



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA  
DE TABASCO

DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS  
BIOLÓGICAS



**CARACTERIZACIÓN Y CONTROL QUÍMICO DE HONGOS ASOCIADOS A LA  
MUERTE DE *Cocos nucifera* VARIEDAD ENANO VERDE DEL BRASIL EN LA  
COSTA DE TABASCO, MÉXICO**

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE:  
**MAESTRA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

PRESENTA:

BIOL. NITZARINDANY ACENCIO CASTILLO

EN DIRECCIÓN DE:

DR. MAGDIEL TORRES DE LA CRUZ

EN CODIRECCIÓN:

DR. CARLOS FREDY ORTIZ GARCÍA

VILLAHERMOSA TABASCO, FEBRERO DE 2025

## Declaración de Autoría y Originalidad

En la Ciudad de Villahermosa, el día 21 del mes enero del año 2025, el que suscribe Nitzarindany Acencio Castillo alumna(o) del Programa de Maestría en Ciencias Ambientales con número de matrícula 222G25007, adscrito a la División Académica de Ciencias Biológicas, de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, como autor(a) (es) de la Tesis presentada para la obtención del (título, diploma o grado según sea el caso) Maestra en Ciencias Ambientales y titulada Caracterización y control químico de hongos asociados a la muerte de Cocos nucifera variedad enano verde del Brasil en la costa de Tabasco, México dirigida por Dr. Magdiel Torres de la Cruz en codirección con el Dr. Carlos Fredy Ortiz García.

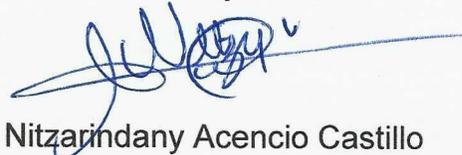
### DECLARO QUE:

La Tesis es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, de acuerdo con el ordenamiento jurídico vigente, en particular, la LEY FEDERAL DEL DERECHO DE AUTOR (Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley Federal del Derecho de Autor del 01 de Julio de 2020 regularizando y aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), en particular, las disposiciones referidas al derecho de cita.

Del mismo modo, asumo frente a la Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría o falta de originalidad o contenido de la Tesis presentada de conformidad con el ordenamiento jurídico vigente.

Villahermosa, Tabasco a 21 de enero 2025.

Nombre y Firma



Nitzarindany Acencio Castillo



**UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO**

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



**2024**  
AÑO DE  
**Felipe Carrillo  
PUERTO**  
REGENERADOR DEL REGIMEN  
REVOLUCIONARIO Y DEFENSOR  
DEL PUEBLO  
GOBIERNO DE  
MÉXICO

DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
DIRECCIÓN

DICIEMBRE 03 DE 2024

**C. NITZARINDANY ACENCIO CASTILLO  
PAS. DE LA MAESTRIA EN CIENCIAS AMBIENTALES  
P R E S E N T E**

En virtud de haber cumplido con lo establecido en los Arts. 80 al 85 del Cap. III del Reglamento de titulación de esta Universidad, tengo a bien comunicarle que se le autoriza la impresión de su Trabajo Recepcional, en la Modalidad de Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales titulado: **"CARACTERIZACIÓN Y CONTROL QUÍMICO DE HONGOS ASOCIADOS A LA MUERTE DE COCOS NUCIFERA VARIEDAD ENANO VERDEL DEL BRASIL EN LA COSTA DE TABASCO, MÉXICO"**, asesorado por el Dr. Magdiel Torres de la Cruz, sobre el cual sustentará su Examen de Grado, cuyo jurado integrado por el Dr. Manuel Pérez de la Cruz, Dr. Cristian Nava Díaz, Dr. Magdiel Torres de la Cruz, Dr. Lenin Arias Rodríguez y Dr. Carlos Fredy Ortiz García.

Por lo cual puede proceder a concluir con los trámites finales para fijar la fecha de examen.

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE

**DR. ARTURO GARRIDO MORA**  
**DIRECTOR**

U.J.A.T.  
DIVISIÓN ACADÉMICA  
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



DIRECCIÓN

C.c.p.- Expediente del Alumno.  
C.c.p.- Archivo

## Carta de Cesión de Derechos

Villahermosa, Tabasco a 21 de enero de 2025.

Por medio de la presente manifestamos haber colaborado como AUTOR(A) y/o AUTORES(RAS) en la producción, creación y/o realización de la obra denominada Caracterización y control químico de hongos asociados a la muerte de Cocos nucifera variedad enano verde del Brasil en la costa de Tabasco, México.

Con fundamento en el artículo 83 de la Ley Federal del Derecho de Autor y toda vez que, la creación y/o realización de la obra antes mencionada se realizó bajo la comisión de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; entendemos y aceptamos el alcance del artículo en mención, de que tenemos el derecho al reconocimiento como autores de la obra, y la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco mantendrá en un 100% la titularidad de los derechos patrimoniales por un período de 20 años sobre la obra en la que colaboramos, por lo anterior, cedemos el derecho patrimonial exclusivo en favor de la Universidad.

### COLABORADORES

  
Nitzarindany Acencio Castillo

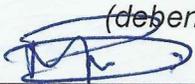
\_\_\_\_\_  
NOMBRE ALUMNO(A) O  
EGRESADA(O) ,

  
Magdiel Torres de la Cruz / Carlos Fredy Ortiz García

\_\_\_\_\_  
NOMBRE DIRECTOR(A) Y  
CODIRECTOR(A)

### TESTIGOS

*(deben ser miembros del comité tutorial/sinodal)*

  
\_\_\_\_\_  
Manuel Pérez de la Cruz

  
\_\_\_\_\_  
Lenin Arias Rodríguez



UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



2024  
Felipe Carrillo  
PUERTO

DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
DIRECCIÓN

Villahermosa, Tabasco a 03 de diciembre de 2024

**C. NITZARINDANY ACENCIO CASTILLO**  
EGRESADA DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES  
PRESENTE

En cumplimiento de los lineamientos de la Universidad, y por instrucciones de la Dirección de Posgrado, se implementó la revisión de los trabajos recepcionales (tesis), a través de la plataforma Turnitin iThenticate para evitar el plagio e incrementar la calidad en los procesos académicos y de investigación en esta División Académica. Esta revisión se realizó en correspondencia con el Código de Ética de la Universidad, el Reglamento General de Estudios de Posgrado, el Código Institucional de Ética para la Investigación y con los requerimientos para los posgrados en el SNP-CONAHCyT.

Por este conducto, hago de su conocimiento las observaciones y el reporte de originalidad de su documento de tesis. Con el objetivo de fortalecer y enriquecer el programa de posgrado, se realizó la revisión del documento en la plataforma iThenticate, obteniendo el reporte de originalidad, el índice de similitud y se emitieron las siguientes sugerencias y recomendaciones para dar seguimiento en el documento de tesis del proyecto de investigación titulado: **Caracterización y control químico de hongos asociados a la muerte de *Cocos nucifera* variedad enano verdel del Brasil en la costa de Tabasco, México.**

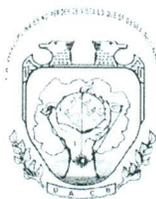
OBSERVACIONES:

1. **El índice de similitud obtenido fue de 10%**, el cual se ubica dentro del estándar de tolerancia de acuerdo a las Políticas y Lineamientos para el uso y manejo del Software Antiplagio de la UJAT. Se demuestra el nivel de originalidad del documento y de la investigación.
2. Aun que el índice de similitud obtenido indica coincidencias, éstas se refieren a frases en las secciones de antecedentes y métodos, principalmente. Lo anterior no demerita el documento de tesis, pero se recomienda a la sustentante y a su director de tesis revisar las oraciones identificadas con similitud, ajustarlas a una redacción propia y colocar citas y referencias bibliográficas si es requerido. Por ejemplo, en la sección de métodos se detectó coincidencias con una publicación previa del director de tesis (Torres-De la Cruz *et al.*, 2019 DOI: <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v21i2.906>). Cabe



UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



2024  
Felipe Carrillo  
PUERTO

DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
DIRECCIÓN

señalar, que los párrafos coincidentes incluyen los elementos de citas y referencias bibliográficas pertinentes con forme al formato APA vigente.

3. Se adjunta el informe de originalidad de la tesis obtenido a través de la herramienta Turnitin iThenticate.
4. Finalmente, se le solicita a la C. Nitzariñdany Acencio Castillo, integrar en la versión final del documento de tesis, este oficio y el informe de originalidad con el porcentaje de similitud de Turnitin iThenticate de acuerdo con lo señalado en los Lineamientos institucionales para la elaboración de la tesis de posgrado.

Sin otro particular al cual referirme, aprovecho la oportunidad para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE  
"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"

DR. ARTURO GARRIDO MORA  
DIRECTOR



C.C.P. Dr. Magdiel Torres de la Cruz– Director de tesis.  
Archivo

KM. 0.5 CARR. VILLAHERMOSA-CÁRDENAS ENTRONQUE A BOSQUES DE SALOYA  
Tel. (993) 358-1500 Ext. 6400 y 6401. e-mail: direccion.dacbiol@ujat.mx

Usar papel reciclado economiza energía, evita contaminación y despilfarro de agua y ayuda a conservar los bosques

# Caracterización y control químico de hongos asociados a la muerte de Cocos nucífera variedad enano verde del Brasil en la costa de Tabasco, México

INFORME DE ORIGINALIDAD

# 10%

ÍNDICE DE SIMILITUD

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> <small>Internet</small>	281 palabras — 2%
2	<a href="http://biotecnia.unison.mx">biotecnia.unison.mx</a> <small>Internet</small>	209 palabras — 1%
3	<a href="http://repositorioinstitucional.buap.mx">repositorioinstitucional.buap.mx</a> <small>Internet</small>	141 palabras — 1%
4	<a href="http://www.fs.fed.us">www.fs.fed.us</a> <small>Internet</small>	133 palabras — 1%
5	<a href="http://www.redalyc.org">www.redalyc.org</a> <small>Internet</small>	94 palabras — 1%
6	<a href="http://www.archivos.ujat.mx">www.archivos.ujat.mx</a> <small>Internet</small>	88 palabras — 1%
7	<a href="http://fr.scribd.com">fr.scribd.com</a> <small>Internet</small>	73 palabras — < 1%
8	<a href="http://backend.aprende.sep.gob.mx">backend.aprende.sep.gob.mx</a> <small>Internet</small>	51 palabras — < 1%
9	<a href="http://colposdigital.colpos.mx:8080">colposdigital.colpos.mx:8080</a> <small>Internet</small>	47 palabras — < 1%

## DEDICATORIA

A Dios, porque ha estado y estará siempre conmigo.

A mi amado esposo, Josué David, por su apoyo incondicional y su amor constante.

A mi hermosa y amada hija Daisy Milena, cuya llegada me impulsó a seguir adelante y superar cada obstáculo.

Ustedes han sido mis acompañantes en este camino y mi fortaleza en cada día. Sin duda son mi mayor motivación y razón de ser.

México.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnología (CONAHCYT), por la beca otorgada para cursar la Maestría en Ciencias Ambientales de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México.

A la División Académica de Ciencias Biológicas de la universidad Juárez Autónoma de Tabasco por la formación ética y profesional.

Al Dr. Magdiel Torres de la Cruz, y al Dr. Carlos Fredy Ortiz García, por todo su apoyo, paciencia, dedicación y enseñanza recibida de su parte, no pude haber tenido mejor asesoramiento.

Al Dr. Cristian Nava Díaz y Heidi, por recibirme y apoyarme en todo en mi estancia académica en el Colegio de Postgraduados.

A mis profesores, por ser parte de mi formación profesional, pues todos y cada uno de ellos lograron transmitir poco o mucho del conocimiento que ahora tengo.

A mi tía Candy, tío Luis, Alex, Ximena y Lesly por cuidar de Daisy y de mí en la estancia realizada en la Ciudad de México.

A mis padres y hermanas, gracias por estar conmigo siempre, amarme y apoyarme en cada momento.

A mis suegros por apoyarme siempre y cuidar de mi como si fuera su propia hija.

A Josué David, por apoyarme todos los días con tanto amor, eres el mejor esposo y papá.

A Daniela, Miguel, Daniel, José, Dra. Judith, Adelina, Irene y todos los demás amigos que estuvieron conmigo este tiempo impulsándome para concluir esta etapa.

## CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	2
2.1. El coco, origen e importancia.....	2
2.2. Clasificación taxonómica del cocotero.....	2
2.3. Descripción botánica del cocotero.....	3
2.4. Ciclo de vida.....	4
2.5. Ecología.....	4
2.6. Cultivo de coco en el mundo.....	5
2.7. Cultivo de coco en México.....	5
2.8. Cultivo del coco en Tabasco.....	6
2.9. Usos de <i>Cocos nucifera</i> en México.....	6
2.10. Variedades de coco.....	6
2.11. Coco enano verde del Brasil.....	7
2.11.1. Raíz.....	7
2.11.2. Tallo.....	7
2.11.3. Hojas.....	7
2.11.4. Inflorescencia y fruto.....	7
2.12. Limitaciones fitosanitarias de <i>Cocos nucifera</i> .....	8
2.12.1. Enfermedades reportadas para <i>Cocos nucifera</i> en el mundo.....	8
2.12.2. Patógenos reportados en coco enano verde del Brasil.....	11
2.13. Síntomas de la marchitez del coco enano verde del Brasil.....	12
2.14. Manejo de enfermedades en cocotero.....	18
2.15. Uso de fungicidas para control de enfermedades en cocotero.....	18
3. JUSTIFICACIÓN.....	19
4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	20
5. HIPÓTESIS.....	20
6. OBJETIVO GENERAL.....	20
7. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
8. METODOLOGÍA.....	20
8.1. Área de estudio.....	20
8.2. Aislamiento y purificación.....	21
8.3. Comprobación de la patogenicidad sobre plantas juveniles.....	21

8.4.	Comprobación de la patogenicidad sobre frutos inmaduros .....	21
8.5.	Identificación morfológica .....	22
8.6.	Identificación molecular .....	22
8.7.	Bioensayos de sensibilidad in vitro .....	23
8.7.1.	Efectividad de fungicidas sobre la germinación de esporas .....	23
8.7.2.	Efectividad de fungicidas sobre el crecimiento micelial .....	24
8.8.	Análisis estadístico .....	24
9.	RESULTADOS .....	24
9.1.	Caracterización morfológica .....	24
9.1.1.	Morfología de hongos aislados .....	26
9.2.	Identificación molecular .....	32
9.3.	Pruebas de patogenicidad sobre plántulas de <i>C. nucifera</i> , variedad enano verde del Brasil .....	36
9.4.	Pruebas de sensibilidad in vitro de <i>Thielaviopsis paradoxa</i> .....	38
1.	DISCUSIÓN .....	41
2.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	48
12.	REFERENCIAS CITADAS .....	50

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Enfermedades y agentes causales reportadas en <i>Cocos nucifera</i> .....	10
<b>Tabla 2</b> Enfermedades y agentes causales reportadas en <i>Cocos nucifera</i> variedad enano verde del Brasil.....	11
<b>Tabla 3</b> Fungicidas y dosis evaluadas in vitro sobre <i>Thielaviopsis paradoxa</i> .....	23
<b>Tabla 4</b> Especies morfológicas aisladas de tejidos necróticos de plantas adultas de <i>Cocos nucifera</i> , variedad enano verde del Brasil, en Tabasco, México.....	25
<b>Tabla 5</b> Especies de hongos asociados a la muerte de plantas adultas de coco enano verde del Brasil identificados por amplificación de los espaciadores transcritos internos y el gen ITS y $\beta$ -tubulina (BT) en Tabasco, México.....	34
<b>Tabla 6</b> Especies fúngicas aisladas de tejidos de plantas adultas de coco enano verde del Brasil, sin síntomas de marchitez.....	36
<b>Tabla 7</b> Efectividad de fungicidas sistémicos y de contacto sobre el crecimiento micelial de dos cepas (M2-18 y M3-16) de <i>Thielaviopsis paradoxa</i> .....	40

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Fig. 1</b> <i>Cocos nucifera</i> variedad enano verde del Brasil en diferentes etapas de deterioro, en la costa de Tabasco, México. ....	13
<b>Fig. 2</b> <i>Cocos nucifera</i> variedad enano verde del Brasil en diferentes etapas de deterioro, en la costa de Tabasco, México. ....	14
<b>Fig. 3</b> Síntomas asociados a la muerte de <i>Cocos nucifera</i> variedad enano verde del Brasil, en la costa de Tabasco, México.....	15
<b>Fig. 4</b> Síntomas asociados a la muerte de <i>Cocos nucifera</i> variedad enano verde del Brasil, en la costa de Tabasco, México.....	16
<b>Fig. 5</b> Síntomas asociados a la muerte de <i>Cocos nucifera</i> variedad enano verde del Brasil, en la costa de Tabasco, México.....	17
<b>Fig. 6</b> Características Morfológicas de <i>Thielaviopsis paradoxa</i> ( <i>Ceratocystis paradoxa</i> ).....	26
<b>Fig. 7</b> Características morfológicas de <i>Neodeightonia phoenicum</i> ( <i>Diplodia phoenicum</i> ).....	27
<b>Fig. 8</b> Características morfológicas de <i>Lasiodiplodia theobromae</i> .	
<b>Fig. 9</b> Características morfológicas de <i>Colletotrichum gloeosporoides</i> .....	29
<b>Fig. 10</b> Características morfológicas de <i>Neofusicoccum ribis</i> ( <i>N. batangarum</i> ). .	30
<b>Fig. 11</b> Características morfológicas de <i>Diaporthe</i> sp. ( <i>Phomopsis</i> sp.).....	31
<b>Fig. 12</b> Características morfológicas de <i>Aspergillus tubingensis</i> .....	32
<b>Fig. 13</b> Abundancia de especies de hongos asociados a la marchitez del CEVB, en la costa de Tabasco, México.....	35
<b>Fig. 14</b> Pruebas de patogenicidad en plántulas de coco enano verde del Brasil..	37
<b>Fig. 15</b> Pruebas de patogenicidad en frutos de coco enano verde del Brasil.....	38

