

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



IDENTIFICACIÓN DE FITOPARÁSITOS Y FITOPATÓGENOS ASOCIADOS AL  
CULTIVO DEL ARÁNDANO EN MICHOACÁN, MÉXICO

Tesis

Que presenta ELSA CAROLINA LANDEROS GÁLVEZ

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

Saltillo, Coahuila

Diciembre 2023



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



IDENTIFICACIÓN DE FITOPARÁSITOS Y FITOPATÓGENOS ASOCIADOS AL  
CULTIVO DEL ARÁNDANO EN MICHOACÁN, MÉXICO

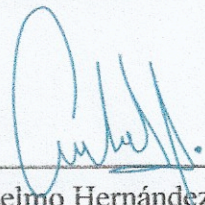
Tesis

Que presenta ELSA CAROLINA LANDEROS GÁLVEZ

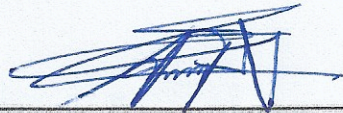
como requisito parcial para obtener el Grado de  
MAESTRO EN CIENCIAS EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

  
Dra. Yisa María Ochoa Fuentes

UAAAN

  
Dr. Anselmo Hernández Pérez

Externo a la UAAAN

  
Dr. Antonio Flores Naveda

Subdirector de Postgrado

UAAAN

Saltillo, Coahuila


Diciembre 2023



IDENTIFICACIÓN DE FITOPATÓGENOS Y FITOPARÁSITOS ASOCIADOS AL  
CULTIVO DEL ARÁNDANO EN MICHOACÁN, MÉXICO

Tesis

Elaborada por ELSA CAROLINA LANDEROS GÁLVEZ como requisito parcial para  
obtener el grado de Maestro en Ciencias en Parasitología Agrícola con la supervisión y  
aprobación del Comité de Asesoría



---

Dra. Yisa María Ochoa Fuentes

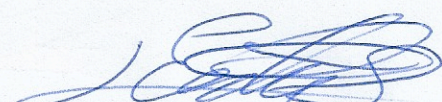
Director de Tesis



---

Dr. Anselmo Hernández Pérez

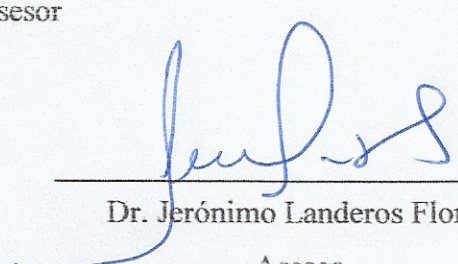
Asesor



---

Dr. Ernesto Cerna Chávez

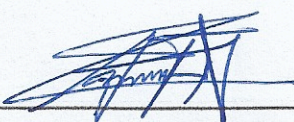
Asesor



---

Dr. Jerónimo Landeros Flores

Asesor



---

Dr. Antonio Flores Naveda

Subdirector de Postgrado

UAAAN

Saltillo, Coahuila

Diciembre 2023



## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres Jerónimo Landeros Flores y Sofía Gálvez Chan, que siempre me han apoyado en todos los aspectos de mi vida. La culminación de mis estudios es gracias a ellos.

A la Dra. Yisa María Ochoa Fuentes, por haberme guiado y apoyado con lo relacionado al proyecto desarrollado.

Al Dr. Anselmo Hernández Pérez por su siempre atenta disposición para los asuntos relacionados con el proyecto y por su colaboración para la colecta de las muestras.

Al Dr. Ernesto Cérna Chávez y al Dr. Jerónimo Landeros Flores por ser parte de mi comité; así como por la asesoría y conocimientos impartidos en el transcurso de estos dos años que me permitieron desarrollar con éxito el presente trabajo.

Al M.C Omar Jiménez Pérez por la formación recibida para el manejo y purificación de los hongos. A la Dra. Rocío Díaz Aguilar por los conocimientos impartidos sobre las técnicas moleculares. A la Dra. Fabiola Garrido, por todo el apoyo y conocimientos brindados en el área de nematología. Al Dr. Gabriel Gallegos Morales, por su apoyo y disponibilidad para el uso de su laboratorio.

A todos los doctores que me impartieron clases y me brindaron sus conocimientos en el transcurso de estos dos años. La culminación de este trabajo es posible gracias a sus enseñanzas.

A mis compañeros; Lucía Fuentes, Fátima Matínez, Jaqueline Flores, Edgar Guzmán, Vidal Zavala, Adriana Félix y Augusto Ceballos. Todos ellos me apoyaron de forma personal y de forma teórica o práctica en el desarrollo del proyecto en el transcurso de estos dos años.



## DEDICATORIA

*A mis padres, **Jerónimo Landeros Flores** y **Sofía Gálvez Chan**, que siempre me han apoyado en todos los aspectos de mi vida.*



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS .....	iv
DEDICATORIA .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVOS E HIPÓTESIS .....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Historia y Origen del Cultivo.....	4
Características Botánicas del Arándano.....	4
Descripción Morfológica .....	4
Condiciones de Cultivo .....	5
Clasificación Taxonómica.....	6
Producción Nacional y Mundial del Cultivo.....	6
Aspectos Relevantes e Importancia de los Fitoparásitos y Fitopatógenos del Cultivo..	7
Hongos .....	7
Ácaros .....	8
Nemátodos.....	9
Recolecta del Material Vegetal .....	10
Ácaros .....	10
Obtención de los Ácaros, Montaje e Identificación .....	10
Hongos .....	11
Aislamiento y Purificación.....	11
Identificación y Descripción Morfológica .....	11
Extracción de ADN y PCR para la Identificación Molecular .....	11
Nemátodos.....	12
Extracción .....	12
Montaje e Identificación .....	13
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	14
Hongos .....	14



Identificación Molecular .....	14
Descripción e Identificación Morfológica .....	15
<i>Aspergillus sclerotiorum</i> .....	15
<i>Trichoderma longibrachiatum</i> .....	17
<i>Stagonosporopsis cucurbitacearum</i> .....	19
<i>Fusarium oxysporum</i> .....	21
<i>Nigrospora sphaerica</i> .....	24
<i>Neopestalotiopsis rosae</i> .....	26
<i>Pestalotiopsis oxyanthi</i> .....	27
Ácaros .....	29
<i>Brevipalpus</i> .....	29
<i>Brevipalpus lewisi</i> .....	31
<i>Brevipalpus obovatus</i> .....	33
Nemátodos.....	34
<i>Dorylaimus</i> sp. ....	34
<i>Helicotylenchus</i> sp. ....	36
<i>Tylenchus</i> sp. ....	37
<i>Psilenchus</i> sp. ....	38
<i>Rhabditis</i> sp. ....	39
<i>Acrobeloides</i> sp. ....	40
CONCLUSIONES .....	42
REFERENCIAS.....	43



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Amplificaciones de PCR de las cepas aisladas.....	14
<b>Figura 2.</b> <i>Aspergillus sclerotiorum</i> .....	16
<b>Figura 3.</b> <i>Trichoderma longibrachiatum</i> . ....	18
<b>Figura 4.</b> <i>Stagonosporopsis cucurbitacearum</i> .....	20
<b>Figura 3.</b> <i>Fusarium oxysporum</i> .....	22
<b>Figura 6.</b> Sintomatología en las plantas de arándano muestreadas .....	23
<b>Figura 7.</b> <i>Nigrospora sphaerica</i> .....	24
<b>Figura 8.</b> Sintomatología en las plantas de arándano muestreadas .....	25
<b>Figura 9.</b> <i>Neopestalotiopsis rosae</i> .....	26
<b>Figura 10.</b> <i>Pestalotiopsis oxyanthi</i> .....	28
<b>Figura 12.</b> <i>Brevipalpus lewisi</i> .....	32
<b>Figura 16.</b> <i>Tylenchus</i> sp .....	37
<b>Figura 17.</b> <i>Psilenchus</i> sp .....	38
<b>Figura 18.</b> <i>Rhabditis</i> sp .....	39
<b>Figura 19.</b> <i>Acrobeloides</i> sp.....	40

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Especies fúngicas aisladas y descritas en el presente trabajo .....	15
---	----



Resumen

IDENTIFICACIÓN DE FITOPATÓGENOS Y FITOPARÁSITOS ASOCIADOS AL  
CULTIVO DEL ARÁNDANO EN MICHOACÁN, MÉXICO

Por

ELSA CAROLINA LANDEROS GÁLVEZ

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DRA. YISA MARÍA OCHOA FUENTES -ASESOR-

Saltillo, Coahuila.

Diciembre 2023

Se realizaron estudios para la identificación de las especies de hongos, ácaros y nemátodos asociados al cultivo del arándano en las localidades de Uruapan y Ziracuaretiro en el estado de Michoacán, México. Se emplearon técnicas tradicionales basadas en la morfología, así como técnicas de biología molecular para la identificación de las especies. Se lograron identificar siete especies de hongos asociados al cultivo: *Aspergillus sclerotiorum*, *Trichoderma longibrachiatum*, *Stagonosporopsis cucurbitacearum*, *Fusarium oxysporum*, *Nigrospora sphaerica*, *Neopestalotiopsis rosae* y *Pestalotiopsis oxyanthi*. También se identificaron dos especies de ácaros fitoparásitos: *Brevipalpus obovatus* y *Brevipalpus lewisi*. Por último se identificaron 6 géneros de nemátodos presentes en la rizósfera del material muestreado. *Dorylaimus* sp., *Tylenchus* sp., *Psilenchus* sp., *Helicotylenchus* sp., *Rhabditis* sp., *Acrobeloides* sp. La mayoría de los géneros y especies mencionados con anterioridad se reportan por primera vez en el cultivo del arándano en Michoacán, México. Se hace un aporte importante a la información disponible sobre la diversidad de organismos fitoparásitos y fitopatógenos asociados al cultivo del arándano en el estado de Michoacán, México.

Palabras Clave: Hongos, Nemátodos, Ácaros, Identificación Morfológica y Molecular

Abstract

IDENTIFICATION OF PHYTOPATHOGENS AND PHYTOPARASITES  
ASSOCIATED WITH BLUEBERRY CULTIVATION IN MICHOACAN, MEXICO

By

ELSA CAROLINA LANDEROS GÁLVEZ

MASTER OF SCIENCE IN AGRICULTURAL PARASITOLOGY UNIVERSIDAD  
AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DRA. YISA MARÍA OCHOA FUENTES -ADVISOR-

Saltillo, Coahuila

Diciembre 2023



Studies were conducted for the identification of fungal species, mites and nematodes associated with the blueberry crop in the localities of Uruapan and Ziracuaretiro in the state of Michoacán, Mexico. Traditional techniques based on morphology were used, as well as molecular biology techniques for species identification. Seven species of fungi associated with the crop were identified: *Aspergillus sclerotiorum*, *Trichoderma longibrachiatum*, *Stagonosporopsis cucurbitacearum*, *Fusarium oxysporum*, *Nigrospora sphaerica*, *Neopestalotiopsis rosae* and *Pestalotiopsis oxyanthi*. Two species of phytoparasitic mites were also identified: *Brevipalpus obovatus* and *Brevipalpus lewisi*. Finally, 6 genera of nematodes were identified in the rhizosphere of the sampled material: *Dorylaimus* sp., *Tylenchus* sp., *Psilenchus* sp., *Helicotylenchus* sp., *Rhabditis* sp., *Acrobeloides* sp. Most of the genera and species mentioned above are being reported for the first time in blueberry in Michoacán, Mexico. An important contribution is made to the available information on the diversity of phytoparasitic and phytopathogenic organisms associated with blueberry cultivation in the state of Michoacán, Mexico.

Key words: Fungi, Nematodes, Mites, Morphological and Molecular Identification.

## INTRODUCCIÓN

El arándano azul (*Vaccinium corymbosum*) es una fruta con alto valor nutricional, bajo contenido calórico, elevado en antioxidantes y con propiedades antiinflamatorias; además de que puede ser consumido tanto en fresco o en sus formas procesadas (Banerjee *et al.* 2020). Dichos atributos lo convierten en un producto atractivo por su versatilidad y beneficios a la salud humana. Por estos motivos, se ha incrementado la popularidad y demanda del mismo en la última década; ocasionando así un aumento en la producción y superficie cultivada en diferentes regiones del mundo, incluyendo a México. En el 2022, en nuestro país se registró una producción total de 66,846 toneladas que al compararlas con las 7,190 toneladas cultivadas en el año 2012, nos indican un aumento importante de casi 10 veces de la producción a nivel nacional en un periodo de 10 años (SIAP 2022).

Las plagas y las enfermedades son de los principales factores causales de la reducción en la productividad de los cultivos. Para el caso específico del arándano, se han reportado pérdidas de hasta el 30% en la productividad del cultivo a causa de enfermedades fúngicas (Scherm y Krewer, 2008). Los nemátodos también se reportan causando daños significativos, ya que frecuentemente ocasionan una reducción de la masa y volumen de la raíz; esto disminuye la eficiencia de la planta para absorber nutrientes, ocasionando pérdidas en la productividad general de hasta el 40% (Pscheidt y Ocam, 2022). Por otro lado, los ácaros causan daños directos por su alimentación directa sobre las hojas (disminuyendo su capacidad fotosintética) y sobre el futo (se alimentan de los botones florales, imposibilitando la formación del fruto), algunas especies también representan un peligro ya que son vectores de virus; las pérdidas asociadas con la presencia de ácaros puede ser del 80 al 100% en la productividad del cultivo (López y Liburd *et al.*, 2020).

Uno de los principales problemas relacionados a la producción de arándano en México, radica en la falta de conocimiento sobre la diversidad de organismos fitopatógenos y fitoparásitos que afectan al cultivo y por lo tanto la productividad del mismo; sobre todo en la especificidad en la identificación morfológica y molecular a nivel de especie de los mismos. Dentro de las berries cultivadas en México, el arándano presenta el menor número de especies fitopatógenas identificadas y reportadas, con un total de 15 especies de hongos fitopatógenos registrados, comparadas con las 45 especies para el cultivo de la

fresa (Garay-Serrano *et al.* 2021). La generación de esta información es importante para poder planear un control eficaz y oportuno de las enfermedades, que se traducirá en un aumento en la productividad del cultivo y por lo tanto, mayores ganancias económicas. El presente trabajo consistió en identificar morfológica y molecularmente las especies de hongos asociados al cultivo del Arándano en dos localidades del estado de Michoacán, México. Así mismo, se identificaron con base en sus características morfológicas, a los géneros y especies de nemátodos y ácaros asociados al cultivo. Para todos los casos anteriores se hizo especial énfasis en los organismos fitopatógenos y fitoparásitos de relevancia agrícola, sin excluir a aquellos de vida libre o saprófitos.



## **OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

### **Objetivo General**

Determinar la diversidad de organismos fitoparásitos y fitopatógenos, que se encuentran asociados al cultivo del arándano en dos localidades del estado de Michoacán, México.

### **Objetivos Específicos**

- Identificar morfológica y molecularmente, las especies fúngicas aisladas del cultivo del arándano.
- Identificar morfológicamente los nemátodos y ácaros fitoparásitos presentes en el cultivo del arándano.
- 

### **Hipótesis**

Se identificará al menos una especie de hongo fitopatógeno; nemátodo y ácaro fitoparásito no reportado previamente en el cultivo de arándano en México.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Historia y Origen del Cultivo

Los arándanos son un grupo de especies de arbustos silvestres, nativos del hemisferio norte de América. Es una de las especies vegetales de domesticación más reciente, se estima que la domesticación de las variedades silvestres de arándanos se estableció con éxito a principios del siglo pasado en USA por el Dr. Frederick Vernon Coville (botánico del Departamento de Agricultura de Estados Unidos). Comparando su domesticación a la de la uva, que ocurrió en Egipto hace más de 4,000 años o la de la fresa que se dio en Francia en 1715, queda claro que el arándano es de los frutos con domesticación más reciente (Mainland, 2012). La demora en su domesticación se debe probablemente a su abundante disponibilidad en el medio silvestre, por lo que no fue necesaria su domesticación hasta que se planteó la producción intensiva del mismo, para una distribución comercial nacional y global (Gough, 1993).

En la actualidad, existen diferentes especies y variedades empleadas para la producción agrícola comercial. Las nuevas variedades son resultado de un largo proceso de domesticación, cruzamiento y mejoras genéticas que han permitido obtener frutos con mayores cualidades físicas y nutricionales. Estos procesos de mejora han permitido desarrollar variedades capaces de establecerse en una amplia variedad de climas, desde fríos a cálidos, y así lograr la disponibilidad del fruto durante todo el año. La principal especie cultivada de forma extensiva, empleada en alrededor del 80% de los cultivares comerciales, es el arándano alto o highbush (*Vaccinium corymbosum*) (González *et al.*, 2017).

### Características Botánicas del Arándano

#### Descripción Morfológica

Todos los arándanos cultivados comercialmente son plantas leñosas perennes de larga vida. Los arándanos son arbustos en forma de corona con dos a cinco tallos basales que oscilan entre 1 y 5 m de altura (1.5-3 m generalmente en el cultivo). Las ramillas son verdes, amarillas o rojizas, a menudo glaucas, y de glabras a densamente pubescentes. Las hojas tienen una forma que va de ovada a estrechamente elíptica, suelen ser caducas, de

15-40 mm de ancho por 40-60 mm de largo, glabras y a menudo glaucas por encima, verdes o glaucas y glabras o pubescentes por debajo, con un margen entero, serrado o aserrado. La corola tiene 8-12 mm de longitud y es de color blanco a rosa intenso. La baya es de color azul glauco a negro apagado u ocasionalmente brillante (azul glauco en los cultivares actuales) y de 8-15 mm de diámetro (Janick y Paull, 2008).

Las yemas son perennes y dimórficas, con yemas florales más redondeadas y al menos dos veces más anchas que las yemas vegetativas. Ambos tipos de yemas están cubiertas de escamas imbricadas. Las hojas están dispuestas alternativamente en las ramillas. La inflorescencia es corimbosa con entre cinco y 15 fascículos florales. Las partes de la flor están unidas en cinco secciones y los pétalos están fusionados en un tubo de corola que tiene forma de urna a cilíndrica. El fruto es una falsa baya, pseudoloculadas y con muchas semillas; las semillas miden entre 1.2-1.5 mm (Janick y Paull, 2008).

#### Condiciones de Cultivo

De acuerdo manual de manejo agronómico del arándano, publicado en el 2017 por el INIA (González *et al.*, 2017) existen dos especies principales de arándano, destinadas para el cultivo comercial. La más común y de mayor importancia, que representa más del 80% de las especies cultivadas es el arándano alto (highbush). Le sigue la especie ojo de conejo (rabbiteye), con una proporción de alrededor del 14%.

