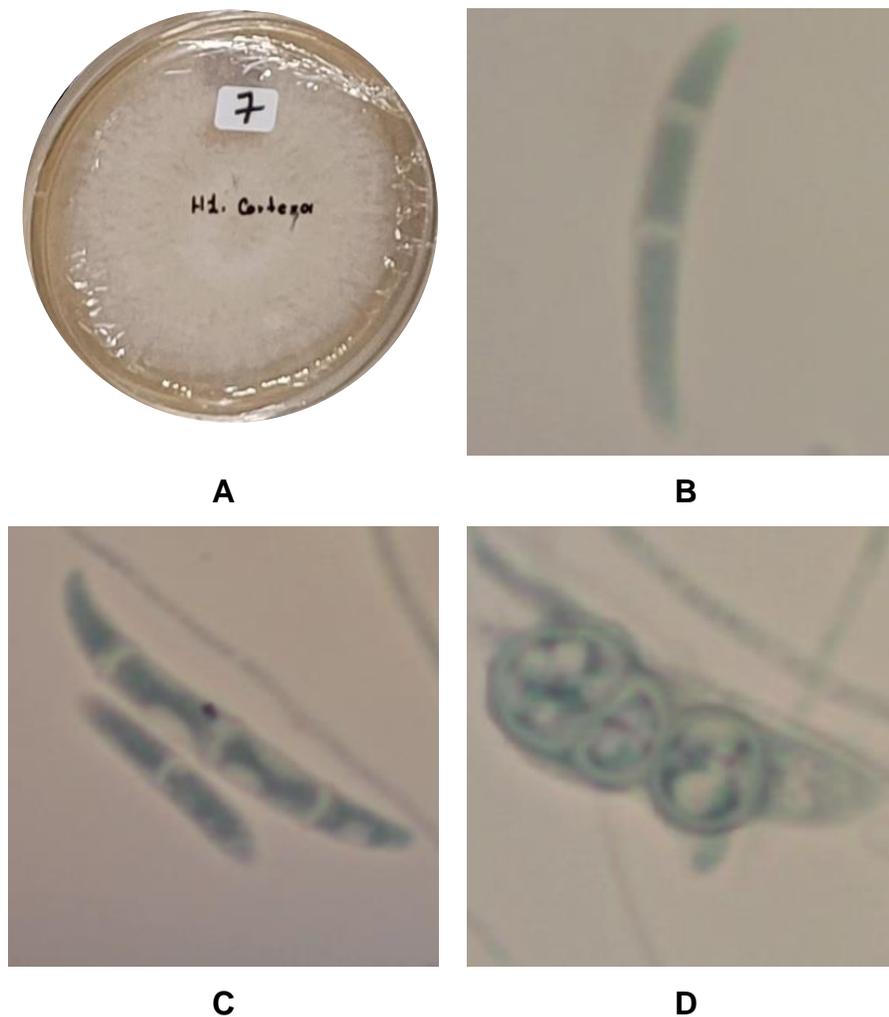


Figura 3. Estructuras morfológicas de *F. solani* en medio PDA. A) Micelio blanco, centro rosa; B, C) Macroconidias; D) Clamidosporas.

***Colletotrichum* sp.**

En los distintos aislados del hongo fitopatógeno *Colletotrichum* sp., pudimos apreciar el crecimiento de capas de micelio severamente aplanado, con una coloración blanca y pigmentos negros, así como una coloración amarilla en el medio establecido. En cuanto a las características microscópicas presentaba hifas ramificadas y septadas, sin presencia de conidias; conidióforos formados

directamente sobre las hifas; apresorios marrones, de forma elipsoidal a obovado, esas características fueron semejantes a las del género *Colletotrichum*, como lo reportan Damn *et al.*, 2012.

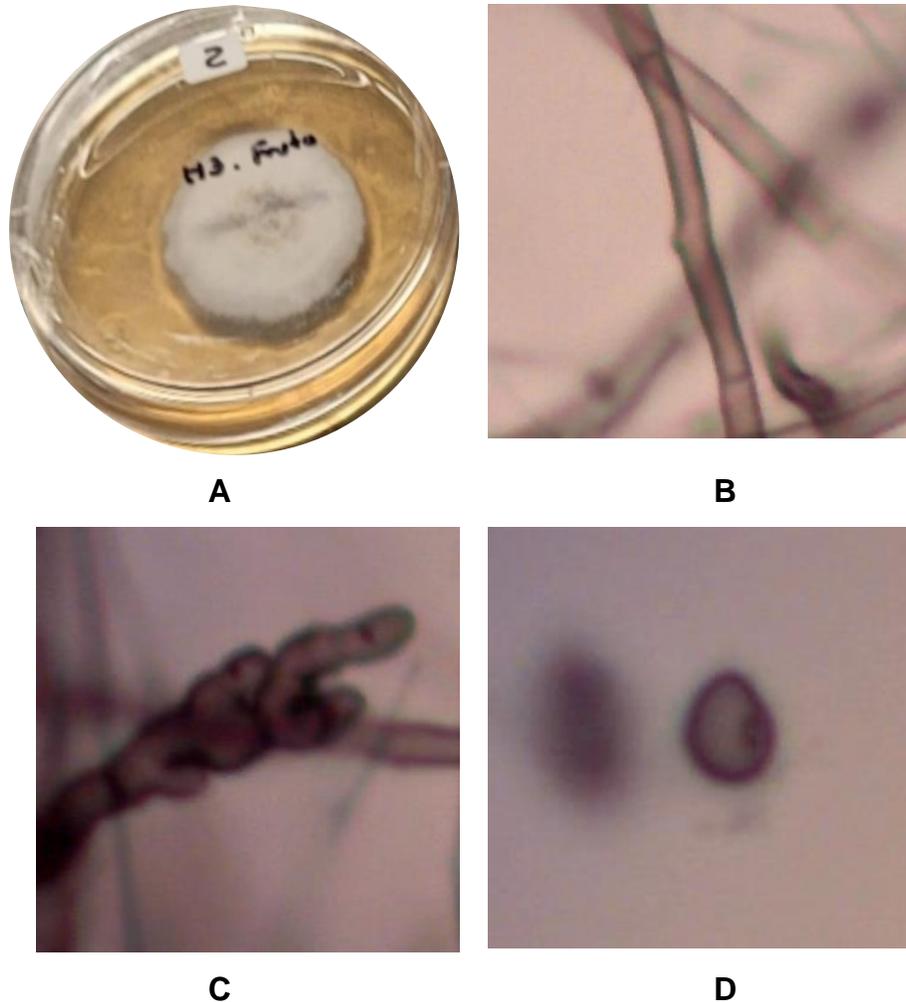


Figura 4. Morfología de *C. acutatum* en medio PDA. A) Micelio blanco con pigmentos negros; B) Hifas pigmentadas, septadas; C) Conidióforos; D) Apresorios.

Colletotrichum gloeosporioides

La especie *C. gloeosporioides* presentó un micelio severamente algodonoso, con una coloración blanca en los bordes, así como en el centro una tonalidad de café a naranja. Al momento de apreciarlo en el microscopio compuesto, observamos presencia de hifas septadas, clamidosporas irregulares y abundantes microconidias unicelulares, hialinas, ovoides y unicelulares de 4.4 μm de ancho por 16.8 μm de

largo. Todos los caracteres morfológicos de este patógeno concuerdan con lo reportado en la India por Kumar (2014).