**CARACTERIZACIÓN Y CONTROL QUÍMICO DE HONGOS ASOCIADOS A LA MUERTE DE *Cocos nucifera* VARIEDAD ENANO VERDE DEL BRASIL EN LA COSTA DE TABASCO, MÉXICO**

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## RESUMEN

El cocotero (*Cocos nucifera*) es un cultivo importante en México. En el estado de Tabasco la variedad coco enano verde del Brasil (CEVB) ha sido introducida recientemente para su evaluación, con la finalidad de utilizarlo en la producción de fruto verde para consumo de agua. No obstante, esta variedad está presentando patologías cuyas etiologías son desconocidas. El objetivo fue caracterizar los hongos asociados a la muerte de *Cocos nucifera* variedad enano verde del Brasil, en la costa de Tabasco, México, y evaluar su sensibilidad *in vitro* hacia fungicidas sistémicos y de contacto. Para ello, se realizó la obtención de muestras de tejido con daños, se realizó el aislamiento de los hongos asociados, se comprobó la patogenicidad sobre plantas juveniles y frutos inmaduros, se realizó la identificación morfológica y molecular, y se evaluó la sensibilidad a fungicidas sistémicos y de contacto. Se identificaron siete hongos asociados: *Neodeightonia phoenicum*, *Thielaviopsis paradoxa*, *Lasiodiplodia theobromae*, *Neofusicoccum ribis*, *Diaporthe* sp., *Colletotrichum gloeosporoides* y *Aspergillus tubingensis*. Las especies *N. phoenicum*, *T. paradoxa* y *L. theobromae* fueron las más frecuentes. *T. paradoxa* fue la única especie reportada previamente para *C. nucifera* en México. *N. phoenicum*, *L. theobromae*, *N. ribis*, *Diaporthe* sp., *C. gloeosporoides* y *A. tubingensis* constituyen primer reporte asociadas a *C. nucifera* en México y *N. ribis* se reporta por primera vez asociada a *C. nucifera* en el mundo. Todas las especies identificadas son primer reporte asociadas al CEVB en Tabasco, México. Se comprobó la patogenicidad de *T. paradoxa*, *L. theobromae* y *N. phoenicum* sobre plantas juveniles, donde *T. paradoxa* demostró mayor virulencia. Además, se confirmó la patogenicidad de seis especies fúngicas sobre frutos inmaduros: *L. theobromae*, *C. gloeosporoides*, *Diaporthe* sp., *A. tubingensis*, *N. ribis* y *T. paradoxa*. Los fungicidas sistémicos propiconazol, carbendazim y tebuconazol, mostraron mayor eficacia al inhibir completamente el crecimiento micelial y la germinación de conidios (GC) de *T. paradoxa*. Este trabajo aporta al conocimiento de hongos asociados a patologías del *C. nucifera* variedad CEVB en el estado de Tabasco y contribuye a la selección de fungicidas eficaces contra *T. paradoxa*.

## ABSTRACT

The coconut palm (*Cocos nucifera*) is an important crop in Mexico. In the state of Tabasco, the green dwarf coconut variety from Brazil (CEVB) has been introduced for evaluation, with the aim of utilizing it in the production of green fruit for water consumption. However, this variety is exhibiting pathologies of unknown etiology. The objective was to characterize the fungi associated with the mortality of *Cocos nucifera* variety green dwarf from Brazil, in the coast of Tabasco, Mexico, and to evaluate their *in vitro* sensitivity to systemic and contact fungicides. To achieve this, tissue samples exhibiting symptoms were collected, associated fungi were isolated, pathogenicity was tested on juvenile plants and immature fruits, morphological and molecular identification was performed, and sensitivity to systemic and contact fungicides was assessed. Seven associated fungi were identified: *Neodeightonia phoenicum*, *Thielaviopsis paradoxa*, *Lasiodiplodia theobromae*, *Neofusicoccum ribis*, *Diaporthe* sp., *Colletotrichum gloeosporoides*, and *Aspergillus tubingensis*. The species *N. phoenicum*, *T. paradoxa*, and *L. theobromae* were the most frequent. *T. paradoxa* was the only species previously reported for *C. nucifera* in Mexico. *N. phoenicum*, *L. theobromae*, *N. ribis*, *Diaporthe* sp., *C. gloeosporoides*, and *A. tubingensis* represent the first report associated to *C. nucifera* in Mexico, and *N. ribis* is reported for the first time associated with *C. nucifera* globally. All identified species are newly reported in association with CEVB in Tabasco, Mexico. The pathogenicity of *T. paradoxa*, *L. theobromae*, and *N. phoenicum* on juvenile plants was confirmed, with *T. paradoxa* demonstrating the highest virulence. Additionally, the pathogenicity of six fungal species on immature fruits was confirmed: *L. theobromae*, *C. gloeosporoides*, *Diaporthe* sp., *A. tubingensis*, *N. ribis*, and *T. paradoxa*. The systemic fungicides propiconazole, carbendazim, and tebuconazole showed the greatest efficacy in completely inhibiting the mycelial growth and conidial germination (GC) of *T. paradoxa*. This work contributes to the knowledge of fungi associated with pathologies of *C. nucifera* variety CEVB in the state of Tabasco and aids in the selection of effective fungicides against *T. paradoxa*.

## PALABRAS CLAVE

Coco enano verde del Brasil, *Neodeightonia phoenicum*, *Thielaviopsis paradoxa*,  
*Lasiodiplodia theobromae*, *Neofusicoccum ribis*.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## 1. INTRODUCCIÓN

El coco (*Cocos nucifera* L. 1753) es una palmera de distribución pantropical, cultivada en más de noventa países (Benassi *et al.*, 2014). Esta planta frutal es la sexta más cultivada a nivel mundial, cubriendo 12.3 millones de hectáreas, donde México es considerado uno de los diez principales países en la producción de coco, con un área cultivada de 184 mil hectáreas (FAOSTAT, 2022). En el estado de Tabasco, el cultivo del coco ha representado una de las principales actividades agrícolas (Guerrero-González *et al.*, 2015). En 2017, Tabasco produjo 10,750 toneladas de coco, equivalente al 5% de la producción nacional (SIAP, 2018). La versatilidad de los usos que tiene *C. nucifera* la convierten en una de las plantas más importantes de la región, ya que se puede aprovechar casi en su totalidad, desde las raíces que suelen utilizarse con fines medicinales, el tallo como recurso maderable, las hojas para artesanías, las flores y frutos como alimento, hasta la cáscara que sirve para la elaboración de utensilios de cocina y artesanías (Granados-Sánchez y López-Ríos, 2002). De esta planta existen aproximadamente 360 usos domésticos, donde la nuez es la principal materia prima. De la nuez se pueden obtener diversos productos dentro de los que destacan el aceite y la harina de coco, copra y concha (FHIA, 2008).

Al igual que otros cultivos con distribución mundial en los trópicos, el cocotero sufre bajas en la producción debido al ataque de plagas y enfermedades. En el Caribe y Golfo de México, la enfermedad que ha causado mayor impacto en las regiones copreras ha sido el amarillamiento letal (ALC), causado por *Candidatus* fitoplasma palmae (Ortiz *et al.*, 2024). En Tabasco, además del ALC se han reportado otras enfermedades del cocotero tales como anillo rojo (*Bursaphelenchus cocophilus* Cobb, 1919), marchitez por ceratocystis (*Thielaviopsis paradoxa* De Seynes Höhn, 1904) y pudrición del cogollo (*Phytophthora palmivora* E.J. Butler, 1919) (Moscoso *et al.*, 2002). Esta problemática ha generado la necesidad de realizar investigación en este cultivo para recuperar el potencial productivo de las zonas productoras. Diversos híbridos de cocotero están siendo evaluados en Tabasco por su resistencia al amarillamiento letal; así también, la variedad coco enano verde del Brasil (CEVB)

ha sido introducida para su evaluación fitosanitaria, con la finalidad de utilizarlo en la producción de fruto verde para consumo de agua (Benassi *et al.*, 2014). No obstante, en el estado de Tabasco, como en otras entidades federativas mexicanas, esta variedad está presentando problemas fitosanitarios cuyas etiologías aún se desconocen. Por lo cual, en el presente trabajo se realizó la identificación de los hongos asociados a la muerte del coco enano verde del Brasil, en Cárdenas, Tabasco, México; así como la evaluación de la efectividad biológica de fungicidas químicos sobre los agentes causales. Esta investigación coadyuvará al conocimiento de los patógenos fúngicos asociados a la variedad en estudio y a su vez contribuirá el establecimiento de estrategias adecuadas para su manejo integrado.

## **2. ANTECEDENTES**

### **2.1. El coco, origen e importancia**

La palabra coco proviene del portugués “cocu” con referencia al fruto, que sugiere una cara de mono (McCurrach, 1960). *Cocos nucifera* se distribuye en regiones tropicales y subtropicales de África, el Caribe y América del Sur. De esta especie no se conocen individuos silvestres. Debido a su presencia y largo historial en las regiones tropicales y subtropicales de todos los continentes, no hay certeza sobre su centro de origen. Se cree que el ancestro silvestre del coco pudo ser del sureste de Asia o de Sudamérica, el cual fue dispersado antes de su domesticación hace millones de años (Granados y López, 2002).

### **2.2. Clasificación taxonómica del cocotero**

La especie *C. nucifera* fue descrita por primera vez en 1753 por Carlos Linneo en *Species plantarum*. El término coco proviene del género “Cocos” y pertenece a las palmeras de la familia Arecaceae. Su epíteto específico “*nucifera*” se deriva del latín y significa portador de nueces. Es un género monotípico, siendo *C. nucifera* su única especie (Elevitch y Chan, 2006).

Nombre común: Palma de coco.

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Arecales

Familia: Arecaceae

Género: *Cocos*

Especie: *Cocos nucifera* L.

### 2.3. Descripción botánica del cocotero

*Cocos nucifera* es una planta monopódica que mide 12 a 25 m de alto. Su tallo esbelto y estipitoso crece más o menos torcido. A menudo, el tallo es más ancho en la base, donde puede tener alrededor de 80 cm de diámetro. La porción superior del tronco raramente alcanza los 30 cm. Las hojas del coco se agrupan en el ápice formando un penacho. Los pecíolos de 90 a 150 cm de largo se disponen en forma envolvente dando la estructura fibrosa al tallo. Las hojas tienen una longitud de 1.8 a 6 m; son pinnadas con foliolos de 60 a 90 cm de largo (Granados y López, 2002).

El cocotero es una planta monoica, que tiene flores masculinas y femeninas reunidas en una inflorescencia que se observa envuelta por una bráctea o espádice. El fruto es una drupa de tres caras, de 20 a 30 cm de diámetro, que pesa alrededor de 1.5 kg, con epicarpio brillante, mesocarpio fibroso de color castaño a rojizo y endocarpio lignificado o “nuez” que encierra una sola semilla. El endospermo o reserva alimenticia de la semilla está formado por una porción carnosa o albuminosa y un jugo lechoso dulce, denominados respectivamente como carne y agua de coco (Granados y López, 2002).

#### **2.4. Ciclo de vida**

Las flores masculinas, de 3 a 6 mm de ancho, se abren entre las 06:00 y 08:00 h y se desprenden en la tarde. Las flores femeninas, de 30 a 35 mm de ancho, se abren aproximadamente dos semanas después que las flores masculinas, en la misma inflorescencia y permanecen receptivas por 2 a 4 d. La polinización es predominantemente cruzada. Los agentes polinizadores principales son el viento y los insectos, específicamente las abejas, avispas, escarabajos, hormigas y moscas (Francis *et al.*, 2000).

Los frutos crecen hasta casi su tamaño máximo en 5 a 6 meses y se maduran a los 10 ó 13 meses de edad. Cuando el fruto tiene sólo 8 cm de ancho, la cavidad hueca central comienza a desarrollarse y se llena de un jugo del saco embrionario acuoso que aumenta en cantidad hasta que el endospermo se encuentra desarrollado. El jugo disminuye en cantidad a medida que el fruto madura, pero no desaparece por completo hasta que inicia la germinación (Francis *et al.*, 2000).

La germinación del fruto maduro ocurre entre las ocho y 10 semanas después de la siembra. El embrión del coco, situado en el micrópilo más suave incrustado en el endospermo, comienza la germinación mediante la elongación de la plúmula o yema primaria. La parte inferior del cotiledón se desarrolla en un órgano absorbente y esponjoso, la “manzana del coco” o haustorio, la cual crece lentamente hasta llenar la cavidad central. A medida que el haustorio crece, se desarrollan raíces adventicias en la base de la plúmula. Tanto la plúmula como las raíces adventicias crecen a través del botón suave mientras el haustorio absorbe y digiere nutrientes del endospermo para alimentar la plúmula y el sistema radical. La plántula desarrolla de cuatro a cinco hojas-escama o vainas foliares sin hojas propias, seguidas primero por dos a seis hojas plegadas y, finalmente por las hojas pinadas típicas de las palmas maduras (Francis *et al.*, 2000).

#### **2.5. Ecología**

*Cocos nucifera* se encuentra ampliamente distribuida en islas y zonas costeras tropicales de todo el mundo, entre los 26 grados de latitud norte y sur. También puede encontrarse a alturas de hasta 1,200 msnm. El coco es una planta tropical

que prospera mejor en climas sin marcadas fluctuaciones estacionales, con una temperatura promedio superior a 20 °C, precipitación media anual de 1,000 a 1,800 mm, pudiendo soportar mayores precipitaciones en suelos con buen drenaje (Granados y López, 2002).

Esta planta tiene un buen desarrollo en suelos de textura limosa o arenas finas, con presencia de materia orgánica, aireación, buen drenaje y con un pH entre 5 y 8. Para el óptimo desarrollo radicular, la profundidad mínima del suelo debe ser de 80 a 100 cm (SIAP, 2017). Por su capacidad para crecer en suelos arenosos sujetos a inundación, el coco ha desarrollado importantes mecanismos de adaptación. Uno de ellos es su extenso sistema de raíces que le proporciona un anclaje eficiente para soportar fuertes vientos y su resistencia fisiológica que le permite tolerar la salinidad del suelo, condiciones alcalinas e incluso heladas ocasionales (Granados y López, 2002).

## **2.6. Cultivo de coco en el mundo**

Según la FAO, 96 países contribuyen a la producción de coco a nivel mundial. En la última década, dicha producción fue de más de 61,269,463 t. Durante el año 2020, Indonesia ocupó la posición de mayor productor de coco a nivel mundial, con una cifra de 17,159,937 t, lo que representó un 26.7% del total mundial. En segundo lugar, se encontró Filipinas, que contribuyó con 14,717,293 t (22.9%), mientras que India quedó en tercer lugar con una producción de 14,301,000 t (22.3%). De esta manera, estas tres naciones en conjunto representaron aproximadamente el 74.8% de la producción global de coco ese año (FAOSTAT, 2022).

## **2.7. Cultivo de coco en México**

El cultivo de la palma cocotera alcanzó relevancia en México a partir de 1840. Actualmente es la más importante de todas las palmas cultivadas. En el año 2021 en México se cultivaron 145,687 h de coco, de las cuáles se produjeron 474 000 t. En este año México se colocó como el octavo productor de coco a nivel mundial (SIAP, 2017). Tabasco se encuentra dentro de los diez principales estados productores de copra en México, con 10,570 t cosechadas (SIAP, 2017).

## **2.8. Cultivo del coco en Tabasco**

En Tabasco, el cultivo de coco inició en 1940 con la siembra intensiva en las dunas y bordes de las playas, convirtiéndose la costa en una de las áreas más colonizadas y económicamente significativas (Ramos-Hernández *et al.*, 2018). La producción de coco se estima en 11,091 t al año, lo que permite a Tabasco colocarse en el tercer lugar a nivel nacional, por debajo de los estados de Guerrero y Colima (SIAP, 2017). La producción del coco en el estado representa el 12 % del valor total de la producción agrícola (Guerrero-González *et al.*, 2015).

## **2.9. Usos de *Cocos nucifera* en México**

En México, el 10% de la producción se emplea como fruta y en la fabricación de dulces, mientras que el 90 % se dedica a la copra, de la que se extrae un 60 y un 70 % de aceite, del cual el 90 % se destina a la fabricación de jabones y sólo el 10 % a fines alimenticios. El cultivo es importante no sólo por el alto valor de la copra, estimado en más de 1,756 millones de pesos anuales, sino también por el atractivo turístico que ejerce como símbolo del trópico húmedo, por el sostén económico que representa para más de 70,000 trabajadores y por las numerosas actividades que se realizan en su industrialización (Guerrero-González *et al.*, 2015).

## **2.10. Variedades de coco**

Las variedades de *C. nucifera* se clasifican en dos grupos según el hábito de crecimiento: Variedades altas (*C. nucifera* var. Típica) y variedades enanas (*C. nucifera* var. enana) (Alvarado-Ruffo, *et al.*, 2018). Las variedades altas de cocotero suelen crecer hasta 24 m y cruzarse más rápido que los enanos, por lo que alcanzan una mayor altura en la madurez reproductiva. Muchas de las variedades altas se cultivan para la producción de copra, extracción de aceite y fibra de coco. Las variedades enanas crecen hasta 12 m y representan un 5% de las palmas de coco. Las variedades enanas se cultivan en todo el mundo y presentan rasgos muy asociados con la selección humana: Crecimiento lento del tronco, autofecundación, frutos redondeados, colores vivos y con abundante endospermo líquido (Gunn *et al.*, 2011).

