

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Identificación de Fitopatógenos en Suelo en el Cultivo de Higo (*Black misión*) a Campo
Abierto en Ramos Arizpe, Coahuila.

Por:

JUAN DANIEL ZENDEJAS ÁVILA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México.

Febrero de 2025

Recibí
07/02/2025
TESIS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Identificación de Fitopatógenos en Suelo en el Cultivo de Higo (*Black misión*) a Campo
Abierto en Ramos Arizpe, Coahuila.

Por:

JUAN DANIEL ZENDEJAS ÁVILA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada por el Comité de Asesoría:



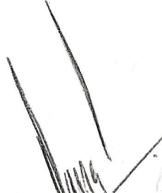
Dra. Yolanda Rodríguez Pagaza
Asesor Principal



M.C. Augusto Gil Ceballos Ceballos
Asesor Principal Externo



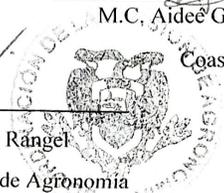
Dra. Yisa María Ochoa Fuentes
Coasesor



Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de la División de Agronomía



M.C. Aidee González Ruiz
Coasesor



Saltillo, Coahuila, México.

Febrero 2025

Recibí
07/01/19
BANCO DE TESIS

Declaración de no plagio

El autor principal, quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta, en los siguientes aspectos: reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (copiar y pegar), reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al texto original, comprar robar o pedir prestados los datos o las tesis para presentar como propia, omitir referencias bibliográficas, utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo, utilizar material digital como imágenes videos ilustraciones gráficas, mapas o datos sin citar al autor original o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición, o modificación será perseguida y sancionado por las instituciones correspondientes.

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

Pasante



Juan Daniel Zendejas Avila

AGRADECIMIENTOS

A DIOS: por darme la oportunidad de salir adelante, de llegar tan lejos con solo un puño de sueños guardados, por bendecir mi camino y un día 19 de diciembre ser motivo de felicidad para mi familia.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro: mi querida universidad, mi Alma Terra Mater, que me acogió en sus instalaciones.

Dra. Yolanda Rodríguez Pagaza: gracias por confiar en mí, por darme consejos en momentos difíciles y siempre apoyarme en cada momento difícil de la carrera.

A mis Maestros: que supieron darme apoyo en su momento, me guiaron y compartieron su conocimiento conmigo, que hoy en día me han llevado al final del camino.

Dr. Oswaldo Martínez García: por permitir el contacto para llevar a cabo este proyecto de investigación.

Ing. Ricardo De León: por permitir el acceso a su campo de lugar de trabajo y poder realizar la investigación.

DEDICATORIAS

A MIS PADRES

DANIEL ZENDEJAS VILLAGÓMEZ Y ESPERANZA ÁVILA LEÓN

Gracias por darme la oportunidad de llegar tan lejos y no solo lejos de casa, también lejos en el ámbito académico, aunque siempre supe que pensaban que no terminaría ni la secundaria, hoy gracias a su apoyo y que nunca me dejaron solo he logrado terminar mi universidad y que mejor que con una tesis que trabajé siempre pensando en ustedes. Nunca importó que tan cansado estaba, solo recordaba que ustedes han trabajado más y nunca los vi quejarse.

A MI HERMANA

Daniela Zendejas Ávila

Salimos tan diferentes uno del otro, aun cuando crecimos bajo el mismo techo, por andar lejos de casa y podemos llegar más lejos, aunque siempre volveremos.

MSRV

Muy agradecido estoy con la dama que en mi ha confiado pues mis cuacos traén un fierro con la R, la R de que son garantizados.

Corazón y cabeza hasta El Fortaleza.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE CUADROS	X
CONCEPTUALIZACIÓN	XI
RESUMEN	XII
INTRODUCCIÓN	1
JUSTIFICACIÓN	2
OBJETIVOS	3
Objetivo general	3
Objetivos específicos	3
HIPÓTESIS	3
Origen, importancia, producción y comercialización del higo.	4
Condiciones de cultivo	5
Plantación.	5
Agua, suelo y clima.	5
Poda.	6
Nutrición.	6
Enfermedades más comunes.	7
Taxonomía.	8
Descripción Botánica.	8
MATERIALES Y MÉTODOS.	9
Localización de la huerta	9
Trabajo de laboratorio	12
Medios de cultivo	13
Aislamiento de hongos del suelo	13
Identificación de hongos y nemátodos fitopatógenos en el suelo y raíz de higo	18
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
<i>Meloidogyne incógnita</i>	20
<i>Fusarium sp.</i>	24
<i>Cladosporium sp.</i>	26

Signos, síntomas y daños observados	27
<i>Alternaria spp.</i>	27
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	28
LITERATURA CITADA.....	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del Rancho la Mina	10
Figura 2. Huerto de higo en el Rancho la Mina	10
Figura 4. Croquis del cultivo de higuera y puntos donde se obtuvieron las muestras.	11
Cuadro 3. Fechas de recolección de muestras.	11
.....	12
Figura 5. A) Identificación de signos y síntomas en las plantas de higo. B) Obtención de la muestra compuesta de suelo y la de raíz. C) Empaquetado de las muestras a campo abierto.	12
Figura 6. Departamento de Parasitología.	13
Figura 7. Preparación de suelo para siembra por dilución.	14
Figura 8. Purificación de muestras, en medio PDA+ ácido láctico.	14
Figura 9. Observación de germinación de espora de hongo a 40x en cultivo monospórico.	15
Figura 10. Cepas purificadas y etiquetadas.	16
Figura 11. Ejemplo de observación de micelio, micro y macrosporas de hongos a 40x.	16
Figura 12. Almacenamiento de raíz para extracción e identificación de nemátodo agallador.	17
Figura 13. Tamizaje de suelo para la extracción de nematodos.	18
Figura 14. Observación del corte perineal de la hembra del nematodo agallador.	19
Figura 15. Ejemplo de nematodo de suelo.	19
Figura 16. Corte perineal e identificación de <i>Meloidogyne incógnita</i>	20
Figura 17. Raíz de higo con signos y síntomas de <i>Meloidogyne incógnita</i>	21
Figura 18. <i>Criconemoides spp.</i>	22
Figura 19. Daños en el sistema radical del higo y que coinciden con los reportados para <i>Criconemoides spp.</i>	22
Figura 20. <i>Pythium sp.</i>	23
Figura 21. Signos y síntomas que podrían ser atribuibles a <i>Pythium sp.</i>	24
Figura 22. Microconidias y macroconidias de <i>Fusarium spp.</i> Especie 1	24
Figura 23. Colonia y macroconidias septadas de <i>Fusarium sp.</i> Especie 2.	25
Figura 24. Colonia y macroconidias septadas de <i>Fusarium sp.</i> Especie 3	25

Figura 25. Raíz con necrosis.	26
Figura 26. <i>Cladosporium</i> sp. a) Conidióforo geniculado, b) célula conidiógena y c) conidios.	27
Figura 27. <i>Alternaria</i> sp.. a) Conidióforo y b) conidios septados y ovals.	28

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Principales destinos comerciales de higo en el mundo.	4
Cuadro 2. Producción nacional.	5
Cuadro 3. Fechas de recolección de muestras.	11
Cuadro 4. Relación de organismos fitopatógenos encontrados y fechas de muestreo.	19

CONCEPTUALIZACIÓN

Área: Fitopatología.