La variedad southern highbush por lo general cuentan con una mayor tolerancia al calor y tienen menor requerimiento del frío invernal (entre 200 y 600 horas bajo 7 °C). Es una variedad difícil de cultivar ya que presentan alta mortalidad y bajo vigor; sin embargo, producen frutos de mayor calidad, por lo que son dedicados al mercado fresco. La cosecha del fruto se tiene que realizar de forma manual debido al mercado al que se dirige y a la delicadez del mismo. Por otro lado, el arándano ojo de conejo es más fácil de cultivar, presenta mayor vigorosidad por lo que es más productiva. No tiene tantos requerimientos, son altamente tolerantes a la sequía y se desarrolla en una gran diversidad de suelos, y pH alcalinos, algunos de menor materia orgánica (1-2%), suelos arenosos, y arcillosos; esto a diferencia de la especie Highbush, que necesitan suelos más altos en materia orgánica. Las variedades de ojo de conejo son principalmente destinadas a la industria para su procesamiento o para consumo congelado. No se requiere tratar el fruto con tanta

delicadeza, por lo tanto, puede ser cosechado en forma mecánica, con maquinaria agrícola. Los arándanos cultivados pueden crecer en la mayoría de los tipos de suelo. Sin embargo, suelen rendir mejor en suelos bien drenados, ácidos, de arena orgánica o franco-arenosos con un contenido de materia orgánica superior al 3%. El pH ideal del suelo es ideal es de 4.5 a 4.8, pero las plantas toleran un rango entre 3.5 y 5.5 (González *et al.*, 2017).

### **Clasificación Taxonómica**

División: Tracheophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Ericales

Familia: Ericaceae

Género: *Vaccinium*

Especie: *Vaccinium corymbosum*

Clasificación taxonómica verificada en el Integrated Taxonomic Information System (ITIS) del National Museum of Natural History (2023) de Estados Unidos.

### **Producción Nacional y Mundial del Cultivo**

Para el año 2021, la producción mundial del cultivo fue de 1,113,260 toneladas de fruto fresco. El principal país productor fue Estados Unidos (351,130 t), seguido por Perú (22,797 t) y Canadá (14,655 t). La superficie total cosechada a nivel mundial fue de 163,741 ha. Los países con mayor superficie de cosecha fueron Estados Unidos (4,872 ha), Canadá (4,193 ha) y Chile (1,821 ha) (FAOSTAT, 2021).

México, en el año 2021, ocupó el quinto lugar en producción y sexto lugar en superficie total cosechada a nivel mundial. La producción de ese año fue de 66,482 t, aproximadamente el 6% de la producción total mundial. Por su parte, la superficie total cosechada fue de 5,833 ha, representando aproximadamente el 3.6% de la total mundial. A pesar de su poca área de cosecha, México resultó ser el tercer país con mayor rendimiento del mundo, solo por debajo de Perú y España (FAOSTAT, 2021).

El arándano azul es una especie de cultivo relativamente nuevo en México. El incremento significativo en la producción de dicho cultivo en México se ha dado en el transcurso de



los últimos 10 años. La producción nacional ha incrementado considerablemente en años recientes debido al creciente mercado para dicho producto a nivel nacional e internacional. En el 2022, en nuestro país se registró una producción total de 66,846 t que al compararla con las 7,190 t cultivadas en el año 2012, nos indican un aumento importante de casi 10 veces de la producción a nivel nacional en un periodo de 10 años (SIAP, 2022).

La producción de arándanos se concentra principalmente en 10 estados de la República Mexicana. La principal zona de producción de arándanos se concentra en el centro de México, siendo Jalisco el primer estado productor, seguido por Sinaloa y Michoacán respectivamente. A pesar de que Michoacán es el tercer estado productor, actualmente es el estado con mayor rendimiento, produciendo un total de 21.50 t/ha. Se plantea que la concentración de la producción es en dichos estados debido a que cumplen con las condiciones climáticas más óptimas para la producción del cultivo, aunado a que también son los principales estados productores de berries en México. La alta productividad de estados como Jalisco y Sinaloa, este último con rendimientos de casi cuatro veces el de Florida, convierten a México el principal competidor del mercado de los arándanos en USA (Wu y Guan, 2021; SIAP, 2022).

### **Aspectos Relevantes e Importancia de los Fitoparásitos y Fitopatógenos del Cultivo**

#### Hongos

Las plagas y las enfermedades son de los principales factores causales de la reducción en la productividad de los cultivos. Para el caso específico de las enfermedades causadas por hongos fitopatógenos, pueden llegar a causar pérdidas de hasta el 30% en los cultivos de arándano (Scherm y Krewer, 2008). Las enfermedades presentes en el cultivo reducen la fotosíntesis de las plantas afectadas y provocan una defoliación prematura, así como también ocasionan una menor producción de botones florales y un menor rendimiento en el siguiente ciclo de cultivo. De forma general, las enfermedades bacterianas y fúngicas pueden ocasionar síntomas como lo son necrosis, pudriciones y tumoraciones en la raíz; anillos necróticos y pudrición de los haces vasculares; y clorosis, necrosis o coloraciones rojizas en las hojas de la planta (González *et al.*, 2017).

Garay-Serrano y colaboradores (2021), hicieron un listado de las investigaciones que reportan las especies de fitopatógenos afectando los cultivos de berries en México. Con

base en sus resultados se concluyeron varias cosas, en primer lugar es que existe una clara deficiencia en la información disponible sobre los hongos fitopatógenos que afectan al cultivo del arándano. De las cuatro especies de berries analizadas, el arándano tuvo el menor número de reportes e investigaciones y por lo tanto el menor número de especies fitopatógenas conocidas. Así mismo, se destaca la necesidad de mayor especificidad en la identificación de los fitopatógenos, ya que la mayoría de los registros están identificados a nivel de género. Se necesita determinar a nivel de especie las enfermedades y fitoparásitos asociados al cultivo, ya que estas varían en distribución, abundancia y agresividad; factores importantes al momento de determinar un manejo de las enfermedades.

### Ácaros

En el caso de los ácaros, la mayor parte de los daños causados se debe a los hábitos alimenticios de los mismos. La sintomatología más común ocasionada por estos se da principalmente en las hojas, las cuales pueden llegar a presentar manchas cloróticas sobre la superficie foliar, e incluso pueden llegar a tomar una coloración rojiza generalizada. La presencia de dichas manchas cloróticas reducen la capacidad fotosintética de la planta, reduciendo la productividad y el crecimiento de la misma. Algunas especies de ácaros también se caracterizan por producir telarañas (subfamilia Tetranychinae), cuando las poblaciones son muy densas pueden cubrir por completo el cultivo e impiden las actividades fisiológicas regulares de las plantas. Otra sintomatología común en dichos cultivos es la causada por ácaros de la familia Eriophyidae, estos se localizan principalmente en los botones florales (dentro de ellos) y causan la deformación o destrucción de los mismos al alimentarse; pueden llegar a inhabilitar el botón floral por completo, impidiendo la formación del fruto o causando deformidades en el fruto, volviéndolos no aptos para el mercado. Las pérdidas productivas por estos ácaros se estiman en un 80 hasta el 100% de los cultivos de arándano (Lopez y Librud, 2020; Librud, Lopez y Phillips, 2020).

Otro aspecto importante de algunas familias y géneros de ácaros fitoparásitos, que pueden afectar la productividad de los cultivos, es que pueden ser vectores de enfermedades virales. Tal es el caso del género *Brevipalpus* que aparte del daño ocasionado por la

alimentación, tienen la habilidad para transmitir virus que infectan plantas; un grupo pequeño de especies pertenecientes a dicho género son conocidos por su capacidad de transmitir un complejo de virus conocidos como virus transmitidos por brevipalpus o BTV por sus siglas en inglés (Kitajima *et al.*, 2020). Dichos virus alteran la fisiología de las plantas, ocasionando una reducción en la productividad de los cultivos. Una vez que han adquirido el virus, no es posible curar las plantas, por lo que el manejo de la enfermedad se centra en remediar las afecciones causadas por el virus para aumentar la productividad en la medida de lo posible (Anikina *et al.*, 2023). Es por eso que la detección temprana y control oportuno de los vectores es relevante, se trata de una medida preventiva muy relevante en el manejo de cultivos.

### Nemátodos

Los arándanos también son susceptibles a los nemátodos fitoparásitos. Se trata de organismos parecidos a los gusanos, microscópicos, que suelen alimentarse de las raíces de las plantas, viviendo dentro de ellas o en el sustrato aledaño. Los nemátodos fitoparásitos son parásitos obligados y necesitan tejidos vivos del huésped para alimentarse y reproducirse. La alimentación de los nemátodos fitoparásitos en las raíces de las plantas provoca una reducción del volumen y la masa de las raíces. También pueden aparecer pequeñas agallas terminales en las raíces. Los arándanos infectados con niveles perjudiciales de nemátodos suelen estar atrofiados y tener un crecimiento lento, con bayas más pequeñas y menor rendimiento. La alimentación por parte de los nemátodos no da lugar a ningún síntoma característico en la superficie. Los síntomas suelen aparecer en manchas o por grupos en el total de la superficie sembrada, esto se debe a que los nemátodos suelen estar agrupados en su distribución y se propagan lentamente (Warner, 2022; Cepeda-Siller, 1996). Se estima que las pérdidas ocasionadas por nemátodos fitoparásitos pueden llegar a alcanzar hasta el 40% en el cultivo del arándano (Pscheidt y Ocamb, 2022).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Recolección del Material Vegetal

La recolección de las muestras se llevó a cabo en las localidades de Uruapan y Ziracuaretiro en el estado de Michoacán, México. Los predios corresponden a unidades de producción agrícola dedicadas al cultivo de arándano. El muestreo fue dirigido, a plantas que presentaran síntomas de enfermedad como necrosis, amarillamiento, coloraciones anormales y con crecimiento retrasado; se tomaron muestras de todos los órganos de la planta: futo, inflorescencia, hojas, tallo y raíz.

También se tomó una muestra compuesta de suelo para el análisis de los nemátodos; esta consistió en tomar aproximadamente 250 g de suelo de cada una de las macetas muestreadas, a una profundidad de 15 a 20 cm, posteriormente se mezclaron para formar una muestra compuesta.

Los órganos vegetales recolectados fueron depositados en bolsas de papel encerado para evitar su deshidratación; el suelo se guardó en bolsas plásticas negras. Posteriormente todas las muestras fueron trasladadas al Laboratorio de Toxicología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro para su análisis.

### Ácaros

#### Obtención de los Ácaros, Montaje e Identificación

La obtención de los ácaros se realizó por medio de la extracción directa de las hojas y otros órganos. Para esto se analizaron las muestras con ayuda de un microscopio estereoscópico y al observar los especímenes fueron retirados con agujas minucias. Los individuos fueron montados siguiendo la metodología de Krantz y Walter (2009). El montaje de los individuos fue en portaobjetos sobre el medio conocido como Líquido de Hoyer. Posteriormente las montas se colocaron en una estufa de secado a 45°C por 15 días, una vez ya endurecidas se sellaron y etiquetaron para su posterior identificación.

Para el caso de la identificación a nivel familia se emplearon las claves taxonómicas de Krantz y Walter (2009); mientras que para los géneros y especies se utilizaron claves específicas que se mencionan en cada una de las descripciones en la parte de resultados.



## **Hongos**

### Aislamiento y Purificación

Se cortaron trozos de los órganos vegetales de aproximadamente 1 cm<sup>2</sup>, esto con la finalidad de facilitar su manejo y para asegurar la uniformidad de las muestras. Posteriormente se desinfectaron por inmersión en una solución de hipoclorito de sodio al 3% durante tres minutos, enseguida se realizó un triple enjuague con agua destilada estéril (1 min. en cada enjuague) y se dejaron secar a temperatura ambiente sobre papel secante estéril. Consecutivamente, las muestras se colocaron sobre medios de cultivo, PDA y V8 específicamente. Se incubaron a 25°C por un periodo de 24 a 72 h. Pasado el tiempo, se verificaron las cajas para confirmar el crecimiento y se realizaron las resiembras pertinentes. Finalmente, se obtuvieron cepas puras por medio de la resiembra en agar agua y la técnica de punta de hifa.

### Identificación y Descripción Morfológica

La identificación morfológica se llevó a cabo a través de la visualización directa de las estructuras fúngicas. Para ello se incubaron las cepas puras por un periodo aproximado de cuatro semanas para asegurar la presencia de conidios u otras estructuras que facilitaran la identificación. Para su observación se realizaron montajes de micelio sobre portaobjetos con lactofenol azul de algodón y posteriormente se visualizaron en un microscopio compuesto. Para la identificación morfológica inicial a género se emplearon las claves taxonómicas de Barnett y Hunter (1998), posteriormente se emplearon claves y artículos específicos para la identificación a nivel de especie. La corroboración de la nomenclatura se realizó en la página Index Fungorum.

### Extracción de ADN y PCR para la Identificación Molecular

Se realizó la extracción de ADN de las cepas purificadas siguiendo la metodología modificada de Doyle y Doyle (1987). Se tomó micelio con ayuda de un bisturí y se maceró en un mortero con 800 µL de buffer de extracción (Tris-HCL, pH 8.0 – 100mM; EDTA pH 8.5 – 50 mM; NaCl 50 mM y SDS 2%), se agitó por 30 segundos en el vórtex para asegurar la uniformidad de la muestra. Posteriormente se agregaron 700 µL de cloroformo/alcohol isoamílico (24:1) y se agitó por otros 30 segundos en el vórtex. Se

centrifugaron las muestras durante 15 minutos a 12,000 rpm. Se extrajo la fase acuosa y se colocó en un tubo nuevo al que también se le adicionó un volumen equivalente de isopropanol (aproximadamente 500 µL). Dicho tubo se dejó en refrigeración por 15 minutos para después centrifugarlo durante 10 minutos a 12,000 rpm. Terminada la centrifugación se desechó el sobrenadante, la pastilla de ADN que quedó al fondo del tubo se dejó secar a temperatura ambiente sobre papel secante estéril.

Para las amplificaciones por PCR se utilizaron los iniciadores ITS1 (5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3') e ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3'). Las condiciones de la reacción para la PCR fueron de 1 ciclo de desnaturalización inicial a 94°C por 5 min., seguido a este fueron 30 ciclos de desnaturalización a 95°C por 10 segundos, posteriormente se llevaron a cabo 30 ciclos para el alineamiento de los primers a 57°C por 30 segundos, seguido por 30 ciclos de extensión a 72°C por 2 minutos y por último un ciclo de extensión final a 72°C por 5 minutos. La amplificación se visualizó en un gel de agarosa al 1% mediante electroforesis y se enviaron a secuenciar. Las secuencias de las amplificaciones fueron cotejadas con ayuda de la herramienta BLAST de la base de datos del NCBI para su identificación pertinente. Después de haber confirmado su identidad, las secuencias obtenidas fueron depositadas en el GenBank del NCBI con los números de acceso presentes en la Tabla 1.

## **Nemátodos**

### Extracción

La extracción de nemátodos del suelo se realizó por la metodología de tamizado y centrífuga. Dicha metodología es una modificación que tiene como base la metodología de tamizado de Cobb (Senthilkumar, Amaresan y Sankaranarayanan); esta metodología se basa en la movilidad de los nemátodos, así como del tamaño, forma y velocidad de sedimentación tanto de las partículas del suelo como de los nemátodos. La separación de los nemátodos se realiza pasando la muestra por tamices de diferentes tamaños de malla, que van desde la 20 hasta la de 325 y 500. La metodología modificada de Rosas-Hernández (2014) fue la que se siguió en el presente trabajo.

Se tomaron 100 – 200 gr de la muestra compuesta de suelo y se colocaron en una tina con tres a cuatro litros de agua; se agitó vigorosamente hasta deshacer los terrones y hasta

que se homogenizó la muestra en la medida de lo posible y se esperaron 10 segundos, posterior a esto se pasó por el primer tamiz de malla 20 y se descartó el material retenido. La suspensión de tierra y agua se volvió a pasar por el tamiz de 60 y el material retenido se colectó para su análisis, en este número de malla suelen quedar los nemátodos de tamaño más grande. Se repitió el mismo proceso para los tamices de 100 y 200, lo retenido se vertió sobre el tamiz de 325 y se depositó el sedimento obtenido en tubos de centrífuga. Posteriormente se agregó 1 gr de caolín y se mezcló manualmente; el caolín al ser una arcilla con carga negativa, se adhiere a la superficie del nemátodo con carga positiva, haciéndolo más denso y causando su precipitación. Después se llevó a la centrífuga por 5 minutos a 2, 500 rpm, se descartó el sobrenadante ya que los nemátodos se encuentran sedimentados al fondo del tubo; posteriormente se agregó una solución de sacarosa y se mezcló muy bien, se volvió a centrifugar a 2,500 rpm x 3 min. El sobrenadante se vertió sobre un tamiz de 500 y se lavó muy bien con agua destilada para retirar el exceso de solución azucarada y así evitar el daño al nemátodo. Lo retenido en el tamiz de 500 se depositó en un tubo para su posterior análisis.

#### Montaje e Identificación

El montaje de los especímenes se realizó en portaobjetos con lactofenol azul de algodón. Se empleó un microscopio estereoscópico y una micropipeta de 10-20  $\mu$ L para poder manipular a los nemátodos.

La identificación se llevó a cabo por la observación de las estructuras morfológicas de las montas de los nemátodos. Se utilizaron las guías y las claves de Li y colaboradores (2017) para su identificación a nivel de género.

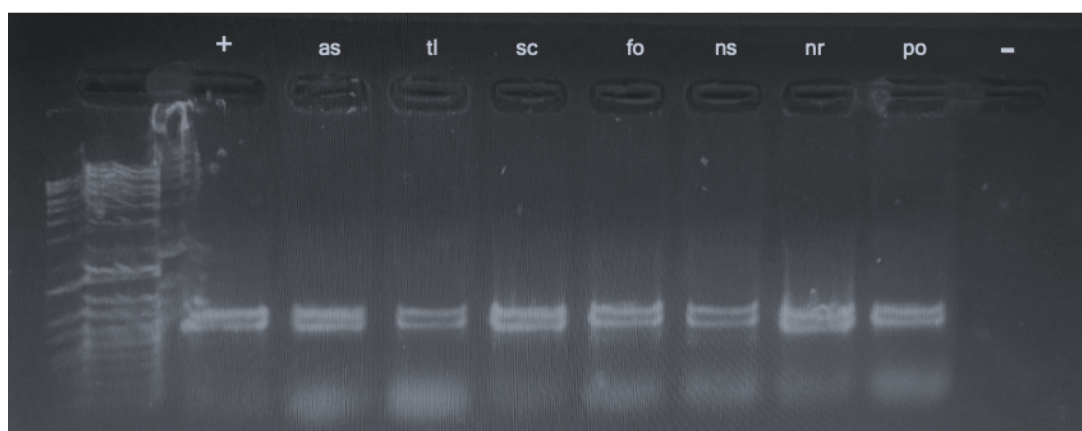
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Hongos

Se lograron identificar de manera exitosa siete especies de hongos, de las cuales por lo menos cinco de ellas han sido previamente reportadas como agentes fitopatógenos de una extensa variedad de plantas. Se aisló por lo menos una cepa de cada uno de los órganos muestreados de la planta.

### Identificación Molecular

Las PCR amplificaron de manera correcta para todas las cepas (fig. 1). Se usó también un control positivo y negativo para tener puntos de referencia confiables. Las secuencias obtenidas de la amplificación fueron cotejadas con la base de datos GenBank del NCBI con ayuda de la herramienta BLAST, esto con la finalidad de confirmar la identidad de las mismas. Se obtuvieron coincidencias del 98 al 100% de similitud en la totalidad de las búsquedas, por lo que se confirmó molecularmente las identidades de las cepas aisladas. Las especies encontradas fueron las siguientes: *Aspergillus sclerotiorum*, *Trichoderma longibrachiatum*, *Stagonosporopsis cucurbitacearum*, *Fusarium oxysporum*, *Nigrospora sphaerica*, *Neopestalotiopsis rosae* y *Pestalotiopsis oxyanthi*. Las secuencias del presente trabajo se depositaron en la base de datos GenBank del NCBI, los números de acceso se presentan en la tabla 1.