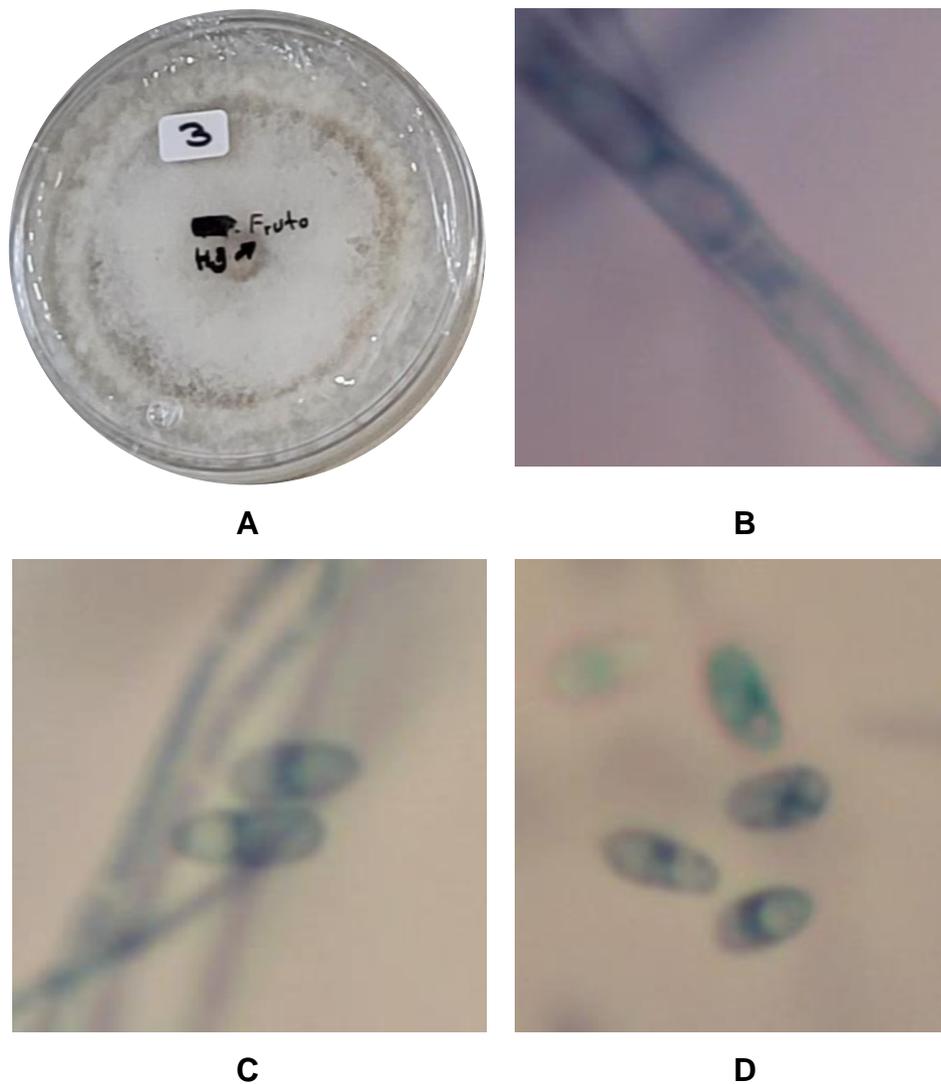


Figura 5. Características morfológicas de *C. gloeosporioides* en medio PDA. A) Micelio blanco, centro tonalidad café; B) Hifas septadas, hialinas; C, D) Microconidias.

***Mortierella* sp.**

Las distintas cepas obtenidas de este género mostraron un patrón de crecimiento característico en forma de roseta o similar al crecimiento de algunos oomicetos como el caso del hongo *Phytophthora*. La cepa presentaba micelio blanco y algodonoso; microscópicamente las hifas eran hialinas y septadas, con presencia

de clamidosporas intercalares, esporangios y esporangioforos terminales (Figura 6). Las características coincidieron con lo reportado en las claves de identificación propuestas por Wagner *et al.*, 2013 y Nguyen *et al.*, 2019.

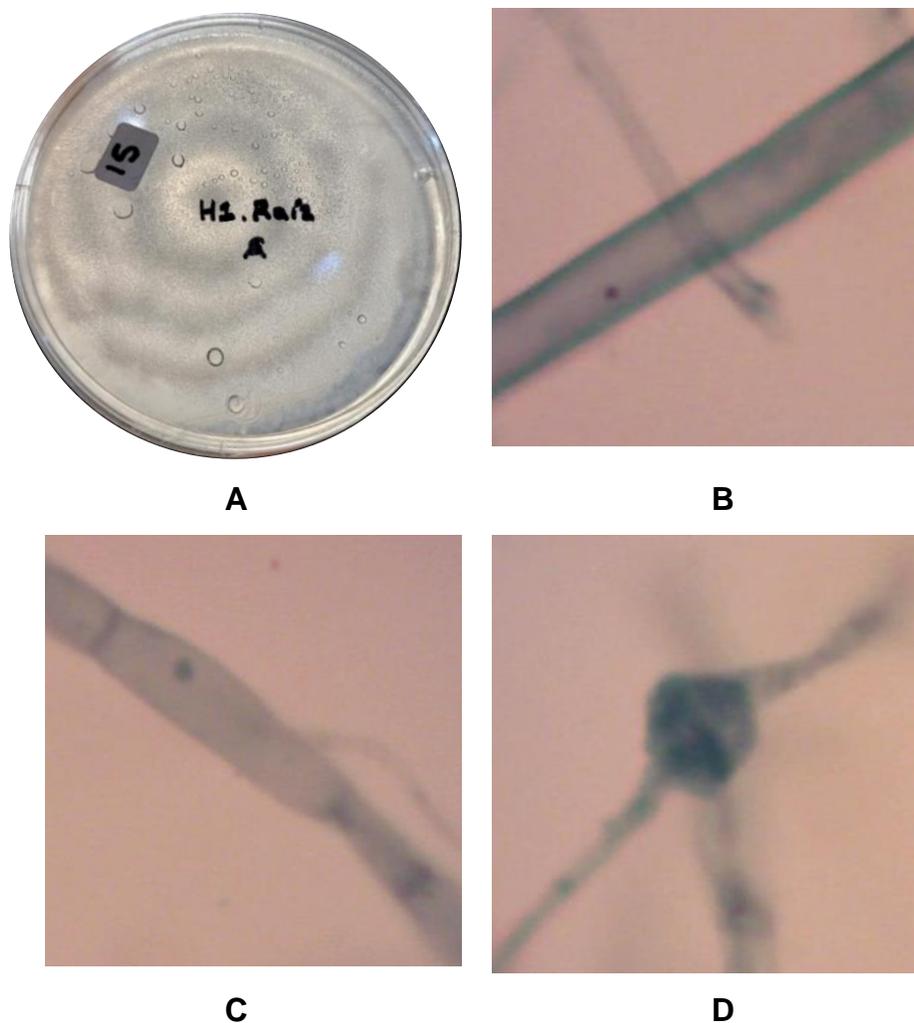


Figura 6. Estructuras morfológicas de *Mortierella* sp. en medio PDA. A) Micelio blanco algodonoso, crecimiento arrosado; B, C) Hifas hialinas, septadas; D) Clamidospora intercalar con hifas septadas.

***Cylindrocarpon* sp.**

El hongo fitopatógeno *Cylindrocarpon* sp., presentó micelio compacto y de color gris a blanco, así como tonalidades de amarillo a rojo en medio PDA. En cuanto a las características microscópicas, se observó la presencia de macroconidias de aspecto liso, con extremos curvados y rectos de 36.4 μm de largo por 6.2 μm de

ancho con 3 septos; se detectaron clamidosporas de coloración hialina a levemente oscura con tonalidad marrón en los bordes, globosas y generalmente agrupadas e intercaladas. Estos resultados coinciden con las observaciones previas realizadas por Ramírez y Morales (2013).

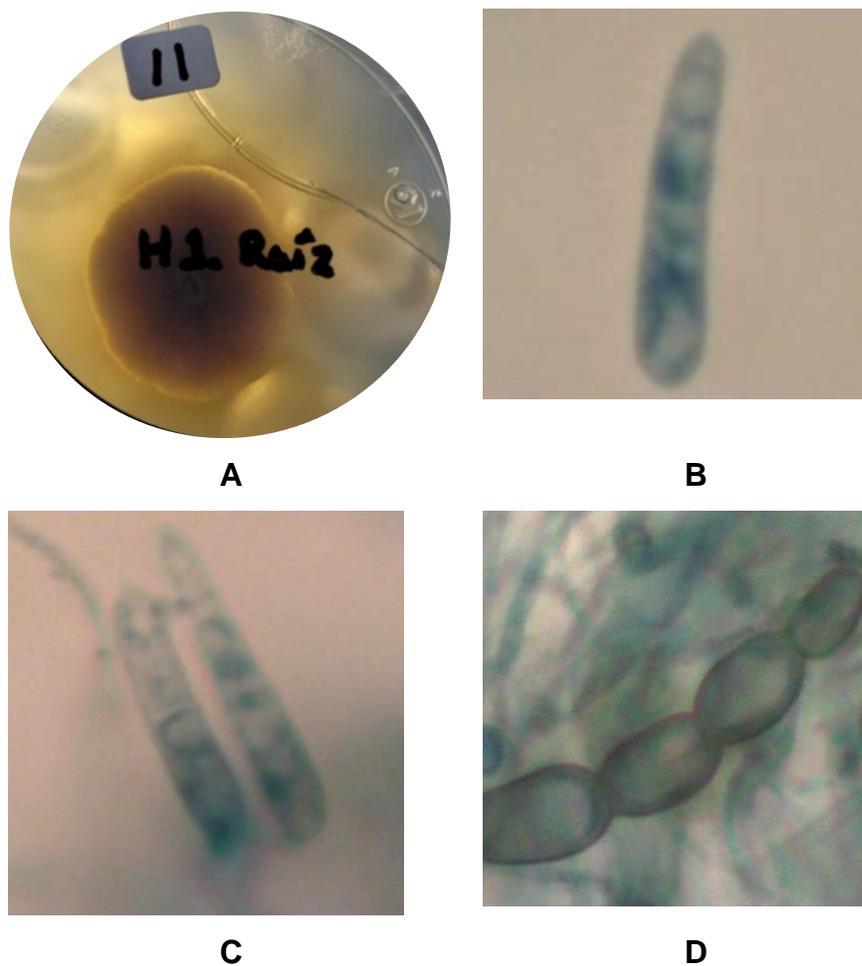


Figura 7. Características morfológicas de *Cyindrocarpon* sp. en medio PDA. A) Micelio compactado gris, tonalidad amarilla-roja del medio; B, C) Macroconidias; D) Clamidosporas.