## **2.11. Coco enano verde del Brasil**

La variedad coco enano verde del Brasil (CEVB) fue introducida en 1925 a Brasil desde la isla de Java (Benassi *et al.*, 2013). Dentro de las variedades enanas de Brasil, ésta es la más resistente a condiciones ambientales desfavorables. Tiene una tasa de autofecundación de 94.3% y su producción de agua es alta. El color verde se debe a la poca oxidación de la cáscara, dándole al fruto una apariencia llamativa (Benassi *et al.*, 2013).

### **2.11.1. Raíz**

Las raíces del CEVB son adventicias, con una raíz primaria que se encarga de la fijación de la planta y absorción de agua. También dispone de raíces secundarias y terciarias que son las encargadas de la absorción de nutrientes del suelo (INTA, 2000).

### **2.11.2. Tallo**

El crecimiento vegetativo del CEVB es lento y llega a alcanzar alturas de entre 10 y 12 m (Benassi, *et al.*, 2013). El diámetro del tallo es de 25 cm a una distancia de 1.5 m de la superficie del suelo (INTA, 2000).

### **2.11.3. Hojas**

La estructura de la hoja es de tipo pinada, con una vaina y un pecíolo que se extiende formando un raquis donde se conectan varias pinas o folíolos. En el caso del coco enano verde del Brasil, la hoja madura tiene una longitud de 4 a 5 metros y pesan alrededor de 6 a 7 kg, con aproximadamente 200 folíolos que pueden medir entre 1.2 y 1.3 metros de largo. Dependiendo de las condiciones ambientales y los cuidados proporcionados, el CEVB puede generar hasta 16 hojas por año y, bajo condiciones óptimas, puede tener una corona con 24 hojas abiertas. La temperatura es un factor ambiental crucial que influye significativamente en la velocidad de formación y apertura de las hojas (Benassi *et al.*, 2013).

### **2.11.4. Inflorescencia y fruto**

La inflorescencia del CEVB tiene forma paniculada y está protegida por una bráctea llamada espada. Esto hace que se logre su desarrollo en un periodo de dos a tres meses. El fruto de esta variedad es una drupa de forma redondeada de color verde.

hasta los 11 meses; a partir de un año el fruto se considera maduro fisiológicamente y su color se torna color café (INTA, 2000).

## **2.12. Limitaciones fitosanitarias de *Cocos nucifera***

La incidencia de plagas y enfermedades en el cocotero constituye una limitante en la producción y el comercio del cultivo (Benassi *et al.*, 2013). La palma de coco enfrenta la amenaza de más de 900 especies de insectos plaga. Entre ellos, se destacan el escarabajo rinoceronte (*Oryctes rhinoceros* L, Coleoptera: Scarabaeidae), el picudo negro (*Rhynchophorus palmarum*, Coleoptera: Curculionidae), el ácaro del cocotero (*Aceria guerreronis* Keifer, Trombidiformes: Eriophyidae) y la oruga de cabeza negra del coco (*Opisina arenosella* Walker Syn., *Nephantis serinopa* Meyrick, Lepidoptera: Oecophoridae). Estas cuatro plagas de insectos son las más significativas y representan un desafío importante para la sanidad y la productividad de las plantaciones de coco (Tzec-Simá *et al.*, 2022). Por otro lado, el cocotero sufre bajas en su producción debido al ataque de patógenos. Los organismos causantes de enfermedades en cocotero en diversas partes del mundo incluyen hongos, bacterias, fitoplasmas, virus, viroides, protozoarios y nematodos (Ramjegathesh *et al.*, 2022).

### **2.12.1. Enfermedades reportadas para *Cocos nucifera* en el mundo**

Diversas enfermedades han sido identificadas afectando la salud del cocotero en distintas regiones del mundo (Tabla 1). En Ghana, se ha observado la presencia de *Curvularia pseudobrachyspora*, que induce manchas en las hojas de las plántulas de coco (Lekete *et al.*, 2022). En Tailandia, se han reportado casos de la enfermedad “panícula sucia” en las inflorescencias del cocotero, siendo identificadas las especies *Alternaria burnsii*, *Fusarium clavum* y *Fusarium tricinctum* como causantes de esta patología (Sunpapao *et al.*, 2022). En Bangladesh, *Pestalotiopsis* sp. ha sido relacionada con manchas foliares grises en las hojas de los cocotereros (Bhuiyan *et al.*, 2021). Por otro lado, Benassi *et al.* (2013) reportaron enfermedades que afectan al cocotero en Brasil, como lija grande (*Camarotella acrocomiae*), lija pequeña (*Camarotella torrendiella*), quema de hojas (*Botryosphaeria cocogena*) y mancha foliar (*Bipolaris incurvata*, *Drechslera incurvata* y *Helminthosporium halodes*).

En Brasil, Pinho *et al.* (2013) informaron sobre la presencia de la pudrición del extremo del pedúnculo del fruto, cuyo agente causal es *Ceratocystis paradoxa* (*T. paradoxa*) (Tabla 1). Por su parte, Rosado *et al.* (2015) reportó la pudrición del extremo del tallo de frutos provocada por *Pestalotiopsis adusta*. Posteriormente, Rosado *et al.* (2016) estudiaron la etiología de la pudrición del extremo del tallo del fruto, basándose en morfología y filogenia, concluyendo que esta enfermedad es causada por múltiples especies: *L. theobromae*, *L. egyptiaca*, *L. pseudotheobromae* y *L. brasiliense* (Tabla 1). En China, Zhang y Niu (2019), utilizando técnicas morfológicas y moleculares describieron casos de pudrición del extremo del tallo causada por *L. theobromae*. En India, Gangadhara *et al.* (2022), informaron sobre la pudrición de la inflorescencia ocasionada por *Thielaviopsis paradoxa*.

En México, Moscoso-Ramírez *et al.* (2002) reportaron la pudrición del cogollo en cocotero, que es atribuida al pseudohongo *Phytophthora palmivora*, en otros países (Ortiz *et al.*, 2004), ya que en México forma parte de lista de plagas cuarentenadas. Así también, la presencia del fitoplasma *Candidatus* fitoplasma palmae está asociada al amarillamiento letal del cocotero (ALC) (Ortiz *et al.*, 2024), mientras que el nematodo *Bursaphelenchus cocophilus* se ha vinculado al anillo rojo del cocotero (Moscoso-Ramírez *et al.*, 2002). Adicionalmente, *Thielaviopsis paradoxa* ha sido vinculada al mal hemorrágico o sangrado del tallo, en la base del peciolo de hojas y tallos (Moscoso-Ramírez *et al.*, 2002). Estos hallazgos resaltan la diversidad de amenazas que enfrenta la salud de los cocotereros en diferentes contextos geográficos (Tabla 1).

**Tabla 1** Enfermedades y agentes causales reportadas en *Cocos nucifera*.

<b>Especie</b>	<b>País</b>	<b>Enfermedad/Síntoma</b>	<b>Parte de la planta</b>	<b>Referencia</b>
<i>Candidatus fitoplasma palmae</i>	México	Amarillamiento letal	Hojas	Córdova <i>et al.</i> (2019)
<i>Pestalotiopsis sp.</i>	Bangladesh	Mancha foliar gris	Hojas	Bhuiyan <i>et al.</i> (2021)
<i>Curvularia pseudobrachyspora</i>	Ghana	Mancha de la hoja	Hojas de plántulas	Lekete <i>et al.</i> (2022)
<i>Alternaria burnsii</i>	Tailandia	Panícula sucia	Inflorescencia	Sunpapao <i>et al.</i> (2022)
<i>Fusarium clavum</i>	Tailandia	Panícula sucia	Inflorescencia	Sunpapao <i>et al.</i> (2022)
<i>Fusarium tricinctum</i>	Tailandia	Panícula sucia	Inflorescencia	Sunpapao <i>et al.</i> (2022)
<i>Bursaphelenchus cocophilus</i>	México	Anillo rojo	Tallo	Moscoso-Ramírez <i>et al.</i> (2002)
<i>Cladosporium sp.</i> , <i>Graphium sp.</i>	México	Marchitez por Ceratocystis	Peciolo de las hojas	Moscoso-Ramírez <i>et al.</i> (2002)
<i>Phytophthora palmivora</i>	México	Pudrición del cogollo	Cogollo	Moscoso-Ramírez <i>et al.</i> (2002)
<i>Camarotella acrocomiae</i>	Brasil	Lija grande	Hojas	Benassi <i>et al.</i> (2013)
<i>Camarotella torrendiella</i>	Brasil	Lija pequeña	Hojas	Benassi <i>et al.</i> (2013)
<i>Botryosphaeria cocogena</i>	Brasil	Quema de hojas	Hojas	Benassi <i>et al.</i> (2013)
<i>Bipolaris incurvata</i>	Brasil	Mancha foliar	Hojas	Benassi <i>et al.</i> (2013)
<i>Drechslera incurvata</i>	Brasil	Mancha foliar	Hojas	Benassi <i>et al.</i> (2013)
<i>Helminthosporium halodes</i>	Brasil	Mancha foliar	Hojas	Benassi <i>et al.</i> (2013)
<i>Ceratocystis paradoxa</i> ( <i>Thielaviopsis paradoxa</i> )	Brasil/ México/ India	Mal hemorrágico/Pudrición interna del tallo/ Pudrición de la inflorescencia	Fruto/ Base del peciolo de hojas y tallo/ Inflorescencia y espata	Pinho <i>et al.</i> (2013); Moscoso-Ramírez <i>et al.</i> (2002); Gangadhara <i>et al.</i> (2022)
<i>Pestalotiopsis adusta</i>	Brasil	Pudrición del extremo del pedúnculo del fruto	Fruto	Rosado <i>et al.</i> (2015)
<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	Brasil / China	Pudrición del extremo del pedúnculo del fruto	Fruto	Rosado <i>et al.</i> (2016); Zhang y Niu, (2019)
<i>Lasiodiplodia egyptiaca</i>	Brasil	Pudrición del extremo del pedúnculo del fruto	Fruto	Rosado <i>et al.</i> (2016)
<i>Lasiodiplodia pseudotheobromae</i>	Brasil	Pudrición del extremo del pedúnculo del fruto	Fruto	Rosado <i>et al.</i> (2016)
<i>Lasiodiplodia brasiliense</i>	Brasil	Pudrición del extremo del pedúnculo del fruto	Fruto	Rosado <i>et al.</i> (2016)
<i>Botryosphaeria fabicerciana</i>	Brasil	Mancha foliar	Hojas	Santos 2020
<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	Brasil	Mancha foliar	Hojas	Santos 2020
<i>Lasiodiplodia pseudotheobromae</i>	Brasil	Mancha foliar	Hojas	Santos 2020

### 2.12.2. Patógenos reportados en coco enano verde del Brasil

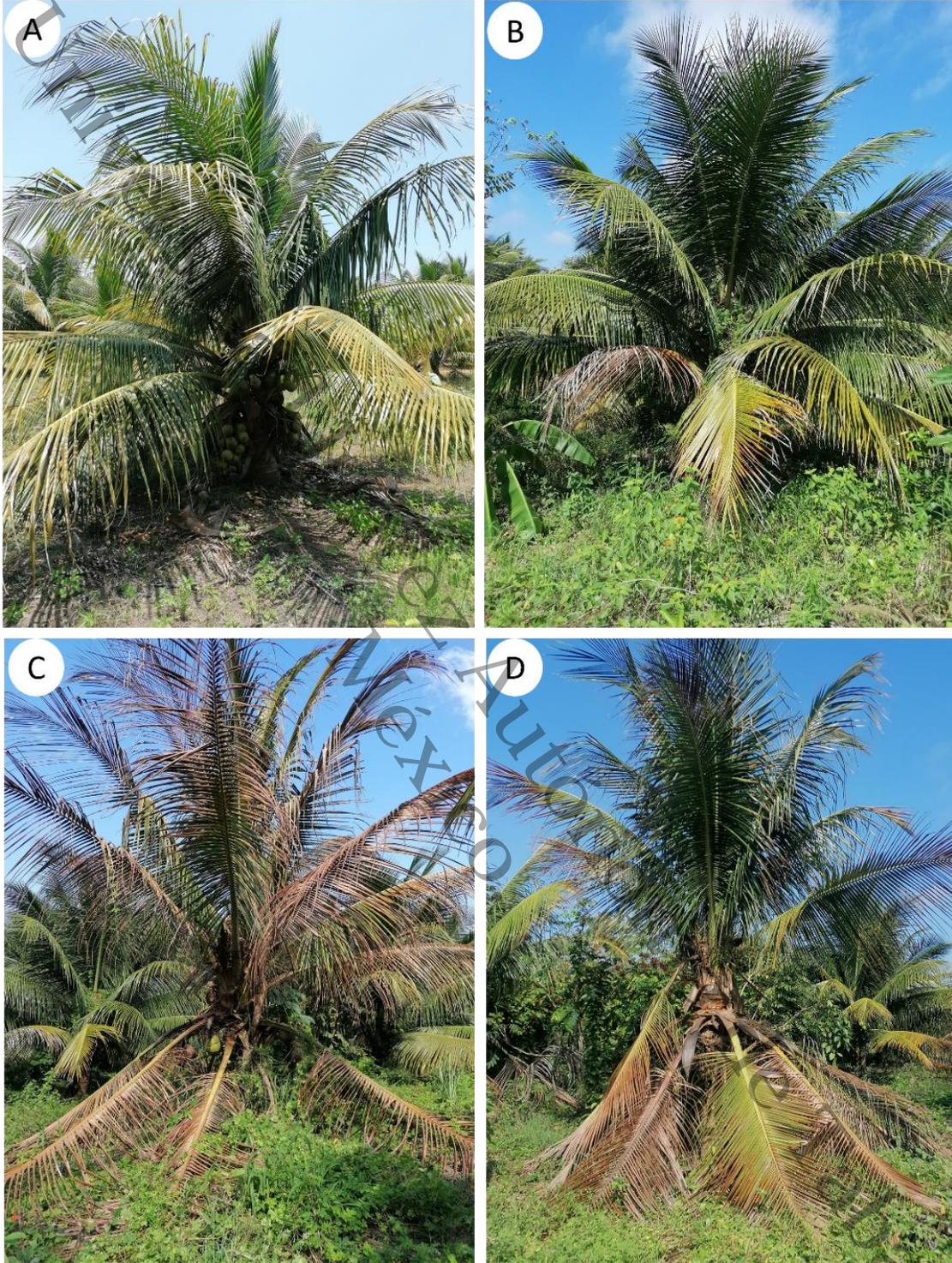
Las enfermedades que afectan al CEVB son diversas y representan un desafío significativo para su cultivo. En el país de procedencia de esta variedad se ha reportado a *T. paradoxa* causando “sangrado del tallo” (Warwick y Passos, 2009; Carvalho et al., 2013). Además, se han reportado enfermedades como la “lixa grande” y “lixa pequeña” en hojas, causadas por *Camarotella acrocomiae* y *Camarotella torrendiella*, respectivamente (Benassi et al., 2014). Por otro lado, *L. theobromae* ha sido asociada con la quema de hojas (Benassi et al., 2014). Otra enfermedad es la mancha foliar causada por *Bipolaris incurvata* (Benassi et al., 2014). Asimismo, el tizón de la hoja causado por diversas especies de *Lasiodiplodia* y *Botryosphaeria* (*L. theobromae*, *L. brasiliense*, *L. pseudotheobromae*, *L. laeliocattleyae*, *B. fabicerciana* y *B. dothidea*). Por otro lado, Coelho et al. (2022), reportaron como agente causal de la pudrición del pedúnculo a *L. subglobosa*. Asimismo, en la variedad CEVB se han reportado enfermedades, causadas por otros tipos de organismos, tales como el anillo rojo causado por el nematodo *Bursaphelenchus cocophilus* y la marchitez en la inflorescencia atribuida al protozooario *Phytomonas staheli* (Benassi et al., 2014). Estas enfermedades requieren una atención constante y estrategias de manejo efectivas para preservar la salud y productividad del cultivo de coco enano verde del Brasil (Tabla 2).