**Figura 1.** Amplificaciones de PCR de las cepas aisladas. (+) control positivo, (as) *Aspergillus sclerotiorum*, (tl) *Trichoderma longibrachiatum*, (sc) *Stagonosporopsis cucurbitacearum*, (fo) *Fusarium oxysporum*, (ns) *Nigrospora sphaerica*, (nr) *Neopestalotiopsis rosae*, (po) *Pestalotiopsis oxyanthi* y (-) control negativo.

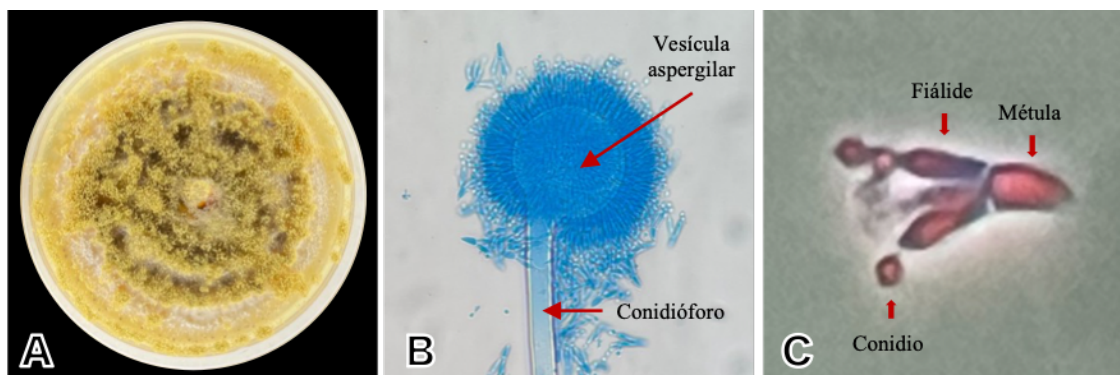
**Tabla 1.** Especies fúngicas aisladas y descritas en el presente trabajo

Número de Acceso NCBI	Especie (% similitud BLAST)	Parte de la planta	Primer reporte para <i>V. corymbosum</i> en México
OR652627	<i>Aspergillus sclerotiorum</i> (100%)	Hoja y fruto	Sí
OR652628	<i>Trichoderma longibrachiatum</i> (99%)	Raíz	Sí
OR652629	<i>Stagonosporopsis cucurbitacearum</i> (99%)	Hoja	Sí
OR652630	<i>Fusarium oxysporum</i> (100%)	Raíz	Sí
OR652631	<i>Nigrospora sphaerica</i> (100%)	Hoja	Sí
OR652632	<i>Neopestalotiopsis rosae</i> (100%)	Tallo	Sí
OR652633	<i>Pestalotiopsis oxanthi</i> (100%)	Inflorescencia	Sí

### Descripción e Identificación Morfológica

#### ***Aspergillus sclerotiorum*** G.A. Huber, Phytopathology 23: 306 (1933)

El crecimiento del micelio en PDA fue de color blanco-crema en un inicio, posteriormente el micelio presentó pequeños abultamientos que tomaron una apariencia pulverulenta, con el tiempo el color del micelio cambió a amarillo brillante e intenso (figura 2A); esta característica se debe a la acumulación de conidióforos y conidios sobre el micelio. Conidióforos erguidos, simples, no septados, color amarillo pálido, largos, terminados en un engrosamiento globoso conocido como vesícula aspergilar (figura 2B) cuyas dimensiones promedio son de 36.48 x 37.37  $\mu\text{m}$  (n=20); la cabeza aspergilar tuvo dimensiones promedio de 70.03 x 67.46  $\mu\text{m}$  (n=20). La cabeza aspergilar es biseriada, por lo que presenta métulas sobre la cuales se sitúan los esterigmas o fiálides (figura 2C), las métulas se encuentran radiando de la vesícula o están distribuidas por toda su superficie. Los conidios son unicelulares, globosos a subglobosos, no elongados, con coloraciones amarillas translúcidas, son lisos a finamente rugosos, se pueden encontrar solitarios o en cadena, los conidios se sitúan sobre las fiálides.



**Figura 2.** *Aspergillus sclerotiorum*. A) crecimiento en PDA, presenta apariencia pulverulenta debido a la esporulación; B) conidióforo y cabeza aspergilar; C) fiálides y conidióforos localizados sobre métula.

La morfología de la especie concuerda con la reportada en la literatura (Bioresource Collection and Research Center, 2023; Christensen, 1982). *Aspergillus sclerotiorum* (*A. sclerotiorum*) se encuentra naturalmente en una gran variedad de ecosistemas agrícolas. En sí, la presencia del hongo no representa un peligro para los cultivos, ya que no hay evidencias directas de su fitopatogenicidad; sin embargo, sigue siendo un hongo de interés agropecuario debido a su capacidad productora de micotoxinas y su potencial como agente de control biológico.

En el presente trabajo se reporta por primera vez la presencia de *A. sclerotiorum* en un cultivo agrícola en México y de forma específica en el arándano. Dicho hongo ya ha sido reportado en otras frutas como albaricoque, ciruela, melocotón, uvas, dátiles, higo, manzanas y peras (Aziz y Moussa, 2002); el único registro para otro fruto del bosque (berries) fue hecho por los mismos autores y se trata del cultivo de la fresa. El común denominador de los frutos afectados por *A. sclerotiorum* es que la mayoría son pertenecientes a la familia Rosaceae, a partir de esto nace la incógnita y posible línea para futuras investigaciones, que esclarezcan la posibilidad de alguna preferencia del hongo hacia cultivos pertenecientes a dicha familia.

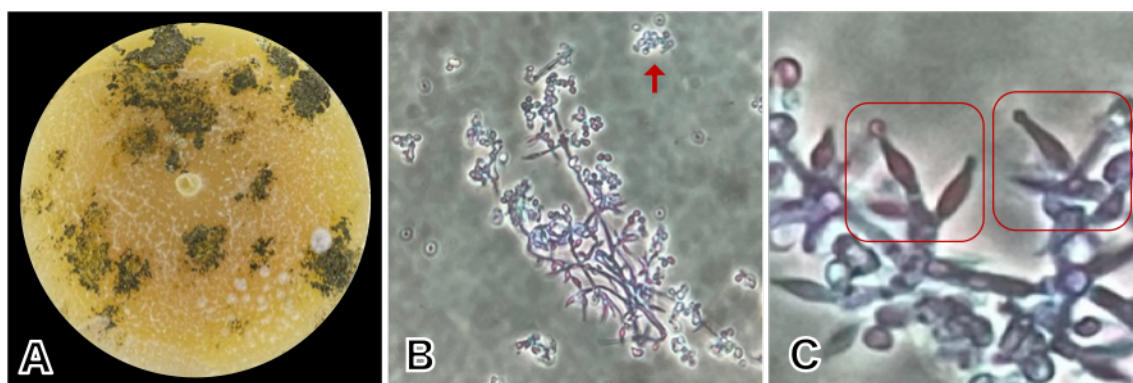
La presencia de *A. sclerotiorum* en frutos de importancia comercial es revelante debido a su capacidad productora de micotoxinas como ocratoxina A/B, ácido penicílico, xantomegnina, viomelleina y vioxantina (Visagie *et al.*, 2014, Bayman *et al.*, 2002). La contaminación de productos agrícolas con micotoxinas es una seria amenaza para la salud humana ya que su ingesta resulta en toxicidad aguda y crónica para el ser humano. Las micotoxinas pueden poseer propiedades cancerígenas, mutagénicas, teratogénicas y

causar hepatotoxicidad, nefrotoxicidad, neurotoxicidad, inmunotoxicidad y dermatotoxicidad (Drusch y Aumann, 2005). Debido al riesgo que representan las micotoxinas para la salud humana, entidades como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO) han establecido lineamientos que regulan la presencia y distribución de alimentos con micotoxinas (Navale *et al.*, 2021). Este primer reporte en México representa un posible reto a futuro para los agricultores y comerciantes mexicanos, que tendrán que asegurar la inocuidad alimentaria y cumplir con las regulaciones en lo que concierne a las micotoxinas, para poder comercializar los productos agrícolas en mercados internacionales.

Contrario a los efectos negativos que tiene los metabolitos secundarios (micotoxinas) de *A. sclerotiorum* para el ser humano, se han reportado efectos benéficos de dichos metabolitos para la agricultura, como agentes de control biológico. El metabolito mencionado anteriormente, ácido penicílico, fue aislado de *A. sclerotiorum* y probó tener una alta actividad antifúngica in vitro contra *Phytophthora* spp. (Kang y Kim 2004). Así mismo, Hadj-Taieb y colaboradores (2019, 2020) reportan antagonismo fúngico de *A. sclerotiorum* hacia por lo menos 8 especies de hongos fitopatógenos presentes en el cultivo del pistachio. También se ha demostrado su actividad antibacteriana hacia *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (Jiang *et al.*, 2019); y su actividad entomopatógena ha resultado efectiva contra termitas y mosquitos (Hansen *et al.*, 2016).

***Trichoderma longibrachiatum*** Rifai, Mycol. Pap. 116: 42 (1969)

Conidióforos hialinos, muy ramificados, verticilados (figura 3C); fiálides solitarias o en grupos, son elongadas y lageniformes a casi cilíndricas midiendo en promedio 2.11 x 6.32  $\mu\text{m}$  (n=20) (figura 3A); afanofiálides o fiálides intercalares presentes en la especie. Conidios (fialosporas) hialinas, unicelulares, redondas a ovoides, que nacen terminalmente en pequeños racimos o individualmente, tamaño promedio de 2.78 x 2.89  $\mu\text{m}$  (n=20). En medio de cultivo PDA *T. longibrachiatum* presentó pigmentaciones llamativas color amarillo brillante, dichas coloraciones fueron evidentes tanto en el micelio como en el medio de cultivo; posteriormente se hicieron presentes machas color verde (formados por conjuntos de conidióforos) sobre el mismo (figura 3B).



**Figura 3.** *Trichoderma longibrachiatum*. A) crecimiento en PDA, presencia de manchas verde intenso son un conjunto de conidióforos; B) conidióforos y racimo de conidios (flecha roja); C) conidióforos verticilados y conidios individuales sobre las fialides.

La morfología observada concuerda con la descrita previamente en la literatura (Harman y Kubicek, 2002). *Trichoderma longibrachiatum* (*T. longibrachiatum*) es un hongo saprófito, cosmopolita y de vida libre (Kubicek-Pranz, 1998). Ya ha sido reportado en varios cultivos del país como el cacao, maíz y chile; dichos reportes provienen de estudios diversos sobre su papel como antagonista o como promotor vegetal (Allende-Molar *et al.*, 2022). A nuestro conocimiento, el presente trabajo es el primero que registra la presencia de *T. longibrachiatum* en el arándano en México. Otros estudios similares al presente, han sido realizados sobre la comunidad fúngica de la rizosfera del arándano en Portugal (Gomes *et al.*, 2023).

Existen varios motivos que pueden dar explicación a la presencia y al papel de *T. longibrachiatum* en los arándanos que fueron muestreados, la mayoría de ellas están relacionadas a las diferentes funciones del hongo dentro del agroecosistema como saprófito o como agente de control biológico. La especie se encuentra frecuentemente en los sustratos agrícolas como descomponedor de materia orgánica debido su capacidad de producir enzimas hidrolizadoras de celulosa (Xie *et al.*, 2014). También es posible encontrarlo como endófito, dentro de las plantas sin ocasionar daño alguno (Samuels, 2012).

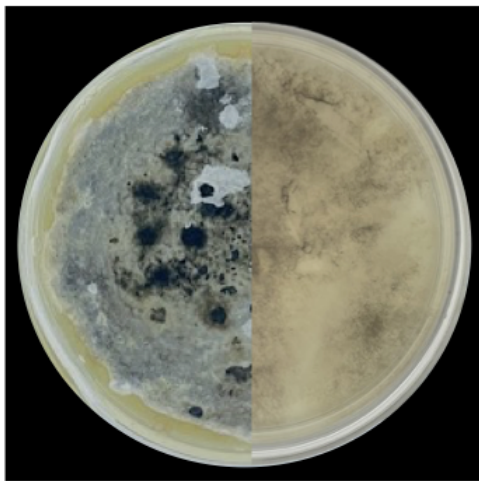
Su presencia en el agroecosistema puede resultar en un beneficio directo para la planta, ya que es un conocido promotor del crecimiento vegetal; mejora los caracteres agronómicos y aumenta la productividad del cultivo (Ruiz-Cisneros *et al.*, 2018,



Subramaniam *et al.*, 2022); así mismo, el hongo puede inducir la resistencia sistémica de las plantas ya que durante el proceso de infección se activa la producción de diferentes genes codificadores de proteínas que regulan los procesos y rutas de defensa/estrés de la planta, como lo son la producción de ácido jasmónico, etileno y ácido salicílico (Yuan *et al.*, 2019) o la tolerancia a la sequía (Khoshmanzar *et al.*, 2020). Otra función común de *T. longibrachiatum* en los agroecosistemas y que resulta benéfico para las plantas, es como agente de control biológico (Sharma y Gothwal, 2017; Poveda, 2021). Inhibe la actividad de otras especies mediante un conjunto de acciones como puede ser antagonismo, parasitismo directo, producción de metabolitos secundarios, entre otros. Se ha probado efectivo contra hongos fitopatógenos (Oliveira *et al.*, 2022, Camacho-Luna *et al.*, 2022, Zhang *et al.*, 2018), bacterias (Caracciolo *et al.*, 2023) e incluso se ha reportado su potencial como entomopatógeno (Anwar *et al.*, 2023; Ghosh y Pal, 2016; Cisneros-Vázquez *et al.*, 2023). Es posible que *T. longibrachiatum* estuviera realizando una o varias de las funciones que se mencionaron con anterioridad en los arándanos muestreados.

***Stagonosporopsis cucurbitacearum*** (Fr.) Aveskamp, Gruyter & Verkley, in Aveskamp, Gruyter, Woudenberg, Verkley & Crous, Stud. Mycol. 65: 45 (2010)

El crecimiento de la cepa en PDA presentó una coloración blanquecina del micelio durante los primeros días posteriores a la purificación; al paso del tiempo, el micelio comenzó a tornarse gris oscuro y aparecieron algunas protuberancias y manchas con coloraciones verde oscuro/café; dichas manchas corresponden a cúmulos de conidios (picnidios) sobre el micelio (figura 4). De acuerdo a Zhou y colaboradores (2022), se pueden presentar conidios ovales y hialinos con medidas de  $4.6-8.7 \times 1.2-2.4 \mu\text{m}$ . Las clamidosporas por lo general son unicelulares, esféricas o ligeramente elípticas con  $6.3-15 \times 6-11 \mu\text{m}$  de tamaño, pueden presentarse de forma solitaria o formando cadenas de 4 a 13 unidades.



**Figura 4.** *Stagonosporopsis cucurbitacearum*. Crecimiento en PDA, se muestra el frente y reverso de la caja.

Las observaciones morfológicas y las características del crecimiento en medio de cultivo concuerdan con la descripción de *Stagonosporopsis cucurbitacearum* (*S. cucurbitacearum*) (Li *et al.*, 2015; Moumni *et al.*, 2020; Keinath, 2013). *S. cucurbitacearum* (sin. *Didymella bryoniae*) es un hongo fitopatógeno que se encuentra afectando principalmente a cucurbitáceas (melón, sandía, calabaza, pepino y luffa) a nivel mundial y se ha reportado prácticamente en todos los continentes (Nuangmek *et al.*, 2018). Puede afectar todos los órganos de las cucurbitáceas, incluyendo tallos, hojas, raíces, semillas y fruto. El patógeno ocasiona la enfermedad conocida como tizón gomoso del tallo (hojas, tallo) o pudrición negra (cuando afecta el fruto); puede encontrarse también en el suelo y en semillas, donde permanecen por largos periodos de tiempo, estas últimas suelen ser una fuente importante de inóculo ya que permite la movilización geográfica del patógeno (Moumni *et al.*, 2019).

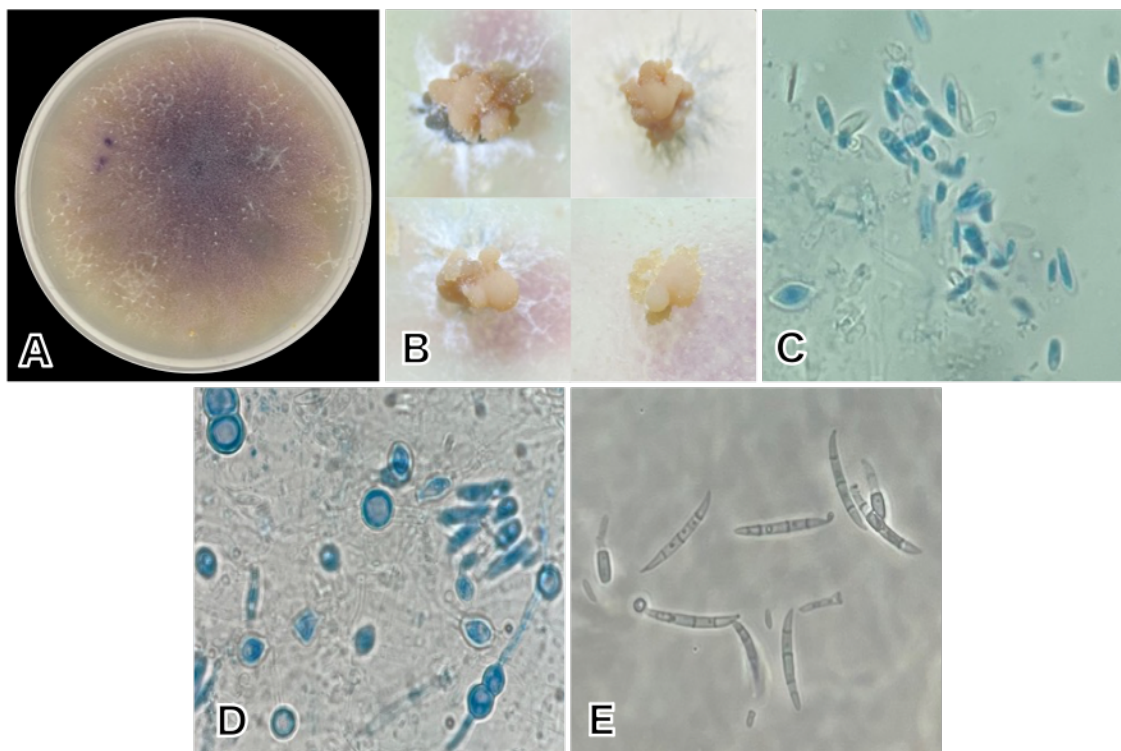
En un principio se pensaba que *S. cucurbitacearum* solo afectaba a miembros de la familia Cucurbitaceae, sin embargo, en años recientes se han hecho reportes que contradicen lo anterior. Entre los nuevos hospederos se reportan desde plantas herbáceas con usos medicinales en países asiáticos como lo es *Ipomoea aquatica* (Liu *et al.*, 2017) y *Pinellia ternata* (Zhou *et al.*, 2022), hasta plantas extensamente comercializadas como el tabaco (*Nicotiana tabacum*) (Wang *et al.*, 2018); todas las especies vegetales anteriores pertenecen a familias diferentes, lo que indica una diversificación en los hospederos del hongo. Se trata de una especie fitopatógena de la cual hay que permanecer vigilantes, ya

que si bien, por el momento solo es un problema en el cultivo de las cucurbitáceas; su reciente diversificación de hospederos abre la posibilidad de que se convierta en un problema en otros cultivos de interés comercial en un futuro.