Identificación Molecular

Se llevó a cabo una comparación de los resultados obtenidos de las secuenciaciones con las registradas en la base de datos del GenBank, corroborando con ello la identidad de los aislados (Cuadro 5).

Cuadro 5. Identificación molecular de aislamientos de las secuencias presentadas en el GenBank.

Cepa	Especie	% Similitud	Número de acceso
1	<i>Fusarium oxysporum</i>	96.91%	KX138451
2	<i>Colletotrichum acutatum</i>	96.60%	KF928293
3	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	91.28%	KR708966
4	<i>Fusarium oxysporum</i>	99.61%	MN959990
7	<i>Fusarium solani</i>	97.26%	KT388106
9	<i>Mortierella</i> sp.	99.63%	MF423649
10	<i>Fusarium oxysporum</i>	99.80%	MW513782
11	<i>Cylindrocarpon</i> sp.	99.21%	KY910192
12	<i>Fusarium oxysporum</i>	97.28%	KY078213
15	<i>Mortierella</i> sp.	99.48%	MF423649
16	<i>Fusarium oxysporum</i>	97.41%	MW207374
17	<i>Fusarium oxysporum</i>	99.01%	KU533843

El hongo *F. oxysporum* es una especie anamórfica, causante de problemas en diversos cultivos agrícolas, provocando síntomas como pudriciones radiculares y basales (Fravel *et al.*, 2003; Cardona *et al.*, 2012). Autores como Salazar *et al.*, (2016); Delgado *et al.*, (2016) y Salazar *et al.*, (2020), han reportado al fitopatógeno causando pudrición basal en frutos de pitahaya amarilla, ajo y cebolla de rama; también se ha reportado como agente causal de pudrición radicular en café, fresa y espárrago (Mora, 2001; Bárcenas *et al.*, 2019; Sierra *et al.*, 2022). En esta investigación, se obtuvo un aislamiento del fitopatógeno *F. oxysporum*, recolectando frutos de aguacate sintomáticos y asintomáticos, así como en raíces con síntomas característicos de pudrición; dichos resultados concuerdan con los reportados por Wanjiku *et al.*, (2020) y Coyotl *et al.*, (2022), los cuales señalan la presencia de esta especie en frutos de aguacate en regiones de México y Grecia.

El hongo *F. solani* es una especie que se encuentra en el suelo, la cual origina enfermedades, tales como pudrición de raíces y tallos, en diversos cultivos de importancia económica (Wolcan *et al.*, 2001; Tenorio *et al.*, 2004). Algunos autores como Calle (2005); Zaccardelli *et al.*, (2008) y Robles *et al.*, (2016) aislaron al

fitopatógeno *F. solani* causando problemas de pudrición radicular en los cultivos de cebolla, guisantes y plántulas de especies del género *Pinus*. En este estudio, se obtuvo un aislamiento de *F. solani*, recolectado de corteza de aguacate con lesiones rojizas a café (pudrición); estos resultados son similares a los citados por Ceja *et al.*, (2000) y Olalde *et al.*, (2020), en los que mencionan la presencia de este hongo, sobre incidencia de cancro y pudriciones radiculares en aguacate, en Michoacán, México.

El hongo *Colletotrichum acutatum* es un patógeno responsable de disminuir la producción y rendimiento de diversos cultivos, afectando tanto en campo con la etapa de postcosecha, existen pocos estudios sobre la identificación a nivel especie del agente causal de la antracnosis (Arauz, 2000). En 2007, Freeman *et al.*, reportaron que este fitopatógeno causa mancha negra del fruto, pudrición y la corona y necrosis radicular en los cultivos de fresa, pimiento, frijol, tomate y berenjena en Israel; y Barquero *et al.*, (2013) reportaron el aislamiento de la especie *C. acutatum* causando síntomas de antracnosis en cultivos de mango, carambola, helecho y limón criollo, recolectadas en Costa Rica y Florida, Estados Unidos. En esta investigación, se obtuvieron aislamientos de *C. acutatum*, recolectando frutos con síntomas de antracnosis; estos resultados son parecidos a los reportados por Guillén *et al.*, (2007) y Silva y Ávila, (2011), en los que mencionan la presencia de *C. acutatum* sobre frutos de aguacate con síntomas típicos de antracnosis en Michoacán, México.

El hongo *C. gloeosporioides* afecta tanto en campo como en postcosecha, lo cual genera pérdidas económicas en producciones agrícolas de diversos países, ya que es el agente causal de la enfermedad denominada antracnosis (Siddiqui y Ali, 2014). Ha sido reportado como agente causal de manchas color marrón a rojizo en la superficie de bananos, así como por ser responsable de ocasionar lesiones necróticas en cítricos y provocar lesiones típicas de antracnosis en papaya (Tapia *et al.*, 2008; Riera *et al.*, 2019; Pérez *et al.*, 2021). En 2016, Campos *et al.*, realizaron muestreos de frutos de aguacate con síntomas de antracnosis en Morelos, México, identificando molecularmente las especies *C. gloeosporioides* y *C. acutatum*;

Fuentes *et al.*, (2018), recolectaron frutos de aguacate que manifestaron problemas de antracnosis (manchas marrones-negras) dentro de la zona central productora de aguacate en Hidalgo, México, aislando a la especie *C. gloeosporioides*, estos reportes coinciden con los hallazgos presentados en este trabajo.

Mortierella es un género conocido por causar problemas tanto en el campo como en la etapa de postcosecha, entre los síntomas característicos que puede llegar a provocar en las plantas incluye el decaimiento de la parte apical, así como la marchitez en hojas y tallos (Ramírez *et al.*, 2013), este hongo ha sido reportado por Shu *et al.*, (2019), quienes señalaron que en China está presente en abundancia afectando árboles con síntomas de pudrición de raíz; sin embargo, Ortiz (2010), Díaz *et al.*, (2022) así como Mares *et al.*, (2018), han reportado especies de este género que no manifiestan problemas fitopatológicos, en cultivos de cítricos, chile serrano y manzano. En esta investigación, se obtuvieron aislamientos de *Mortierella* sp. en muestras de raíz de aguacate con síntomas de pudrición; estos resultados son semejantes con lo indicado por Hernández *et al.*, (2018) y Solís *et al.*, (2021), en los que mencionan la presencia de especies de este hongo, sobre pudriciones radiculares en aguacate, en Michoacán y Veracruz respectivamente.

Cylindrocarpon es un género de patógenos internacionales habitantes del suelo que son causantes de enfermedades en un gran número de cultivos y especies forestales, atacando en cualquier etapa fenológica (Cabral *et al.*, 2012; Ferrer, 2016). Algunos autores han reportado que especies del género *Cylindrocarpon* han desempeñado un papel importante en la pudrición de raíz y pudrición negra del pie en cultivos como vid, manzana y aguacate (Hallenn *et al.*, 2006; Whitelaw *et al.*, 2007; Espino *et al.*, 2017). En esta investigación se obtuvo el aislamiento de *Cylindrocarpon* sp., en raíces con síntomas de pudrición radicular en aguacate, esto concuerda con los estudios de Mansilla en 2012 y Beltrán y López en 2017, quienes reportaron la presencia de género *Cylindrocarpon* en pudriciones radiculares en Salcabamba, Perú y en Risaralda, Colombia.