Línea: Identificación.

Sublínea: Diagnóstico y control.

Programa: Frutales.

Subprograma: Higo.

Asesor principal: Dra. Yolanda Rodríguez Pagaza

RESUMEN

El higo (*Ficus carica* L.) es un cultivo relativamente nuevo en el noreste de México, el cual han sido redituable en el sur de México llegándose a cosechar más de 11,000 toneladas. A partir de 2020 se apoyó su introducción en el estado de Coahuila mediante el programa estatal de Cultivos Alternativos de la Secretaría de Desarrollo Rural. La plantación de un productor del municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, ha presentado signos y síntomas de enfermedades aun no diagnosticadas. El objetivo del presente trabajo fue identificar los fitopatógenos presentes en el suelo que afectan a las plantas de higo de la variedad Black Misión en el sistema de producción a campo abierto de la plantación del municipio de Ramos Arizpe, Coahuila. Se realizaron dos muestreos de suelo y raíz en plantas enfermas en los meses de octubre y noviembre de 2023. Las muestras se trasladaron al laboratorio de Fitopatología de licenciatura y posgrado para realizar el aislamiento, purificación e identificación morfológica de hongos y nemátodos fitopatógenos del suelo. Se encontraron dos especies de nemátodos fitopatógenos en el suelo: *Meloidogyne incógnita* en raíces y *Criconemoides spp.* Los oomicetos y hongos fitopatógenos encontrados pertenecen a los géneros *Pythium sp*, *Alternaria sp*, *Cladosporium sp*, así como tres especies diferentes de *Fusarium sp*. Se recomienda realizar una identificación molecular para identificar las especies de hongos encontradas, así como aplicar métodos preventivos y de control acordes a los fitopatógenos identificados.

INTRODUCCIÓN

Los higos son una fruta exquisita y versátil que ha sido cultivada en México durante siglos. Se cree que fueron introducidos por los colonizadores españoles en el siglo XVI, pero las variedades autóctonas también eran apreciadas por las civilizaciones precolombinas como los aztecas y mayas, quienes los consideraban un manjar exquisito y los utilizaban en su alimentación y medicina tradicional.

Según análisis arqueobotánicos, la planta de higo fue la primera planta domesticada y sus frutos han sido aprovechados desde tiempos inmemoriales. Esta planta se adaptada y distribuye principalmente en climas cálidos, subtropicales y templados. En los últimos años el higo ha tenido un creciente interés en el mercado por su contenido de azúcares, minerales y antioxidantes que le proporcionan una alta calidad nutrimental.

Actualmente, México es uno de los principales productores de higos en el mundo. En 2022, el país cosechó más de 11,500 toneladas de esta fruta, debido a sus climas cálidos y adecuados para el cultivo de higos.

México es hogar de una gran variedad de higos, cada uno con su sabor y características únicas. Algunas de las variedades más comunes incluyen: higo negro variedades black misión y brown turkey, e higos blancos variedad calimyrna, kadota tiger y sierra.

A partir de 2020 la Secretaría de Desarrollo Rural ha lanzado programas de apoyo en el estado de Coahuila mediante el programa estatal de Cultivos Alternativos para promover el cultivo de higo. Una de las razones por la que se han adaptado las diferentes variedades de este cultivo al estado de Coahuila ha sido el cambio climático. Siendo de relativamente reciente introducción, es fundamental conocer las condiciones particulares a las que se enfrentan los productores de higo en esta zona en cuanto a plagas y enfermedades que pueden mermar la calidad y cantidad de producción del fruto.

JUSTIFICACIÓN

Debido a la reciente introducción del cultivo en el estado de Coahuila, que a la fecha es de aproximadamente 6 años, un productor cooperante de higo, ubicado en el municipio de Ramos Arizpe, tenía la necesidad de saber qué organismos causaban daño en su cultivo tanto de insectos como enfermedades, pues se presentan diferentes síntomas, el presente trabajo buscó responder a la solicitud del productor en cuanto a las enfermedades presentes en el sistema radical del cultivo y el suelo y así darle una respuesta favorable para conocer qué organismos patógenos estaban presentes y podían causar enfermedades, esto para tomar medidas de preventivas y de control.

OBJETIVOS

Objetivo general

Identificar los fitopatógenos presentes en el suelo que afectan a las plantas de higo de la variedad Black Misión en el sistema de producción a campo abierto de una plantación del municipio de Ramos Arizpe, Coahuila.

Objetivos específicos

1. Localizar las plantas con signos y síntomas de fitopatógenos presentes en el cultivo.
2. Tomar muestras compuestas de suelo y raíz de las plantas con signos y síntomas de enfermedad.
3. Aislar, purificar e identificar los hongos y nemátodos fitopatógenos presentes en el suelo.

HIPÓTESIS

Se encontrarán al menos 2 especies diferentes de hongos y nemátodos fitopatógenos en el suelo del cultivo de higo.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen, importancia, producción y comercialización del higo.

El fruto del higo es obtenido de la higuera. Desde el punto de vista botánico el higo es una infrutescencia, es decir, un conjunto de frutos. Existen más de 750 especies de higos diferentes entre las que hay comestibles y no comestibles.

El higo proviene del Medio Oriente, se cree que los fenicios lo introdujeron en el Mediterráneo, así como los griegos en Palestina y Asia Menor. En México hay variedades autóctonas también, eran muy apreciadas por civilizaciones precolombinas como los aztecas y mayas, quienes los consideraban un manjar delicioso y los consumían en su alimentación y medicina tradicional (SENASICA 2017).

Los higos son ricos en azúcares, contienen creatina, sustancia digestiva en la que se encuentran ciertas cantidades de ácidos cítrico, málico y acético; asimismo, potasio, magnesio y calcio; vitaminas A, B1, B2, B3 y C; el 80 por ciento del higo es agua.