En México el patógeno *S. cucurbitacearum*, en forma de su sinónimo *Didymella bryoniae*, ya había sido reportado en el cultivo del chayote (Romero-Velázquez *et al.*, 2015). Sin embargo, a nuestro conocimiento, el presente trabajo es la primera vez que se hace el registro de *S. cucurbitacearum* en el cultivo del arándano tanto a nivel nacional como mundial. A pesar de esto, se desconoce si su presencia causa patogénesis alguna en el hospedero, esto da lugar a la posible realización de investigaciones futuras que respondan el planteamiento anterior.

***Fusarium oxysporum*** Schltdl., Fl. berol. (Berlin) 2: 139 (1824)

Micelio aéreo abundante de color blanco en un inicio y tornándose violeta más tarde; la pigmentación del medio es morado o violeta (figura 5A). Formación de esporodoquios de diferentes formas y tamaños (crecimiento en medio V8), desde globoso a subgloboso, con coloración amarillo oscuro a café pálido o violeta oscuro a casi negro (figura 5B). La esporulación comienza rápido, en cuanto el micelio toma coloración púrpura a los pocos días de siembra, ya se pueden encontrar formados los microconidios que no se agrupan en cadenas, tienen de una a dos células, ovaladas a elipsoides (figura 5C), presentes en el micelio aéreo con una dimensión promedio de  $2.41 \times 7.51 \mu\text{m}$  ( $n=20$ ). Los macroconidios se pueden encontrar solitarias y agrupadas en erupciones (esporodoquios), son moderadamente curvadas, con reducciones en ambos extremos, en algunas ocasiones la célula apical es puntiaguda o en forma de gancho, por lo general tiene de 3 a 5 septos (figura 5D), con dimensiones promedio de  $5.05 \times 33.94 \mu\text{m}$  ( $n=20$ ). Las clamidosporas presentes, globosas a subglobosas o alargadas (figura 5E), tanto en micelio aéreo, superficial o sumergido, pueden ser intercalares o terminales, y pueden presentarse de forma solitaria midiendo en promedio  $7.19 \times 7.44 \mu\text{m}$  ( $n=20$ ), en pares o cadenas.



**Figura 5.** *Fusarium oxysporum*. A) crecimiento en PDA, coloración púrpura del micelio, característica de la especie; B) esporodocios en medio V8, formados por agrupaciones de macroconidios; C) microconidios no agrupados en cadenas, ovalados a elipsoides; D) clamidosporas individuales y en par, intercalares y terminales; E) macroconidios.

La presente descripción morfológica de *Fusarium oxysporum* (*F. oxysporum*) concuerda con la caracterización reportada en la literatura (Gerlach *et al.*, 1982; Leslie y Summerell, 2008). *F. oxysporum* es un hongo fitopatógeno asociado al suelo de los cultivos, puede estar presente en una amplia variedad de hospederos como hortalizas, flores de ornato, maleza, árboles frutales, entre otros (Kant *et al.*, 2011). Dicho patógeno ocasiona la enfermedad conocida como marchitez vascular; debido a su origen en el suelo, el patógeno infecta en un inicio las raíces de las plantas y posteriormente se disemina por el haz vascular, en donde la presencia del micelio ocasiona el bloqueo del mismo; esto último resulta en la imposibilidad de la planta para translocar nutrientes y a consecuencia de esto, comenzarán los síntomas de clorosis, coloraciones rojizas por deficiencia de nutrientes, necrosis marginal, defoliación y el típico marchitamiento ocasionado por la enfermedad (Joshi, 2018). El presente patógeno fue aislado de la raíz, la localización del hongo concuerda con la epidemiología y el proceso infeccioso descrito anteriormente; así mismo, la sintomatología presente en la planta de quemadura marginal foliar y coloraciones

rojizas debido a la ineficiencia en la toma de nutrientes, concuerdan con la ocasionada por el patógeno (figura 6). Retomando lo discutido para *T. longibrachiatum*, la coexistencia de ambos hongos en la rizosfera del arándano en el presente estudio, indican una posible relación antagónica de ambos hongos, en el que *T. longibrachiatum* ejerce cierto grado de control biológico sobre *F. oxysporum* y promueve el crecimiento vegetal, como se ha reportado en la literatura (Liu *et al.*, 2023, Sobowale *et al.*, 2022).

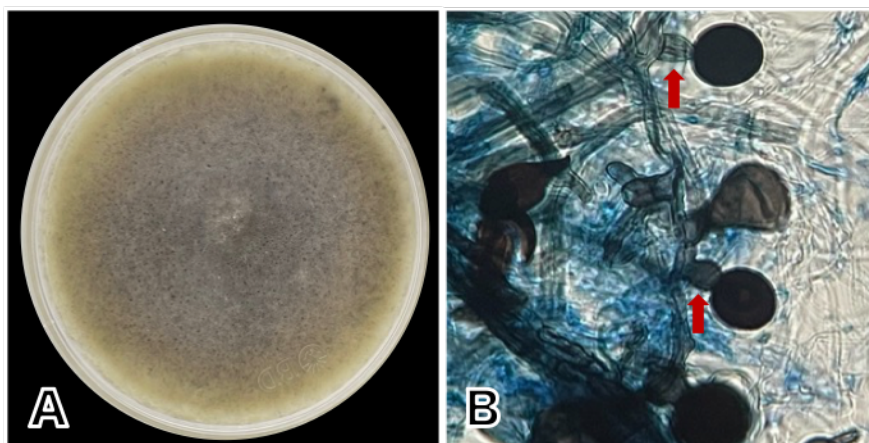


**Figura 6.** Sintomatología en las plantas de arándano muestreadas que indican una alteración en el metabolismo y fisiología natural de la planta. Los síntomas coinciden con los reportados para la infección de *F. oxysporum*. A) coloraciones anormales en las hojas (indicador de deficiencia de nutrientes); B) necrosis marginal foliar.

La presencia de *F. oxysporum* como fitopatógeno ha sido reportado previamente en el cultivo del arándano en China (Liu *et al.*, 2014) y Chile (Moya-Elizondo *et al.*, 2019); también se ha reportado en Argentina (Pescie *et al.*, 2021), como endófito y sin comprobar su patogenicidad. En México, *F. oxysporum* se ha asociado a otras berries como la zarzamora, fresa y mora (Garay-Serrano *et al.*, 2021); sin embargo, a nuestro conocimiento, este es el primer reporte que se hace del *F. oxysporum* afectando al cultivo del arándano en México.

*Nigrospora sphaerica* (Sacc.) E.W. Mason, Trans. Br. mycol. Soc. 12(2-3): 158 (1927)

Crecimiento del micelio en PDA presentó una coloración blanca en un inicio, posteriormente se presentaron coloraciones cafés sobre el micelio antes blanco (figura 7A), esto debido a la presencia de conidios en el mismo. Hifas hialinas o café claro, septadas. Conidióforos cortos, rectos o ligeramente curvos, hialinos o con coloraciones café claro, en su mayoría son simples, en el ápice de estos se encuentra una célula conidiogénica hialina o de color café claro (figura 7B), de forma cilíndrica a subglobosa, con dimensiones promedio de  $10.48 \times 10.81 \mu\text{m}$  ( $n=20$ ), sobre estas se sostienen los conidios; conidios (aleuriosporas) color negro a café oscuro (figura 7B), brillantes, unicelulares, globosas midiendo en promedio de  $22.80 \times 22.89 \mu\text{m}$  ( $n=20$ ).

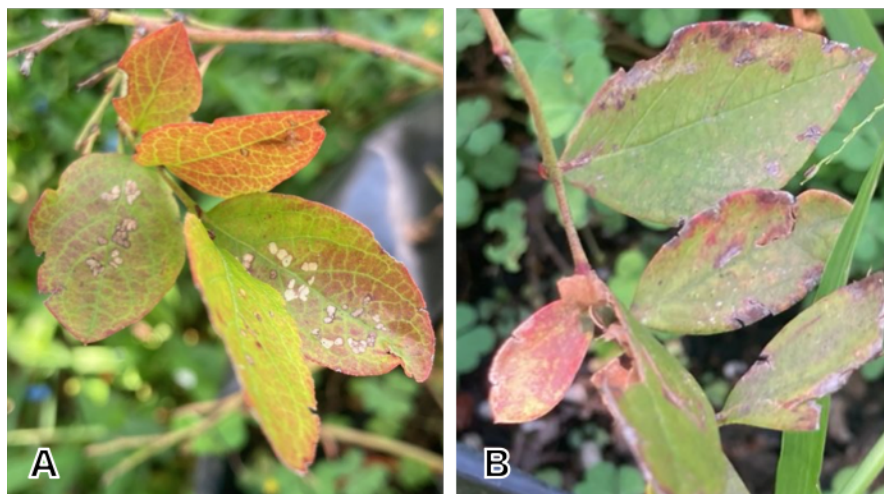


**Figura 7.** *Nigrospora sphaerica*. A) crecimiento en PDA, se perciben puntos color café sobre la superficie del micelio, estos son debido a la coloración intensa de los conidios. B) conidios con su coloración café/negro brillante y sus células conidiogénicas hialinas (flecha roja).

Las características morfológicas coincidieron con la descripción de *Nigrospora sphaerica* (*N. sphaerica*) reportada en literatura previa (Zheng *et al.*, 2021). Se ha reportado a *Nigrospora oryzae* (*N. oryzae*) como sinónimo de *N. sphaerica* (Index Fungorum, 2016; Palacio-Bielsa, 2010), sin embargo, en el presente trabajo se discutirá sobre *N. sphaerica* de forma independiente a *N. oryzae*, la decisión se tomó con base en los estudios morfológicos, moleculares y filogenéticos que afirman lo anterior (Wang *et al.*, 2017; Hao *et al.*, 2020; Abass y Mohammed, 2014).



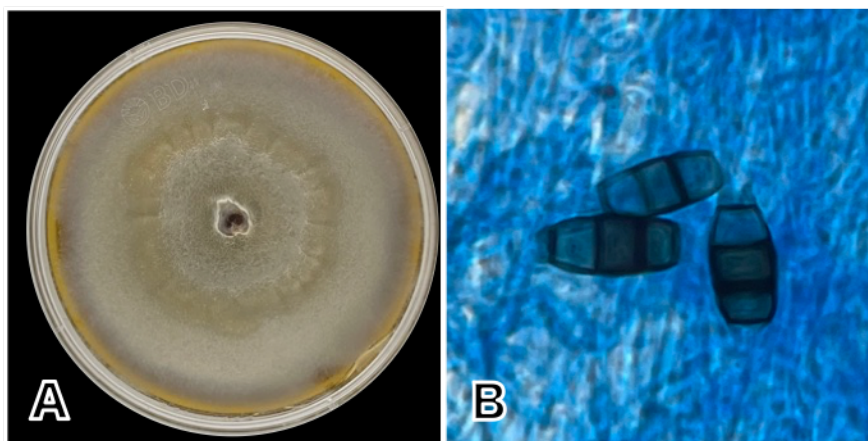
*N. sphaerica* es un conocido fitopatógeno que afecta una amplia variedad de cultivos de importancia agrícola como el mango (Youssef *et al.*, 2022), cacao (Villanueva *et al.*, 2023), pitahaya (Wang *et al.*, 2022) e incluso a plantas de flor de corte como el crisantemo (Luo *et al.*, 2022); también ha sido reportado, en una sola ocasión, como fitopatógeno en el cultivo del arándano en Argentina (Wright *et al.*, 2008). El hongo afecta comúnmente las partes aéreas de las plantas como las hojas y ramas; las sintomatologías más frecuentes suelen ser la mancha foliar y tizón de las hojas/ramas. Ambas sintomatologías se encontraron de forma extensa en las plantas muestreadas (figura 8). A pesar de la extensa literatura que lo sitúa como fitopatógeno, también se ha reportado como endófito, sin ocasionar daño alguno a las plantas e incluso se reporta su actividad como promotor de crecimiento vegetal mitigando el estrés abiótico de las plantas (Sodhi y Saxena, 2023) y como agente de control biológico contra hongos fitopatógenos de raíces (Mmbaga *et al.*, 2018). En México, la presencia de *N. sphaerica* ha sido reportada únicamente para el cultivo de arroz (Sandoval-Martínez, 2022). A nuestro conocimiento, el presente trabajo sería la primera vez que se reporta *N. sphaerica* en el cultivo del arándano en México y el segundo reporte para el arándano a nivel mundial. Queda abierta la posibilidad de futuros estudios para determinar su fitopatogenicidad en el cultivo del arándano en México.



**Figura 8.** Sintomatología en las plantas de arándano muestreadas. Coinciden con los reportados ocasionados por varias especies fitopatógenas encontradas en el presente trabajo como *Nigrospora sphaerica*, *Neopestalotiopsis rosae* y *Pestalotiopsis sp.* A) mancha foliar; B) necrosis marginal.

*Neopestalotiopsis rosae* Maharachch., K.D. Hyde & Crous, in Maharachchikumbura, Hyde, Groenewald, Xu & Crous, Stud. Mycol. 79: 147 (2014)

En un inicio se presentó una coloración blanca del micelio en PDA, posteriormente se comenzaron a percibir tonalidades cafés sobre el mismo, iniciando de forma concéntrica hasta tomar esa apariencia uniformemente, esta coloración se debe a la presencia de conidios (figura 9A). Los conidióforos son indistintos, reducidos a la presencia de células conidiógenas. Conidios fusoides, elipsoides, rectos a ligeramente curvados, presentando en su mayoría cinco células: una basal, una apical y tres medias (figura 9B), longitud promedio del conidio de  $7.31 \times 16.77 \mu\text{m}$  ( $n=20$ ); presenta cuatro septos visiblemente más oscuras que las células medianas; célula basal cónica con base truncada, hialina o con leves coloraciones café translúcido, de paredes finas, en este a menudo se observa un apéndice corto hialino; seguida a esta se encuentran tres células medianas doliiformes, café versicolor, la segunda célula desde la base suele ser marrón pálido, de longitud; tercera célula café oscuro, suele ser la más notoria de las cinco; cuarta célula café miel; célula apical, hialina, cilíndrica, de paredes finas y lisas; con 3-5 apéndices apicales tubulares, que no nacen de la cresta apical, sino que cada uno se inserta en un lugar distinto de la mitad superior de la célula.



**Figura 9.** *Neopestalotiopsis rosae*. A) crecimiento en PDA, presencia de puntos color café sobre el micelio, crecen de forma concéntrica e indican la esporulación; B) conidios fusoides con células doliiformes café versicolor, la tercera célula es más oscura que el resto (característica de la especie).

La descripción de *Neopestalotiopsis rosae* (*N. rosae*) concuerda con los registros morfológicos en la literatura (Maharachchikumbura *et al.*, 2014; Essa *et al.*, 2018). Se

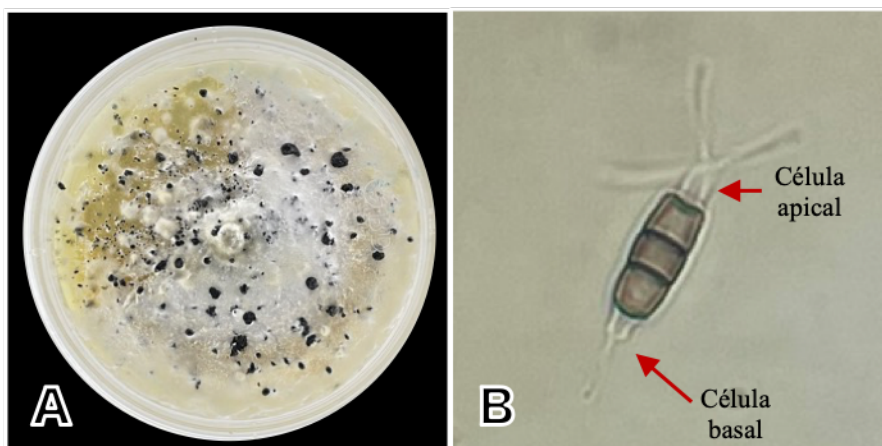


trata de un hongo fitopatógeno, descrito por primera vez en individuos del género *Rosa* spp. (Nueva Zelanda) y en *Paeonia suffruticosa* (USA) (Maharachchikumbura *et al.*, 2014). A pesar de que los primeros reportes del fitopatógeno lo asociaran principalmente con plantas de flor de corte, en la actualidad su asociación más relevante es con el cultivo de la fresa; esto debido a que es principal agente causal de varias enfermedades de importancia económica de dicho cultivo como la pudrición de corona y raíz (Sun *et al.*, 2021; Essa *et al.*, 2018), así como el tizón y mancha foliar, de tallo y de fruto (Wu *et al.*, 2021). Estas últimas sintomatologías pudieron ser observadas en los arándanos muestreados (figura 8), la sintomatología es similar a la reportada para *N. sphaerica* por lo que es posible que ambos se encontraran infectando a la planta. También se ha reportado la presencia de dicho patógeno en diferentes cultivos como aguacate (Fiorenza *et al.*, 2022), granada (Xavier *et al.*, 2021), eucalipto (Diogo *et al.*, 2021) y nuez (Gao *et al.*, 2022). *N. rosae* se encuentra reportado como fitopatógeno con alta agresividad en el cultivo del arándano en países como Perú (Rodríguez-Gálvez *et al.*, 2020) y Portugal (Santos *et al.*, 2022). En México *N. rosae* se ha encontrado causando afecciones en raíces y hojas de cultivos de fresa en el Estado de Michoacán (Rebollar-Alviter *et al.*, 2020). A nuestro conocimiento, *N. rosae* no ha sido reportado con anterioridad para el cultivo del arándano en México, por lo que el presente trabajo sería el primero en hacerlo. La proximidad geográfica y la estrecha relación entre el cultivo de la fresa y el arándano (frecuentemente son cultivados en los mismos ciclos de cultivo y en predios cercanos), puede dar explicación a la presencia de dicho patógeno en ambos cultivos en el mismo estado.

***Pestalotiopsis oxyanthi*** (Thüm.) Steyaert, Bull. Jard. bot. État Brux. 19(3): 329 (1949)

Colonias en PDA con micelio abundante, color blanco en los primeros días y posteriormente se torna de color crema. Al paso de las semanas aparecieron secreciones gomosas, color negro brillante, abundantes sobre el micelio, en su mayoría formando manchas circulares o en algunas ocasiones con bordes irregulares, dichas secreciones corresponden a acérvulos (figura 10A), formados por conglomeraciones de conidios sobre el micelio. Los conidios son en forma fusoides, rectos o levemente curvados; en su mayoría presentan cinco células por conidio, separadas por septos oscuros; las células terminales

(basal y apical) son hialinas y cónicas (figura 10B); célula basal con un apéndice hialino corto; la célula apical presenta varios apéndices simples (2-3 en su mayoría, algunos con 5); las tres células medias son café versicolor, la primera de ellas suele ser más clara (color miel) y las células posteriores son de colores variantes, en su mayoría café claro, ninguna destaca notoriamente (figura 10B). El tamaño promedio del conidio es de  $7.69 \times 19.13 \mu\text{m}$  ( $n=20$ ); los conidios pueden encontrarse inmersos en el micelio o aglomerarse en acérvulos.