Mediante la aplicación de técnicas moleculares, se logró la identificación de cuatro especies de hongos fitopatógenos, *F. oxysporum*, *F. solani*, *C. acutatum* y *C.*

gloeosporioides y además corroboramos la presencia de los géneros, *Mortierella* y *Cylindrocarpon* (Cuadro 5), la delimitación precisa de especies de estos géneros requiere la amplificación de regiones adicionales, como el factor de elongación de traducción 1- α (TEF1- α), el gen beta-tubulina (β -tubulina), el gen histona-3 (HIS3) y la calmodulina (CAL), tal como se ha señalado en investigaciones previas (Salazar *et al.*, 2012; Maniscalco y Dorta, 2015; Arrieta *et al.*, 2021).

CONCLUSIONES

- Los principales géneros de hongos fitopatógenos aislados e identificados asociados al cultivo del aguacate fueron *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Cylindrocarpon* y *Mortierella*; el principal género encontrado en la mayoría de los huertos fue *Fusarium*, destacando las especies *F. oxysporum* y *F. solani*.
- Es necesario dar seguimiento a identificaciones tanto a nivel morfológico, así como a nivel molecular, para descartar la presencia de nuevos fitopatógenos que afecten al cultivo de aguacate, y con ello realizar el manejo y control adecuado de las enfermedades.

BIBLIOGRAFÍA

- Agapito, A.M.E., Cibrán, L.V.D., Gutiérrez, R.M., Ruiz, J.D., López, C.B.E., y Rueda, P.E.O. 2022. *Phytophthora cinnamomi* Rands en aguacate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 13(28): pp. 331-341.
- Aguaysol, N.C., Gonzáles, V., De Lisi, V., Reznikov, S., Stegmayer, C.A., Henríquez, D., y Ploper, L.D. 2013. Incidencia de *Fusarium verticilloides* y *Fusarium graminearum* en granos de híbridos comerciales de maíz, cosechados en la campaña 2011/2012 en seis localidades de las provincias de Tucumán y Salta. *Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres*. 46: pp. 63-67.
- Aguilera, A.M., Ortiz, D.T., Aguilera, G.M., García, P.S., y Mercado, J.J. 2003. Progreso temporal de escoba de bruja (*Fusarium oxysporum* y *F. subglutinans*) en huertos de mango (*Mangifera indica* L.) cv. Haden en Michoacán, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 21(1): pp. 1-10.
- Ajay, K.G. 2014. *Colletotrichum gloeosporioides*: biology, pathogenicity and management in India. *J. Plant Physiol. Pathol.* 2(2): pp. 2-7.
- Almaraz, S.A., Alvarado, R.D., y Saavedra, R.L.D.L. 2013. Trampeo de *Phytophthora cinnamomi* en bosque de encino con dos especies ornamentales e inducción de su esporulación. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 19(1): pp. 5-12.
- Almaraz, S.A, Ayala, E.V., Tlatilpa, S.I.F., y Nieto, A.D. 2019. *Fusarium sambucinum* Fuckel agente causal de la pudrición de frutos en chile manzano (*Capsicum pubescens*) en México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 37(1): pp. 159-163.
- Anguiano, C.J., Coria, A.V.M., Ruiz, C.J.A., Chávez, L.G., y Alcántar, R.J.J. 2003. Caracterización edáfica y climática del área productora de aguacate *Persea americana* cv. "Hass" en Michoacán, México. V. Congreso Mundial del Aguacate. Málaga, España. pp. 147.

- APHIS-USDA. 2022. Servicio de Inspección de Sanidad Animal y Vegetal. Departamento de Agricultura de EE. UU. Recuperado en: https://www.aphis.usda.gov/aphis/newsroom/stakeholder-info/SA_By_Date/SA-2022/avocado-imports-mexico (Fecha de consulta: 14 de abril de 2023).
- Arauz, L.F. 2000. Mango anthracnose: Economic impact and current options for integrated management. *Plant disease*. 84(6): pp. 600-611.
- Arellano, E.C.A. 2016. Análisis de riesgo de plagas de frutas frescas de aguacate (*Persea americana* M.) para consumo originarias de Perú. *Tesis de licenciatura. Quito, Ecuador. UCE*.
- Arriaga, M.R., Malvaíz, A.L.F., Rebollar, S.R., Soto, E.E.B., De la Cruz, I.M., y Hernández, Y.S. 2013. Situación Actual del cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill.) en el estado de México, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 16(1): pp. 97-101.
- Arrieta, G.J.J., Díaz, C.A.T., Pérez, P.J.V., Cadena, T.J., & Sánchez, L.D.B. 2021. Hongos asociados a la pudrición seca de tuberculos de ñame (*Dioscorea rotundata* Poir.) en Córdoba, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*. 32(3): pp. 790-807.
- Ávila, Q.G., Téliz, O.D., Gonzáles, H.H., Vaquera, H.H., Tijerina, C.L., Johansen, N.R., y Mojica, G.A. 2002. Dinámica Espacio-Temporal de Roña (*Elsinoe perseae*), daño asociado a Trips y Antracnosis (*Glomerella cingulata*) del Aguacate en Michoacán, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 20: pp. 78-86.
- Baraona, C.M., y Barrantes, E.S. 2005. Fruticultura II. Aguacate y Mango, Fruticultura Especial II. *EUNED*. San José, Costa Rica. pp. 63-67.
- Bárceñas, S.D., Guillén, S.D., Yazmín, B.C., Ramos, G.M.D.L., y Valle, P.M. 2019. Etología de la secadera de la fresa (*Fragaria* spp.) en Morelos, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 37(3): pp. 454-463.

- Barquero, Q.M., Peres, N.A., y Arauz, L.F. 2013. Presencia de *Colletotrichum acutatum* y *Colletotrichum gloeosporioides* en helecho hoja de cuero, limón criollo, papaya, carambola y mando en Costa Rica y Florida (Estados Unidos). *Agronomía Costarricense*. 37(1): pp. 23-38.
- Barrientos, P.A.F. 2010. El Aguacate. CONABIO. Biodiversitas, 88: pp 1-7.
- Beltrán, N.M. y López, J.D.R. 2017. Caracterización Microbiológica y Molecular de Hongos Fitopatógenos por PCR (ITS1 e ITS4), asociada a la Marchitez del Aguacate (*Persea americana*) en el Departamento de Risaralda. Corporación Universitaria Santa Rosa de Cabal, Risaralda, Colombia. pp. 1-17.
- Besoain, X., y Piontelli, E. 1999. Pudrición negra en raicillas de palto (*Persea americana* Mill.) por *Cylindrocarpon destructans*: patogenicidad y aspectos epidemiológicos. *Boletín Micológico*, 14(1-2): pp. 41-47.
- Barnett, H.L., and Hunter, B.B. 1998. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Fourth Edition. pp. 130-131.
- Butcher, T.B., Stukely, M.J.C., y Chester, G.W. 1984. Genetic variation in resistance of *Pinus radiata* to *Phytophthora cinnamomi*. *Forest Ecology and Management*. 8(3-4): pp. 197-209.
- Cabral, A., Groenewals, J.Z., Rego, C., Oliveira, H., y Crous, P.W. 2012. *Cylindrocarpon* root rot: multi-gene analysis reveals novel species within the *Ilyonectria radícolá* species complex. *Mycological Progress*. 11: 655-688.
- Calle, B.J. 2005. Caracterización morfológica y molecular de hongos fitopatógenos de suelo e identificación de bacterias follares en el cultivo de la cebolla *Doctoral dissertation. Universidad de Puerto Rico*.
- Camacho, S.M., León, A.C., Trujillo, A.F., Ramírez, M.H., Valle, J.C., y Virgen, F.D. 2015. Aislamiento e identificación de *Fusarium* sp. a partir de planta de melón injertada en el municipio de Colima, Colima. *Memorias del Congreso*

Internacional de Investigación Académica Journals en Tecnologías Estratégicas. 30: pp. 713-718.