En 2023, la producción mundial de higo fue de aproximadamente 1.15 millones de toneladas. Centrada en la zona del mediterráneo y Asia menor, región de mayor consumo. En cuanto a fruta cosechada, Turquía es el mayor productor en el mundo con 305,689 toneladas anuales, representando el 27% del volumen total. El valor del mercado del higo anualmente alcanza los 540 millones de euros, aproximadamente el 80% de este monto es de fruto deshidratado y el resto en fresco. (Hydro Environment 2023).

En 2023, como lo muestra el Cuadro 1, los principales destinos comerciales de higo, fresco o seco en el mundo son Estados Unidos (US\$5.06M), Canadá (US\$2.52M), Francia (US\$63.9k), Kuwait (US\$11.3k) y Emiratos Árabes Unidos (US\$2.59k) (DATA MEXICO 2023).

Cuadro 1. Principales destinos comerciales de higo en el mundo.



A nivel nacional se cultivan unas 1,925 hectáreas, con una producción estimada de 12,489 toneladas (Cuadro 2) y un valor de producción de alrededor de 50 millones de pesos. En 2023, el país cosechó más de 12,489 toneladas de esta fruta tan especial, siendo el estado de Morelos líder de la producción por sus climas cálidos y adecuados para el cultivo de higos, seguido de otros estados como Veracruz, Baja California Sur y Michoacán (Fideicomiso de riesgo compartido, 2017; SADER-SIAP 2025).

Cuadro 2. Producción nacional.



Condiciones de cultivo

Plantación.

Es preferible usar un sistema de producción intensiva, en un marco de plantación de 4x1 m, entrando 2,500 árboles por hectárea. Este marco de plantación da precocidad al cultivo, mayor calidad, eleva el rendimiento y ahorra mano de obra, así como también aumenta los kg obtenidos por hectárea.

Agua, suelo y clima.

El cultivo del higo requiere bajas cantidades de agua, un suelo con buena aireación, drenaje y profundo, requiere un pH de 7.5 a 8.5, una conductividad eléctrica (C.E.) de 3.8Ms/cm.

Se adapta fácilmente a cualquier clima, prefiriendo climas templados con inviernos no intensos, aunque también se establece con climas cálidos y secos. Climas húmedos y lluviosos provocan daños en la calidad de la fruta.

La temperatura óptima para su desarrollo va de 15°C A 28°C, si la temperatura rebasa los 38°C más vientos fuertes y secos provocan la caída de los frutos. Temperaturas debajo de los 7°C también provocan la caída de frutos y si la temperatura baja de -12°C el árbol muere (Hydro Environmet 2023).

Riego: Son altamente resistentes a la sequía, aunque para obtener una buena cosecha, es importante mantener un riego constante durante el llenado de fruto (SADER, 2023).

Poda.

Durante el primer año se debe realizar la poda de formación para obtener los beneficios de la plantación en alta densidad, evitar la sobrepoblación de ramas y bajas producciones. La planta al alcanzar los 40cm de alto se debe hacer un despunte para romper con la dominancia apical y permitir la brotación de ramas laterales, de estos brotes se deben elegir 5 los cuales deben estar bien distribuidos, evitando que se crucen o estén muy cerca y después eliminar el resto.

Durante el invierno se debe realizar una nueva poda, en esta poda se eligen 5 entrenudos y 4 brotes laterales, deben estar bien distribuidos, evitando que se crucen o estén muy cerca. Este proceso se debe realizar cada invierno.

Nutrición.

Para realizar un correcto plan de nutrición en nuestro cultivo, se debe contar con análisis de agua, suelo y foliar para determinar una correcta nutrición. La integración de materia orgánica (estiércol, composta, humus, extractos líquidos, etc.), es indispensable para obtener buenos resultados en la cosecha, aplicando 2 veces por año, añadiendo de 25 a 30 toneladas por hectárea.

Al usar fertirriego se debe aplicar lo siguiente el primer año para asegurar un buen establecimiento y crecimiento de la planta:

13kg de N/Ha (77k de nitrato de Ca).

18 kg de P/Ha (70k de fosfato monoamónico).

18 kg de K/Ha (40K de sulfato de potasio) (Hydro Environmet 2023).

Polinización: Pueden ser auto fértiles, pero la polinización por avispas es necesaria para obtener frutos de buena calidad, tener un entorno amigable para las avispas polinizadoras en el huerto es esencial.

Cosecha: Los higos están listos cuando se sienten suaves al tacto y comienzan a gotear un poco de néctar sin embargo cortarlos antes cuando siguen inmaduros provoca que ya no sigan madurando.

Los higos son una maravilla de la agricultura en México con una gran y variada historia y una presencia vibrante en la cultura culinaria de todo el México (SADER 2023).

Enfermedades más comunes.

Mosaico de la higuera ocasionado por virus (Hydro Environmet 2023).

Taxonomía.

La clasificación taxonómica del higo de acuerdo con Sintet (1996) es la siguiente:

Reino Plantae: Plantas.

- Filo Tracheophyta: Plantas Vasculares.
 - Clase Magnoliopsida: Magnolias, Margaritas y Parientes (Dicotiledóneas).
 - Familia Moraceae: Moreras, Higueras, Árboles de Pan y Parientes.
 - Género: *Ficus*: Higueras, Amates Y Parientes.
 - Especia: *Ficus carica*.
Higuera.

Descripción Botánica.

Arbusto caducifolio: de 5 a 10 m de altura.

Copa de hoja: Gruesa redondeada o aplanada, sombra media.

Hojas: simples, alternas, rugosos pubescentes acorazonadas y palmadas con 3 a 7 lóbulos, a veces lobuladas una segunda vez, irregularmente dentadas; miden de 10 a 20 cm de longitud y casi igual de ancho.

Tallo: Con un diámetro de tallo de hasta 18 cm, con numerosas ramas gruesas de madera poco densa, glabras, extendidas o ascendentes. Se ramifica a poca altura del suelo, con un número variable de ramas que van de 12 a 30 cm.

Corteza: Externa lisa de color grisáceo. Interna con una gran cantidad de células laticíferas que producen un látex lechoso, áspero y gomoso, que al entrar en contacto con el aire se espesa.

Flores: La inflorescencia donde se arreglan las flores se llama sicono. La flor femenina con 5 pétalos y un solo carpelo de color rosado o blanquecino arreglado en el fondo del sicono, flor masculina con 3 sépalos y 3 estambres, arreglada a la entrada del sicono. En esta especie el diagrama floral es bastante complejo. Es una especie caracterizada por dos morfos: los cabrahigos, con flores estaminadas y flores pistiladas de estilo corto; y los higos comunes que producen sólo flores pistiladas de estilo largo.