**Tabla 2** Enfermedades y agentes causales reportadas en *Cocos nucifera* variedad enano verde del Brasil.

Especie	Enfermedad/síntoma	Referencia
<i>Thielaviopsis paradoxa</i>	Sangrado del tallo	Warwick y Passos (2009); Carvalho et al. (2013)
<i>Camarotella acrocomiae</i>	Lixa grande/ Hojas	Benassi et al. (2014)
<i>Camarotella torrendiella</i>	Lixa pequeña/ Hojas	Benassi et al., (2014)
<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	Quema de hojas	Benassi et al. (2014); Santos et al. (2020)
<i>Bipolaris incurvata</i>	Mancha foliar	Benassi et al. (2014)
<i>Bursaphelenchus cocophilus</i>	Anillo rojo	Benassi et al. (2014)
<i>Phytomonas staheli</i>	Marchitez en inflorescencia	Benassi et al. (2014)
<i>Phytophthora</i> sp.	Pudrición del cogollo	Benassi et al. (2014)
<i>Lasiodiplodia brasiliense</i>	Tizón de la hoja	Santos et al. (2020)
<i>Lasiodiplodia pseudotheobromae</i>	Tizón de la hoja	Santos et al. (2020)
<i>Lasiodiplodia laeliocattleyae</i>	Tizón de la hoja	Santos et al. (2020)
<i>Botryosphaeria fabicerciana</i>	Tizón de la hoja	Santos et al. (2020)
<i>Botryosphaeria dothidea</i>	Tizón de la hoja	Santos et al. (2020)
<i>Lasiodiplodia subglobosa</i>	Pudrición del pedúnculo	Coelho et al. (2022)

### **2.13. Síntomas de la marchitez del coco enano verde del Brasil**

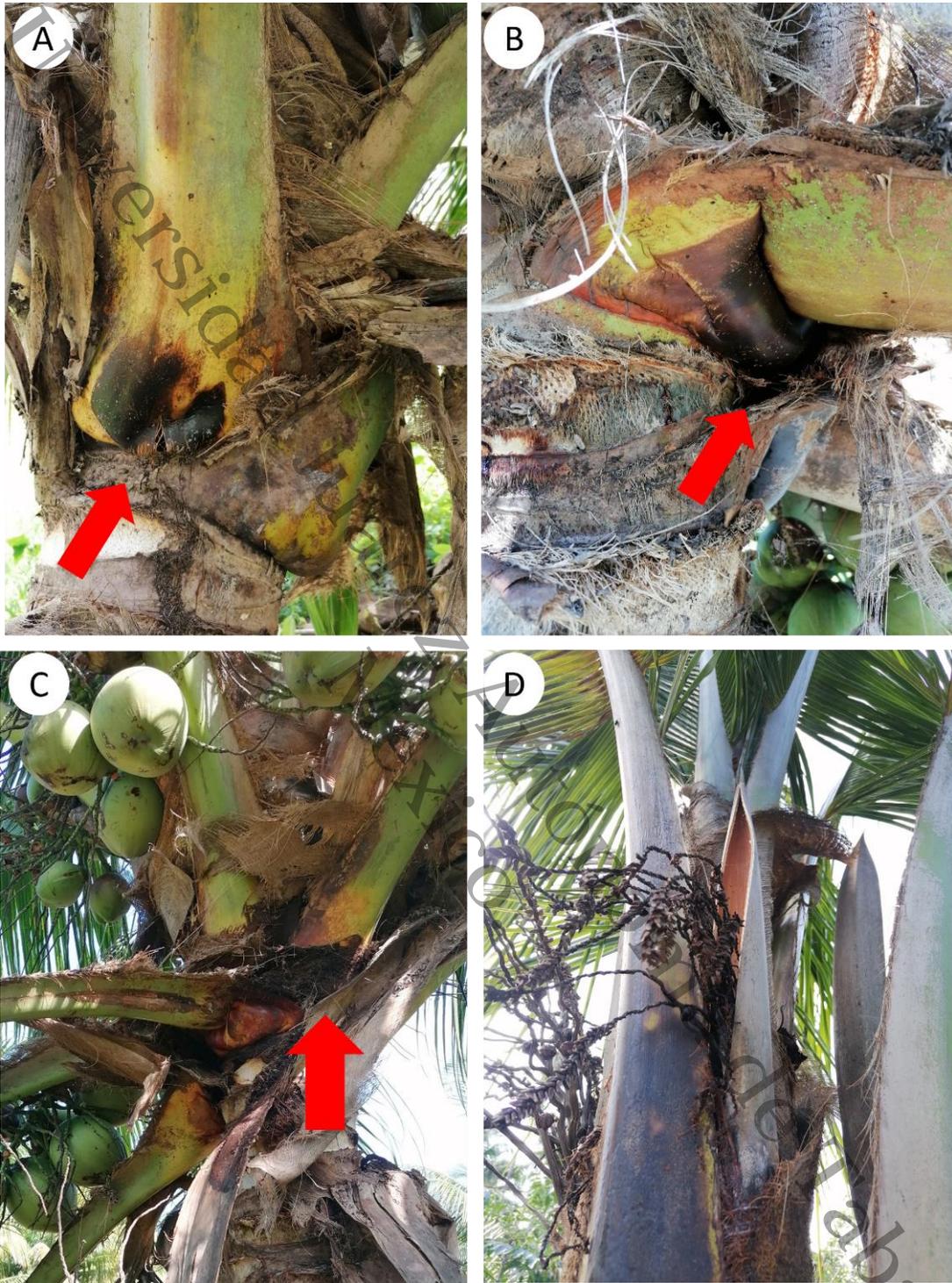
La marchitez del coco enano verde del Brasil presenta diversos síntomas progresivos que involucran necrosis de base de raquis y del tronco a nivel de la copa, amarillamiento y marchitez de hojas, defoliación y pudrición del tronco (Figura 1, Figura 2). La enfermedad progresa con lesiones necróticas en la base del raquis (vainas) de las hojas basales (Figura 3A). La necrosis progresa a toda la base del raquis, manifestándose un amarillamiento progresivo, marchitez y muerte de la hoja (Figura 1 B y C). Las hojas se doblan en la base del raquis, detrás del área necrótica (Figura 3B) y se quedan adheridas al árbol formando una “falda de hojas” (Figura 1 D), las cuales pueden desprenderse con facilidad. La necrosis de base de raquis progresa hacia las hojas más jóvenes, por lo que la marchitez del cocotero es de forma ascendente (Figura 3 C). La mayoría de las hojas se marchitan y se doblan, quedando finalmente las hojas de la corona. Durante el proceso ascendente de necrosis de base de raquis se presenta necrosis de espigas (Figura 3 D), necrosis de inflorescencia (Figura 4 A) y necrosis de frutos (Figura 4B); aunque también se observaron frutos con necrosis, sin haber necrosis de las ramas de la inflorescencia. En el tronco (estípite), a la altura de la copa, se presenta tejido necrótico a nivel de la base del raquis de las hojas (Figura 4C) y la necrosis avanza hacia el interior del tallo (Figura 4D, Figura 5A). En plantas con marchitez avanzada se observó fermentación del cogollo (palmito) (Figura 5B) y la hoja flecha con necrosis (Figura 5C). Debido a la desintegración del cogollo, la corona se dobla, aun cuando sus hojas terminales aún están verdes (Figura 2A). A partir de la caída de la corona, las hojas muertas se desprenden y el tronco se pudre (Figura 2B). Durante el progreso de la enfermedad la planta aborta los frutos (Figura 5D). No se observó síntoma de sangrado de tallo.



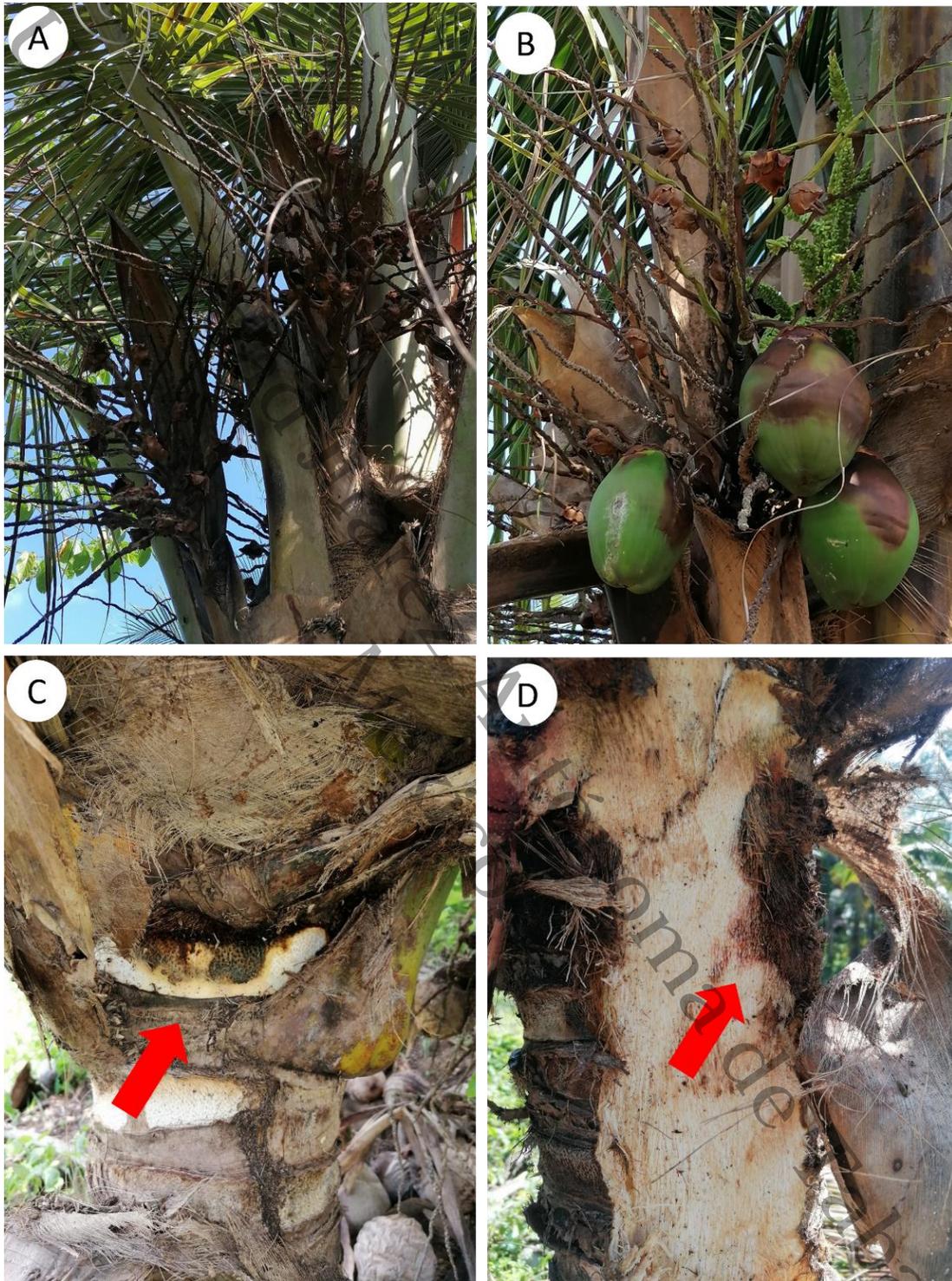
**Fig. 1** *Cocos nucifera* variedad enano verde del Brasil en diferentes etapas de deterioro, en la costa de Tabasco, México. **(A)** Planta sana. **(B)** Amarillamiento de hojas basales. **(C)** Marchitez ascendente de hojas. **(D)** Falda de hojas.



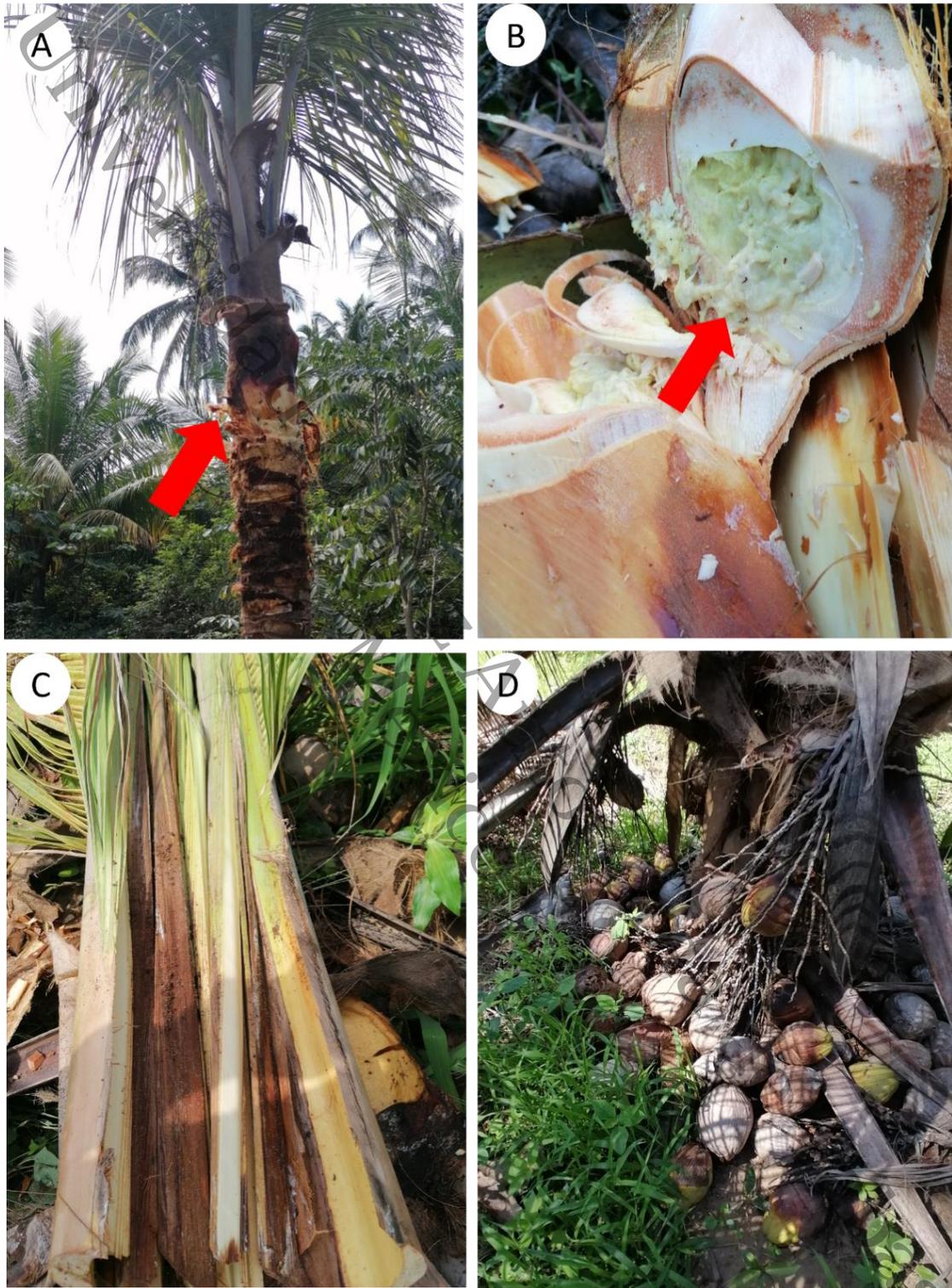
**Fig. 2** *Cocos nucifera* variedad enano verde del Brasil en diferentes etapas de deterioro, en la costa de Tabasco, México. **(A)** Corona doblada. **(B)** Tronco podrido.



**Fig. 3** Síntomas asociados a la muerte de *Cocos nucifera* variedad enano verde del Brasil, en la costa de Tabasco, México. **(A)** Mancha necrótica en la base del raquis. **(B)** Hoja doblada en la base del raquis. **(C)** Progreso ascendente de necrosis de base de raquis. **(D)** Necrosis de espádices.



**Fig. 4** Síntomas asociados a la muerte de *Cocos nucifera* variedad enano verde del Brasil, en la costa de Tabasco, México. **(A)** Necrosis de inflorescencia. **(B)** Necrosis de frutos. **(C)** Necrosis del tronco a nivel de la base del raquis. **(D)** Necrosis interna tronco.



**Fig. 5** Síntomas asociados a la muerte de *Cocos nucifera* variedad enano verde del Brasil, en la costa de Tabasco, México. **(A)** Necrosis del tronco a la altura de la copa. **(B)** Fermentación y desintegración del cogollo. **(C)** Necrosis de la hoja flecha. **(D)** Aborto de frutos.

#### **2.14. Manejo de enfermedades en cocotero**

El manejo de enfermedades en cocoteros involucra un enfoque integral que abarca medidas preventivas y correctivas. Las prácticas preventivas incluyen la elección de variedades resistentes (Ramos-Hernández *et al.*, 2018), la implementación de sistemas de manejo integrado de plagas, el uso de material de siembra libre de patógenos y la mejora de las condiciones de cultivo (Lizano, 2005). El manejo correctivo implica la identificación temprana de enfermedades a través de monitoreo constante, la aplicación adecuada de fungicidas, medidas de control biológico, y la eliminación de plantas enfermas para prevenir la propagación. Además, se promueve la higiene en las operaciones agrícolas y la eliminación adecuada de residuos vegetales (Sermeño *et al.*, 2005; Lizano, 2005).

#### **2.15. Uso de fungicidas para control de enfermedades en cocotero**

El control de enfermedades en cocotero a menudo involucra el uso estratégico de fungicidas para mitigar el impacto de patógenos. Los fungicidas desempeñan un papel esencial en la protección de las plantas contra infecciones fúngicas que pueden afectar negativamente la salud y productividad de los cocoteros. Coelho *et al.* (2010) evaluaron la eficacia de los fungicidas sistémicos: tiabendazol, tebuconazol, difeconazol, procimidona y tiofanato metílico, así, como del fungicida de contacto fluazinam, en diferentes dosis, sobre el crecimiento micelial del *T. paradoxa*, causante de resinosis en plantaciones de coco en Brasil, encontrando que dichos fungicidas lograron inhibir el 100% del crecimiento micelial del patógeno. Así también, Monteiro *et al.* (2013) evaluaron fungicidas sistémicos (ciproconazol, ciproconazol + azoxistrobin, ciproconazol + trifloxistrobin y flutriafol), aplicándolos en las axilas de las hojas del cocotero; los fungicidas probados mostraron efectividad en el control de *L. theobromae*. Por su parte, Rahman *et al.* (2013) reportaron la efectividad de los fungicidas sistémicos carbendazim, hexaconazol y difenoconazol + propiconazol, y los fungicidas de contacto mancozeb, mancozeb + metalexil y hepridion) sobre *Pestalotiopsis palmarum*, agente causal de la mancha gris de la hoja. Así también, Moura *et al.* (2019) comprobaron que las inyecciones de ciproconazol son efectivas para el control de verrucos en el CEVB.

### 3. JUSTIFICACIÓN

*Cocos nucifera* es la palmera más cultivada a nivel mundial. México es considerado uno de los diez principales países en la producción de coco, con un área cultivada de 184 mil hectáreas. En el estado de Tabasco, el cultivo del coco ha representado una de las principales actividades agrícolas aportando el 5% de la producción nacional. La versatilidad de los usos que tiene *C. nucifera* permite que esta planta se pueda aprovechar casi en su totalidad, donde la nuez es la principal materia prima. El cocotero presenta pérdidas en la producción debido al ataque de plagas y enfermedades, donde el amarillamiento letal (ALC) es la enfermedad que ha causado mayor impacto. En Tabasco, además del ALC se han reportado otras enfermedades del cocotero tales como anillo rojo (*Bursaphelenchus cocophilus*), marchitez por *ceratocystis* (*Thielaviopsis paradoxa*) y pudrición del cogollo, reportada en otros países como causada por *Phytophthora palmivora*.