- Camero, C.O.J., Johansen, N.R., Renata, S.A., García, M.O., Cantú, S.M., y Carvajal, C.C. 2010. *Thrips* (Thysanoptera) del aguacate (*Persea americana*) en Nayarit, México. *Revista Colombiana de Entomología*. 36(1): pp. 48-50.
- Campos, M.A., Velázquez, M.G., Flores, M.H.E., Suárez, R.R., Ramírez, T.J.A., y Hernández, L.A.N. 2016. Levaduras antagonistas con potencial para controlar *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sac. Y *Colletotrichum acutatum* JH Simmonds en frutos de aguacate. *Protección de cultivos*. 89: pp. 101-104.
- Cardona, C.S., Marín, M.M., y Díez, M.C. 2012. Identificación del agente causal de la pudrición basal del tallo de vainilla en cultivos bajo cobertizos en Colombia. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 35: pp. 23-24.
- Cardona, P.O.L. 2019. Uso de bacterias con potencial fertilizante y su relación con el crecimiento y desarrollo del cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.) Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Colombia. pp. 13-28.
- Carranza, R.Y., Morales, G.J.L., Pedraza, S.M.E., Chávez, B.A.T., y Morales, M.K.L. 2015. Aislamiento, identificación y patogenicidad de hongos asociados a la tristeza del aguacatero en Michoacán, México. *In Proceedings VIII Congreso Mundial de la Palta*. Lima, Perú. pp. 190-192.
- Ceja, T.L.F., Téliz, O.D., Osada, K.S., y Morales, G.J.L. 2000. Etiología, Distribución e Incidencia del Cancro del Aguacate *Persea americana* Mill. en Cuatro Municipios del Estado de Michoacán, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 18(2): pp. 79-86.
- Chaupis, H.V.R. 2019. Manejo de sustrato para el control de pudrición radicular en vivero para palto, en la Comunidad de Bellavista-Huancavelica. pp. 6-10.

- Chet, L., y Baker, R. 1980. Isolatin and biocontrol potential of a *Trichoderma harzianum*, from Sob naturally suppressive of *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology*. pp. 288-290.
- Coria, V., Contreras, J.A., Fernández, I.V., Tapia, L.M., Aguilera, J.L., Hernández, G., y Vidales, J.A. 2009. Tecnología para la producción de aguacate en México. *Centro de Investigación Regional Pacífico Centro Campo Experimental Uruapan*.
- Coyotl, P.W.A. 2022. Generación y evaluación de materiales impregnados con aceites esenciales para el control de hongos fitopatógenos presentes en frutos de aguacate Hass (*Persea americana* cv. Hass) Tesis de Maestría. *Benemerita Universidad Autónoma de Puebla*. pp. 33-45.
- Labán, C.W. 2012. Prospección de enfermedades fungosas en el cultivo de palto (*Persea americana* Mill.) en Huancabamba, Piura.
- Damn, U., Cannon, P.F., Woundenberg, J.H., Crous, P.W. 2012. The *Colletotrichum acutatum* species complex. *Stud Mycol.* 73(1): pp. 37-113.
- Dann, E.K., Forsberg, L., Cooke, A., Pegg, K., Shivas, R., y Tan, Y. 2011. The “Cylindro” complex of avocado root pathogens. En el *VII Congreso Mundial del Aguacate. Cairns, Australia*. pp. 1-12.
- Delgado, O.J.C., Ochoa, F.Y.M., Cerna, C.E., Beltrán, B.M., Rodríguez, G.R., Aguirre, U.L.A., y Vázquez, M.O. 2016. Patogenicidad de especies de *Fusarium* asociadas a la pudrición basal del ajo en el centro norte de México. *Revista Argentina de Microbiología*. 48(3): pp. 222-228.
- DGSV-CNRF. 2020. Podredumbre de raíces por *Fusarium* spp (Hypocreales: Nectriaceae) en maíz. SADER-SENASICA. Dirección General de Sanidad Vegetal – Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. Ficha Técnica. Tecámac, Estado de México. p. 15.

- Díaz, A.R.J., Gallegos, M.G., Hernández, C.F.D., Espinoza, A.C.A., y Velarde, F.S. 2022. Primer reporte de *Mortierella* sp. en el cultivo de Chile en Tamaulipas, México. *Scientia Fungorum*, 53: pp. 2-3.
- Dolar, F.S., y Nirenberg, H.I. 1998. *Cylindrocarpon tonkinense* Bugn. A new pathogen of chickpea. *Journal of Phytopathology*. 146(10): pp. 521-523.
- Domsch, K.H., Gams, W., y Anderson, T.H. 2007. Compendium of Soil Fungi. 2nd Edn. Eching.
- Durán, R.F. 2012. Cultivo del aguacate o palta. Grupo Latino Editores S.A.S. Bogotá, Colombia. pp. 20-25.
- Echeverría, P.R., y Mercado, F.T. 2021. Requerimiento hídrico del aguacate (*Persea americana* Mill.) var. Americana, en etapa de vivero en los Montes de María, Sucre, Norte de Colombia. *Idesia (Arica)*, 39(2): pp. 95-99.
- EPPO. 2023. Base de datos mundial de la EPPO. *Colletotrichum gloeosporioides*. Recuperado en: <https://gd.eppo.int/taxon/COLLGL> (Fecha de consulta: 15 de marzo de 2023).
- EPPO. 2023. Base de datos mundial de la EPPO. *Cylindrocarpon*. Recuperado en: <https://gd.eppo.int/taxon/CYLCSP> (Fecha de consulta: 5 de abril de 2023).
- EPPO. 2023. Base de datos mundial de la EPPO. *Elsinoe perseae*. Recuperado en: <https://gd.eppo.int/taxon/SPHAFE> (Fecha de consulta: 1 de abril de 2023).
- EPPO. 2023. Base de datos mundial de la EPPO. *Fusarium*. Recuperado en: <https://gd.eppo.int/taxon/1FUSAG> (Fecha de consulta: 12 de marzo de 2023).
- EPPO. 2023. Base de datos mundial de la EPPO. *Mortierella*. Recuperado en: <https://gd.eppo.int/taxon/1MORTG> (Fecha de consulta: 1 de abril de 2023).
- EPPO. 2023. Base de datos mundial de la EPPO. *Phytophthora cinnamomi*. Recuperado en: <https://gd.eppo.int/taxon/PHYTCN> (Fecha de consulta: 22 de marzo de 2023).

- EPPO. 2023. Base de datos mundial de la EPPO. *Pythium*. Recuperado en: <https://gd.eppo.int/taxon/1PYTHG> (Fecha de consulta: 22 de marzo de 2023).
- Erwin, D.C., and O.K. Ribeiro. 1996. *Phytophthora* diseases worldwide. APS Press. St. Paul, Minnesota. USA. pp. 270-275.
- Espino, C.Á., Morales, G.J.L., Pedraza, S.M.E. y Morales, M.K.L. 2017. Pruebas de Antagonismo con Hongos asociados al síntoma de Marchitez de Árboles de Aguacate en Michoacán, México. *Memorias del V Congreso Latinoamericano del Aguacate*. Cd. Guzmán, Jalisco. pp. 1-8.
- Fan, X.L., Barreto, O.R., Groenewald, J.Z., Bezerra, J.D.P., Pereira, O.L., Cheewangkoon, R., Mostert, L., Tian, C.M., y Crous, P.W. 2017. Phylogeny and taxonomy of the scab and spot anthracnose fungus *Elsinoe* (Myrianginales, Dothideomycetes). *Studies in Mycology*. 87(1): pp. 2-40.
- Fantin, G.M. 1988. Caracterização morfológica, fisiológica e patogénica de las espécies de *Elsinoe* em citros (*Citrus* spp.) *Master's Dissertation*. Escola Superior de Agricultura Luz de Queiroz. Universidade de São Paulo.
- Ferrer, C.M.V. 2016. Identificación de anamorfos de tipo *Cylindrocarpon* procedenes de viveros forestales en España. Tesis Doctoral. *Universitat Politècnica de Valencia*.
- Flores, L.J.J. 2022. Labores agroecológicas y agrotecnicas en el cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill). Trabajo de Titulación. Bahoyo, Los Ríos, Ecuador. pp. 10-20.
- Fravel, D., Olivain, C., y Alabouvette, C. 2003. *Fusarium oxysporum* and its biocontrol. *New phytologist*. 157(3): pp. 493-502.
- Freeman, S., Horowitz, S., y Sharon, A. 2007. Estilos de vida patógenos y no patógenos en *Colletotrichum acutatum* en fresa y otras plantas. *Fitopatología*. 91(10): pp. 986-992.