Infrutescencia: El fruto es un sicono blando ovoide elipsoide, carnoso, recubierto con una cascara muy fina, con pequeños y numerosos aquenios incluidos en el fruto, es de color azulado o verde, negro o morado, mide de 3 a 10 cm de largo y tiene sabor dulce, mucilaginoso. El sicono o fruto falso es en realidad el receptáculo que en su evolución se hincha y se vuelve carnoso tras la fecundación, formando la breva o el higo según sea la fecha de madurez. Los aquenios son los frutos verdaderos.

Raíz: Sistema radical abundante, fibroso y de desarrollo superficial y muy extendido, a veces abarcando 15 m del terreno. En suelo permeable las raíces pueden descender a 6 m, el 80% se encuentra entre 20 y 45 cm.

Sexualidad: Monoica evolucionada a dioica. La flor es unisexuada. (CONABIO, 2014).

MATERIALES Y MÉTODOS.

Localización de la huerta

La plantación de higo donde se tomaron las muestras para la identificación de organismos patógenos del suelo se encuentra ubicada en el municipio de Ramos Arizpe, en el estado de Coahuila. El nombre del lugar es “Rancho la Mina”, con coordenadas N. 25.801408° W. 101.163638°, como muestra la Figura 1. Se trabajó con un productor cooperante, el Ing. Roberto José Díaz García. La variedad de higo que se cultiva es Black Mission y el tamaño de la parcela sembrada de higo es de 1.5 hectáreas (Figura 2).

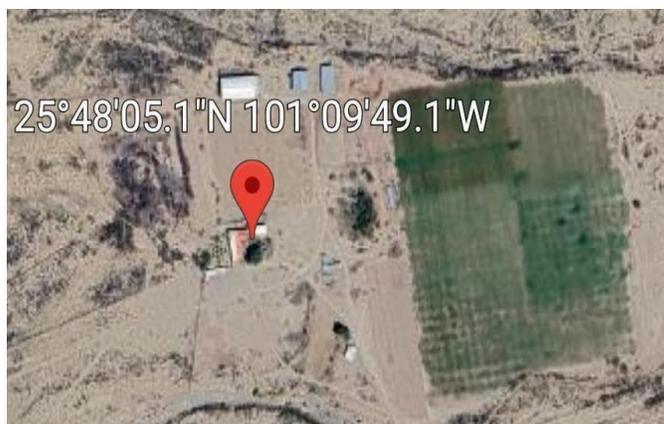


Figura 1. Ubicación geográfica del Rancho la Mina



Figura 2. Huerto de higo en el Rancho la Mina

Muestreo de suelo y raíz.

Se realizó una inspección visual de los ejemplares de higo en la plantación. El muestreo se realizó con base en las plantas que presentaban signos y síntomas de enfermedad como enanismo, marchitez y clorosis (Figura 3 y 4).



Figura 3. Ejemplares de cultivo de higo con síntomas de enfermedad. A) Enanismo. B) clorosis. C) Marchitez y necrosis.

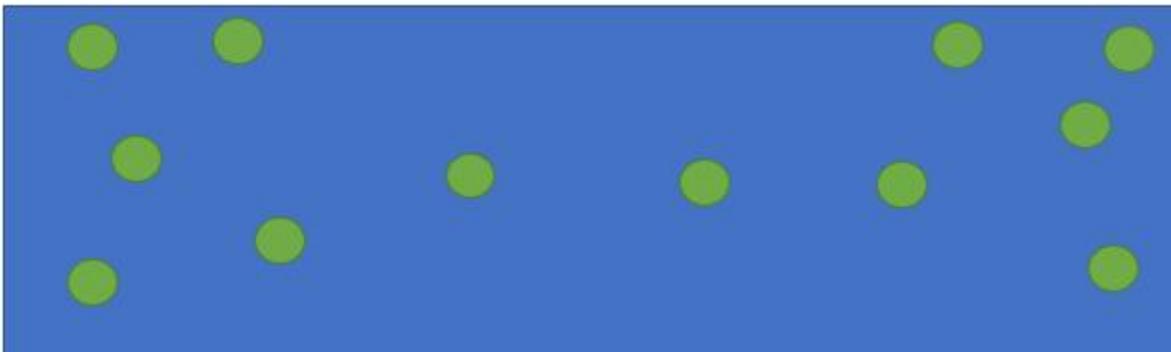


Figura 4. Croquis del cultivo de higuera y puntos donde se obtuvieron las muestras.

El total de muestras colectadas fue de 12, las cuales fueron tomadas basándonos en las características visuales de la planta. Se realizaron 2 muestreos en fechas diferentes, uno para recolectar suelo y el segundo para recolectar raíces tanto de la planta como posibles hospederos secundarios (cuadro 3).

Cuadro 3. Fechas de recolección de muestras.

Fecha de recolección	Número de muestras
14 de octubre del 2023	6

Las muestras de suelo se extrajeron usando una pala, a una profundidad de 30 y 45 cm, tomando suelo y raíz de la higuera. Se hizo una muestra compuesta de 1 Kg de suelo (Figura 5). Las muestras de suelo y raíz se etiquetaron y guardaron en bolsas ziploc, y se transportaron dentro de una hielera a temperatura baja (7°C) hasta el laboratorio de Fitopatología de posgrado, donde permanecieron almacenadas en refrigerador (4°C) para su posterior análisis.



Figura 5. A) Identificación de signos y síntomas en las plantas de higo. B) Obtención de la muestra compuesta de suelo y la de raíz. C) Empaquetado de las muestras a campo abierto.

Trabajo de laboratorio

Los análisis fitopatológicos se llevaron a cabo en el departamento de Parasitología de la UAAAN (Figura 6), en los laboratorios de Fitopatología de Posgrado, laboratorio de Fitopatología de Licenciatura y de Fitonematología.



Figura 6. Departamento de Parasitología.

Medios de cultivo

Los medios de cultivo sólido usados para el crecimiento, aislamiento y purificación de los organismos fueron PDA, Agar Nutritivo, V8, PDA+ácido láctico, PDA+cloruro de tetrasodio.

Aislamiento de hongos del suelo

Las muestras de suelo se procesaron mediante el método de dilución. Se realizaron las siguientes diluciones: 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} y 10^{-6} . Esto mediante el uso de tubos de ensayo con tapa, micropipetas y agua destilada estéril. En 9 ml de agua destilada estéril se agregó 1 gr muestra por 30 segundos, se agitó la solución y se agregó a un tubo de ensayo con 9 mL de agua destilada estéril. Este proceso se repitió 5 veces más hasta llegar a la dilución 10^{-6} , todo en la campana de flujo laminar (Figura 7).