**Figura 10.** *Pestalotiopsis oxyanthi*. A) crecimiento en PDA, presencia de acérvulos negro brillante con apariencia gomosa; B) conidios doliformes café versicolor, todas las células medias son de color uniforme (característica de la especie), célula basal hialina cónica con un apéndice hialino y célula apical con dos a tres apéndices simples.

La descripción del hongo concuerda con la reportada para *Pestalotiopsis oxyanthi* (*P. oxyanthi*) (Steyaert, 1961). A la fecha del presente artículo, no existe una amplia variedad de trabajos que estudien a fondo la relación de *P. oxyanthi* con cultivos agrícolas o con otros elementos del agroecosistema; entre los pocos que hay, destacan aquellos que señalan su papel como endófito (Zakaria y Wan, 2018; Wei *et al.*, 2007); otros cuantos artículos lo posicionan como saprófito descomponedor de materia orgánica (Falcon *et al.*, 1995, Venedikian y Godeas, 1996) y solo uno le atribuye actividades como fitopatógeno en la nuez de la india (*Anacardium occidentale*) (Patsa *et al.*, 2023). A pesar del poco conocimiento de la actividad de *P. oxyanthi*, el género *Pestalotiopsis* en sí, ha atraído la atención de la comunidad científica desde hace varios años, y a pesar de que se ha registrado extensamente su actividad como fitopatógeno en varios cultivos (Keith *et al.*, 2006), las principales investigaciones son enfocadas a su capacidad productora de

metabolitos secundarios, los cuales tienen una amplia variedad de aplicaciones y usos como antifúngico, antibacterial, nematocida, entre otros (Xu *et al.*, 2010; Wu *et al.*, 2022; Deshmukh *et al.*, 2017).

Para el cultivo del arándano, se ha reportado en varias ocasiones la presencia del género *Pestalotopsis*, incluso se podría decir que puede ser encontrado con bastante frecuencia en el cultivo, ocasionando enfermedades como cancro, mancha foliar e incluso llegando a causar la muerte de la planta (Araujo *et al.*, 2023; González *et al.*, 2012; Espinoza *et al.*, 2008); algunos de los síntomas anteriores se presentaron en los arándanos muestreados en el presente proyecto como la mancha foliar y tizón de las hojas (figura 8). En México ya se ha reportado la presencia de *Pestalotiopsis* spp. afectando al cultivo del arándano en Michoacán (Mondragón-Flores *et al.*, 2012); sin embargo, la identificación del mismo se realizó únicamente basándose en la morfología (sin confirmación molecular) y a nivel de género. El conocimiento generado en el presente artículo logra complementar la información previamente reportada, confirmando a nivel de especie, tanto morfológica como molecularmente a *Pestalotiopsis oxyanthi* en el cultivo del arándano en Michoacán, México.

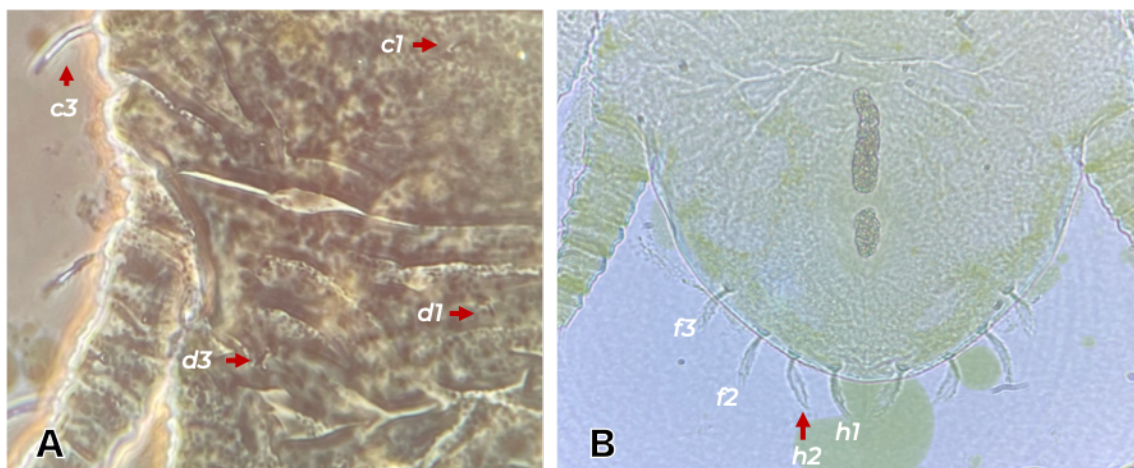
### Ácaros

Se identificaron dos especies de ácaros fitoparásitos: *Brevipalpus obovatus* (*B. obovatus*) y *Brevipalpus lewisi* (*B. lewisi*), ambas pertenecientes al género *Brevipalpus* (Trombidiforme:Tenuipalpidae). Para la identificación de la familia se emplearon las claves taxonómicas de Krantz y Walter (1998). Posteriormente se emplearon las claves de Çobanoğlu, Ueckermann y Sağlam (2016) para la identificación de género y especie. También se usaron las claves de Mesa y colaboradores (2009) para la confirmación del género.

#### *Brevipalpus* Donnadieu 1875

Los especímenes identificados contaron con las características morfológicas concordantes para el género. La columna de setas “c2, d2, e2” se encuentran ausentes (figura 11A), por lo que el espacio entre la columna de setas c1... y c3... se encuentra vacío. La seta h2 de

la región del opistosoma no es larga ni flagelada, presentando apariencia corta (figura 11B).



**Figura 11.** Características morfológicas principales del género *Brevipalpus*. A) opistosoma dorsal con la columna de setas “c2, d2, e2” ausentes; B) seta h2 no larga ni flagelada.

El género *Brevipalpus* (Trombidiforme: Tenuipalpidae) es el género más importante de la familia Tenuipalpidae, esto debido a su importancia como plaga agrícola y por la conocida habilidad de algunas especies de transmitir virus. De forma particular, son cuatro especies consideradas como plagas de cultivos de importancia económica: *B. californicus* (Banks), *B. obovatus* (Donnadieu), *B. phoenicis* (Geijskes) sensu lato y *B. lewisi* (McGregor) (Saccaggi *et al.*, 2017). De las cuatro especies, dos de ellas (*B. obovatus* y *B. lewisi*) se encontraron presentes en los arándanos muestreados en la presente investigación.

La morfología de este grupo de ácaros y sus hábitos alimenticios los convierten en uno de los vectores más importantes de los virus de las plantas. Esto se debe a que tienen partes bucales perforadoras y succionadoras que les permiten alcanzar y alimentarse del contenido de las células vegetales, creando un medio de contacto directo entre el virus, que se encuentra en las glándulas salivales del ácaro, y la planta. La asociación más conocida de *Brevipalpus* como vector es por la transmisión del virus C de la leprosis de los cítricos (CiLV-C), aunque también es vector de otras enfermedades virales de importancia económica como el virus moteado de las orquídeas (OFV) en varias plantas ornamentales (Fife *et al.*, 2021) o del virus de la mancha anular del café (CoRSV) en plantas de café (Chagas, Kitajima y Rodrigues, 2003) y suculentas (Nunes *et al.*, 2022).

Por otro lado, se han reportado alrededor de 12 géneros con 17 especies de virus asociadas al cultivo del arándano, y por lo menos 12 de estas especies son exclusivas y/o su

hospedero principal es el arándano (Saad *et al.*, 2021). Estos datos señalan una posible susceptibilidad del cultivo hacia las enfermedades virales; por este motivo, la presencia de *Brevipalpus* sp. en las muestras de arándano del presente trabajo son relevantes, ya que se trata de un conocido vector de virus.

Se han reportado por lo menos dos géneros de virus transmitidos por *Brevipalpus*, se trata de *Cilevirus* y *Dichorhavirus* (Tassi *et al.*, 2022). Ninguno de estos dos géneros se ha encontrado previamente en el cultivo del arándano; sin embargo, el género *Blunervirus* sí está presente en el arándano y tiene una estrecha relación genética con el género *Cilevirus* (transmitido por *Brevipalpus*) (Quito-Avila *et al.*, 2013). La estrecha relación entre ambos géneros deja una posibilidad de que *Blunervirus* también pueda ser transmitido por *Brevipalpus*. La posibilidad de que dos virus con estructuras proteicas similares compartan hospedero e inculo co-infecten han sido señaladas por autores como Whitfield, Falk y Rotenberg (2015) o Tamborindeguy y colaboradores (2023).

El género en sí, ha sido estudiado extensivamente en México, desde el punto de vista taxonómico. Desde mediados del siglo pasado ya se hacían investigaciones dedicadas a registrar la biodiversidad de la familia Tenuipalpidae (a la cual pertenece *Brevipalpus*) en México (Baker y Tuttle, 1987). En el país la relevancia del género se encuentra ligada al hecho de que es un importante transmisor para el virus de la lepra de los cítricos (CiLV-C), enfermedad que afecta significativamente a los principales estados productores de cítricos en México (Santillán-Galicia *et al.*, 2022).

#### ***Brevipalpus lewisi* McGregor, 1949**

Los especímenes de *B. lewisi* se caracterizan por contar con la seta dorsal f2 de la región del opistosoma presente (figura 12A), por lo que se pueden percibir de forma general, un total de cuatro pares de setas en la región opistosomal. También presentan un solo solenidio en el tarso II (figura 12B) y el infracapítulo (parte inferior del gnatosoma) es corto, por lo que no suele extenderse más allá del fémur I (figura 12C).



**Figura 12.** *Brevipalpus lewisi*. A) seta dorsal opistosomal f2 presente; B) tarso II con solo un solenidio e infracapítulum no elongado; C) infracapítulum no elongado, no se extiende más allá del fémur I.

La presencia de *B. lewisi* ya ha sido reportada previamente en el país (Rodríguez-Navarro, Mcmurtry y Estébanes-González, 2003), de forma específica en árboles frutales del estado de Puebla. *B. lewisi* cuenta con un rango muy amplio de hospedros, entre los más comunes se encuentran árboles de cítricos como mandarina, naranja y toronja; aunque también se ha reportado su presencia como plaga importante en otros cultivos no cítricos como la vid, granada y nuez de castilla (CABI, 2022). En cuanto a su presencia en arándano, no se tienen reportes previos para el país; a nuestro conocimiento el reporte del presente trabajo es el primero que se hace para el cultivo del arándano en el país y a nivel mundial.

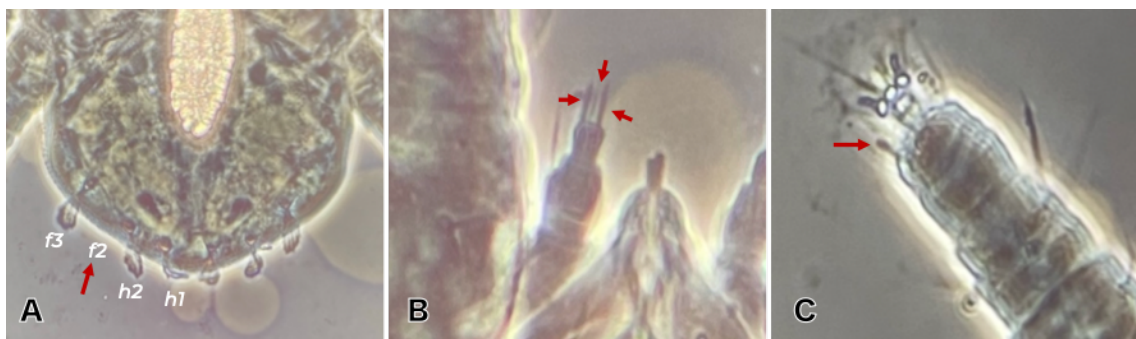
Esta especie se ha demostrado capaz de adquirir y por lo tanto ser vector del virus de la lepra de los cítricos (CiLV-C) y de la cepa cítrica del virus moteado de la orquídea (OFV-citrus) (Ávalos-Cerdas *et al.*, 2018). Ambos virus han sido reportados afectando cultivos de cítricos en los principales estados productores de México (Santillán-Galicia *et al.*, 2022; Roy *et al.*, 2020). A pesar de que *B. lewisi* sea vector y tenga la capacidad de transmitir CiLV-C y OFV-citrus a las plantas, no es el principal ácaro plaga y vector afectando los cultivos de cítricos. Algunos autores reportan a *B. yothersi*, seguido por *B. californicus* como las principales plagas y vectores de los virus mencionados con anterioridad (Santillán-Galicia *et al.*, 2022). Sin embargo, esto no significa que *B. lewisi* sea una especie a la cual le debamos de dejar de prestar atención. Existe la posibilidad de que ocurra un brote de plagas secundarias como lo ha reportado Hill, Macfadyen y Nash (2017); esto ocurre con el uso indiscriminado de pesticidas que acaban con los enemigos naturales y las plagas primarias, causando un resurgimiento de las plagas secundarias (Dutcher, 2007). Con su capacidad de transmitir enfermedades virales, un brote de *B. lewisi*



representa un riesgo importante para los cultivos agrícolas susceptibles como lo es el arándano.

***Brevipalpus obovatus* Donnadieu, 1875**

*B. obovatus* se caracteriza por presentar solamente tres pares de setas en la región opistosomal, por lo que la seta F2 está ausente (figura 13A). El palpo tarso de la región gnatosomal cuenta con un solo solenidio y dos setas distales (figura 13B), por lo que suele percibirse la silueta de tres estructuras ergidas en la región. El tarso II cuenta con un solo solenidio (figura 13C).



**Figura 13.** *Brevipalpus obovatus*. A) seta dorsal opistosomal f2 ausente; B) palpo tarso con un solenidio y dos setas distales; C) tarso II con un solo solenidio.

Como ya se mencionó anteriormente, *B. obovatus* es una de las cuatro especies de mayor relevancia para los cultivos de importancia económica. Puede causar daños directos por la alimentación del ácaro sobre las hojas de la planta, reduciendo su capacidad fotosintética y por lo tanto la productividad de la planta. También afectan el fruto, ocasionando manchas y otras lesiones que disminuyen el valor del mismo en el mercado. Entre los principales daños causados por su alimentación se presentan hojas con tonalidades café, defoliación, clorosis, manchas necróticas e incluso puede causar la muerte de la planta (Childers, French y Rodrigues, 2003). *B. obovatus* ya se encontraba reportado e incluso se incluyó en el extenso listado taxonómico de la familia Tenuipalpidae en México desde 1987 (Baker y Tuttle, 1987).

Otro aspecto importante de *B. obovatus* es su posible implicación en la propagación de enfermedades víricas vectorizadas por este ácaro, su asociación principal es como vector del virus de la leprosis de los cítricos. El ácaro se puede encontrar asociado a una amplia

variedad de hospederos (119 géneros y 55 familias de plantas). Dentro de los frutos del bosque o berries, *B. obovatus* ha sido reportado para un número significativo de zarzas y bayas, tanto silvestres como comerciales en toda América. Dentro de este grupo, el cultivo de la fresa es su hospedero comercial más relevante (Childers, Rodrigues y Welbourn, 2003). En cuanto al arándano, a nuestro conocimiento, este es el primer reporte que se hace del *B. obovatus* en el cultivo, tanto a nivel mundial como nacional.

### **Nemátodos**

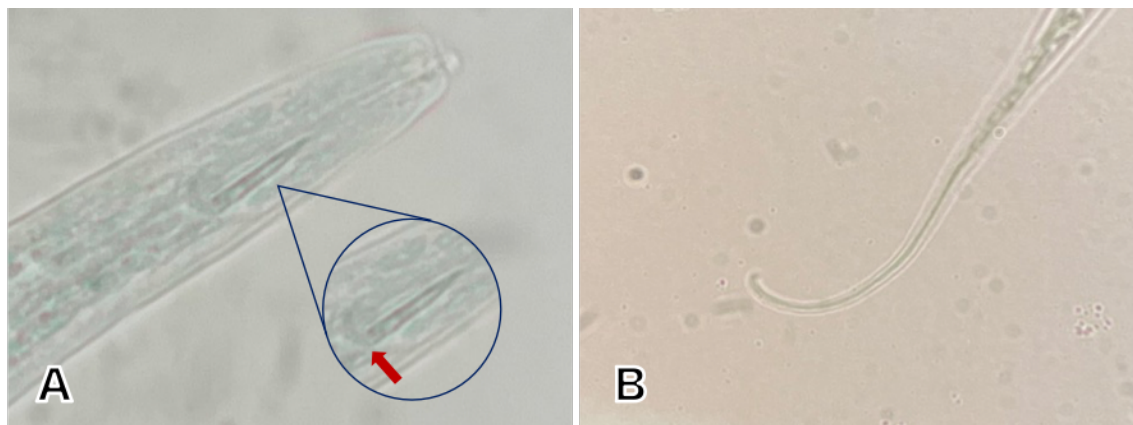
Se identificaron un total de 6 géneros: *Dorylaimus* sp., *Tylenchus* sp., *Psilenchus* sp., *Helicotylenchus* sp., *Rhabditis* sp., y *Acrobelloides* sp. La identificación se realizó con base en la morfología observada de los individuos, las claves empleadas se citarán en la descripción de cada uno de los especímenes.

La mayoría de los géneros encontrados corresponden a nemátodos de vida libre o saprófitos que se alimentan de algas, musgos, líquenes, bacterias y raíces de plantas (sin ocasionar daños significativos en las mismas). El único género con importancia agrícola significativa por su actividad fitoparasítica fue *Helicotylenchus* sp. A pesar de esto, la mayoría de los géneros se relacionaron de una forma u otra con el ámbito agropecuario, cada uno de ellos se discutirá a mayor profundidad en su apartado correspondiente.

#### ***Dorylaimus* sp. Dujardin, 1845**

El género se caracteriza por presentar un odontoestilete claramente visible (figura 14A), recto, robusto y por lo general mide de 2-3 veces el largo de la región labial. No presenta nódulos en la base del odontoestilete y tiene un anillo guía doble. La cutícula suele ser gruesa y sobre esta se encuentran estrias o crestas longitudinales. La morfología de la región posterior también suele ser de ayuda para identificar al género; la forma convencional en hembras adultas es larga y filiforme (figura 14B) (Vinciguerra, 2006).





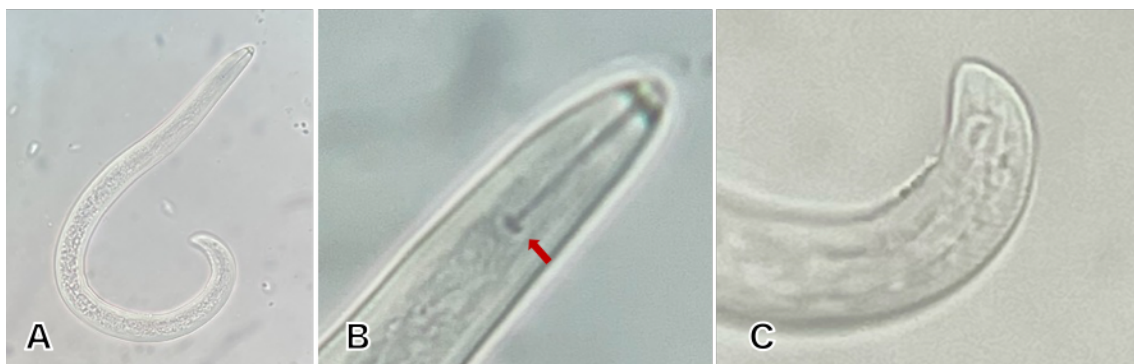
**Figura 14.** *Dorylaimus* sp. A) odontoestilete, ausencia de nódulos basales (flecha roja); B) cola larga y filiforme, característica en hembras.