- Fuentes, A.D., Juárez, V.S.B., Vargas, H.M., y Silva, R.H.V. 2018. *Colletotrichum fructicola*, a member of *Colletotrichum gloeosporioides* sensu lato, is the causal agent of anthracnose and soft rot in avocado fruits cv. "Hass". *Mycobiology*. 46(2): pp. 92-100.
- García, R.A.J., Gómez, D.S., Santoyo, L.F.R., Nieto, J.E.R., Gonzáles, J.P., y Ruiz, J.H. 2021. Áreas geográficas susceptibles a *Fusarium oxysporum* en el cultivo de la fresa en Guanajuato, México. *Bioagro*. 33(1): pp. 51-56.
- García, G.E.P., Velásquez, J.K.C., y Domínguez, L.D.M.M. 2022. Identificación Genética y Resistencia al Patógeno Asociado a la Marchitez del Aguacate (*Persea americana* Mill) en Localidades de Guatemala. *Revista Ingeniería y Ciencia*. 2.
- Gómez, J., y Melero, J.M. 2011. Patogenia de *Pythium aphanidermatum* y *Pythium* spp. sobre plántulas de pepino: I Influencia del cultivar y del sustrato en la gravedad de la enfermedad. *Boletín de Sanidad Vegetal*. 37: pp. 208-214.
- Grajales, G.L.C. 2017. Uso racional del agua de riego en cultivos de aguacate Hass *Persea americana* en tres zonas productoras de Colombia. pp. 7-13.
- Grijalba, P.E., Zapata, R.L., Palmucci, H.E., y Bacon, C. 2015. Podredumbre basal de plantas adultas de tomate causada por *Pythium aphanidermatum* (Oomycota). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. 50(1): pp. 11-15.
- Guerrero, R.M., y Ramos, P.A. ICA. 2016. Prevenga y maneje la pudrición radical del aguacate causada por el Oomycete *Phytophthora cinnamomi* Rands. pp. 3-9.
- Guillén, A.H., Gutiérrez, M., Lara, C.M.B.N., Chávez, T., Vidales, F.A., Ochoa, S., y López, M.J. 2007. Antracnosis: investigación sobre su agente causante en la zona productora de aguacate en Michoacán, México. *Libro de Resúmenes del VI Congreso Mundial del Aguacate*. pp. 12-16.

- Hallenn, F., y Crous, P.W. 2006. A review of black foot disease of grapevine. *Phytopathologia Mediterranea. Unione Fitopatologica*. 45: pp. 1000-1013.
- Hendrix, F.F., y Campbell, W.A. 1974. *Pythiums* as Plant Pathogens. *Annual Review of Phytopathology*. 11(1): pp 78-96.
- Hermida, M.L.A., Pariona, M.N., Ruíz, L.I.C., Durán, B.Z., Solís, S.A., López, L.D., y Paraguay, D.F. 2022. Nanopartículas para el control de hongos patógenos de aguacate. *Red de Estudios Moleculares Avanzados, Instituto de Ecología A.C.*
- Hernández, P.A., Cerna, C.E., Delgado, J.C., Beltrán, B.M., Hernández, B.O., Tapia, L.M., y Ochoa, Y.M. 2018. Primer reporte de *Mortierella elongata* como patógeno del cultivo del aguacate en Michoacán, México. *Scientia Fungorum*. pp. 95-98
- Herrera, G.J.A., Bautista, B.S., Salazar, G.S., y Gutiérrez, M.P. 2020. Situación actual del manejo poscosecha y de enfermedades fungosas del aguacate 'Hass' para exportación en Michoacán. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 11(7): pp. 1647-1660.
- Hirooka, Y., Ichihara, Y., Masuya, H., y Kubono, T. 2012. Seed rot, a new disease of beech tree caused by *Neonectria ramulariae* (anamorph: *Cylindrocarpon obtusiusculum*). *Journal of Phytopathology*. 160(9): pp. 504-506.
- Ho, H.H., Chen, X.X., Zeng, H.C., y Zheng, F.C. 2012. The occurrence and distribution of *Pythium* species on Hainan Island of South China. *Botanical Studies*. 53(4): pp. 525-532.
- Johnson Jr., T.W., y Gorrión Jr., F.K. 1961. Hongos en Océanos y Estuarios. *Alemana XXII*. pp. 668.
- Kang, Y., Kim, M., Kim, K.H., Lee, J., y Lee, S. 2016. Chlamydospore Induction from Conidian of *Cylindrocarpon destructans* insolated from Ginseng in Korea. *Mycobiology*. 44(1): pp. 63-65.

- Köhne, S., Kremer, K.S., y Mukhumo, M.L. 2004. Mejoramiento y evaluación en campo de nuevos portainjertos de palto, para aumentar la productividad de "hass" y la resistencia a la pudrición de raíces en Sudáfrica. *Merensky Technological Services*. pp 5-6.
- Kumar, G.J. 2014. *Colletotrichum gloeosporioides*: biology, pathogenicity and management in India. *J. Plant Physiol. Pathol.* 2(2): pp. 2-11.
- Latorre, B.A., Wilcox, W.F., y Bañados, M.P. 1997. Crown and root rots of table grapes caused by *Phytophthora* spp. in Chile. *VITIS-Journal of Grapevine Research*. 36(4): pp. 196-197.
- Leslie, J.F., y Summerell, B.A. 2006. The *Fusarium* Laboratory Manual. *The Fusarium Laboratory Manual*.
- López, C.C.I. 2021. Aislamiento e identificación morfológica y molecular del agente causal de la roña del aguacate (*Persea americana* Mill.) en Michoacán y Jalisco.
- López, C.M., Guevara, C.Y.A., Pisco, O.Y.C., Cabrera, I.M., y López, C.N. 2020. Pudrición de raíces y tallo de la soya por *Phytophthora sojae* Kaufm. & Gerd. en la antillanura plana del Departamento del Meta. *Summa Phytopathologica*. 46: pp. 113-120.
- Maniscalco, D.P., y Dorta, B. 2015. Diversidad del hongo *Trichoderma* spp. en plantaciones de maíz de Venezuela. *Interciencia*. 40(1): pp. 23-31.
- Mansilla, G.A.O. 2012. Prospección de pudriciones radiculares en cultivo de palto (*Persea americana* Mill) en tres zonas del distrito de Salcabamba. Tesis Licenciatura. Universidad Nacional del Centro del Perú. pp. 22-41.
- Mares, P.L.Y., Muñoz, C.L, Ruiz, C.M.F., Pérez, C.D.A, Ornelas, P.J.D.J., Acosta, M.C.H. y Rios, V.C. 2018. Morphological and molecular identification of *Mortierella* species associated to rhizosphere of apples trees with symptoms of root diseases. *Revista Mexicana de fitopatología*. 36(1): pp184-195.

- Marroquin, P.F. 1998. Factores que favorecen la incidencia de roña *Sphaceloma perseae* Jenk, en el cultivo del aguacate *Persea americana* Mill. var. 'Hass', en tres regionales agroclimáticas de Michoacán, México. *Revista Chapingo*. Serie Horticultura. 5: pp. 310-311.
- Martínez, R.M. 2020. Fuente de inóculo primario y distribución regional de la intensidad de la marchitez y tizón de la hoja de la fresa en el Valle de Zamora, Michoacán. *Doctoral Dissertation. Universidad Autónoma Chapingo*.
- Mejía, A. 2009. Manual Técnico Cultivo de Aguacate. Asociación de Productores de Aguacate de El Retiro (APROARE). Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). pp. 6-10.
- Mendoza, Z.C. 1996. Diagnóstico de enfermedades fungosas. Depto. de Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo. pp. 165-166.
- Molano, P.J.T. 2007. Enfermedades del aguacate. *Revista politécnica*. 3(4): pp. 51-70.
- Mora, J.R. 2001. Control biológico de la pudrición radicular por *Fusarium oxysporum* en semilleros de café usando endomicorriza y *Trichoderma harzianum*. *Tesis Doctoral. Escuela Agrícola Panamericana*. pp. 9-18.
- Morales, G.J.L., Azpíroz, R.H.S., y Pedraza, S.M.E. 1996. Caracterización cultural, morfológica, patogénica y molecular de *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. causante de la antracnosis del aguacate en Michoacán. Tesis. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México, México.
- Morales, G.J., Morales N.V.H., y López, G.J. 2005. El Aguacate Manejo Integrado del Cultivo. Bucaramanga. Colombia. pp. 7-9.
- Naeini, A., Ziglari, T., Shokri, H., y Khosravi, A. R. 2010. Assessment of growth-inhibiting effect of some plant essential oils on different *Fusarium* isolates. *Journal de mycologie médicale*. 20(3): pp. 175-177.