Figura 7. Preparación de suelo para siembra por dilución.

De la dilución 10^{-5} y 10^{-6} se tomó 1 mL de muestra y se sembró en caja Petri con medio de cultivo PDA, esparciendo de forma uniforme con la ayuda de un triángulo de vidrio y luego se cerró la caja, todo ello en la campana de flujo laminar. Se dejaron incubar las cajas a 25 grados y después de 36 horas se revisaron. Se procedió a separar los distintos crecimientos de hongos usando medio PDA+ácido láctico y repetimos la purificación hasta obtener cepas puras (Figura 8).



Figura 8. Purificación de muestras, en medio PDA+ ácido láctico.

Algunas cepas fueron difíciles de separar por este método, por lo que se recurrió a una purificación mediante cultivo monospórico. Esta técnica consistió en tomar una pequeña

fracción del crecimiento del hongo en el medio usando un sacabocado, ponerlo en un tubo de ensayo con agua destilada estéril (9 ml), agitar por 30 segundos, tomar 1 mL, ponerlo en un tubo nuevo con agua destilada esteril y repetir el proceso hasta llegar a la dilución 10^{-6} .

Una vez que se obtuvo la dilución 10^{-6} se realizó una siembra con triángulo de vidrio, la cual consistió en tomar 100 μ l, agregarlos sobre medio de cultivo PDA+ ácido láctico, esparcirlo de forma uniforme sobre la caja con medio, se selló la caja con plástico autoadherible y se dejó creciendo por 48 horas en la incubadora a 25°C. El proceso fue revisado cada 48 horas hasta verificar que se obtuvieran cultivos monospóricos limpios (Figura 9).



Figura 9. Observación de germinación de espóra de hongo a 40x en cultivo monospórico.

Una vez que se obtuvieron cepas puras, se etiquetaron las cajas para identificar adecuadamente cada cepa y se dejaron en la incubadora de nuevo por 24 horas para que crecieran y desarrollaran estructuras para su identificación (figura 10)



Figura 10. Cepas purificadas y etiquetadas.

Posteriormente se procedió a realizar montas en cubre y portaobjetos para observar sus estructuras y comprobar que los crecimientos realmente estaban puros (Figura 11).

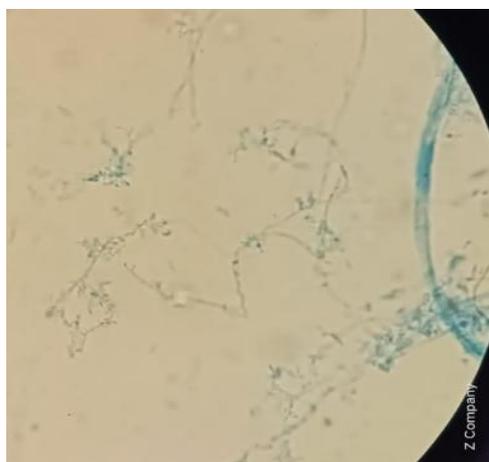


Figura 11. Ejemplo de observación de micelio, micro y macrosporas de hongos a 40x.

Aislamiento de hongos de raíz

Se realizó un lavado de las muestras con agua corriente para quitar el exceso de tierra, posteriormente se realizaron 2 lavados más, con agua destilada y con hipoclorito de sodio al 3%, sumergiendo las muestras por 5 y 7 minutos respectivamente. Después se enjuagaron con agua destilada y se secaron sobre una sanita esteril. Las muestras de raíz se cortaron en fracciones de aproximadamente 0.7 cm., se sembraron en medio PDA y se dejaron incubar las cajas a 25°C en incubadora revisando su crecimiento a partir de las 24 horas después de la siembra. La purificación de las cepas así obtenidas se realizó de la misma forma que para los hongos del suelo.

Aislamiento de nemátodos de raíz y suelo

Las raíces con signos de deformación (agallas) se almacenaron en tubos de ensayo con alcohol al 99% para su análisis posterior (Figura 12).



Figura 12. Almacenamiento de raíz para extracción e identificación de nemátodo agallador.

Para la extracción de nemátodos del suelo, se usó el método de tamizado-centrifugado. Las muestras de suelo se diluyeron con un poco de agua corriente y se pasaron a través de tamices de 50, 100 y 400 mallas (Figura 13). La muestra obtenida en el tamiz 400 se vació a tubos Falcon de 50 mL se agregó 1 g de caolín y se centrifugó por 30 segundos a una velocidad de 4000 RPM. Después se desechó el sobrenadante y se agregaron al tubo 25 mL de una solución de 1 g de azúcar y 100 mL de agua destilada. Se volvió a centrifugar a 4000 RPM durante 30 s. El sobrenadante de los tubos falcón se pasó por el tamiz de 500 mallas y se lavó el exceso de azúcar con la ayuda de una pizeta con agua destilada.

Una vez que se obtuvo la solución con nematodos se tomó 1 mL de la muestra y se colocó en un vidrio reloj para poder observar los nematodos mediante un estereoscopio.



Figura 13. Tamizaje de suelo para la extracción de nematodos.

Identificación de hongos y nemátodos fitopatógenos en el suelo y raíz de higo

Para el caso de las cepas de hongos, se tomó una diminuta fracción de su crecimiento en la parte central de la caja, usando la punta de una jeringa de insulina, se colocó sobre el portaobjetos que tenía una gota de lactofenol, encima se puso un cubreobjetos con cuidado y se observó al microscopio con los objetivos de 4x, 10x y 40x y así poder identificar qué organismo teníamos en crecimiento usando las claves de Barnett y Hunter (1998).

En el caso de los nematodos agalladores dentro de la raíz, se realizó el proceso de extracción y corte perineal para lograr hacer la identificación morfológica, el cual se realiza en las hembras ya que son las que logran entrar en la raíz y son las responsables del agallamiento. Usamos un bisturí para abrir la raíz y extrajimos la hembra, se colocó sobre el cubreobjetos y con cuidado realizamos el corte perineal, colocamos el cubreobjetos y pasamos al microscopio para su observación (Figura 14). mediante el apoyo de claves taxonómicas de Cepeda (2016), Taylor y Sasser (1983). y Eisenbanck y Triantaphyllou (2020).