La resistencia genética es una alternativa sostenible al manejo de enfermedades, por lo que diversos híbridos de cocotero están siendo evaluados en Tabasco por su resistencia al amarillamiento letal; así también, la variedad coco enano verde del Brasil ha sido introducida para su evaluación, con la finalidad de utilizarlo en la producción de fruto verde para consumo de agua. No obstante, en el estado de Tabasco el coco enano verde del Brasil está presentando problemas fitosanitarios cuyas etiologías aún se desconocen. Debido a ello, en el presente trabajo se realizó la identificación hongos asociados a patologías de la muerte del coco enano verde del Brasil, en Cárdenas, Tabasco, México; así, como la evaluación de la efectividad biológica de fungicidas químicos sobre los agentes causales. El conocimiento acerca del o los agentes causales de esta enfermedad sobre la variedad enano verde del Brasil y la eficacia de fungicidas sobre estos, coadyuvará a la implementación de estrategias de manejo adecuadas para la enfermedad. Esta muerte del CEVB y a su vez contribuirá el establecimiento de estrategias para su manejo.

#### **4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Cuáles son los hongos patógenos asociados a la muerte de *Cocos nucifera* variedad enano verde del Brasil en Tabasco, México, y cuál es la efectividad de diversos fungicidas químicos para su control?

#### **5. HIPÓTESIS**

La muerte de *Cocos nucifera*, variedad enano verde del Brasil, establecida en la costa de Tabasco, México, es causada por un complejo de hongos patógenos, y los fungicidas sistémicos pueden ser más efectivos en la inhibición del crecimiento micelial y la germinación de conidios, en comparación con los fungicidas de contacto.

#### **6. OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar los hongos asociados a la muerte de *Cocos nucifera* variedad enano verde del Brasil, en Tabasco, México, y evaluar su sensibilidad *in vitro* hacia fungicidas sistémicos y de contacto.

#### **7. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Comprobar la patogenicidad de aislamientos fúngicos asociados a palmas enfermas de coco enano verde del Brasil en Tabasco, México.
- Identificar el o los agentes causales de la enfermedad en el coco enano verde del Brasil por morfología y técnicas moleculares.
- Evaluar la sensibilidad *in vitro*, de aislamientos a fungicidas sistémicos y de contacto.

#### **8. METODOLOGÍA**

##### **8.1. Área de estudio**

Las muestras de plantas con muerte regresiva se obtuvieron de una plantación de CEVB ubicada en la Ranchería Ojoshal, Cárdenas, Tabasco. La plantación cuenta con una superficie de tres hectáreas y cinco años de edad. En el sitio de muestreo se seleccionaron plantas que presentaban síntomas de pudrición y muerte. De estas plantas se colectaron flores, frutos, foliolos, raquis, peciolo y tejidos de tronco con síntomas de necrosis. Las muestras se colocaron en bolsas de polietileno y se

transportaron al Laboratorio de Sanidad Vegetal de la División Académica de Ciencias Biológicas, de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, para su procesamiento.

## **8.2. Aislamiento y purificación**

Fragmentos de material vegetal con síntomas de necrosis se cortaron en secciones pequeñas, se lavaron con agua destilada estéril (ADE) y se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 2%. Las muestras se enjuagaron con ADE, se dejaron secar por 30 min y bajo condiciones asépticas se colocaron 10 secciones del tejido enfermo en cajas Petri con medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA). Estas se incubaron a  $25 \pm 1$  C bajo obscuridad para favorecer el desarrollo de micelio. Después se transfirió un fragmento de medio de cultivo con crecimiento fungoso a otra caja Petri con medio PDA para llevar a cabo el aislamiento de los morfotipos. De cada aislamiento poliespórico se obtuvieron aislamientos monospóricos de acuerdo con la técnica reportada por Estrada *et al.* (1997).

## **8.3. Comprobación de la patogenicidad sobre plantas juveniles**

Para las pruebas de patogenicidad de plantas juveniles se utilizaron plántulas de *C. nucifera* de tres meses de edad, las cuales se lavaron con ADE. Para la inoculación se utilizaron tres palmas por cada aislamiento. Para ello, una suspensión de  $1 \times 10^6$  esporas/mL de cada hongo fue preparada y aplicada por inyección. Posteriormente las plantas fueron colocadas en cámaras húmedas durante tres días. Observaciones semanales fueron realizadas durante tres meses y se registraron los síntomas en los sitios inoculados. Además, tres plantas fueron utilizadas como testigos, a los cuales sólo se inyectó ADE.

## **8.4. Comprobación de la patogenicidad sobre frutos inmaduros**

Para las pruebas de patogenicidad de frutos inmaduros, estos fueron sometidos a un proceso de desinfección mediante el uso de hipoclorito de sodio al 2%. Posteriormente, se llevó a cabo un enjuague con ADE. Una vez que los frutos estuvieron secos se procedió al retiro del pedúnculo y el cáliz. Luego, se realizaron tres heridas en la parte superior de los cocos mediante el empleo de un sacabocados. Para la fase de inoculación, se colocó un bocado de las cepas

seleccionadas en cada herida. Los cocos inoculados fueron incubados en una caja de plástico para mantener la humedad durante un período de siete días. Se inocularon cuatro frutos por cepa. Además, cuatro frutos se utilizaron como testigo, a los cuales se les colocó un fragmento de PDA.

### **8.5. Identificación morfológica**

Los hongos se identificaron a nivel de especie con base en las estructuras reproductivas y utilizando las claves de Barnett y Hunter (1997) y las descripciones diversos autores. Para ello, los aislamientos crecieron en cajas Petri con medio PDA durante 14 días. Adicionalmente, una suspensión de esporas se inoculó sobre discos de PDA para obtener estructuras microscópicas de cada aislamiento. Todos los discos inoculados se incubaron a  $25 \pm 1$  °C en cámara húmeda durante 5 d. Las características morfológicas se observaron bajo el microscopio óptico y fueron fotodocumentadas. La micrometría se realizó con el software Image Tool® 3.00.

### **8.6. Identificación molecular**

El ADN genómico se obtuvo del micelio de las especies aisladas, siguiendo el método del CTAB (Doyle y Doyle, 1990). La concentración de ADN se estimó por espectrofotometría (NanoDrop 2000, Thermo Scientific®). Secuencias parciales de genes se obtuvieron y amplificaron por PCR: región ITS1-5.8S-ITS2 del DNAr nuclear y  $\beta$ -tubulina. Para la amplificación de la región ITS se utilizaron los primers ITS5 (5'-gca agt aaa agt cgt aac aag g-3') e ITS4 (5'-tcc tcc gct tat tga tat gc-3') (White *et al.*, 1990). La región del gen  $\beta$ -tubulina se amplificó con los primers Bt2a (5'-ggt aac caa atc ggt gct gct ttc-3') y Bt2b (5'-acc ctc agt gta gtg acc ctt ggc-3') (Glass y Donaldson 1995). Las condiciones de PCR para ambos genes fueron: 94°C 2 min, 94-55-72 durante 30"-45"-90" 40 ciclos, con una extensión final de 72°C 4'. Las reacciones de amplificación se efectuaron en volúmenes de 25  $\mu$ L conteniendo amortiguador a 1X, MgCl<sub>2</sub> 1.5 mM, dNTP 0.2 mM, primers 0.4  $\mu$ M de cada uno (IDT), enzima Taq DNA polimerasa 1 unidad (Promega) y 20 ng de ADN. La cuantificación del ADN se realizó por espectrofotometría (NanoDrop 2000, Thermo Scientific®). Los amplicones fueron secuenciados en Psomagen (EUA). Las secuencias resultantes

se compararon con secuencias del banco de genes del National Center for Biotechnology Information (NCBI), mediante la herramienta Blast.

La identificación final de la especie se basó en características morfológicas, morfométricas y moleculares. La sinonimia aceptada se basó en Index Fungorum ([www.indexfungorum.org/](http://www.indexfungorum.org/)), MycoBank ([www.mycobank.org](http://www.mycobank.org)) y Enciclopedia de la vida (<http://eol.org/pages/192915/names/synonyms>).

### 8.7. Bioensayos de sensibilidad in vitro

Fungicidas sistémicos y protectantes se evaluaron sobre la germinación de esporas (GE) y el crecimiento micelial (CM) de dos aislamientos de *Thielaviopsis paradoxa* (Tabla 3). Cada fungicida se agregó al medio PDA antes de vaciar en las cajas Petri y tres dosis fueron evaluadas, la dosis recomendada por el fabricante, una dosis superior y una dosis inferior a la dosis recomendada.

**Tabla 3** Fungicidas y dosis evaluadas in vitro sobre *Thielaviopsis paradoxa*

Fungicida	Modo de acción	Dosis (g.i.a./L) <sup>y</sup>		
		0.5x	1 <sup>z</sup>	1.5x
Aceite de <i>Malaleuca alternifolia</i>	Protectante	0.83	1.66	2.49
Oxicloruro de cobre	Protectante	1.5	3	4.5
Captan	Protectante	1.5	3	4.5
Hidróxido de cobre	Protectante	1	2	3
Propiconazol	Sistémico	0.46	0.93	1.4
Difenoconazol + cyprodinil	Sistémico	0.21/0.62	0.43/1.25	0.65/1.87
Tebuconazol	Sistémico	0.5	1	1.5
Carbendazim	Sistémico	1	2	3
Tiabendazol	Sistémico	0.12	0.24	0.36
Mandipropamid + Mefenoxam	Sistémico	0.31/0.25	0.62/0.5	0.93/0.75

<sup>y</sup>g.i.a.= gramos de ingrediente activo

<sup>z</sup>Dosis comercial.

#### 8.7.1. Efectividad de fungicidas sobre la germinación de esporas

Cultivos de los agentes fúngicos de 10 días de edad se utilizaron para obtener una suspensión de  $5 \times 10^6$  esporas/mL. De esta suspensión, 30  $\mu$ L se depositaron en

cuatro zonas de la caja Petri con medio PDA, con las concentraciones de fungicidas seleccionadas. La alícuota de esporas se cubrió con cubreobjeto estéril. Las cajas con medio ADP + inóculo se incubaron a  $25 \pm 0.5$  °C. El porcentaje de germinación se determinó mediante la observación de 100 esporas por tratamiento y repetición. Las observaciones se realizaron cada 2 h (el primer día), después, cada 24 h y concluyeron cuando el testigo obtuvo el 90 % de germinación.

### **8.7.2. Efectividad de fungicidas sobre el crecimiento micelial**

A partir de cultivos fúngico de 10 d de edad, se extrajeron fragmentos de 5 mm de diámetro con un sacabocado. Estas fracciones se depositaron en el centro de cajas Petri con medio PDA, las cuales tenían las concentraciones de los fungicidas. Las cajas con medio e inóculo se incubaron a  $25 \pm 0.5$  °C. El CM, medido en dos radios por caja, se registró cada 24 h y las mediciones terminaron cuando el testigo llenó la caja Petri.

### **8.8. Análisis estadístico**

La efectividad de los fungicidas sobre el CM y GE se obtuvo de acuerdo con Abbott (1925). Posteriormente, los datos se transformaron al arcoseno de la raíz cuadrada de la proporción y se sometieron a un ANOVA y separación de medias (Tukey;  $P \leq 0.05$ ) utilizando el programa SAS (SAS, 1988).

## **9. RESULTADOS**

### **9.1. Caracterización morfológica**

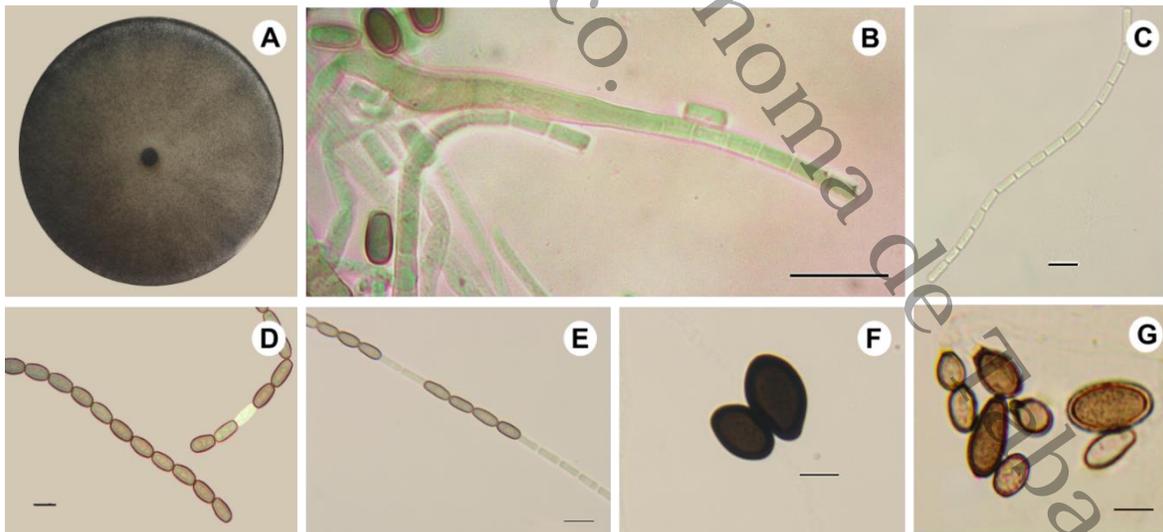
Un total de 23 aislamientos fúngicos fueron obtenidos a partir de tejidos con síntomas de necrosis de plantas adultas de coco enano verde del Brasil. Cuatro aislamientos se obtuvieron de tronco, cuatro de base de raquis, dos aislamientos se obtuvieron del cogollo, cinco de inflorescencia y ocho aislamientos de frutos inmaduros. Los aislamientos se muestran en la tabla 2. De estos aislamientos, cinco fueron *Thielaviopsis paradoxa* (*Ceratocystis paradoxa*), siete *Neodeightonia phoenicum* (*Diplodia phoenicum*), cuatro *Lasiodiplodia theobromae*, dos *Colletotrichum gloeosporoides*, dos *Neofusicoccum ribis* (*N. batangarum*), dos *Diaporthe* sp. (*Phomopsis* sp.), y uno *Aspergillus tubingensis* (Tabla 4).

**Tabla 4** Especies morfológicas aisladas de tejidos necróticos de plantas adultas de *Cocos nucifera*, variedad enano verde del Brasil, en Tabasco, México.

Tejido del hospedante	Aislamientos	Especie morfológica
Base de raquis (vaina)	M2-02	<i>Neodeightonia phoenicum</i>
	M4-02	<i>Neodeightonia phoenicum</i>
	M1-02	<i>Neodeightonia phoenicum</i>
	M4-01	<i>Neodeightonia phoenicum</i>
Cogollo	M3-14	<i>Neofusicoccum ribis</i>
	M3-16	<i>Thielaviopsis paradoxa</i>
Tronco (estípete)	M1-03	<i>Neodeightonia phoenicum</i>
	M2-18	<i>Thielaviopsis paradoxa</i>
	M2-14	<i>Thielaviopsis paradoxa</i>
	M2-07	<i>Thielaviopsis paradoxa</i>
Fruto inmaduro	M2-10	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>
	M4-08	<i>Neodeightonia phoenicum</i>
	M2-20	<i>Neofusicoccum ribis</i>
	M3-22	<i>Aspergillus tubingensis</i>
	M3-12	<i>Diaporthe</i> sp.
	M3-21	<i>Diaporthe</i> sp.
	M3-10	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>
	M2-22	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>
Inflorescencia	M2-16	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>
	M2-13	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>
	M2-05	<i>Neodeightonia phoenicum</i>
	M2-01	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>
	M3-02	<i>Thielaviopsis paradoxa</i>

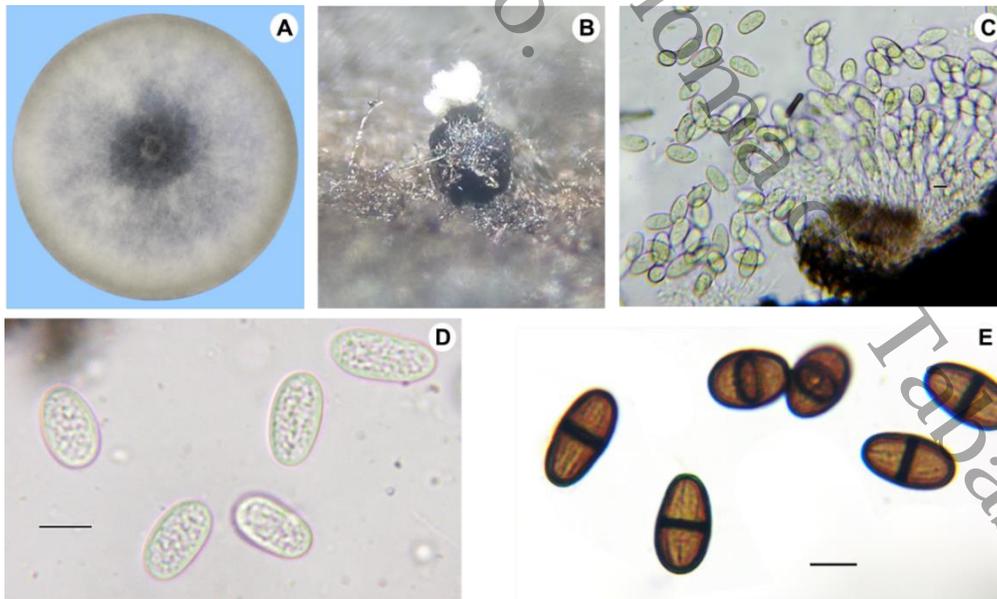
### Morfología de hongos aislados

Los aislamientos M3-16, M3-02, M2-18, M2-14 y M2-07, obtenidos de tronco, cogollo e inflorescencia, desarrollaron colonias con micelio de color gris oscuro a negro en medio de cultivo PDA bajo condiciones de oscuridad a  $\pm 25\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Fig. 6A). El hongo produjo conidióforos, generalmente de manera individual y en línea recta, que variaban en color desde hialino hasta café claro (Fig. 6B). Los conidióforos produjeron fialoconidios primarios y secundarios en cadena con forma cilíndrica u ovalada de color hialino o café claro, con paredes gruesas y superficie lisa. Sus dimensiones fueron de  $5.0 - 14.1\text{ }\mu\text{m}$  de longitud y  $3 - 6\text{ }\mu\text{m}$  de ancho con un promedio de ( $\pm$  D.E.)  $8.4 \pm 1.5 \times 4.1 \pm 0.7\text{ }\mu\text{m}$ , y una proporción largo/ancho de 2 (n = 100) (Fig.6CDE). En cuanto a los aleuroconidios, su forma fue ovalada, de color marrón oscuro y con paredes gruesas. Los aleuroconidios tuvieron un tamaño de  $11.7 - 22.2\text{ }\mu\text{m}$  de longitud y  $7.7 - 12.2\text{ }\mu\text{m}$  de ancho, con una media de ( $\pm$  D.E.)  $16.3 \pm 3.2 \times 9.6 \pm 1.1\text{ }\mu\text{m}$  y una proporción largo/ancho de 1.6 (n = 100) (Fig.6 FG). Estas características morfológicas concuerdan con lo descrito por Soyong *et al.*, 2015; Tzeng *et al.*, 2010; Senasica 2015 y Demiray *et al.*, 2020 para la especie *Thielaviopsis paradoxa* (*Ceratocystis paradoxa*).