- Nguyen, T.T.T., Park, S.W., Pangging, M., y Lee, H.B. 2019. Molecular and Morphological Confirmation of Three Undescribed Species of *Mortierella* from Korea. *Mycobiology*. 47(1): pp. 35-38.
- Ochoa, F.Y.M., Cerna, C.E., Gallegos, M.G., Landeros, F.J., Delgado, O.J.C., Hernández, C.S., y Olalde, P.V. 2012. Identificación de especies de *Fusarium* en semilla de ajo en Aguascalientes, México. *Revista Mexicana de Micología*. 36: pp. 27-32.
- Ochoa, F.Y.M., Hernández, P.A., Delgado, O.J.C., Beltrán, B.M., Tapia, V.L.M., Hernández, B.O., y Cerna, C.E. 2018. Primer reporte del marchitamiento del aguacatero por *Pythium* sp. *amazonianum* en México. *Ciencia e investigación agraria*. 45(3): 301-303.
- Olalde, L.G.G., Raya, M.Y.A., Apáez, B.P., Vargas, S.M., Pedraza, S.M.E., Raymundo, T., Valenzuela, R., y Lara, C., M.B.N. 2020 Caracterización de *Fusarium* spp., fitopatógeno del aguacate (*Persea americana* Miller var. *Drymifolia* (Schltld. y Cham.) en Michoacán, México. Artículo científico. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*. 52(2): pp. 301-316.
- Ortiz, M.M.L. 2010. Evaluación preliminar de la abundancia de hongos lignolíticos cultivables y su actividad peroxidasa, obtenidos a partir de suelos con diferentes usos agrícolas en zona rural de Villavicencio. *Revista ORINOQUIA. Universidad de los Llanos. Villavicencio, Meta. Colombia*.14(1): pp. 171-177.
- Ozimek, E., y Hanaka, A. 2021. *Mortierella* species as the plant growth-promoting fungi present in the agricultural soils. *Agriculture*. 11(7): pp. 3-12.
- Pereyda, G.J., Úc, V.A., Cano, S.J., Torres, C., Hernández, S.S.M., Ramos, D.A. 2016. Detección de la presencia de *Pythium* sp. en cultivos hortícolas y ornamentales de impacto económico en Yucatán. *Revista del Centro de Graduados e Investigación*. 31(63): pp. 44-46.

- Pérez, J.R.M. 2008. Significant Avocado Diseases caused by Fungi Oomycetes. *The European Journal of Plant Science and Biotechnology*. pp. 4-25.
- Pérez, M.J.L., Mora, R.G.A., Beltrán, P.H., García, L.E., Lima, N.B., Camacho, T.M., y Tovar, P.J.M. 2021. Primer informe de *Colletotrichum siamense* y *Colletotrichum gloeosporioides* que causan antracnosis en *Citrus* spp. en México. *Enfermedades de las plantas*. 105(2): pp. 496.
- Petit, E., Barriault, E., Baumgartner, K., Wilcox, W.F., y Rolshausen, P.E. 2011. *Cylindrocarpon* species associated with black-foot of grapevine in northeastern United States and southeastern Canadá. *American Journal of Enology and Viticulture*. 62(2): 177-180.
- Quiroga, M.R., Rosales, E.M., Rincón, E.P., Hernández, G.E., y Garrido, R.E.R. 2007. Enfermedades Causadas por Hongos y Nematodos en el Cultivo de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el Municipio de Villaflores, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 25(2): pp. 114-119.
- Ramírez, G.G., y Morales, O.J.G. 2013. Primer informe de *Cylindrocarpon destructans* (Zinss) Scholten afectando plántulas de aguacate (*Persea americana* Mill) en Colombia. Artículo científico. *Revista de Protección Vegetal*. 28(1): pp. 1-9.
- Ramírez, G.J.G., Castañeda, S.D.A., y Morales, O.J.G. 2014. Estudios etiológicos de la marchitez del aguacate en Antioquia-Colombia. *Revista Ceres*. 61: pp. 54-61.
- Ramírez, G.J.G., López, J.H., y Henao, R.J.C. 2019. Causes of Hass avocado fruit in preharvest, harvest, and packinghouse: economic losses and associated variables. *Agronomy*. 10(1): pp. 8.
- Ramírez, G.J.G., Osorno, B.L., Osorio, V.N.W., y Morales, O.J.G. 2013. Alternativas microbiológicas para mejorar el crecimiento del caupí. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. 66(2): pp. 7035-7040.

- Ramos, M. A. 2007. Manual interactivo de enfermedades causadas por hongos; reporte final del curso de Hongos Fitopatógenos. Maestría en Protección Vegetal. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. pp. 4-9.
- Rayaroth, A.C., Tomar, R.S., y Mishra, R.K. 2017. Arachidonic acid synthesis in *Mortierella alpina*: Origin, evolution and advancements. Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences. pp. 1054-1063.,
- Riera, N., Ramirez, V.D., Barriga, M.N., Alvarez, S.J., Herrera, K.R.C., y Leon, R.A. 2019. First report of banana anthracnose caused by *Colletotrichum gloeosporioides* in Ecuador. *Plant Disease*. 103(4): pp. 763.
- Robles, Y.L. 2015. Caracterización morfológica, molecular, patogenicidad cruzada y resistencia a productos químicos en aislados de *Colletotrichum* spp. obtenidos de frutos de aguacate a nivel nacional. Tesis Doctoral. Fitopatología. Postgrado de Fitosanidad. Campus Montecillo, Texcoco, México. Colegio de Postgraduados. pp. 43-63.
- Robles, Y.L., Leyva, R.S.G., Cruz, G.A., Camacho, T.M., Nieto, A.D., y Tovar, P.J.M. 2016. *Fusarium oxysporum* Schltdl. y *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. Causantes de la marchitez de plántulas de *Pinus* spp. en vivero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 7(36): pp. 25-36.
- Rodríguez, A.G., Fernández, P.S.P., y Landa, H.L. 2001. First Report of *Pythium aphanidermatum* Causing Crown and Stem Rot on *Opuntia ficus-indica*. *Plant disease*. 85(2): pp. 231.
- Rodríguez, A.G., Fernández, P.S.P., Geraldo, V.J.A., y Landa, H.L. 2001. *Pythium aphanidermatum* causing collar rot on papaya in Baja California Sur, México. *Plant disease*. 85(4): pp. 444.
- Rodríguez, P.C., Silverio, F., Pérez, S.A., y Rodríguez, A. 2018. Aislamiento y patogenicidad de especies de *Phytophthora* y *Phytophythium vexans* recuperadas de huertos de aguacates en las Islas Canarias, incluyendo

Phytophthora niederhauserii como un nuevo patógeno del aguacate. *Phytopathologia Mediterranea*. 57(1).

Rojo, B.I., Álvarez, R.B., García, E.R., León, F.J., Sañudo, B.A., y Allende, M.R. 2017. Situación actual de *Colletotrichums* spp. en México: Taxonomía, caracterización, patogénesis y control. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 35(3): pp. 550-559.

SAGARPA. 2017. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca Alimentación. México. pp 5-11.

SADER. 2023. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Gobierno del Estado de Michoacán 2023. Recuperado en: <https://sader.michoacan.gob.mx/cierra-envio-de-aguacate-michoacano-con-140-mil-toneladas-para-super-bowl/> (Fecha de consulta: 10 de abril de 2023).

Salazar, E., Hernández, R., Tapia, A., y Gómez, A.L. 2012. Identificación molecular del hongo *Colletotrichum* spp., aislado de plátano (*Musa* spp.) de la altura en la zona de Turrialba y determinación de su sensibilidad a fungicidas poscosecha. *Agronomía Costarricense*. 36(1): pp. 53-68.

Salazar, G.S., y Lazcano, F.I. 2003. La fertilización en “sitio específico” incrementa los rendimientos y el tamaño de la fruta del aguacate en México, In *Actas del V Congreso Mundial del Aguacate*. Granada-Malaga, España. 19(7): pp. 373-378.

Salazar, G.C., Serna, C.L., y Gómez, L.E. 2016. Caracterización molecular en *Fusarium* asociado a pudrición basal del fruto en pitahaya (*Selenicereus megalanthus*). *Agronomía Mesoamericana*. pp. 277-285.

Salazar, G.C., Lagos, M.L.E., Díaz, R.V., Mora, C.S., y Betancourth, G.C. 2020. Caracterización de *Fusarium* spp. asociado con la pudrición basal de la cebolla de rama. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*. 23(1).