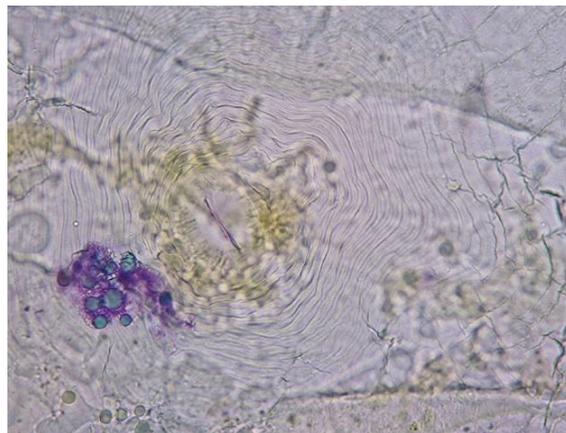


Figura 14. Observación del corte perineal de la hembra del nematodo agallador.

En el caso de los nemátodos de suelo, realizamos montas de éstos (figura 15), tomando el organismo usando un pescador y lo colocamos en un portaobjetos con una gota de lactofenol para nematodos, colocamos el cubreobjetos y pasamos al microscopio para observar con objetivos de 4x 10x y 40x. La identificación se realizó mediante claves taxonómicas y el libro de Nematología Agrícola (Cepeda, 1996).



Figura 15. Ejemplo de nematodo de suelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los hongos y nemátodos fitopatógenos encontrados en el suelo y raíz de higo se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Relación de organismos fitopatógenos encontrados y fechas de muestreo.

Fecha de muestreo	Fitopatógenos encontrados	Muestra analizada
14 de octubre del 2023	<i>Meloidogyne incógnita</i>	Raíces con agallas

	<i>Criconemoides sp.</i>	Suelo
18 de noviembre del 2023	<i>Pythium sp.</i>	Suelo
	<i>Fusarium sp.</i>	Raíces
	<i>Cladosporium sp.</i>	Suelo
	<i>Alternaria sp.</i>	Suelo

Meloidogyne incógnita

Características de identificación

En el corte perineal y bajo el microscopio a 40X, se observaron fásmidos bien definidos y separados, línea lateral ausente, así como estrías altas finamente definidas con forma cuadrangular, así como ano y vulva distantes (Figura 16). Estas características coinciden con lo descrito en las claves taxonómicas de Cepeda (2016), Taylor y Sasser (1983) y, Eisenbanck y Triantaphyllou (2020).

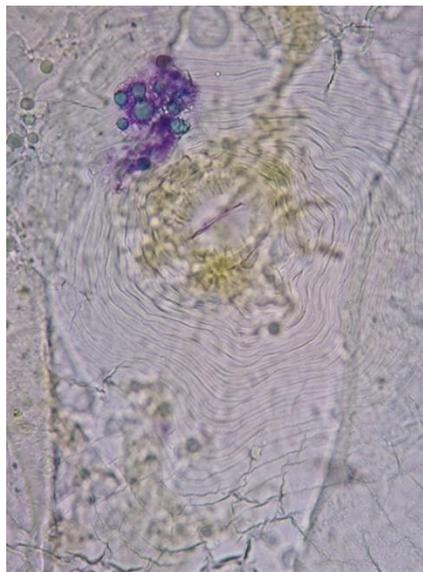


Figura 16. Corte perineal e identificación de *Meloidogyne incógnita*.

Signos, síntomas y daños observados

Este nematodo, se encuentra en el suelo y afecta el sistema radicular de la higuera. Los signos de la enfermedad que se observó en la planta de higo son la clorosis, enanismo,

raquitismo y marchitamiento de la planta, coincidiendo con lo que indica (Christie, 1986) y (Saxena, 2004).

Los síntomas se presentan en la raíz pues genera agallas, debido a una hipertrofia e hiperplasia de los tejidos, en especial en las raíces secundarias y terciarias, las cuales son responsables de la absorción de agua y nutrientes (Figura 17).

Los daños en nuestra planta se comienzan a observar cuando la enfermedad está muy avanzada, la hembra entra en la raíz, por medio de un daño mecánico, provoca el agallamiento en la raíz, así como un bloqueo en la absorción de agua y nutrientes, lo que lleva a la muerte de la planta.



Figura 17. Raíz de higo con signos y síntomas de *Meloidogyne incognita*.

Criconemoides sp.

Características de identificación

Se identificaron las características morfológicas con el uso de microscopio a un aumento de 40x. Se observaron cuerpo anillado, ectoparásito, el extremo de los anillos es plano sin escamas o espinas y cola cónica, coincidiendo con lo reportado por Cepeda. 1996, (Figura 18).

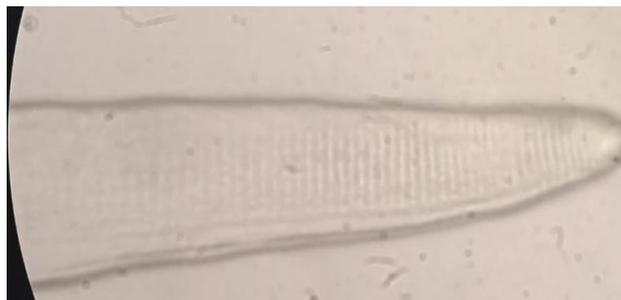


Figura 18. *Criconemoides* spp.

Signos, síntomas y daños observados

Los signos y síntomas observados en el sistema radical del higo fueron las raíces reducidas. Esto es debido a que el nematodo al alimentarse de la raíz, inserta su estilete y va comiendo de la raíz, lo que provoca la reducción en su tamaño de acuerdo a lo reportado por (Cepeda 1996) (Figura 19).



Figura 19. Daños en el sistema radical del higo y que coinciden con los reportados para *Criconemoides* spp.

***Pythium* sp.**

Características de identificación

De acuerdo con la morfología observada al microscopio en 40x, se caracteriza por la formación de esporangióforos, oogonios, oosporas, oosfera y anteridio (Figura 20), de acuerdo con lo reportado por Ko (2008). Este autor también reporta que no siempre se da la formación de estructuras sexuales.

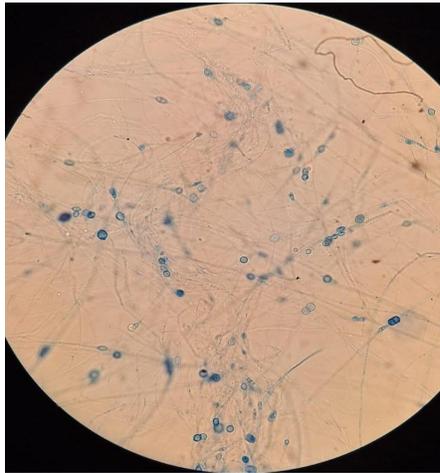


Figura 20. *Pythium sp.*

Signos, síntomas y daños observados

Las plantas de higo se observaron con signos que podrían atribuirse a la presencia de este fitopatógeno, como crecimiento anormal, achaparramiento, hojas marchitas y amarillas. Así como raíces de una tonalidad negruzca (Figura 21). Los síntomas se presentaron en la raíz, pues provoca pudrición y muerte radicular. Los daños observados son plantas más débiles, con poca producción, plantas de porte bajo y con hojas marchitas y amarillas de acuerdo a lo reportado por (UC IPM 2020).