*Dorylaimus* spp. es un nemátodo de vida libre. A pesar de que se ha encontrado asociado a cultivos como la soya, camote y otras plantas, no se ha demostrado su actividad como fitopatógeno de las mismas (Horst, 2008). También se ha reportado a *Dorylaimus* spp. como organismos acuáticos, abundantes en regiones con cuencas fluviales importantes (Jiménez-Guirado, 1988).

En México, estudios sobre la nematofauna de distintos cultivos, han reportado al género presente en el país. El primero de ellos fue asociando a *Dorylaimus* spp. al cultivo de la berenjena en el estado de Aguascalientes (Ríos-Valadez *et al.*, 2021). El segundo lo reporta presente en el cultivo de la alfalfa en el norte del país y asociándolo con la enfermedad conocida como pudrición de corona (Velásquez-Valle *et al.*, 2018); a pesar de que en el trabajo anterior lo asocian con dicha enfermedad, no se le puede atribuir directamente a *Dorylaimus* spp. el rol de agente causal de la misma, esto debido a que también se encontraron otras especies de nemátodos fitoparásitos e incluso se reportaron una cantidad importante de hongos fitopatógenos que atacan las raíces (cuya sintomatología concuerda con la descrita en el artículo) y que pueden ser agentes causales de la enfermedad. A nuestro conocimiento en el presente trabajo es la primera vez que se hace el reporte de *Dorylaimus* spp. asociado al cultivo del arándano en México.

***Helicotylenchus* sp. Steiner, 1945**

Los nemátodos de este género suelen ser pequeños a medianos. La característica principal y más distintiva del género es que la forma de su cuerpo en reposo es en espiral (figura 15A). El estilete se encuentra bien desarrollado y es robusto, es de tres a cuatro veces el ancho de la región cefálica; suele ser fuertemente visible y presenta nódulos en la base del mismo (figura 15B). La cabeza no se encuentra separada del cuerpo. La cola de la hembra por lo general es corta, con una forma conoide a redondeada (figura 15C) (Li *et al.*, 2017).



**Figura 15.** *Helicotylenchus* sp. A) posición de reposo en espiral; B) estilete y nódulos basales (flecha roja) prominentes; C) cola de la hembra, forma cónica a redonda.

El género *Helicotylenchus* es un género cosmopolita que puede presentarse en una amplia variedad de climas y cultivos. Son nemátodos migratorios ectoparásitos o semiendoparásitos; por lo general se encuentran asociados al sistema radicular de diversos cultivos de importancia agrícola, donde se pueden llegar a encontrar en altas densidades, alimentándose directamente de las raíces de las plantas con ayuda de su estilete (Subbotin *et al.*, 2011). Existen alrededor de 230 especies dentro del género, algunas de ellas causan pérdidas significativas en cultivos agrícolas, siendo los fitoparásitos principales a vencer en los cultivos (Uzma *et al.*, 2015). Uno de los casos más destacados es el de *Helicotylenchus multicinctus* que ataca las raíces de los plátanos, ocasionando necrosis de las mismas; las pérdidas por este nemátodo se estiman de entre 19 y 34%, por lo que es de los principales problemas de dicho cultivo (Guzmán-Piedrahita, 2011).

Para el cultivo del arándano, ya se ha reportado con anterioridad la presencia de *Helicotylenchus* spp. en varios estados de USA (Rivera *et al.*, 2015) como Arkansas (Clark y Robbin, 1994) o Georgia y Carolina del Norte (Jagdale *et al.*, 2013). En México el género se encuentra presente en una amplia variedad de cultivos; algunos de ellos son la

papaya (Martínez-Gallardo *et al.*, 2014), litchi (Martínez-Bolaños *et al.*, 2020), cebolla (Beltmon *et al.* 2003) y plátano (Lara-Posadas *et al.*, 2016). A pesar de la presencia del género en el país, a nuestro conocimiento esta es la primera vez que se reporta el género en el cultivo del arándano en México.

***Tylenchus sp.* Bastian, 1865**

El género suele ser de tamaño pequeño a mediano y puede tomar una postura levemente curvada al ser fijado (figura 16A). La cutícula cuenta con anulaciones muy visibles. El labial es continuo con el cuerpo; la estructura cefálica no presenta esclerotización y en caso de presentarla suele ser ligera. Cuenta con un estilete y nódulos basales que en su conjunto suelen ser pequeños y muy poco visibles (figura 16B). La cola de las hembras es filiforme y la terminación de estas es pareja, no presenta ningún ensanchamiento o mucrón en la parte apical (figura 16C) (Li *et al.*, 2017).



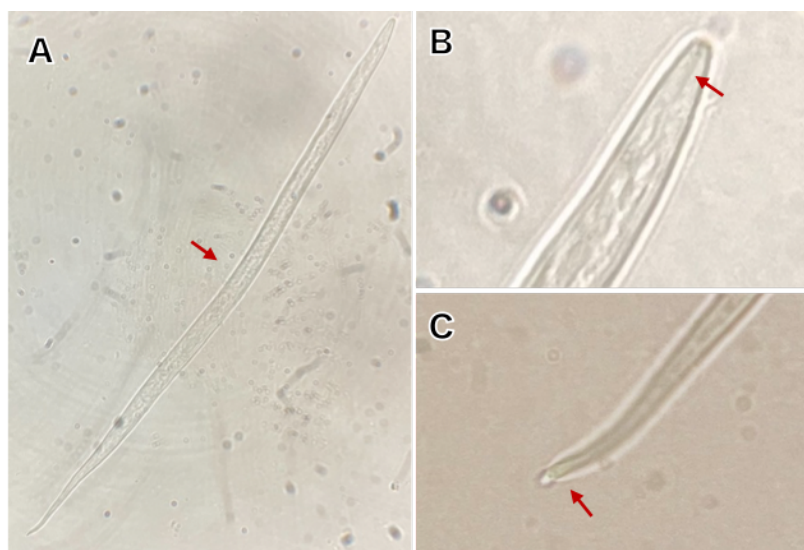
**Figura 16.** *Tylenchus sp.* A) curvatura después de ser fijado; B) estilete y nódulos basales pequeños y poco visibles; C) cola filiforme de las hembras, parte apical sin mucrón.

*Tylenchus spp.* ha sido previamente reportado como parásito de plantas, causando afecciones en la raíz de algunos cultivos como la piña (Godfrey, 1929), en plantas de producción de té (Steiner y Buhner, 1933) y plantas de hábitos silvestres (Thorne, 1926);

en todas se presentaron necrosis y alteraciones en la raíz, así como altas densidades de nemátodos en las mismas. A pesar de estos reportes como parásito de plantas, en la actualidad, *Tylenchus* spp. no es considerado como un fitoparásito relevante en cultivos agrícolas. Los reportes mencionados con anterioridad datan de fechas antiguas y no ha habido reportes significativos en el presente que indiquen su potencial como fitoparásito. Los reportes y artículos recientes sobre *Tylenchus* spp. se inclinan más a la contribución de información respecto a las nuevas especies, taxonomía y nuevos hospederos para el género (Kantor *et al.*, 2023). A nuestro conocimiento este es el primer reporte del género sobre la rizósfera del cultivo del arándano en México.

***Psilenchus* sp. De Man, 1921**

El cuerpo se curva levemente de la parte ventral al momento de la fijación (figura 17A). Región cefálica debilmente esclerotizada, de forma conoide o redondeada. Estilete cilíndrico sin nódulos basales (figura 17B). Este género presenta características morfológicas muy similares al género *Tylenchus* sp. sin embargo, la principal diferencia radica en que *Psilenchus* sp. presenta un leve ensanchamiento en la parte apical de la cola, estructura conocida como mucrón (Li *et al.*, 2017).



**Figura 17.** *Psilenchus* sp. A) curvatura presente después de ser fijado; B) estilete pequeño, poco visible, sin nódulos basales; C) cola filiforme de las hembras, mucrón apical.

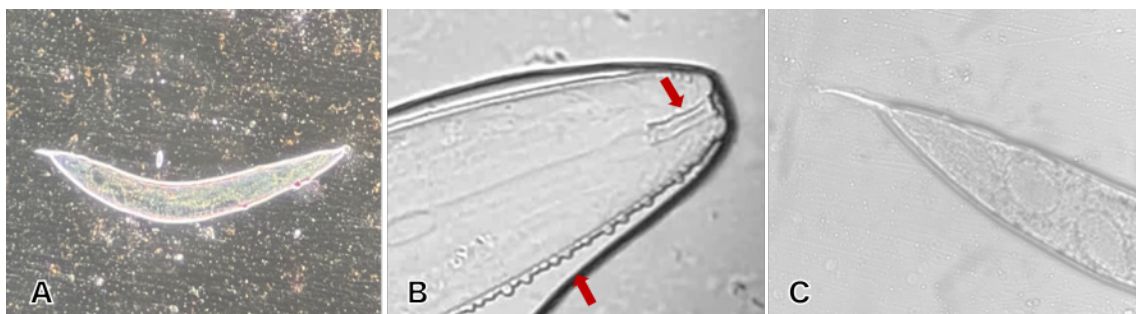
*Psilenchus* spp. es un género conocido de nemátodo parásito de plantas. El daño principal ocasionado por el mismo ocurre en la raíz de las plantas, en las cuales se puede encontrar

en densidades importantes. Se ha reportado la presencia de *Psilenchus* spp. en países como Corea (Park *et al.*, 2005), India (Sheikh, 2020) y México (Martínez-Bolaños *et al.*, 2020)

La presencia del género se ha reportado en cultivos de importancia agrícola como la papa, chile, espinaca (Sheikh, 2020); también se ha reportado en otros miembros del grupo de frutos rojos como la zarzamora (Peraza-Padilla y Orozco-Aceves, 2018) y la fresa (Park *et al.*, 2005). Aunque en este último se reportaban síntomas de colorosis, crecimiento retrasado y hojas arrugadas en las plantas, no se puede saber con certidumbre si el daño era ocasionado directamente por *Psilenchus* spp. o se encontraba como organismo de vida libre, ya que también se encontraron otros géneros conocidos por causar enfermedades en las plantas. El presente trabajo es el primero de su tipo en el que se reporta la presencia del género en el cultivo del arándano en México.

#### ***Rhabditis* sp. Dujardin, 1844**

El cuerpo del nemátodo se estrecha en ambas extremidades, por lo que suelen ser de una apariencia más robusta en la parte media (figura 18A). Presenta estrías o anillos de forma transversal en todo el cuerpo. No tiene estilete ni nódulos. La característica distintiva del género es que la cavidad faríngea es larga y cilíndrica (figura 18B).



**Figura 18.** *Rhabditis* sp. A) cuerpo estrecho en las extremidades; B) cavidad faríngea larga y cilíndrica, anulaciones transversales en la cutícula; C) región posterior.

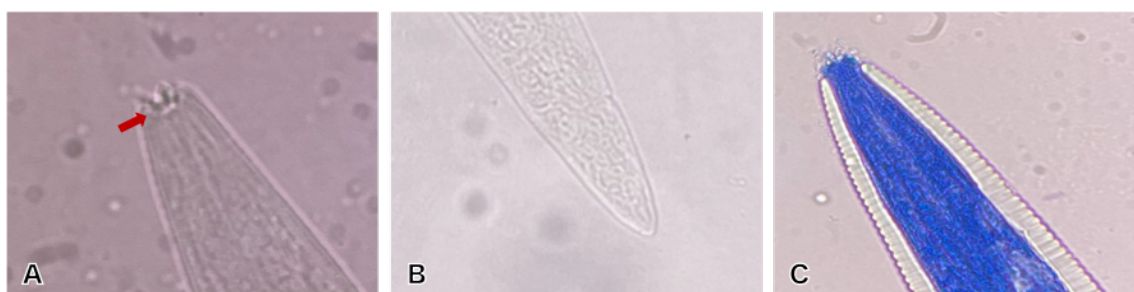
*Rhabditis* spp. se puede encontrar en una gran variedad de climas y suelos ya que se trata de un género cosmopólita de vida libre (Li *et al.*, 2017). A pesar de sus hábitos de vida libre, se ha encontrado una fuerte acción de *Rhabditis* spp. como agente de control biológico, ya que se trata de un eficaz entomopatógeno (Park *et al.*, 2012). Los nematodos entomopatógenos invaden las larvas de insectos susceptibles y penetran hasta el hemocele,



donde liberan sus bacterias simbióticas (presentes en su tracto digestivo). La bacteria prolifera, mata a las larvas de los insectos y favorece la reproducción de los nematodos proporcionándoles nutrientes provenientes del cadáver del insecto (degradado por enzimas) y produciendo antibióticos que inhiben el crecimiento de otros microorganismos (Sangeetha *et al.*, 2016). De forma contraria a sus beneficios como entomopatógeno, también se ha reportado a *Rhabditis* spp. como agente causal de enfermedades en animales; Se ha reportado ocasionando otitis parasitaria en ganado bovino (Henriquez-Crespo *et al.*, 2022) e infestando los ojos de roedores (Kocianová-Adamcová *et al.*, 2006). El género *Rhabditis* spp. se ha encontrado en la diversidad de nemátodos asociados a la rizósfera del cultivo de Kiwi (Sekhukhune *et al.*, 2022), sin embargo ningún reporte se ha realizado para el arándano. De ser así, el presente proyecto es el primero en reportar a *Rhabditis* spp. asociado a la rizósfera en el cultivo del arándano en México y en el mundo.

***Acrobeloides* sp. (Cobb, 1924) Thorne, 1937**

La longitud del cuerpo suele ser variada, de tamaños muy pequeños a medianos o grandes, presentan una cutícula con anulaciones claramente visibles (figura 19A). En la región cefálica presentan la característica más distintiva del género, cuentan con tres protuberancias o labios, de forma cilíndrica con el ápice algo redondeado (figura 19A). Los machos son en su mayoría desconocidos. La cola de las hembras es corta, redondeada o conoide (figura 19B) (Li *et al.*, 2017).



**Figura 19.** *Acrobeloides* sp. A) protuberancias cónicas de la región cefálica; B) cola de la hembra, corta y redondeada; C) cutícula anulada.

Al igual que el género anterior, *Acrobeloides* spp. también es un nemátodo de vida libre que se encuentra en una gran variedad de suelos. En algunos casos se ha llegado a reportar como bacteriófago (Háněl, 1999; Miedvedieva y Kozlovsky, 2020), aunque en la mayoría

siempre se presenta como organismo saprófito o de vida libre. Otro aspecto relevante del género es que suele ser empleado como indicador de la salud y estabilidad de los ecosistemas, se ha empleado para identificar metales pesados en el suelo (Hao *et al.*, 2010) o para identificar el efecto de la agricultura y la cosecha continua en las comunidades naturales del suelo (Li *et al.*, 2005; Li *et al.*, 2016). El uso de este género se debe principalmente a la susceptibilidad del mismo a alteraciones y contaminaciones del medio como lo son los metales pesados o ácidos fenólicos (indicadores de sobrecosecha del suelo).

Se señala en la literatura que la presencia de *Rhabditis* spp. y *Acrobeloides* spp. suelen ser un buen indicador sobre el estado del suelo, ya que por lo general se trata de organismos benéficos que refieren a la poca alteración del ecosistema (Li *et al.*, 2016). En el presente trabajo se encontraron ambos géneros en los arándanos muestreados, lo cual indica un buen estado del suelo en los predios muestreados. *Acrobeloides* spp. ya había sido reportado como parte de la nematofauna asociada al cultivo de la papa en el estado de Veracruz (Desgarennnes *et al.*, 2009). A nuestro conocimiento el presente trabajo es el primero en el que se reporta a *Acrobeloides* spp. asociado al cultivo del arándano en México.

## CONCLUSIONES

Se lograron identificar de manera exitosa siete especies de hongos asociadas al cultivo del arándano en Michoacán, México. La identificación de las mismas se realizó por medio de taxonomía integrativa en la que se empleó la observación de caracteres morfológicos y técnicas de biología molecular para la identificación de las mismas. La totalidad de las especies identificadas representan un primer reporte de las mismas para el cultivo del arándano en México.

Se reporta por primera vez al arándano como hospedero de *Brevipalpus lewisi* y *Brevipalpus obovatus*, en Michoacán, México. Ambas especies se encontraban previamente reportadas en el país para otros cultivos, pero no en el cultivo del arándano.

Existen por lo menos seis géneros de nemátodos asociados a la rizósfera del arándano en cultivos de dos localidades de Michoacán, México; al menos una de estas especies (*Helicotylenchus* sp.) es fitoparásita. Todos ellos se reportan por primera vez en el cultivo.

Existe una amplia diversidad de microorganismos asociados al cultivo del arándano en Michoacán. Un número significativo de estos organismos son parásitos o patógenos que se encuentran afectando la fisiología de las plantas. Otro número considerable son organismos son de vida libre, indicadores del buen estado de la planta; y unos cuantos tienen potencial como agentes de control biológico para un amplio número de organismos. Todos ellos se encuentran interactuando en el agroecosistema estudiado.



## REFERENCIAS

- Abass, M. H., & Mohammed, N. H. (2014). Morphological, molecular and pathological study on *Nigrospora oryzae* and *Nigrospora sphaerica*, the leaf spot fungi of date palm. *Basra Journal for Date Palm Researches*, 13(1-2), 26-38.
- Allende-Molar, R., Báez-Parra, K. M., Salazar-Villa, E., & Rojo-Báez, I. (2022). BIODIVERSITY OF *Trichoderma* SPP. IN MEXICO AND ITS POTENCIAL USE IN AGRICULTURE. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 25(3).
- Anikina, I., Kamarova, A., Issayeva, K., Issakhanova, S., Mustafayeva, N., Insebayeva, M., ... & Raposo, A. (2023). Plant protection from virus: a review of different approaches. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1163270.
- Anwar, W., Amin, H., Khan, H. A. A., Akhter, A., Bashir, U., Anjum, T., ... & Zohaib, K. A. (2023). Chitinase of *Trichoderma longibrachiatum* for control of *Aphis gossypii* in cotton plants. *Scientific Reports*, 13(1), 13181.
- Araujo, L., Ferreira Pinto, F. A. M., de Andrade, C. C. L., Mituti, T., Falkenbach, B. R., Gomes, L. B., & Duarte, V. (2023). *Pestalotiopsis trachycarpicola* causes leaf spot disease on blueberry in Santa Catarina, Brazil. *Australasian Plant Disease Notes*, 18(1), 14.
- Ávalos-Cerdas, J. M., Otero-Colina, G., Bautista-Martínez, N., Ochoa-Martínez, D., & Villegas-Monter, Á. (2018). *Brevipalpus lewisi* (ACARI: TENUIPALPIDAE) COMO VECTOR DE Citrus leprosis VIRUS TIPOS CITOPASMÁTICO (CILV-C) Y NUCLEAR (OFV-CITRUS) EN Citrus sinensis. Memorias del I Congreso Nacional de Entomología Aplicada.
- Aziz, N. H., & Moussa, L. A. (2002). Influence of gamma-radiation on mycotoxin producing moulds and mycotoxins in fruits. *Food Control*, 13(4-5), 281-288.
- Baker, E. W., & Tuttle, D. M. (1987). The false spider mites of Mexico (Tenuipalpidae: Acari). Agricultural Research Service, Technical Bulletin, 241.
- Barnett, H. L., & Hunter, B. B. (1998). *Illustrated genera of imperfect fungi.*, (4th ed). The American Phytopathological Society, Minesota, USA.
- Bayman, P., Baker, J. L., Doster, M. A., Michailides, T. J., & Mahoney, N. E. (2002). Ochratoxin production by the *Aspergillus ochraceus* group and *Aspergillus alliaceus*. *Applied and environmental microbiology*, 68(5), 2326-2329.
- Belmont, R. M., Juárez, R. A. N., Moctezuma, H. E. F., & Ocampo, M. M. (2003). Hongos y nematodos en raíces y bulbos de cebolla (*Allium cepa* L.) en el estado de Morelos, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21(3), 300-304.