- Salman, M., y Abuamsha, R. 2012. Potential for integrated biological and chemical control of damping-off disease caused by *Pythium ultimum* in tomato. *BioControl*. 57: pp. 711-715.
- Schneider, K.A., Grafton, K.F., y Kelly, J.D. 2001. QTL Analysis of Resistance of *Fusarium* root rot in bean. *Crop Science*. 41(2): pp. 536-540.
- Shu, B., Liu, L., Wei, Y., Zhang, D., y Shi, S. 2019. Differential selection pressure exerted by root disease on the microbial communities in the rhizosphere of avocado (*Persea americana* Mill.). *Ann Appl. Biol.* 175: pp. 376-387.
- SIAP. 2020. Aguacate. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Recuperado en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/832746/aguacate.pdf> (Fecha de consulta: 15 de junio de 2023).
- SIAP. 2022. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Recuperado en: <http://www.siap.gob.mx/> (Fecha de consulta: 16 de enero de 2023).
- SIAP. 2023. Escenario mensual de productos agroalimentarios. Dirección de Análisis Estratégico. Recuperado en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/817517/Aguacate_Marzo.pdf (Fecha de consulta: 9 de junio de 2023).
- SIAP, 2023. Escenario mensual de productos agroalimentarios. Dirección de Análisis Estratégico. Recuperado en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/832150/Aguacate_Mayo.pdf (Fecha de consulta: 12 de octubre de 2023).
- Siddiqui, Y., y Ali, A. 2014. *Colletotrichum gloeosporioides* (Antracnosis). *Postharvest Decay. Prensa académica*. pp. 337-371.
- Sierra, M.J.A., Espinoza, C., Guzmán, L.O., Trigos, Á., y Salinas, C.A. 2022. Caracterización de especies de *Fusarium* que afectan el cultivo de espárrago en Veracruz, México. *Scientia Agropecuaria*. 13(4).

- Silva, R.H.V. y Ávila, Q.G.D. 2011. Identificación filogenética y morfológica de *Colletotrichum boinense*: un nuevo agente causal de antracnosis en aguacate. *British Society for Plant Pathology*. 60(5): pp. 899-908.
- Singh, L. 2020. Avocado Irrigation Literature Review. *Avocados Australia*. pp. 12-16.
- Solel, Z. 1984. A Modified Selective Medium for Detecting *Phytophthora cinnamomi* on Avocado Roots. *Phytopathology*, 74(4): pp. 506-508.
- Solís, G.I.A., Ceballos, L.O., Cortazár, M.E.M., Desgarenes, D., Garay, S.E., Patiño, C.V., Guevara, A.E., Méndez, B.A., y Reverchon, F. 2021. La pudrición de la raíz por *Phytophthora* modifica la composición del microbioma de la rizosfera del aguacate y aumenta la abundancia de hongos patógenos oportunistas. *Frontiers on Microbiology*. 11: pp. 1-12.
- Stredansky, M., Conti, E., y Salaris, A. 2000. Producción de ácidos grasos poliinsaturados por *Pythium ultimum* en cultivo en estado sólido. *Tecnología enzimática y microbiana*. 26(2-4): pp. 304-306.
- Sumida, C.H., Fantin, L.H., Braga, K., Canteri, M.G., y Homechin, M. 2020. Control of root rot (*Phytophthora cinnamomi*) in avocado (*Persea americana*) with bioagents. *Summa Phytopathologica*. 46: pp. 206-210.
- Suksiri, S., Laipasu, P., Soyong, K. y Poeaim, S. 2018. Aislamiento e identificación de *Phytophthora* sp. y *Pythium* sp. del huerto de durian en la provincia de Chumphon, Tailandia. *Revista Internacional de Tecnología Agrícola*. 14(3): pp. 309-402.
- Tamayo, M.P.J. 2007. Enfermedades del aguacate. *Revista politécnica. Ponencia presentada en el marco del Encuentro Nacional de la Cadena Productiva del Aguacate* (noviembre, 2006). 3(4): pp. 53-57.
- Tapia, T.R., Quijano, R.A., Cortés, V.A., Lappe, P., Larque, S.A., y Pérez, B.D. 2008. Detección y caracterización basada en PCR de los hongos patógenos *Colletotrichum gloeosporioides* y *Colletotrichum capsici* que causan

- antracnosis en papaya (*Carica papaya* L.) en la Península de Yucatán. *Biotecnología molecular*. 40: pp. 293-298.
- Téliz, O.D., Mora, A. 2007. El Aguacate y su manejo integrado. Segunda edición, Mundi-Prensa, México, D.F. pp. 21-37.
- Téliz, O.D., Mora, A. 2007. El Aguacate y su manejo integrado. Segunda edición, Mundi-Prensa, México, D.F. pp. 219-220.
- Tenorio, R.G., Montealegre, J., y Herrera, R. 2004. Control Biológico de *Fusarium solani* en Tomate mediante el Empleo de los Bioantagonistas *Paenibacillus lentimorbus* y *Trichoderma* spp. *Ciencia e Investigación Agraria: Revista Latinoamericana de Ciencias de la Agricultura*. 31(1): pp. 21-28.
- Thorp, T.G., y Sedgley, M. 1992. Shoot Growth and Tree Architecture in a Range of Avocado Cultivars. Department of Horticulture, Viticulture and Oenology. University of Adelaide. Proceedings of Second World Avocado Congress. California, U.S.A. pp. 237-240.
- Trinidad, A.E., Ascencio, V.F.D.J., Ulloa, J.A., Ramírez, R.J.C., Ragazzo, S.J.A., Calderón, S.M., y Bautista, R.P.U. 2017. Identificación y caracterización de *Colletotrichum* spp. causante de antracnosis en aguacate Nayarit, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 8(SPE19): pp. 3953-3962.
- Van, L.S., Frans, M., Aerts, R., y Ceusters, J. 2021. Modulación de pH del medio ambiente por *Stagonosporosis cucurbitacearum*, un patógeno importante que causa la pudrición de la fruta en *Cucurbitaceae*. *Revista Europea de Patología Vegetal*. 159: pp. 237-241.
- Vinchira, V.D.M., Macías, C.J., Méndez, O.J.D., Saavedra, O.Z., Torres, L.M.A., y Moreno, S.N. 2020. Marchitez radicular y antracnosis en aguacate: estrategias de diagnóstico y manejo. pp. 10-39.
- Vinueza, E.F. 2002. Incremento en la eficiencia de la fertilización de portainjertos de aguacate mediante la inoculación con micorriza vesículo-arbuscular. *Ciencia y Producción Agropecuaria Honduras*. pp. 18-33.

- Wagner, L., Stielow, B., Hoffman, K., Petkovits, T., Papp, T., Vágvölgyi, C., de Hoog, G.S., Verkley, G., y Voigt, K. 2013. A comprehensive molecular phylogeny of the Mortierellales (Mortierellomycota) based on nuclear ribosomal DNA. *Persoonia-Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi*. 30(1): pp. 79-89.
- Wang, L., Chen, W., Feng, Y., Ren, Y., Gu, Z., Chen, H., y Chen, Y.Q. 2011. Caracterización del genoma del hongo oleaginoso *Mortierella alpina*. *PLoS uno*. 6(12): pp. e28319.
- Wanjiku, E.K., Waceke, J.W., Wanjala, B.W., y Mbaka, J.N. 2020. Identification and pathogenicity of fungal pathogens associated with stem and rots of avocado fruits in Kenya. Artículo Científico. *International Journal of Microbiology*.
- Whitelaw, W.M.A., Nair, N.G., Lamont, R., Alonso, M., Priest, M.J., y Huang, R. 2007. Root infection of *Vitis vinífera* by *Cylindrocarpon liriodendri* in Australia. *Australasian Plant Pathology*. 36: pp. 404-406.
- Wolcan, S.M., Lori, G.A., Ronco, L., Mitidieri, A.F., y Fernández, R. 2001. Enanismo y podredumbre basal de *Eustoma grandiflorum* y su relación con la densidad de *Fusarium solani* en el suelo. *Fitopatología Brasileira*. 26: pp. 710-714.
- Woo, K.K., Hyun, J.W., y Woo, P.E. 2004. Citología de la formación de capas de corcho de cítricos y crecimiento limitado de *Elsinoe fawcettii* en lesiones de costra. *Revista Europea de Patología Vegetal*. 110: pp. 130-136.
- Yadav, D.R., Kim, S.W., Badu, A.G., Adhikari, M., Kim, C., Lee, H.B., y Lee, Y.S. 2014. Primer informe de *Mortierella alpina* (Mortierellaceae, Zigomycota) aislada de suelo de campo de cultivo en Corea. *Microbiología*, 42(4), pp. 401-404.
- Yamamoto, J., Sato, T., y Tomioka, K. 1999. Ocurrencia de podredumbre madura de uvas (*Vitis vinífera* L.) causada por *Colletotrichum acutatum* Simmonds ex Simmonds. *Revista Japonesa de Fitopatología*. 65(1): pp. 83-85.

Yolageldi, L., y Turhan, G. 2005. Effect of biological seed treatment with *Cylindrocarpon olidum* var. *olidum* on control of common bunt (*Tilletia laevis*) of wheat. *Phytoparasitica*. 33: pp. 327-331.

Zaccardelli, M., Vitale, S., Luongo, L., Merighi, M., y Corazza, L. 2008. Morphological and molecular characterization of *Fusarium solani* isolates. *Journal of Phytopathology*. 156(9): pp. 534-541.