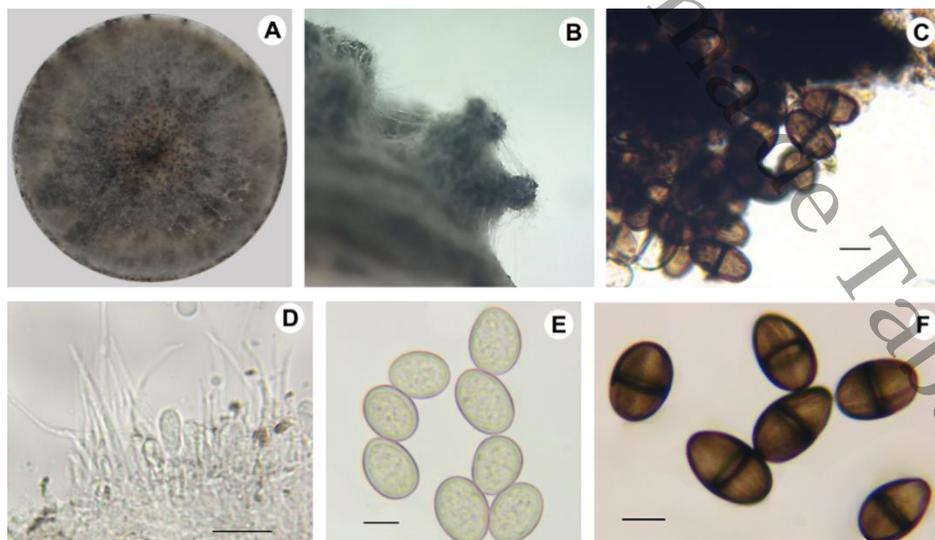
**Fig. 6** Características Morfológicas de *Thielaviopsis paradoxa* (*Ceratocystis paradoxa*). (A) Colonia de 15 días en medio PDA. (B) Conidióforos. (C) Fialoconidios primarios en cadena (D, E) Fialoconidios primarios y secundarios en cadena. (F, G) Aleuroconidios. Barras de escala: B= 20  $\mu\text{m}$

Los aislamientos M4-01, M2-02, M4-02, M1-02, M1-03, M4-08 y M2-05, obtenidos de tronco, base de raquis, inflorescencia y frutos, presentaron colonias micelio algodonoso, aéreo de color gris a gris oliváceo al ser incubadas en medio PDA a  $\pm 25\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Fig. 7A). Los conidiomatas son picnidiales, estromáticos, multiloculados, de color marrón oscuro a negro, sumergidos y erupcionantes cuando maduran (Fig. 7B). Paráfisis ausente. Células conidiogénicas hialinas, lisas, cilíndricas, hinchadas en la base, holoblásticas (Fig. 7C). Conidios de ovoides a elipsoides, ápice y base ampliamente redondeados, más anchos en el tercio medio al superior, de paredes gruesas, inicialmente hialinos y sin septos, que se vuelven de color marrón oscuro con un septo en medio algún tiempo después de la descarga de los picnidios, con depósitos de melanina en la superficie interna de la pared dispuesta longitudinalmente dándole apariencia estriada a los conidios. Las medidas de los conidios oscilan entre 15.5 y 21.1  $\mu\text{m}$  de longitud y 9.0 – 12.0  $\mu\text{m}$  de ancho, con una media de ( $\pm$  D.E.)  $18.4 \pm 1.5 \times 10.1 \pm 0.7$ , y una proporción largo/ancho de 1.8 (n = 100) (Fig. 7DE). Estas características morfológicas concuerdan con lo descrito por Phillips *et al.*, 2008; Phillips *et al.*, 2013 y Zhang y Song 2022 para la especie *Neodeightonia phoenicum* (*Diplodia phoenicum*).



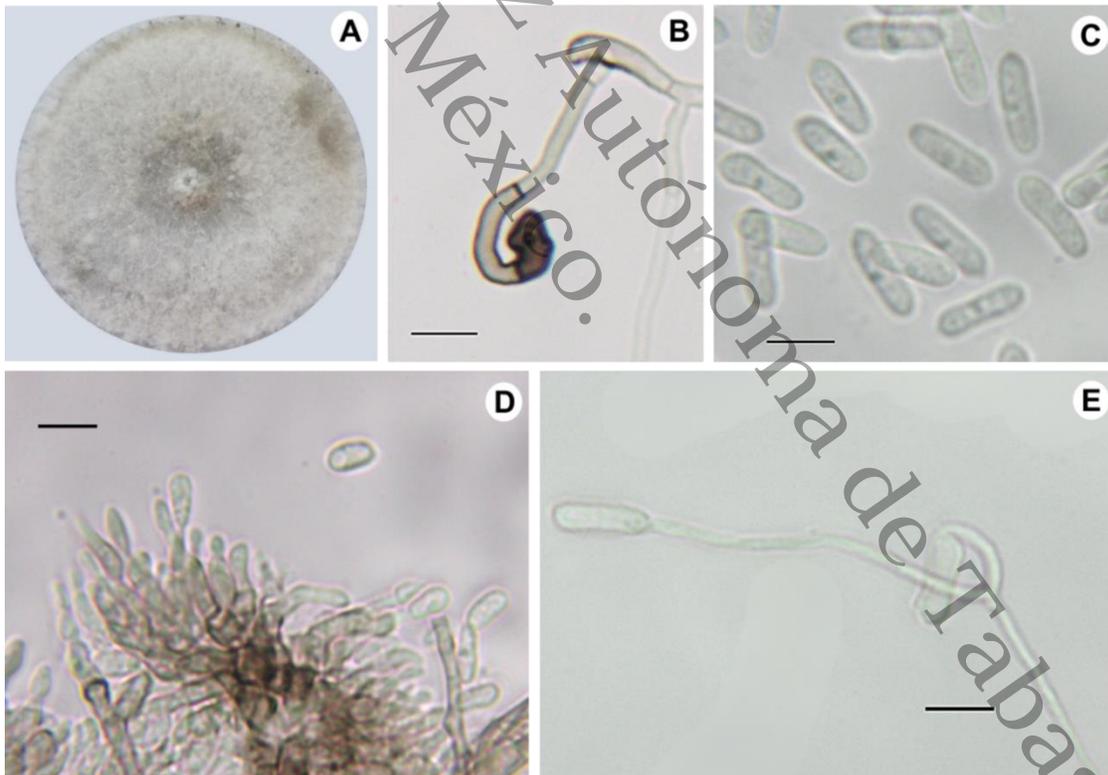
**Fig. 7** Características morfológicas de *Neodeightonia phoenicum* (*Diplodia phoenicum*). (A) Colonia de 15 días en medio PDA. (B) Conidiomata. (C) Células conidiógenas. (D) Conidios inmaduros. (E) Conidios maduros. Barras de escala: 10  $\mu\text{m}$ .

Para los aislamientos M2-10, M2-16, M2-13, M2-01, obtenidos de inflorescencias y frutos inmaduros con necrosis, la colonia en medio de cultivo PDA, después de 15 días a  $\pm 25^{\circ}\text{C}$ , presentó micelio superficial, ramificado, septado y color marrón oscuro, los picnidios se diferenciaron fácilmente (Fig. 8A). Conidiomatas picnidiales, uniloculares, de color marrón oscuro a negro, inicialmente inmersos y emergentes al madurar (Fig. 8B). Paráfisis hialinas, cilíndricas, septadas, ocasionalmente ramificadas, con extremos redondeados. Células conidiógenas hialinas, de pared delgada, lisas, cilíndricas, holoblásticas (Fig. 8D). Conidios subovoideos a elipsoides-ovoideos, ápice ampliamente redondeado, disminuyendo hacia la base truncada, más anchos desde el tercio medio hasta el superior, de pared gruesa, contenido granular, inicialmente hialinos y aseptados, manteniéndose hialinos durante mucho tiempo, adquiriendo finalmente un color marrón oscuro y una septación después de ser liberados de los picnidios, con depósitos de melanina en la superficie interna de la pared dispuestos longitudinalmente, lo que confiere una apariencia estriada a los conidios. Los conidios miden entre 21 y 30  $\mu\text{m}$  de longitud y 10 – 17  $\mu\text{m}$  de ancho con una media de  $25.5 \pm 1.4 \times 13.8 \mu\text{m} \pm 1.3$ , y una proporción largo/ancho de 1.8 ( $n = 100$ ) (Fig. 8EF). Estas características morfológicas concuerdan con lo descrito por Alama et al., 2006; Alves et al., 2008 y Phillips et al 2013 para la especie *Lasiodiplodia theobromae*.



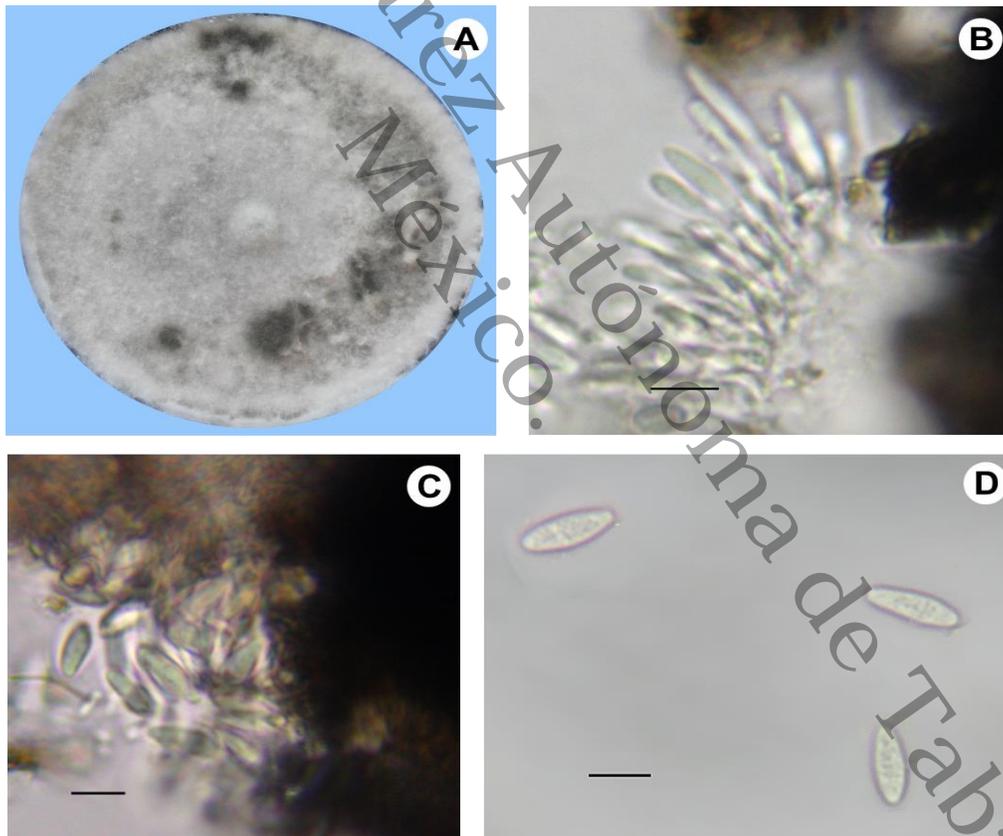
**Fig. 8** Características morfológicas de *Lasiodiplodia theobromae*. (A) Colonia después de 15 días en medio PDA. (B) Conidiomata. (C) Conidios emergiendo de picnidio. (D) Paráfisis y células conidiógenas. (E) Conidios inmaduros. (F) Conidios maduros. Barras de escala: = 20 $\mu\text{m}$

Los aislamientos M3-10 y M2-22, obtenidos de frutos inmaduros, presentaron colonias con micelio blanquecino y masas de conidios de color naranja en medio PDA a  $\pm 25^{\circ}\text{C}$  (Fig. 9A). El micelio es septado y produce apresorios clavados, ovalados y a veces lobulados. Estas estructuras adquieren un tono color café, con dimensiones que oscilan entre  $4.6\text{-}18.5 \times 5.3\text{-}11.9 \mu\text{m}$  (Fig. 9B). Los conidióforos son hialinos, de pared lisa, septados y ramificados (Fig. 9E). Las células conidiógenas son hialinas, de pared lisa, septados y ramificados (Fig. 9D). Las células conidiógenas son subcilíndricas, rectas o curvadas (Fig. 9D). Los conidios son hialinos, de pared lisa, subcilíndricos, con ambos extremos redondeados y con contenido granular. Los conidios miden entre  $10.3$  y  $18.3 \mu\text{m}$  de longitud y  $2.7 - 5.4 \mu\text{m}$  de ancho, con una media de ( $\pm$  D.E.)  $13.6 \pm 1.1 \times 4.1 \pm 0.4 \mu\text{m}$ , y una proporción largo/ancho de  $3.3$  ( $n = 100$ ) (Fig. 9C). No se observó la forma sexual. Estas características morfológicas concuerdan con lo descrito por Rodríguez-López *et al.*, 2008 y Mu *et al.*, 2021 para la especie *Colletotrichum gloeosporioides*.



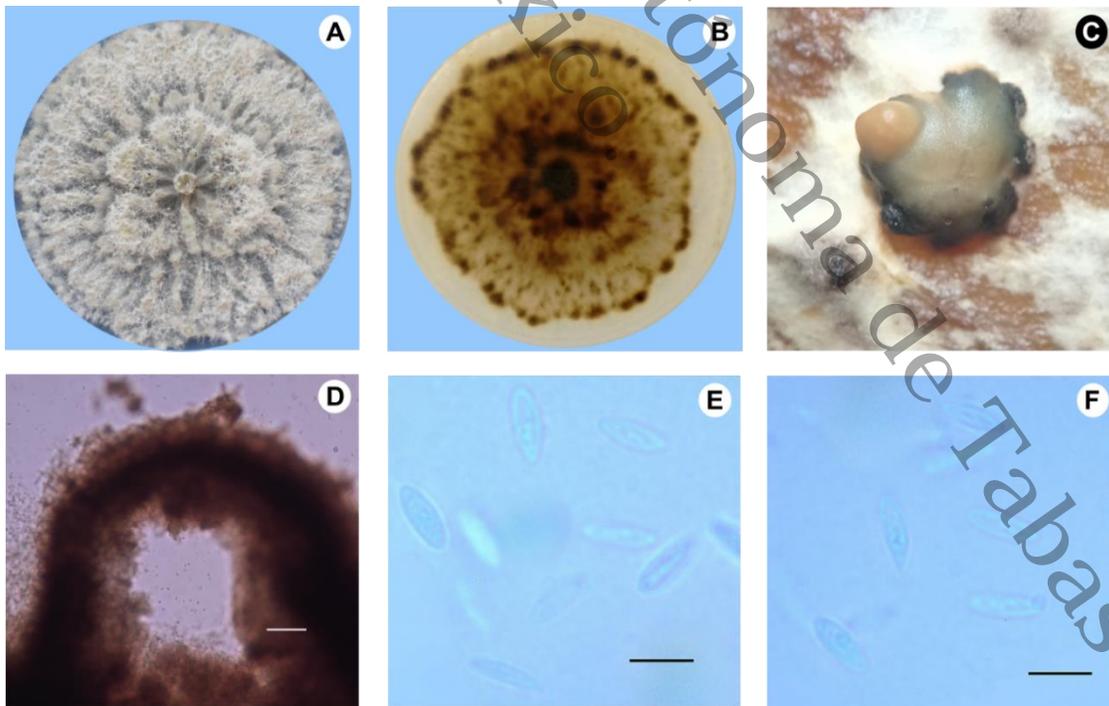
**Fig. 9** Características morfológicas de *Colletotrichum gloeosporioides*. (A) Colonia en medio de cultivo PDA después de 15 días. (B) Apresorio. (C) Conidios. (D) Células conidiógenas. (E) Conidióforo. Barra de escala:  $10 \mu\text{m}$ .

Los aislamientos M3-14 y M2-20, obtenidos de base de raquis, cogollo y frutos inmaduros, respectivamente, mostraron colonias con micelio aéreo, algodonoso, de color blanco que se tornó de gris ahumado a gris oliváceo, en medio de cultivo PDA a los 15 d de incubación  $\pm 25 \pm 0.5$  °C (Fig. 10A). Conidióforos reducidos a células conidiógenas. Células conidiógenas holoblásticas, hialinas, cilíndricas, produciendo un solo conidio (Fig. 10BC). Conidios aseptados, hialinos, lisos, fusoides a ovoides, de pared delgada con medidas entre 14.0 y 19.2  $\mu\text{m}$  de longitud y 7.4 – 9.0  $\mu\text{m}$  de ancho, con una media de ( $\pm$  D.E.) de  $15.9 \pm 1.2 \times 8.2 \pm 0.6$   $\mu\text{m}$ , y una proporción largo/ancho de 1.9 ( $n = 100$ ) (Fig. 10D). Estas características morfológicas concuerdan con lo descrito por Begoude *et al.*, 2010; Phillips *et al.*, 2013 y Aloí *et al.* 2020 para la especie *Neofusicoccum ribis*.