Figura 21. Signos y síntomas que podrían ser atribuibles a *Pythium sp.*

Fusarium sp.

Características de identificación

Cabe señalar que se encontraron lo que parece ser tres diferentes especies de este género de hongo. En las tres se pueden observar macroconidias en forma de media luna hialina y septada, microconidias presentes de manera abundante y de forma oval lo que concuerda con lo reportado por Tapia C. y Amaro (2014). Las características pueden variar dependiendo el medio de cultivo usado, el medio PDA (Nelson et al.,1983) permite observar su Morfología colonial y pigmentación (café, rojo, violeta, naranja, gris y hialino) (Figuras 22, 23 y 24)

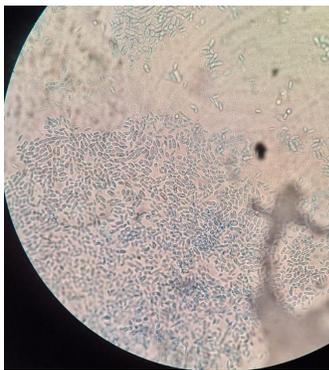


Figura 22. Microconidias y macroconidias de *Fusarium spp.* Especie 1



Figura 23. Colonia y macroconidias septadas de *Fusarium sp.* Especie 2.



Figura 24. Colonia y macroconidias septadas de *Fusarium sp.* Especie 3

Posibles síntomas y daños observados que pudieran estar asociados a *Fusarium sp.*

De acuerdo a (Buechel, 2018)) los síntomas que se pudieran asociar a *Fusarium sp.* Son marchitamiento, la presencia de pudrición en raíz y una tonalidad marrón, como se observa en la Figura 25.



Figura 25. Raíz con necrosis.

Cladosporium sp.

Características de identificación

El crecimiento en medio PDA presentó una coloración de gris a verde olivo, opaco en los márgenes, con un color verde o negro en el reverso, coincidiendo con lo reportado por Bensch et al, 2012. De acuerdo con este autor, también puede presentar micelio aéreo abundante o no y a veces llega a tener una apariencia lanosa. Bajo el microscopio con un aumento de 40x se observó los conidióforos geniculados, la célula conidiógena y los conidios.

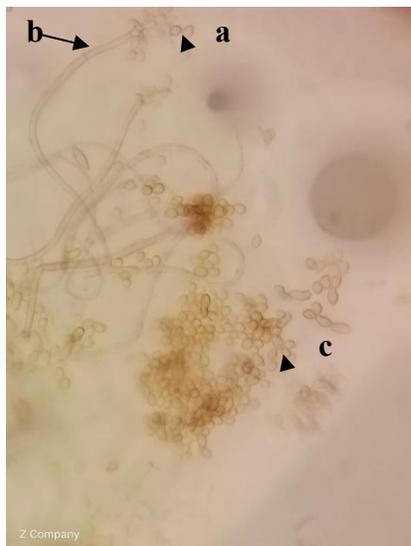


Figura 26. *Cladosporium* sp. a) Conidióforo geniculado, b) célula conidiógena y c) conidios.

Signos, síntomas y daños observados

Este hongo lo encontramos en el suelo y no en la parte aérea de la planta, no se detectaron signos y síntomas en el sistema radical del higo. *Cladosporium* sp tiende a atacar frutillas y no el sistema radical de la planta, de acuerdo con lo reportado por (Zitter A. T. 1986).

***Alternaria* spp.**

Características de identificación

A nivel de laboratorio con un aumento de 40x se observó que el conidióforo presenta una coloración café obscura, pueden ser solitarios (Figura 27) o partir de una base común, tiene apariencia de estar geniculado a su crecimiento apical y simpodial. Conidios de forma oval, individuales, poseen septos longitudinales y transversales, de coloración obscura. La célula apical del conidio puede faltar o estar presente de forma estrecha filamentosa o romo, de acuerdo a lo reportado por (Mussat, 1901).

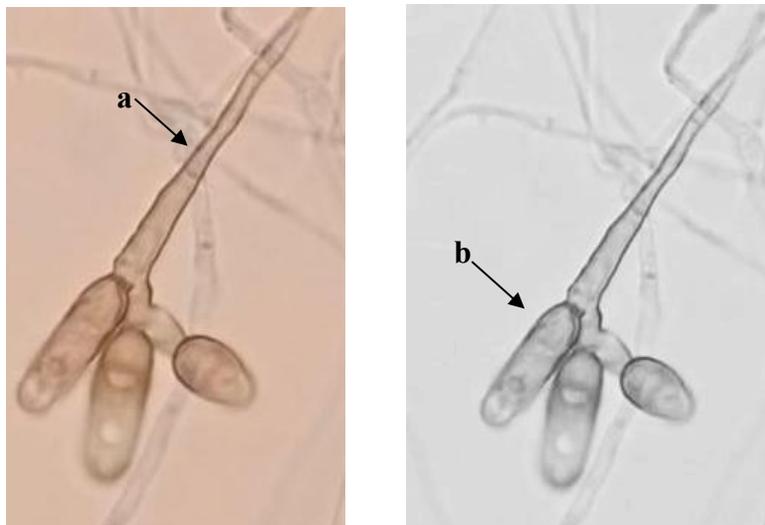


Figura 27. *Alternaria* sp. a) Conidióforo y b) conidios septados y ovales.

Signos, síntomas y daños observados

Al igual que *Cladosporium* sp lo encontramos en el suelo y no en la parte aérea de la planta, así mismo no se detectaron signos y síntomas en el sistema radical del higo. *Alternaria spp* tiende a atacar las partes aéreas de la planta causando (Mussat, 1901).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se encontraron dos especies de nemátodos en las muestras analizadas. *Meloidogyne incógnita*, asociada a la presencia de agallas en la raíz, clorosis, enanismo y raquitismo de las plantas de higo. Y *Criconeumoides* sp. asociado a la reducción de raíces.

Los hongos encontrados fueron 3 posibles especies de *Fusarium* sp. asociadas a necrosis en raíz, así como *Cladosporium* sp. y *Alternaria* sp. en suelo.