- Bioresource Collection and Research Center. *Aspergillus sclerotiorum*. BCRC Number:32143.  
[https://www.bcrc.firdi.org.tw/fungi/fungal\\_detail.jsp?id=FU200802220014](https://www.bcrc.firdi.org.tw/fungi/fungal_detail.jsp?id=FU200802220014)  
 (septiembre 13, 2023).
- CABI. (2022). *Brevipalpus lewisi* (citrus flat mite) [Data set]. En *CABI Compendium*. CABI Publishing.
- Camacho-Luna, V., Rodríguez-Hernández, A. A., Rodríguez-Monroy, M., Norma, R., & Sepúlveda-Jiménez, G. (2022). Identification of endophytic fungi of *Ageratina pichinchensis* with antagonistic activity against phytopathogens of agricultural importance. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(6), 1027-1040.
- Caracciolo, R., Sella, L., De Zotti, M., Bolzonello, A., Armellin, M., Trainotti, L., ... & Tundo, S. (2023). Efficacy of *Trichoderma longibrachiatum* Trichogin GA IV Peptaibol analogs against the Black Rot Pathogen *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* and other Phytopathogenic Bacteria. *Microorganisms*, 11(2), 480.
- Cepeda-Siller, M. (1996). *Nematología Agrícola* (Primera Edición). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Mexico. Editorial Trillas
- Chagas, C. M., Kitajima, E. W., & Rodrigues, J. C. V. (2003). Coffee ringspot virus vectored by *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) in coffee. *Experimental & applied acarology*, 30, 203-213.
- Childers, C. C., French, J. V., & Rodrigues, J. C. V. (2003). *Brevipalpus californicus*, *B. obovatus*, *B. phoenicis*, and *B. lewisi* (Acari: Tenuipalpidae): a review of their biology, feeding injury and economic importance. *Experimental & applied acarology*, 30, 5-28.
- Childers, C. C., Rodrigues, J. C. V., & Welbourn, W. C. (2003). Host plants of *Brevipalpus californicus*, *B. obovatus*, and *B. phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) and their potential involvement in the spread of viral diseases vectored by these mites. *Experimental & applied acarology*, 30, 29-105.
- Christensen, M. (1982). The *Aspergillus ochraceus* group: two new species from western soils and a synoptic key. *Mycologia*, 74(2), 210-225.
- Cisneros-Vázquez, L. A., Navarro, R. P. P., Rodríguez, A. D., Ordóñez-González, J. G., Valdez-Delgado, K. M., Danis-Lozano, R., & Vázquez-Martínez, G. (2023). Entomopathogenic fungi for the control of larvae and adults of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) vector of dengue, chikungunya and Zika viruses in Mexico. *Salud Pública de México*, 65(2 mar-abr), 144-150.
- Clark, J. R., & Robbins, R. T. (1994). Phytoparasitic nematodes associated with three types of blueberries in Arkansas. *Journal of Nematology*, 26(4S), 761.

- Çobanoğlu, S., Ueckermann, E. A., & Sağlam, H. D. (2016). The Tenuipalpidae of Turkey, with a key to species (Acari: Trombidiformes). *Zootaxa*, 4097(2), 151-186.
- Desgarennes, D., Sánchez-Nava, P., Peña-Santiago, R., & Carrión, G. (2009). Nematofauna asociada a la rizosfera de papas (*Solanum tuberosum*) cultivadas en la zona productora del Cofre de Perote, Veracruz, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 80(3), 611-614.
- Deshmukh, S. K., Prakash, V., & Ranjan, N. (2017). Recent advances in the discovery of bioactive metabolites from *Pestalotiopsis*. *Phytochemistry Reviews*, 16, 883-920.
- Diogo, E., Gonçalves, C. I., Silva, A. C., Valente, C., Bragança, H., & Phillips, A. J. (2021). Five new species of *Neopestalotiopsis* associated with diseased *Eucalyptus* spp. in Portugal. *Mycological Progress*, 20(11), 1441-1456.
- Doyle, J. J., & Doyle, J. L. (1987). A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemical bulletin*, 19, 11-15.
- Drusch, S., & Aumann, J. (2005). Mycotoxins in fruits: Microbiology, occurrence, and changes during fruit processing. *Advances in food and nutrition research*, 50, 33-78.
- Dutcher, J. D. (2007). A review of resurgence and replacement causing pest outbreaks in IPM. *General concepts in integrated pest and disease management*, 27-43.
- Espinoza, J. G., Briceño, E. X., Keith, L. M., & Latorre, B. A. (2008). Canker and twig dieback of blueberry caused by *Pestalotiopsis* spp. and a *Truncatella* sp. in Chile. *Plant Disease*, 92(10), 1407-1414.
- Essa, T. A., Kamel, S. M., Ismail, A. M., & El-Ganainy, S. (2018). Characterization and chemical control of *Neopestalotiopsis rosae* the causal agent of strawberry root and crown rot in Egypt. *Egyptian Journal of Phytopathology*, 46(1), 1-19.
- Falcon, M. A., Rodriguez, A., Carnicero, A., Regalado, V., Perestelo, F., Milstein, O., & De la Fuente, G. (1995). Isolation of microorganisms with lignin transformation potential from soil of Tenerife Island. *Soil Biology and Biochemistry*, 27(2), 121-126.
- FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2021). FAOSTAT statistical database. Cultivos y Productos de Ganadería (Arándano). FAO.
- Fife, A., Carrillo, D., Knox, G., Iriarte, F., Dey, K., Roy, A., ... & Martini, X. (2021). Brevipalpus-transmitted orchid fleck virus infecting three new ornamental hosts in Florida. *Journal of Integrated Pest Management*, 12(1), 43.

- Fiorenza, A., Gusella, G., Aiello, D., Polizzi, G., & Voglmayr, H. (2022). *Neopestalotiopsis siciliana* sp. nov. and *N. rosae* Causing Stem Lesion and Dieback on Avocado Plants in Italy. *Journal of Fungi*, 8(6), 562.
- Gao, Y., Zhai, F. Y., Zhang, Y. B., Shu, J. P., Chang, J., Zhang, W., & Wang, H. J. (2022). *Neopestalotiopsis rosae* Causing Black Spot on Leaf and Fruit of Pecan (*Carya illinoensis*) in China. *Plant Disease*, 106(7), 1995.
- Garay-Serrano, E., Cruz-Esteban, S., Fernández-Pavia, S. P. F., Rodríguez-Alvarado, G. A., & Gómez-Dorantes, N. (2021). Pathogenic microorganisms infecting berries in Mexico. *International Journal of Agriculture y Biology*, 25(5), 1007-1015.
- Gerlach, W., Nirenberg, H., Eckart, I., Rummland, I., & Schwarz, R. (1982). *The genus Fusarium: a pictorial atlas* (Vol. 209, pp. 1-406). Berlin: Kommissionsverlag P. Parey.
- Ghosh, S. K., & Pal, S. (2016). Entomopathogenic potential of *Trichoderma longibrachiatum* and its comparative evaluation with malathion against the insect pest *Leucinodes orbonalis*. *Environmental monitoring and assessment*, 188, 1-7.
- Godfrey, G. H. (1929). A destructive root disease of pineapples and other plants due to *Tylenchus brachyurus* n. sp. *Phytopathology*, 19, 611-629.
- Gomes, A., Narciso, R., Regalado, L., Pinheiro, M. C., Barros, F., Sario, S., ... & Mendes, R. J. (2023). Disclosing the native blueberry rhizosphere community in Portugal—an integrated metagenomic and isolation approach. *PeerJ*, 11, e15525.
- González, A., Riquelme, J., France, A., Uribe, H., & Becerra, C. (2017). Manual de manejo agronómico del arándano. INIA
- González, P., Alaniz, S., Montelongo, M. J., Rauduviniče, L., Rebellato, J., Silvera-Pérez, E., & Mondino, P. (2012). First report of *Pestalotiopsis clavispora* causing dieback on blueberry in Uruguay. *Plant Disease*, 96(6), 914-914.
- Gough, R. E. (1993). *The highbush blueberry and its management*. CRC press.
- Guzmán-Piedrahita, O. A. (2011). Importancia de los nematodos espiral, *Helicotylenchus multicinctus* (Cobb) Golden y *H. dihystra* (Cobb) Sher, en banano y plátano. *Agronomía*, 19(2), 19-32.
- Hadj Taieb, K., Gharsallah, H., Ksentini, I., Leclercque, A., Schuster, C., Cheffi, M., ... & Ksantini, M. (2020). Screening of biological activities of fungi associated with pistachio bark beetle, *Chaetoptelius vestitus* (Coleoptera, Curculionidae), infesting pistachio cultivations in Tunisia. *Journal of applied microbiology*, 128(5), 1472-1485.

- Hadj Taieb, K., Gharsallah, H., Ksentini, I., Schuster, C., Fernández-Bravo, M., Garrido-Jurado, I., ... & Ksentini, M. (2019). Phytopathogenic and antagonistic potentialities of fungi associated with pistachio bark beetle, *Chaetoptelius vestitus* (Coleoptera, Curculionidae), infesting pistachio (*Pistacia vera*) in Tunisia. *Journal of applied microbiology*, 126(6), 1821-1834.
- Háněl, L. (1999). Fauna of soil nematodes (Nematoda) in Trojmezná hora Reserve. *Silva Gabreta*, 3, 89-94.
- Hansen, G. M., Laird, T. S., Woertz, E., Ojala, D., Glanzer, D., Ring, K., & Richart, S. M. (2016). *Aspergillus sclerotiorum* fungus is lethal to both Western drywood (*Incisitermes minor*) and Western subterranean (*Reticulitermes hesperus*) termites.
- Hao, W., Li, Q., Zhang, J., Jiang, Y., & Liang, W. (2010). Utility of nematode *Acrobeloides nanus* for assessing subacute toxicity of heavy metals. *Environmental monitoring and assessment*, 164, 273-278.
- Hao, Y., Aluthmuhandiram, J. V., Chethana, K. T., Manawasinghe, I. S., Li, X., Liu, M., ... & Zhang, W. (2020). *Nigrospora* species associated with various hosts from Shandong Peninsula, China. *Mycobiology*, 48(3), 169-183.
- Harman, G. E., & Kubicek, C. P. (Eds.). (2002). *Trichoderma and Gliocladium. Volume 1: Basic biology, taxonomy and genetics* (Vol. 1). CRC Press. Londres
- Henriquez Crespo, R. J., Cardona Álvarez, J. A., & Reyes Bossa, B. J. (2022). Frecuencia de otitis parasitaria clínica por nematodos *Rhabditis* spp. en cuatro ganaderías raza Gyr en el departamento del Atlántico, Colombia. *Revista de Medicina Veterinaria*, 1(45), 7.
- Hill, M. P., Macfadyen, S., & Nash, M. A. (2017). Broad spectrum pesticide application alters natural enemy communities and may facilitate secondary pest outbreaks. *PeerJ*, 5, e4179.
- Horst, R. K. (2008). *Plant Diseases and Their Pathogens. Westcott's Plant Disease Handbook*, 81–698. doi:10.1007/978-1-4020-4585-1\_3
- Index Fungorum (2016). *Nigrospora oryzae*. [en línea] Consultado en: <https://www.speciesfungorum.org/Names/SynSpecies.asp?RecordID=253729> (Septiembre 24, 2023).
- Jagdale, G. B., Holladay, T., Brannen, P. M., Cline, W. O., Agudelo, P., Nyczepir, A. P., & Noe, J. P. (2013). Incidence and pathogenicity of plant-parasitic nematodes associated with blueberry (*Vaccinium* spp.) replant disease in Georgia and North Carolina. *Journal of nematology*, 45(2), 92.
- Janick, J., & Paull, R. E. (2008). *The encyclopedia of fruit & nuts*. CABI.

- Jiang, B., Wang, Z., Xu, C., Liu, W., & Jiang, D. (2019). Screening and identification of *Aspergillus* activity against *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* and analysis of antimicrobial components. *Journal of Microbiology*, 57, 597-605.
- Jiménez-Guirado, D. (1988). Especies de *Dorylaimus* Dujardin, 1845 (Nematoda) del sur de España. *Miscel·lània Zoològica*, 33-39.
- Joshi, R. (2018). A review of *Fusarium oxysporum* on its plant interaction and industrial use. *J. Med. Plants Stud*, 6(3), 112-115.
- Kang, S. W., & Kim, S. W. (2004). New antifungal activity of penicillic acid against *Phytophthora* species. *Biotechnology letters*, 26, 695-698.
- Kant, P., Reinprecht, Y., Martin, C. J., Islam, R., & Pauls, K. P. (2011). 4.59 Disease Resistance/Pathology/*Fusarium*.
- Kantor, M. R., Handoo, Z. A., Subbotin, S. A., Mowery, J. D., Hult, M. N., Rogers, S., & Skantar, A. M. (2023). Molecular and morphological characterization of *Tylenchus zeae* n. sp.(Nematoda: Tylenchida) from Corn (*Zea mays*) in South Carolina. *Journal of Nematology*, 55(1).
- Keinath, A. P. (2013). Diagnostic guide for gummy stem blight and black rot on cucurbits. *Plant Health Progress*, 14(1), 35.
- Keith, L. M., Velasquez, M. E., & Zee, F. T. (2006). Identification and characterization of *Pestalotiopsis* spp. causing scab disease of guava, *Psidium guajava*, in Hawaii. *Plant Disease*, 90(1), 16-23.
- Khoshmanzar, E., Aliasgharzad, N., Neyshabouri, M. R., Khoshru, B., Arzanlou, M., & Asgari Lajayer, B. (2020). Effects of *Trichoderma* isolates on tomato growth and inducing its tolerance to water-deficit stress. *International journal of environmental science and technology*, 17, 869-878.
- Kitajima, E. W., Ramos-González, P. L., Freitas-Astúa, J & Tassi, A. D. (2020). A brief history of diseases associated with *Brevipalpus*-transmitted viruses. *Atti Accademia Nazionale Italiana di Entomologia*. Anno LXVIII, 2020: 183-188.
- Kocianová-Adamcová, M., Špakulová, M., & Kocianová, E. (2006). Long-term variation in an occurrence of *Rhabditis orbitalis* parasitic larvae (Nematoda, Rhabditidae) in the eyes of montane rodents. *Helminthologia*, 43, 232-236.
- Krantz, G. W., & Walter, D. E. (Eds.). (2009). *A Manual of Acarology* (3a ed.). Texas Tech Press.
- Kubicek-Pranz, E. M. (1998). Nutrition, cellular structure and basic metabolic pathways in *Trichoderma* and *Gliocladium*. *Trichoderma and Gliocladium Volume*, 95.

- Lara Posadas, S. V., Núñez Sánchez, Á. E., López-Lima, D., & Carrión, G. (2016). Nemátodos fitoparásitos asociados a raíces de plátano (*Musa acuminata* AA) en el centro de Veracruz, México. *Revista mexicana de fitopatología*, 34(1), 116-130.
- Leslie, J. F., & Summerell, B. A. (2008). *The Fusarium laboratory manual*. John Wiley & Sons. doi:10.1002/9780470278376
- Li, F., Neher, D. A., Darby, B. J., & Weicht, T. R. (2005). Observed differences in life history characteristics of nematodes *Aphelenchus* and *Acrobeloides* upon exposure to copper and benzo (a) pyrene. *Ecotoxicology*, 14, 419-429.
- Li, P. F., Ren, R. S., Yao, X. F., Xu, J. H., Babu, B., Paret, M. L., & Yang, X. P. (2015). Identification and Characterization of the Causal Agent of Gummy Stem Blight from Muskmelon and Watermelon in East China. *Journal of Phytopathology*, 163(4), 314-319.
- Li, Q., Liang, W., Zhang, X., & Mahamood, M. (2017). *Soil nematodes of grasslands in Northern China*. Academic Press.
- Li, X., Lewis, E. E., Liu, Q., Li, H., Bai, C., & Wang, Y. (2016). Effects of long-term continuous cropping on soil nematode community and soil condition associated with replant problem in strawberry habitat. *Scientific reports*, 6(1), 30466.
- Liburd, O., Lopez, L., & Phillips, D. (2020). Mite Pests of Southern Highbush Blueberry in Florida: ENY1006/IN1284, 6/2020. *EDIS*, 2020(5), 4-4.
- Liu, P. Q., Wei, M. Y., Zhu, L., Li, B. J., Weng, Q. Y., & Chen, Q. H. (2017). First report of spot blight on water spinach (*Ipomoea aquatica*) caused by *Stagonosporopsis cucurbitacearum* in China. *Plant Disease*, 101(5), 838.
- Liu, Y. H., Lin, T., Ye, C. S., & Zhang, C. Q. (2014). First report of fusarium wilt in blueberry (*Vaccinium corymbosum*) Caused by *Fusarium oxysporum* in China. *Plant disease*, 98(8), 1158-1158.
- Liu, Z., Xu, N., Pang, Q., Khan, R. A. A., Xu, Q., Wu, C., & Liu, T. (2023). A Salt-Tolerant Strain of *Trichoderma longibrachiatum* HL167 Is Effective in Alleviating Salt Stress, Promoting Plant Growth, and Managing Fusarium Wilt Disease in Cowpea. *Journal of Fungi*, 9(3), 304.
- Lopez, L., & Liburd, O. E. (2020). Injury to southern highbush blueberries by southern red mites and management using various miticides. *Insects*, 11(4), 233.
- Luo, X., Xi, Y., Shen, C., Wang, M., & Wang, H. (2022). Occurrence of *Nigrospora sphaerica* causing leaf blight on *Chrysanthemum morifolium* in China. *Crop Protection*, 157, 105982.