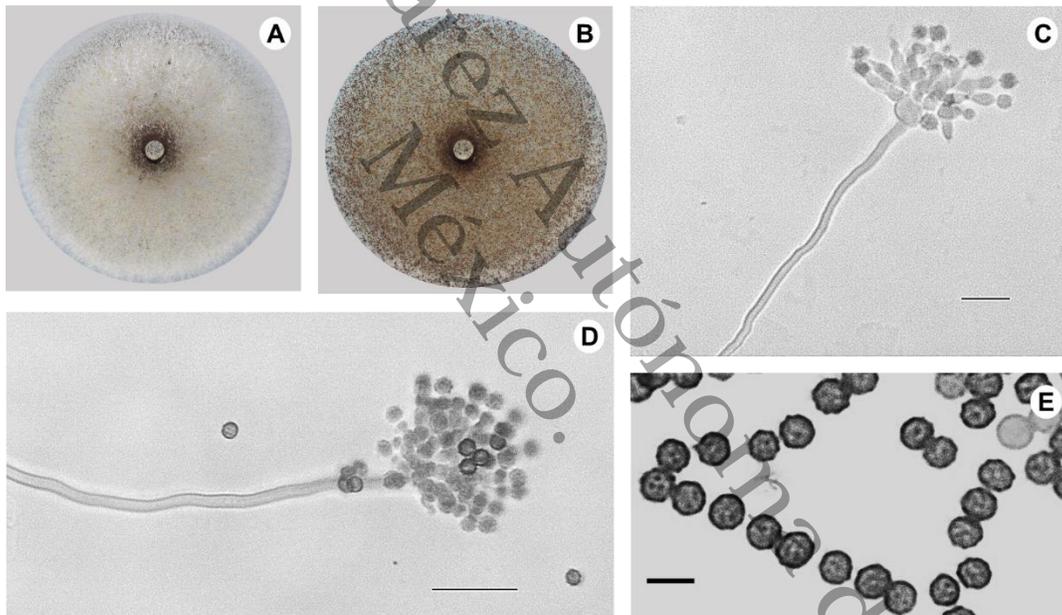
**Fig. 10** Características morfológicas de *Neofusicoccum ribis* (*N. batangarum*). **(A)** Colonia en medio PDA después de 15 días. **(B, C)** Células conidiógenas. **(D)** Conidios. Barras de escala: 10  $\mu\text{m}$ .

Los aislamientos M3-12 y M3-21, obtenidos de frutos inmaduros, mostraron colonias con micelio aéreo de color blanco, de textura algodonosa y plumosa, de crecimiento radial y ondulado en el margen, a los 15 d de incubación a  $\pm 25$  °C. El reverso de la colonia presentó un color amarillento a café (Fig. 11AB). Conidiomata picnidial de forma globosa o lageniforme, negros, erumpentes que exudan gotas conidiales cremosas a amarillentas desde los ostiolos (Fig.11CD). Conidióforos translúcidos, septados, ramificados, cilíndricos, rectos a sinuosos. Células conidiógenas de tipo fialídico, cilíndricas, hinchadas en la base, disminuyendo hacia el ápice, ligeramente curvadas. Los conidios alfa son hialinos, lisos, aseptados, elipsoidales, gutuladas, con ápice subobtusado y base subtruncada con medidas entre 4.6 y 7.0  $\mu\text{m}$  de longitud y 1.3 – 2.7  $\mu\text{m}$  de ancho, con una media ( $\pm$  D.E.) de  $5.8 \pm 0.6 \times 2.0 \pm 1.4$   $\mu\text{m}$ , y una proporción largo/ancho de 2.9 ( $n = 100$ ) (Fig. 11EF). No se observaron conidios beta. No se observó la fase sexual. Estas características morfológicas de la colonia y de los conidios alfa concuerdan con lo descrito por Dong *et al*, 2021; Huang *et al*, 2021 y Pereira *et al*, 2023 para *Diaporthe arecae*; *no obstante*, no se observaron conidios beta, por lo que este taxa sólo se identificó a nivel de género.



**Fig. 11** Características morfológicas de *Diaporthe* sp. (*Phomopsis* sp.) (A, B) Colonia en medio de cultivo PDA después de 15 días. (C) Conidiomata. (D) Corte transversal del conidiomata. (E, F) Conidios alfa. Barras de escala: E, F= 5  $\mu\text{m}$ . D= 50  $\mu\text{m}$ .

El aislamiento M3-22, obtenido de frutos inmaduros, mostró una colonia con abundante micelio aéreo con cabezas de conidióforos marrones a negras. En medio PDA la colonia era de color blanquecino a los 7 d y se tornó de color marrón a los 15 d (Fig. 12AB). Los conidióforos se originaban en la base del sustrato. La parte superior de los conidióforos se encontraba hinchada, formando cabezas esféricas de con esterigmas dobles distribuidos radialmente (Fig. 12CD). Los conidios crecían en el extremo de los esterigmas en cadenas y eran de forma esférica o aproximadamente esférica con un promedio de 3.2 $\mu$ m de diámetro (n=100) (Fig. 12E). Estas características morfológicas concuerdan con lo descrito por Zhao *et al*, 2018; Guo *et al*, 2021 y Li *et al*, 2021 para la especie *Aspergillus tubingensis*



**Fig. 12** Características morfológicas de *Aspergillus tubingensis*. (A, B) Colonia en PDA después de siete y 15 días respectivamente. (C, D) Conidióforos. (E) Conidios. Barras de escala: C=10  $\mu$ m, D=20  $\mu$ m y E=5  $\mu$ m.

## 9.2. Identificación molecular

La amplificación parcial de los genes ITS y  $\beta$ -tubulina validó la identificación de las especies de los aislamientos extraídos de plantas adultas de CEVB. Al comparar cada una de las secuencias con las disponibles en la base de datos del GenBank, se reveló que las secuencias los aislamientos M3-16, M3-02, M2-18, M2-14 y M2-

07, exhibieron una alta similitud, entre el 99.8% y el 100% con secuencias de *T. paradoxa* (KC415073, ON383202, GU358206, GU567772, GU567771) para el gen ITS (Tabla 5). Por otro lado, las secuencias de las cepas M2-02, M4-02, M1-02, M1-03, M4-08, M2-05, M4-01 mostraron homologías de 99 al 100 % con secuencias de *N. phoenicum* para el gen ITS (KF766198, OR438385, KF766198, OR438385, KF766198, KF766198, KF766198); además, las cepas M1-03 y M4-02 presentaron homologías de 98.9 y 100 %, respectivamente, con secuencias de *N. phoenicum* para el gen  $\beta$ -tubulina (OK338070) (Tabla 5).

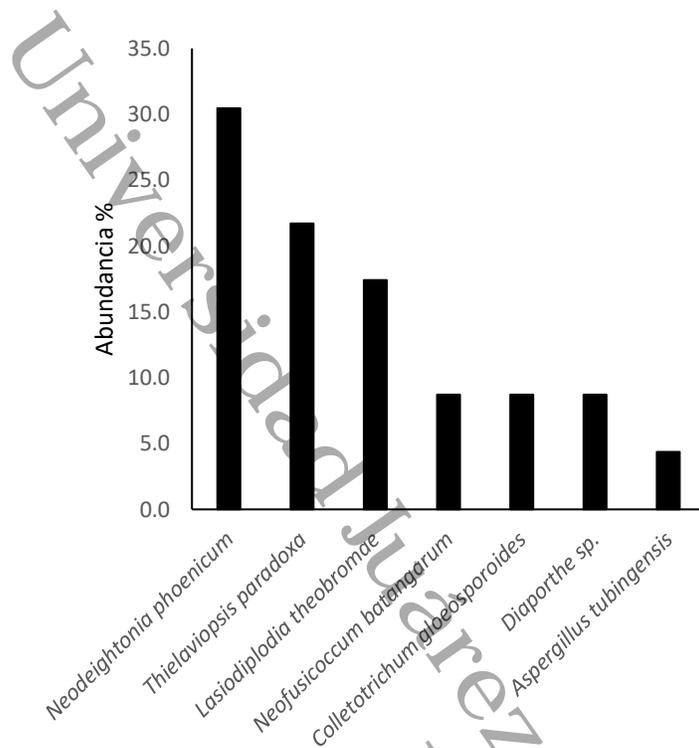
Las secuencias de los aislamientos M2-10, M2-16, M2-13, M2-01, mostraron similitud del 99 al 99.8 % con las secuencias de *L. theobromae* para el gen ITS (OM320196, MK329189, OP175995, OQ448829); además la cepa M2-16 mostró similitud del 100 % con una secuencia de *L. theobromae* para el gen  $\beta$ -tubulina (MH644063). Por otro lado, las secuencias de ITS de las cepas M3-14 y M2-20 mostraron similitud del 99.6 y 100 % con secuencias de *N. ribis* (MG609053, KU052221); así también, la secuencia de la cepa M2-20 mostró 100% de similitud con una secuencia de *N. ribis* para el gen  $\beta$ -tubulina (MN952208) (Tabla 5).

Las secuencias de ITS de los aislamientos M3-12 y M3-21 exhibieron una similitud del 99 % con secuencias de *Diaporthe* sp. (MK299422); por lo cual, estos aislamientos no se confirmaron a nivel de especie. Por otro lado, las secuencias de los aislamientos M3-10, M2-22 exhibieron una similitud 99.6 y 97.7, respectivamente, con secuencias de *C. gloeosporoides* (MF380828, KU097222). Finalmente, la secuencia de la cepa M3-22 demostró homologías del 99.8% y 97% en ITS y  $\beta$ -tubulina respectivamente, con secuencias de *Aspergillus tubingensis* (MT446188, KY990202) (Tabla 5).

Con base en los resultados de la confirmación molecular y la identificación morfológica, los 23 aislamientos fúngicos, obtenidos a partir de tejidos con síntomas de necrosis de plantas adultas de CEVB, correspondieron a siete especies (Tabla 4 y 5). La especie más abundante fue *N. phoenicum*, seguida de *T. paradoxa* y *L. theobromae* (Figura 13).

**Tabla 5** Especies de hongos asociados a la muerte de plantas adultas de coco enano verde del Brasil identificados por amplificación de los espaciadores transcritos internos y el gen ITS y  $\beta$ -tubulina (BT) en Tabasco, México.

Aislamiento	Identificación molecular	Identidad ITS (%)	Cepas de referencia	Identidad BT (%)	Cepas de referencia
M3-16	<i>Thielaviopsis paradoxa</i>	100	KC415073		
M3-02	<i>Thielaviopsis paradoxa</i>	99.8	ON383202		
M2-18	<i>Thielaviopsis paradoxa</i>	99.8	GU358206		
M2-14	<i>Thielaviopsis paradoxa</i>	99.8	GU567772		
M2-07	<i>Thielaviopsis paradoxa</i>	99.8	GU567771		
M2-02	<i>Neodeightonia phoenicum</i>	99.6	KF766198		
M4-02	<i>Neodeightonia phoenicum</i>	100	OR438385	100	OK338070
M1-02	<i>Neodeightonia phoenicum</i>	99.0	KF766198		
M1-03	<i>Neodeightonia phoenicum</i>	100	OR438385	98.9	OK338070
M4-08	<i>Neodeightonia phoenicum</i>	99.2	KF766198		
M2-05	<i>Neodeightonia phoenicum</i>	99.4	KF766198		
M4-01	<i>Neodeightonia phoenicum</i>	99.0	KF766198		
M2-10	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	99.4	OM320196		
M2-16	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	99.8	MK329189	100	MH644063
M2-13	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	99.0	OP175995		
M2-01	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	99.2	OQ448829		
M3-14	<i>Neofusicoccum ribis</i> ( <i>N. batangarum</i> )	99.6	MG609053		
M2-20	<i>Neofusicoccum ribis</i> ( <i>N. batangarum</i> )	100	KU052221	100	MN952208
M3-12	<i>Diaporthe</i> sp.	99.0	MK299422		
M3-21	<i>Diaporthe</i> sp.	99.0	MK299422		
M3-10	<i>Colletotrichum gloeosporoides</i>	99.6	MF380828		
M2-22	<i>Colletotrichum gloeosporoides</i>	97.7	KU097222		
M3-22	<i>Aspergillus tubingensis</i>	99.8	MT446188	97	KY990202



**Fig. 13** Abundancia de especies de hongos asociados a la marchitez del CEVB, en la costa de Tabasco, México.

La especie *N. phoenicum* fue aislada de tronco, base de raquis, inflorescencia y fruto inmaduro. El hongo *T. paradoxa* fue aislada de tronco, cogollo e inflorescencia (Tabla 6). Por su parte, *L. theobromae* se aisló únicamente de inflorescencia y frutos inmaduros. A su vez, *N. ribis* se aisló de cogollo y frutos inmaduros (Tabla 6). Las especies *Diaporthe sp.*, *C. gloeosporoides* y *A. tubingensis* se aislaron únicamente de frutos inmaduros (Tabla 6). Considerando la parte de la planta de la que se obtuvieron los aislamientos, en tronco necrosado se aislaron a los hongos *N. phoenicum* y *T. paradoxa*. En cogollo con necrosis se aislaron a los hongos *T. paradoxa* y *N. ribis*. Por su parte, en base de raquis con necrosis se aisló únicamente a la especie *N. phoenicum*. En inflorescencia se aislaron tres especies de hongos: *N. phoenicum*, *T. paradoxa* y *L. theobromae*. Seis de las siete especies obtenidas fueron aisladas de frutos inmaduros con necrosis: *N. phoenicum*, *L. theobromae*, *N. ribis*, *Diaporthe sp.*, *C. gloeosporoides* y *A. tubingensis* (Tabla 6).

**Tabla 6** Hongos aislados de tejidos de plantas adultas de coco enano verde del Brasil, con síntomas de marchitez y pudrición de tallo, en Tabasco, México.

Especie	Tejido de la planta				
	Tronco	Cogollo	Base de raquis	Inflorescencia	Fruto inmaduro
<i>Neodeightonia phoenicum</i>	x		x	x	x
<i>Thielaviopsis paradoxa</i>	x	x		x	
<i>Lasiodiplodia theobromae</i>				x	x
<i>Neofusicoccum ribis</i>		x			x
<i>Diaporthe</i> sp.					x
<i>Colletotrichum gloeosporoides</i>					x
<i>Aspergillus tubingensis</i>					x

### 9.3. Pruebas de patogenicidad sobre plántulas de *C. nucifera*, variedad enano verde del Brasil

Las pruebas de patogenicidad efectuadas sobre plántulas de *C. nucifera*, variedad enano verde del Brasil, permitió confirmar la patogenicidad de tres especies fúngicas, aisladas de tejido necrótico: *Thielaviopsis paradoxa*, cepas M2-18 y M3-16, indujeron necrosis interna a partir del sitio de inoculación. Las lesiones necróticas se extendieron hacia el cogollo y la parte superior del vástago, y provocaron la marchitez de los vástagos a los 15 d después de la inoculación (ddi) (Figura 13 A, B). *N. phoenicum*, cepas M1-03 y M4-02 (Figura 13 C, D) y *L. theobromae*, aislamiento M2-16 (Figura 13E), desarrollaron necrosis en el sitio de la inoculación; sin embargo, el desarrollo de la necrosis de estas dos especies fue más lenta, observándose la necrosis a los 30 ddi. Las plantas del tratamiento control no presentaron signos visibles de enfermedad durante la evaluación. Los aislamientos inoculados se re-aislaron a partir de los síntomas de necrosis, dándose cumplimiento a los postulados de Koch.

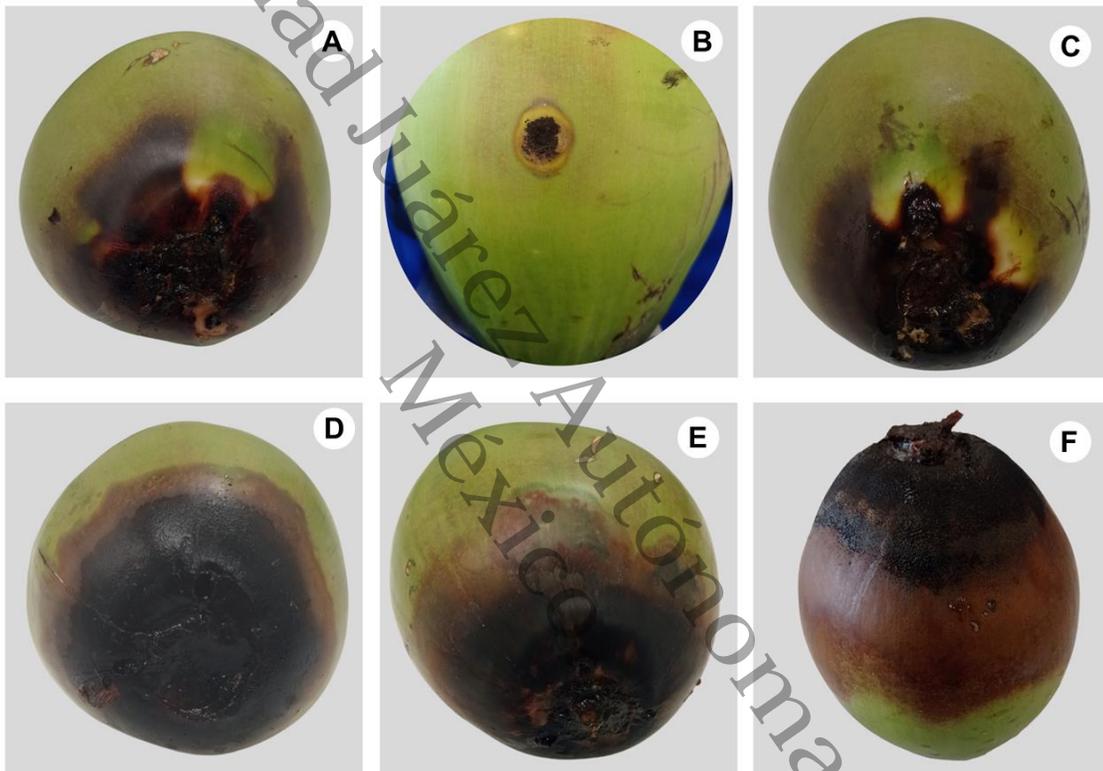


**Fig. 14** Pruebas de patogenicidad en plántulas de coco enano verde del Brasil. **(A y B)** Necrosis causada por *Thielaviopsis paradoxa*, cepas M2-18 y M3-16 respectivamente. **(C y D)** Necrosis causada por *Neodeightonia phoenicum*, cepas M1-03 y M4-02 respectivamente. **(E)** Necrosis causada por *Lasiodiplodia theobromae*, cepa PM4-06.