También se detectó la presencia de una especie de oomiceto en las muestras de suelo, *Pythium* sp.,

Se recomienda 1) realizar identificación molecular de las cepas de hongos y oomicetos halladas en el suelo y sistema radical de la higuera para determinar las especies presentes y 2) realizar un muestreo de los fitopatógenos en el follaje de las plantas de higo para poder proponer un manejo adecuado a las enfermedades presentes.

LITERATURA CITADA

Agrocapital et al. (2021). Higo una deliciosa opción para cultivar.

<https://idp.cimmyt.org/higo-una-deliciosa-opcion-para-cultivar/#:~:text=A%20pesar%20de%20existir%20muchas,o%20verdosa%20en%20su%20maduraci%C3%B3n.>

Bensch et al. (2012). The genus cladosporium Studies in Mycology 72:1-401.

<https://doi.org/10.3114/sim0003>

Ceballos-Ceballos, et al. (2024) efecto nematocida del extracto de *Canavalia ensiformis* y su potencialización con nanopartículas contra *Meloidogyne incognita*

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282024000200023

Conabio. (2014). Ficus Carica L.

http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/50-morac5m.pdf

DATA México. (2023). Higos frescos o secos.

<https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/product/figs-fresh-or-dried>

Dirección del centro nacional de referencia fitosanitaria. (2020). Ficha técnica fusarium spp (hipocreales: nectriaceae) podredumbre de raíces. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/633031/Fusarium_spp_ma_z_2020.pdf

Eisenback JD, Triantaphyllou HH (2020) Root-knot nematodes: Meloidogyne species and races. Manual of agricultural nematology. 1st Edition. CRC Press. Boca Raton, Florida. 1052p. <https://doi.org/10.1201/9781003066576-6>.

Fideicomiso de riesgo compartido. (2017). El higo, desde el medio oriente para el mundo. <https://www.gob.mx/firco/articulos/el-higo-desde-el-medio-oriente-para-el-mundo#:~:text=El%20higo%20procede%20del%20Medio,en%20jardines%20y%20patios%20internos>.

Garcia, Obando et al. (2004). Reconocimiento de especies de *Meloidogyne* en tomate de árbol (*Solanum betacea*) y lujo (*Solanum quitoense*) en la zona norte del departamento de Nariño

[file:///C:/Users/HOLA/Downloads/Dialnet-ReconocimientoDeEspeciesDeMeloidogyneEnTomateDeArb-6191592%20\(5\).pdf](file:///C:/Users/HOLA/Downloads/Dialnet-ReconocimientoDeEspeciesDeMeloidogyneEnTomateDeArb-6191592%20(5).pdf)

H.L Bamett & Barry B. Hunter (1998). p 131 y 133 ILLUSTRATED GENERA OF IMPERCT FUNGI. (FOURTH EDITION).

Hydro Environment. (2023). Higos una guía completa desde el cultivo hasta la cosecha. https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=466.#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20de%20higo%20a,el%2027%25%20del%20volumen%20total.

iNaturalist Mexico. (2024). Higuera (Ficus carica).
<https://mexico.inaturalist.org/taxa/60218-Ficus-carica>

Juan Anima S. (2019). Evaluación de dos variedades de higuera (Ficus carica L.) en vareta, en base a la aplicación de productos orgánicos y condiciones ambientales.
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/46229/JUAN%20ANTONIO%20ANIMA%20SOTO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ko, W. Chemical stimulation of sexual reproduction in Phytophthora and Pythium. Bot. Bull. Acad. Sin. 39, 81-86, 1998

Melchor Cepeda .(1996). p137 a 145. Nematología Agrícola (Vol. 1).

Nelson et al. 1982. Carnation leaves as a substrate and for preserving Fusarium species. Phytopathology 72:151-153.

Proyecto PE206020 (2021). *Mohos productores de micotoxinas* UNAM.

https://masam.cuautitlan.unam.mx/mohos_toxigenos_unigras/alternaria.html

SADER. (2023). Que hay detrás de la producción de higo.
<https://www.gob.mx/agricultura/articulos/que-hay-detras-de-la-produccion-de-higo#:~:text=Higos%20en%20M%C3%A9xico%3A%20M%C3%A1s%20que%20una%20fruta&text=En%202022%2C%20el%20pa%C3%ADs%20cosech%C3%B3,Baja%20California%20Sur%20y%20Michoac%C3%A1n.>

SADER. SENASICA. (2017). El Higo, desde el Medio Oriente para el mundo. <https://www.gob.mx/firco/articulos/el-higo-desde-el-medio-orienta-para-el-mundo#:~:text=El%20higo%20procede%20del%20Medio,en%20jardines%20y%20patios%20internos.>

SADER-SIAP 2025. Blog de agricultura. Estadísticas de producción de higo en Mexico. <https://blogagricultura.com/estadisticas-higo-mexico/#:~:text=El%20estado%20que%20lider%C3%B3%20este,el%2064.1%25%20del%20total%20nacional.&text=%C2%BFQu%C3%A9%20est%C3%A1%20sucediendo%20en%20el,Suscr%C3%ADbete%20y%20aver%C3%ADgualo>

Seintes P. (1996). Virtudes curativas de la almendra y otros frutos secos: avellana cacahuete, castaña coco, chufa, nuez, oliva, higo y ciruela. 2 ed. Editorial española Barcelona España. Pp79-81.

SENASICA. (2022). Ficha técnica para el diagnóstico de *Cladosporium cucumerinum* Ellis y Arthur, 1889.

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/759116/FT_Cladosporium_cucumerinum_2022.pdf

Tapia C, Amaro J. 2014. Género *Fusarium*. Revista chilena de infectología, 31(1), 85-86. <https://dx.doi.org/10.4067/S071610182014000100012>

TAYLOR, A. y SASSER, J. Biología, identificación y control de nematodos del nudo de la raíz. C.I.P. USA: Artes graficas de la Universidad del Estado de Carolina del Norte, 1983. 111 p.

Urrutia Anaya et al. (s.f.) aislamiento e identificación de *Pythium sp*, un fitopatógeno de interés agrícola en el estado de querétaro.

https://www.uaq.mx/investigacion/difusion/veranos/memorias-2009/11VCRC_46/35_Urrutia_Anaya_Color.pdf

UNIVERSITY OF CALIFORNIA. (2020). Podredumbre de raíz causada por Phytium.

<https://ipm.ucanr.edu/agriculture/floriculture-and-ornamental-nurseries/pythium-root-rot/#gsc.tab=0>

Zitter A. T. (1986). Scab of Cucurbits Vegetable MD Online.

http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/factsheets/Cucurbit_Scab.htm