- Maharachchikumbura, S. S., Hyde, K. D., Groenewald, J. Z., Xu, J., & Crous, P. W. (2014). Pestalotiopsis revisited. *Studies in Mycology*, 79(1), 121-186.
- Mainland, C. M. M. (2012). Frederick V. Coville and the history of North American highbush blueberry culture. *International journal of fruit science*, 12(1-3), 4-13.
- Martínez Gallardo, J. Á., Díaz Valdés, T., Allende Molar, R., Ortiz Meza, J. A., García Estrada, R. S., & Carrillo Fasio, J. A. (2014). Nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de papaya (*Carica papaya* L.) en Colima, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(2), 317-323.
- Martínez-Bolaños, M., Martínez-Bolaños, L., Martínez-Reyes, R., Avendaño-Arrazate, C. H., Cruz-Chávez, M. A., & Gálvez-Marroquín, L. A. (2020). Nematodos asociados con el cultivo de litchi (*Litchi chinensis*) en Oaxaca, México. *Revista mexicana de fitopatología*, 38(3), 463-474.
- Mesa, N. C., Ochoa, R., Welbourn, W. C., Evans, G. A., & De Moraes, G. J. (2009). A catalog of the Tenuipalpidae (Acari) of the World with a key to genera. *Zootaxa*, 2098(1), 1-185.
- Miedviedieva, I. V., & Kozlovsky, M. P. (2020). Functional organization of soil nematode communities of spruce in primary ecosystems. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Agronomy and Biology*, 40(2), 30-37.
- Mmbaga, M. T., Gurung, S., & Maheshwari, A. (2018). Screening of plant endophytes as biological control agents against root rot pathogens of pepper (*Capsicum annum* L.). *J. Plant Pathol. Microbiol*, 9(3), 1000435.
- Mondragón Flores, A., López Medina, J., Ochoa Ascencio, S., & Gutiérrez Contreras, M. (2012). Hongos asociados a la parte aérea del arándano en Los Reyes, Michoacán, México. *Revista mexicana de fitopatología*, 30(2), 141-144.
- Moumni, M., Allagui, M. B., Mancini, V., Murolo, S., Tarchoun, N., & Romanazzi, G. (2020). Morphological and molecular identification of seedborne fungi in squash (*Cucurbita maxima*, *Cucurbita moschata*). *Plant Disease*, 104(5), 1335-1350.
- Moumni, M., Mancini, V., Allagui, M. B., Murolo, S., & Romanazzi, G. (2019). Black rot of squash (*Cucurbita moschata*) caused by *Stagonosporopsis cucurbitacearum* reported in Italy. *Phytopathologia Mediterranea*, 58(2), 379-384.
- Moya-Elizondo, E. A., Doussoulin, H., San Martin, J., Ruiz, B., & Del Valle, P. (2019). First report of *Fusarium oxysporum* causing Fusarium wilt on blueberry (*Vaccinium corymbosum*) in Chile. *Plant Disease*, 103(10), 2669-2669.
- National Museum of Natural History, Smithsonian Institution (2023). Integrated Taxonomic Information System (ITIS). Checklist dataset <https://doi.org/10.5066/f7kh0kbb> accessed via GBIF.org on 2023-11-20.

- Navale, V., Vamkudoth, K. R., Ajmera, S., & Dhuri, V. (2021). Aspergillus derived mycotoxins in food and the environment: Prevalence, detection, and toxicity. *Toxicology Reports*, 8, 1008-1030.
- Nuangmek, W., Aiduang, W., Suwannarach, N., Kumla, J., & Lumyong, S. (2018). First report of gummy stem blight caused by *Stagonosporopsis cucurbitacearum* on cantaloupe in Thailand. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 40(2), 306-311.
- Nunes, M. A., Ferreira, L. M., Rogerio, L. A., Kitajima, E. W., & Novelli, V. M. (2022). Infection by coffee ringspot virus is identified for the first time in succulent plants. *Journal of Plant Pathology*, 104(2), 795-799.
- Oliveira, R., Borges Chagas, L. F., Lima Martins, A. L., Costa Souza, M., Lima Luz, L., Luane Gomes, F., & Freitas Chagas Junior, A. (2022). Trichoderma in the phytopathogenic biocontrol. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 28(4).
- Palacio-Bielsa A. (2010). Patógenos de plantas descritos en España.
- Park, H. W., Kim, H. H., Youn, S. H., Shin, T. S., Bilgrami, A. L., Cho, M. R., & Shin, C. S. (2012). Biological control potentials of insect-parasitic nematode *Rhabditis blumi* (Nematoda: Rhabditida) for major cruciferous vegetable insect pests. *Applied entomology and zoology*, 47, 389-397.
- Park, S. D., Khan, Z., Yeon, I. K., & Kim, Y. H. (2005). A survey for plant-parasitic nematodes associated with strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) crop in Korea. *The Plant Pathology Journal*, 21(4), 387-390.
- Patsa, R., Jash, S., Dutta, S., Barman, A. R., Poduval, M., & Ray, S. K. (2023). Pestalotiopsis leaf spot: an important foliar disease in cashewnut seedling incited by *Pestalotiopsis oxanthi* in West Bengal, India. *Indian Phytopathology*, 1-13.
- Peraza-Padilla, W., & Orozco-Aceves, M. (2018). PLANT-PARASITIC NEMATODES ASSOCIATED WITH BLACKBERRY (*RUBUS ADENOTRICHUS* SCHLTDL.) PLANTATIONS IN COSTA RICA. *Nematropica*, 48(2), 145-154.
- Pescie, M. A., Fradkin, M., Lavado, R. S., & Chiocchio, V. M. (2021). Endophytic fungi in blueberry cultivars, in three production areas of Argentina. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 115, 101662.
- Poveda, J. (2021). Trichoderma as biocontrol agent against pests: New uses for a mycoparasite. *Biological Control*, 159, 104634.
- Pscheidt, J. W., & Ocamb, C. M. (2015). *Pacific northwest plant disease management handbook*. Oregon State University.

- Quito-Avila, D. F., Brannen, P. M., Cline, W. O., Harmon, P. F., & Martin, R. R. (2013). Genetic characterization of Blueberry necrotic ring blotch virus, a novel RNA virus with unique genetic features. *Journal of general virology*, 94(6), 1426-1434.
- Rebollar-Alviter, A., Silva-Rojas, H. V., Fuentes-Aragón, D., Acosta-González, U., Martínez-Ruiz, M., & Parra-Robles, B. E. (2020). An emerging strawberry fungal disease associated with root rot, crown rot and leaf spot caused by *Neopestalotiopsis rosae* in Mexico. *Plant Disease*, 104(8), 2054-2059.
- Ríos Valadez, R., Cepeda Siller, M., Cerna Chávez, E., Ochoa Fuentes, Y. M., Hernández Pérez, A., & Tapia Vargas, L. M. (2021). Nematodos asociados al cultivo de berenjena en Cañada Honda, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(7), 1305-1311.
- Rivera, M. J., Rodriguez-Saona, C., Jennings, D. E., & Koppenhöfer, A. M. (2015). Assessing the impact of cultivation and plant domestication of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum*) on soil properties and associated plant-parasitic nematode communities. *Soil Biology and Biochemistry*, 88, 25-28.
- Rodríguez-Gálvez, E., Hilário, S., Lopes, A., & Alves, A. (2020). Diversity and pathogenicity of *Lasiodiplodia* and *Neopestalotiopsis* species associated with stem blight and dieback of blueberry plants in Peru. *European Journal of Plant Pathology*, 157(1), 89-102.
- Rodríguez-Navarro, S., Mcmurtry, J., & Estébanes-González, M. L. (2003). Phytophagous mites and their predators, associated to fruit trees in Teziutlan, Puebla, Mexico. *Folia Entomológica Mexicana*, 42(1), 79-90.
- Romero-Velazquez, S. D., Tlapal-Bolaños, B., Cadena-Iñiguez, J., Nieto-Ángel, D., & Arévalo-Galarza, M. (2015). Hongos causantes de enfermedades postcosecha en chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.) y su control in vitro. *Agronomía Costarricense*, 39(2), 19-32.
- Rosas-Hernández, L. (2014). Métodos de extracción de nemátodos fitopatógenos. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 32, 32-33.
- Roy, A., Stone, A. L., Otero-Colina, G., Wei, G., Bransky, R. H., Ochoa, R., ... & Hartung, J. S. (2020). Reassortment of genome segments creates stable lineages among strains of orchid fleck virus infecting citrus in Mexico. *Phytopathology*, 110(1), 106-120.
- Ruiz-Cisneros, M. F., Ornelas-Paz, J. D. J., Olivas-Orozco, G. I., Acosta-Muñiz, C. H., Sepúlveda-Ahumada, D. R., Pérez-Corral, D. A., ... & Fernández-Pavía, S. P. (2018). Effect of *Trichoderma* spp. and phytopathogenic fungi on plant growth and tomato fruit quality. *Revista mexicana de fitopatología*, 36(3), 444-456.

- Saad, N., Olmstead, J. W., Jones, J. B., Varsani, A., & Harmon, P. F. (2021). Known and new emerging viruses infecting blueberry. *Plants*, 10(10), 2172.
- Saccaggi, D. L., Ueckermann, E. A., Du Toit, I., & Ngubane-Ndhlovu, N. P. (2017). First records of *Brevipalpus lewisi* McGregor (Acari: Trombidiformes: Tenuipalpidae) in South Africa, with notes on distribution and field ecology. *African Entomology*, 25(2), 523-528.
- Samuels, G. J., Ismaiel, A., Mulaw, T. B., Szakacs, G., Druzhinina, I. S., Kubicek, C. P., & Jaklitsch, W. M. (2012). The Longibrachiatum Clade of Trichoderma: a revision with new species. *Fungal diversity*, 55, 77-108.
- Sandoval-Martínez I E. 2022. Hongos Asociados a “Síntomas Foliares y Manchado del Grano en Arroz (*Oryza sativa* L.), en Cammpeche México, Tesis para obtener el grado de Doctora en Ciencias. Colegio de Posgraduados.
- Sangeetha, B. G., Jayaprakas, C. A., Siji, J. V., Rajitha, M., Shyni, B., & Mohandas, C. (2016). Molecular characterization and amplified ribosomal DNA restriction analysis of entomopathogenic bacteria associated with Rhabditis (*Oscieus*) spp. 3 *Biotech*, 6, 1-13.
- Santillán-Galicia, M. T., Guzmán-Franco, A. W., Gómez-Mercado, R., & Guzman-Valencia, S. (2022). Citrus leprosis and *Brevipalpus* mites: current situation in Mexico. *Citrus Research & Technology*, 43, 1-10.
- Santos, J., Hilário, S., Pinto, G., & Alves, A. (2022). Diversity and pathogenicity of pestalotioid fungi associated with blueberry plants in Portugal, with description of three novel species of *Neopestalotiopsis*. *European Journal of Plant Pathology*, 162(3), 539-555.
- Scherm, H., & Krewer, G. (2008). Disease management in organic rabbiteye blueberries. *International journal of fruit science*, 8(1-2), 69-80.
- Sekhukhune, M. K., Shokoohi, E., Maila, M. Y., & Mashela, P. W. (2022). Free-living nematodes associated with kiwifruit and effect of soil chemical properties on their diversity. *Biologia*, 1-10.
- Senthilkumar, M., Amaresan, N., Sankaranarayanan, A. (2021). Isolation of Nematodes from Soil Sample. In: Plant-Microbe Interactions. Springer Protocols Handbooks. Humana, New York, NY. [https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1080-0\\_76](https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1080-0_76)
- Sharma, P. K., & Gothwal, R. (2017). Trichoderma: a potent fungus as biological control agent. *Agro-environmental sustainability: volume 1: managing crop health*, 113-125.

- Sheikh, J. H. (2020). Host range of *Psilenchus* de Man, 1921 among mostly grown crops in Kashmir and its respective population build-up. *Asian Journal of Biological and Life Sciences*, 9(3), 399.
- SIAP. 2022. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (septiembre 13, 2023).
- Sobowale, A. A., Uzoma, L. C., Aduramigba-Modupe, A. O., & Bamkefa, B. A. (2022). Fungitoxicity of *Trichoderma longibrachiatum* (Rifai) metabolites against *Fusarium oxysporum*, *Aspergillus niger* and *Aspergillus tamarii*. *American Journal of Plant Sciences*, 13(7), 984-993.
- Sodhi, G. K., & Saxena, S. (2023). Plant growth-promoting endophyte *Nigrospora oryzae* mitigates abiotic stress in rice (*Oryza sativa* L.). *FEMS Microbiology Ecology*, 99(9), fiad094.
- Steiner, G., & Buhner, E. M. (1933). The nematode *Tylenchus similis*, Cobb. as a parasite of the tea plant (*Thea sinensis*, Linn.), its sexual dimorphism, and its nemec associates in the same host. *Parasitol. Res*, 5, 412-420.
- Steyaert, R. L. (1961). Type specimens of Spegazzini's collections in the Pestalotiopsis and related genera (Fungi-Imperfecti; Melanconiales). *Darwiniana*, 157-189.
- Subbotin, S. A., Inserra, R. N., Marais, M., Mullin, P., Powers, T. O., Roberts, P. A., ... & Baldwin, J. G. (2011). Diversity and phylogenetic relationships within the spiral nematodes of *Helicotylenchus* Steiner, 1945 (Tylenchida: Hoplolaimidae) as inferred from analysis of the D2-D3 expansion segments of 28S rRNA gene sequences. *Nematology*, 13(3), 333-345.
- Subramaniam, S., Zainudin, N. A. I. M., Aris, A., & Hasan, Z. A. E. (2022). Role of *Trichoderma* in plant growth promotion. *Advances in Trichoderma Biology for Agricultural Applications*, 257-280.
- Sun, Q., Harishchandra, D., Jia, J., Zuo, Q., Zhang, G., Wang, Q., ... & Li, X. (2021). Role of *Neopestalotiopsis rosae* in causing root rot of strawberry in Beijing, China. *Crop Protection*, 147, 105710.
- Tamborindeguy, C., Hata, F. T., Molina, R. D. O., & Nunes, W. M. D. C. (2023). A New Perspective on the Co-Transmission of Plant Pathogens by Hemipterans. *Microorganisms*, 11(1), 156.
- Tassi, A. D., Ramos-González, P. L., Sinico, T. E., Kitajima, E. W., & Freitas-Astúa, J. (2022). Circulative transmission of cileviruses in *Brevipalpus* mites may involve the paracellular movement of virions. *Frontiers in Microbiology*, 13, 836743.
- Thorne, G. (1926). *Tylenchus balsamophilus*, a new plant parasitic nematode. *The Journal of Parasitology*, 12(3), 141-145.

- Uzma, I., Nasira, K., Firoza, K., & Shahina, F. (2015). Review of the genus *Helicotylenchus* Steiner, 1945 (Nematoda: Hoplolaimidae) with updated diagnostic compendium. *Pakistan Journal of Nematology*, 33(2), 115-160.
- Velásquez-Valle, R., Reveles-Torres, L. R., & Talavera-Correa, H. (2018). Microorganismos asociados con la pudrición de corona de alfalfa en el norte centro de México. *Revista mexicana de fitopatología*, 36(3), 414-422.
- Venedikian, N., & Godeas, A. M. (1996). Estudio de la filosfera de *Pinus taeda* (Pinaceae): I. poblaciones fungicas. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botanica, Cordoba*, 31(3-4), 193-200.
- Villanueva, J. D., Solpot, T. C., & Tangonan, N. G. (2023). *Nigrospora sphaerica* causing Leaf Blight Disease of Cacao in the Philippines. *Indian Phytopathology*, 76(3), 915-922.
- Vinciguerra, M. T. (2006). Dorylaimida Part II: Superfamily Dorylaimoidea. In *Freshwater nematodes: ecology and taxonomy* (pp. 392-467). Wallingford UK: CABI Publishing.
- Visagie, C. M., Varga, J., Houbraken, J., Meijer, M., KocsubŰ, S., Yilmaz, N., ... & Samson, R. A. (2014). Ochratoxin production and taxonomy of the yellow aspergilli (*Aspergillus* section *Circumdati*). *Studies in mycology*, 78, 1-61.
- Wang, H., Zhou, H., Yu, Z. H., Zhang, Z. F., Chen, X., & Cai, L. T. (2018). Spot blight on Tobacco (*Nicotiana tabacum*) caused by *Stagonosporopsis cucurbitacearum* in Guizhou province of China. *Plant disease*, 102(10), 2030.
- Wang, M., Liu, F., Crous, P. W., & Cai, L. (2017). Phylogenetic reassessment of *Nigrospora*: ubiquitous endophytes, plant and human pathogens. *Persoonia-Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi*, 39(1), 118-142.
- Wang, Y., Cernava, T., Zhou, X., Yang, L., Baccelli, I., Wang, J., ... & Chen, X. (2022). First report of passion fruit leaf blight caused by *Nigrospora sphaerica* in China. *Plant Disease*, 106(1), 323.
- Warner, F. (2022). Nematodes on Blueberries. Michigan State University.
- Wei, J. G., Xu, T., Guo, L. D., Liu, A. R., Zhang, Y., & Pan, X. H. (2007). Endophytic *Pestalotiopsis* species associated with plants of Podocarpaceae, Theaceae and Taxaceae in southern China. *Fungal Divers*, 24(1), 55-74.
- Whitfield, A. E., Falk, B. W., & Rotenberg, D. (2015). Insect vector-mediated transmission of plant viruses. *Virology*, 479-480, 278-289. doi:10.1016/j.virol.2015.03.026

- Wright, E. R., Folgado, M., Rivera, M. C., Crelier, A., Vasquez, P., & Lopez, S. E. (2008). *Nigrospora sphaerica* causing leaf spot and twig and shoot blight on blueberry: a new host of the pathogen. *Plant Disease*, 92(1), 171-171.
- Wu, C., Wang, Y., & Yang, Y. (2022). Pestalotiopsis Diversity: Species, Dispositions, Secondary Metabolites, and Bioactivities. *Molecules*, 27(22), 8088.
- Wu, F., & Guan, Z. (2021). An Overview of the Mexican Blueberry Industry: FE1106, 12/2021. *EDIS*, 2021(6).
- Wu, H. Y., Tsai, C. Y., Wu, Y. M., Ariyawansa, H. A., Chung, C. L., & Chung, P. C. (2021). First report of *Neopestalotiopsis rosae* causing leaf blight and crown rot on strawberry in Taiwan. *Plant Disease*, 105(2), 487-487.
- Xavier, K. V., Yu, X., & Vallad, G. E. (2021). First report of *Neopestalotiopsis rosae* causing foliar and fruit spots on pomegranate in Florida. *Plant Disease*, 105(2), 504.
- Xie, B. B., Qin, Q. L., Shi, M., Chen, L. L., Shu, Y. L., Luo, Y., ... & Song, X. Y. (2014). Comparative genomics provide insights into evolution of *Trichoderma* nutrition style. *Genome Biology and Evolution*, 6(2), 379-390.
- Xu, J., Ebada, S. S., & Proksch, P. (2010). Pestalotiopsis a highly creative genus: chemistry and bioactivity of secondary metabolites. *Fungal Diversity*, 44, 15-31.
- Youssef, K., Mosa, M. A., & Kamhawy, M. A. (2022). First report of *Nigrospora sphaerica* causing twig dieback and leaf spot of mango in Egypt. *Journal of Plant Pathology*, 104(4), 1571-1571.
- Yuan, M., Huang, Y., Ge, W., Jia, Z., Song, S., Zhang, L., & Huang, Y. (2019). Involvement of jasmonic acid, ethylene and salicylic acid signaling pathways behind the systemic resistance induced by *Trichoderma longibrachiatum* H9 in cucumber. *BMC genomics*, 20, 1-13.
- Zakaria, L., & Aziz, W. N. W. (2018). Molecular identification of endophytic fungi from banana leaves (*Musa* spp.). *Tropical life sciences research*, 29(2), 201.
- Zhang, S., Xu, B., Zhang, J., & Gan, Y. (2018). Identification of the antifungal activity of *Trichoderma longibrachiatum* T6 and assessment of bioactive substances in controlling phytopathogens. *Pesticide biochemistry and physiology*, 147, 59-66.
- Zheng, X. R., Liu, C. L., Zhang, M. J., Shang, X. L., Fang, S. Z., & Chen, F. M. (2021). First report of leaf blight of *Cyclocarya paliurus* caused by *Nigrospora sphaerica* in China. *Crop Protection*, 140, 105453.



Zhou, J., Xu, J., Xu, R., Chen, Q., Wang, Y., Huang, B., ... & Miao, Y. (2022). Identifying and characterizing *Stagonosporopsis cucurbitacearum* causing spot blight on *Pinellia ternata* in China. *PeerJ*, *10*, e13278.