En frutos inmaduros de *C. nucifera*, variedad enano verde del Brasil, se confirmó la patogenicidad de seis aislamientos, correspondiente a las especies: *L. theobromae*, *C. gloeosporoides*, *Diaporthe sp.*, *A. tubingensis*, *N. ribis* y *Thielaviopsis paradoxa*. Todos los frutos inoculados y evaluados 15 ddi mostraron signos de necrosis (Fig. 15). Los frutos inoculados con *L. theobromae*, *C. gloeosporoides*, *Diaporthe sp.*, *N. ribis* y *T. paradoxa* mostraron áreas necróticas con un aumento gradual que llegaron a cubrir el fruto (Fig. 15). Por su parte, los frutos inoculados con *A. tubingensis* (M3-22) mostraron área necrótica de lento crecimiento; sin embargo, en el sitio de inoculación desarrollaron una lesión de color verde amarillento con una proliferación visible de conidios (Fig. 15).

Los frutos inoculados con *Diaporthe sp.* (M3-21) exhibieron manchas necróticas inicialmente de color naranja, que luego se tornaron marrón oscuro en las regiones más antiguas (Fig. 15). Los frutos tratados con *C. gloeosporoides* (M2-22) desarrollaron lesiones necróticas de un tono marrón oscuro en la zona de inoculación, con producción de acérvulos y con esporodocios color crema. En contraste, los frutos inoculados con *N. ribis* (M2-20) mostraron una necrosis que variaba desde un tono café claro en las áreas de infección reciente hasta un café oscuro casi negro en las partes más antiguas (Fig. 15). Los frutos tratados con *Thielaviopsis paradoxa* (M2-18) presentaron un patrón similar al de *N. ribis*, con lesiones necróticas que iban desde tonos café claro hasta café oscuro (Fig. 15). Por

último, los frutos inoculados con *Lasiodiplodia theobromae* (M2-10) exhibieron necrosis prácticamente en toda su extensión en el mismo período de incubación que los otros tratamientos, con lesiones que variaban desde un tono café claro hasta negro y la presencia de picnidios. Los frutos del tratamiento control no presentaron signos visibles de enfermedad durante la evaluación. Los aislamientos inoculados tanto en frutos inmaduros se re-aislaron a partir de los síntomas de necrosis.



**Fig. 15** Pruebas de patogenicidad en frutos de coco enano verde del Brasil. **(A)** Fruto inoculado con *Diaporthe* sp (M3-21). **(B)** Fruto inoculado con *Aspergillus tubingensis* (M3-22). **(C)** Fruto inoculado con *Colletotrichum gloeosporoides* (M2-22). **(D)** Fruto inoculado con *Neofusicoccum batangarum* (M2-20). **(E)** Fruto inoculado con *Thielaviopsis paradoxa* (M2-18). **(F)** Fruto inoculado con *Lasiodiplodia theobromae* (M2-10).

#### 9.4. Pruebas de sensibilidad *in vitro* de *Thielaviopsis paradoxa*

Los dos aislamientos de *T. paradoxa*, sometidos diferentes dosis de fungicidas, manifestaron sensibilidad *in vitro* a los 10 fungicidas evaluados, tanto sistémicos como de contacto (Tabla 7). *T. paradoxa*, cepa M2-18, mostró diferencias significativas ( $P < 0.0001$ ) en la efectividad de los fungicidas sobre el CM y la GC. Los fungicidas sistémicos propiconazol, carbendazim y tebuconazol, mostraron una

inhibición del 100% del CM y de la GC en las tres dosis evaluadas (Tabla 7). A su vez, los fungicidas sistémicos tiabendazol y difenoconazol + cyprodinil inhibieron el 100% el CM en las tres dosis evaluadas; sin embargo, sólo inhibieron el 100% de la GC a la dosis más alta evaluada, sin diferencias con la dosis media (Tabla 7). El fungicida sistémico Mandipropamid + mefenoxam no mostró efectividad sobre cobre el CM de *T. paradoxa* (M2-18), en ninguna de las dosis evaluadas; sin embargo, inhibió del 40 al 97 % la GC (Tabla 7).

En cuanto a la efectividad de los fungicidas protectantes sobre *T. paradoxa* (M2-18), el aceite de árbol de té, y el hidróxido de cobre inhibieron el 100% del CM a la mayor dosis evaluada. Captán inhibió del 81 al 83 % el CM en las tres dosis evaluadas y el oxiclورو de cobre inhibió el 81 % del CM a la mayor dosis evaluada. Por otro lado, el captán y el hidróxido de cobre inhibieron el 100% de la GC en las tres dosis evaluadas. El fungicida protectante con menor efectividad tanto para el CM como para la GC fue el oxiclورو de cobre (Tabla 7).

Con respecto a *T. paradoxa*, cepa M3-16, hubo diferencias significativas ( $P < 0.0001$ ) en la efectividad de los fungicidas sobre el CM y la GC. La efectividad de los fungicidas, sistémicos y de contacto, sobre el CM y la GC, fue similar a la efectividad que se describió para *T. paradoxa*, cepa M2-18 (Tabla 7).

**Tabla 7** Efectividad de fungicidas sistémicos y de contacto sobre el crecimiento micelial y germinación de conidios de dos cepas (M2-18 y M3-16) de *Thielaviopsis paradoxa*.

Fungicida	Dosis	M2-18						M3-16					
		Inhibición del crecimiento micelial (%)			Inhibición de la germinación (%)			Inhibición del crecimiento micelial (%)			Inhibición de la germinación (%)		
Testigo	0	---			---		---			---			
Propiconazol	0.46	100	±0	A	100	±0	A	100	±0	A	100	±0	A
	0.93	100	±0	A	100	±0	A	100	±0	A	100	±0	A
	1.4	100	±0	A	100	±0	A	100	±0	A	100	±0	A
Tiabendazol	0.12	100	±0	A	77.7	±6	C	100	±0	A	84.7	±6.4	DC
	0.24	100	±0	A	98.2	±2	BA	100	±0	A	100	±0	A
	0.36	100	±0	A	100	±0	A	100	±0	A	100	±0	A
Carbendazim	1	100	±0	A	100	±0	A	100	±0	A	100	±0	A
	2	100	±0	A	100	±0	A	100	±0	A	100	±0	A
	3	100	±0	A	100	±0	A	100	±0	A	100	±0	A
Tebuconazol	0.5	100	±0	A	100	±0	A	100	±0	A	100	±0	A
	1	100	±0	A	100	±0	A	100	±0	A	100	±0	A
	1.5	100	±0	A	100	±0	A	100	±0	A	100	±0	A
Difenoconazol + cyprodinil	0.21/0.62	100	±0	A	92.9	±2.9	B	100	±0	A	67.8	±10.1	DFE
	0.43/1.25	100	±0	A	96.4	±4.1	BA	100	±0	A	84.7	±6.4	DC
	0.65/1.87	100	±0	A	100	±0	A	100	±0	A	93.2	±3.9	BC
Mandipropamid + mefenoxam	0.31/0.25	0	±0	F	40.2	±11.4	D	0	±0	G	44.1	±8.5	GH
	0.62/0.5	0	±0	F	50.9	±6	D	0	±0	G	63.6	±5.7	GFE
	0.93/0.75	0	±0	F	97.3	±3.4	BA	0	±0	G	98.3	±3.3	BA
Oxicloruro de cobre	1.5	59.6	±5.6	E	22.3	±12.8	E	39.3	±2.4	F	44.1	±26.1	GH
	3	58.7	±2.4	E	38.4	±6	ED	42.6	±1.4	F	46.6	±9.7	GF
	4.5	81.0	±1.4	C	79.5	±3.4	C	84	±0.7	C	58.5	±8.4	GF
Captan	1.5	81.6	±1.4	C	100	±0	A	77.4	±2.2	D	100	±0	A
	3	83.6	±2	C	100	±0	A	84	±1.2	C	100	±0	A
	4.5	82.6	±0.9	C	100	±0	A	84.7	±1.7	C	100	±0	A
Aceite de <i>Malaleuca alternifolia</i>	0.83	1.2	±2.5	F	1.78	±2	F	0	±0	G	25.4	±14.6	H
	1.66	71.3	±6.9	D	4.46	±5.3	F	68.3	±9.5	E	59.3	±7.3	GF
	2.49	100	±0	A	32.1	±9.2	ED	100	±0	A	83.1	±4.7	DCE
Hidróxido de cobre	1	84.2	±0.1	C	100	±0	A	86.4	±1.9	C	100	±0	A
	2	89.7	±0.1	B	100	±0	A	90.8	±0.7	B	100	±0	A
	3	100	±0	A	100	±0	A	100	±0	A	100	±0	A

Medidas con letras iguales dentro de la misma columna, no son estadísticamente diferentes (Tukey, P < 0.05).

<sup>z</sup> Debido a la naturaleza de la fórmula de Abbott, estos valores no se calcularon

## 10. DISCUSIÓN

La caracterización de los aislados fúngicos recolectados de palmas de CEVB, con síntomas de marchitez y muerte, reveló la presencia de un complejo de siete especies, de las cuales sólo *T. paradoxa* ha sido previamente descrita como patógeno de *C. nucifera* en México (Moscoso-Ramírez et al. (2002), seis especies que son primer reporte asociada a *C. nucifera* en México y una especie que se reporta por primera vez (*N. ribis*) asociada a *C. nucifera* en el mundo. Asu vez, este es el primer reporte de *N. phoenicum*, *T. paradoxa*, *L. theobromae*, *N. ribis*, *Diaporthe* sp., *C.gloeosporoides* y *A. tubingensis* asociadas a patologías del CEVB en Tabasco, México.

La especie *Neodeightonia phoenicum* (*Diplodia phoenicum*) es un hongo de la familia Botryosphaeriaceae (Phillips et al., 2008) y es un patógeno importante de las plantas del género *Phoenix* en todo el mundo (Zhang y Song, 2022). Se ha informado que este hongo causa tizones de los brotes y pudriciones del tallo en *P. dactylifera* y *P. canariensis* en Grecia (Ligoxigakis et al. 2013). También se ha registrado que *N. phoenicum* es el agente causal de pudrición de la raíz en *P. dactylifera* en Qatar (Nishad y Ahmed 2020), y el causante de mancha foliar en *P. roebelenii* en China (Zhang y Song 2022). Este hongo causa la quemadura negra en las palmeras datileras (*Phoenix dactylifera*) en Irak (Manea et al. 2022), y la enfermedad de la quemadura y la putrefacción negra de la base de la hoja y del raquis de *Phoenix dactylifera* en Arizona (Hu et al 2024). *Neodeightonia phoenicum* fue aislado de brácteas de la palma *Syagrus romanzoffiana*, en Brasil, siendo este el primer reporte del aislamiento de *N. phoenicum* en América del Sur (Da Silva-Fonseca et al., 2020). *N. phoenicum* es el agente causal causa la pudrición del fruto de *C. nucifera* en Iran (Habibi, y Ghaderi., 2025). A nuestro conocimiento, este es el primer reporte *N. phoenicum* de tronco, base de raquis, inflorescencia y fruto inmaduro de *C. nucifera* en México. Así también, constituye el primero reporte de *N. phoenicum* como agente causal de necrosis en plantas de CEVB.

*T. paradoxa* (*Ceratocystis paradoxa*) (Ceratocystidaceae), ha sido reportado como el agente causal de la enfermedad “sangrado del tallo” de *C. nucifera* en diversas

partes del mundo, y esta enfermedad es considerada de importancia económica en la producción de coco (Tzeng et al. 2010; Yu et al., 2012). En Brasil, Warwick y Passos (2009) reportaron un brote de la enfermedad sangrado del tallo en coco enano, encontrando como agente causal a *T. paradoxa*. En Tabasco, México, Moscoso-Ramírez et al. (2002) reportaron la incidencia de marchitez del cocotero por *Ceratocystis* sp. en la variedad “alto del pacífico”, en “enano malayo” y en un híbrido producto de los primeros dos progenitores. La mayoría de los síntomas encontrados en la presente investigación concuerdan con Moscoso-Ramírez et al. (2002) y Warwick y Passos (2009); sin embargo, en este trabajo no se observó el síntoma de sangrado del tallo. Recientemente, Gangadhara-Naik (2022) reportaron a *T. paradoxa* como el agente causal de necrosis en inflorescencia de *C. nucifera* en India. La necrosis de inflorescencia de *C. nucifera* por *T. paradoxa* fue registrada en Brasil por Franco y Franco (1986). *Thielaviopsis paradoxa* también ha sido reportada como causante de enfermedades en frutos inmaduros. Tzeng et al. (2010) reportaron a *Ceratocystis paradoxa* (*T. paradoxa*) causando pudrición basal de frutos inmaduros de *C. nucifera* en condiciones de campo, en Taiwan. La necrosis y aborto de frutos inmaduros en condiciones de campo ya había sido reportado en Brasil por Alvez y Lourd (1985). Pinho et al. (2013) confirmaron a *Ceratocystis paradoxa* (*T. paradoxa*) causando pudrición interna de frutos inmaduros de *C. nucifera* en postcosecha, en Brasil. De acuerdo con Yu et al, (2012), *T. paradoxa* requiere heridas para ingresar al tejido y causar la infección, lo cual es relevante para el manejo adecuado de las plantaciones, y evitar heridas. Por otro lado, Lopes et al. (2012) detectaron a *T. paradoxa* en sabia de *C. nucifera*, Y sugieren que la sabia puede ser una vía para que este patógeno pueda llegar a la inflorescencia y a los frutos inmaduros. A nuestro conocimiento, este es el primer reporte de *T. paradoxa* causando marchitez del cocotero en la variedad enano del Brasil, en México.

*L. theobromae* (Botryosphaeriaceae) es considerado el agente causal de la pudrición del pedúnculo de frutos inmaduros de *C. nucifera* en postcosecha, en Brasil y en China (Viana et al. 2007; Zhang y Niu, 2019). Esto fue corroborado por Rosado et al. (2016), quienes identificaron y confirmaron a *L. theobromae* como el principal causante de la pudrición del pedúnculo de frutos inmaduros en Brasil.

Estos autores identificaron otras especies de *Lasiodiplodia* asociadas a esta enfermedad, las cuales fueron *L. brasiliense*, *L. egyptiaca*, *L. pseudotheobromae*; *L. theobromae* fue la especie más común y la más agresiva. De acuerdo con Rosado et al. (2016), *L. theobromae* causa daño estético al fruto en postcosecha; sin embargo, también puede progresar hacia el endospermo, afectando la calidad del agua de coco, haciéndola no apta para el consumo, y provocando pérdidas económicas. A nuestro conocimiento, en México, este es el primer estudio donde se reporta a *L. theobromae* aislado de inflorescencia y de frutos inmaduros en campo; Dugan et al. (2016), en EE UU, reportaron el aislamiento de *L. theobromae* de tejido interno sintomático de un fruto de *C. nucifera* importado de México, y comprobaron la patogenicidad de este aislamiento sobre frutos inmaduros. *L. theobromae* también es el agente causante del tizón de la hoja de *C. nucifera* en Brasil (Santos et al., 2020), enfermedad causa defoliación temprana y pérdidas de racimos del cocotero, con un impacto negativamente en la producción de frutos. Otras especies que causan tizón foliar del cocotero son *L. pseudotheobromae* y *B. fabicerciana*; sin embargo, *L. theobromae* es la especie más frecuente (Santos et al., 2020).

En cuanto a *N. ribis* (*N. batangarum*) (Botryosphaeriaceae), este hongo ha sido reportado como un hongo endófito, así como patógeno de varias plantas hospedadoras en los trópicos. Al respecto, *N. ribis* fue registrado como el agente causal de la muerte regresiva del almendro de los trópicos (*Terminalia catappa*) en Camerún, Sudáfrica y Madagascar (Begoude et al. 2010). En florida, *N. ribis* fue reportado como patógeno de semillas del invasor pimentero brasileño (*Schinus terebinthifolius*) (Shetty et al., 2011). Este hongo también fue reportado como el agente causal de la mancha marrón del cladodio del nopal (*Nopalea cochenilifera*) en Brasil (Conforto et al. 2016) y como el agente causal de canchales costrosos en nopal (*Opuntia ficus-indica*) en Sicilia (Scheda et al., 2017). Además, Rêgo et al. (2020) reportaron a *N. ribis* como el agente causal de la muerte regresiva de la vid (*Vitis labrusca*) en Brasil. Por otro lado, Serrato-Díaz, et al., (2020) reportaron a *N. ribis* como el agente causal de la muerte regresiva y corteza corchosa del rambután (*Nephelium lappaceum*). Recientemente, *N. ribis* fue reportado como el agente causal de la muerte regresiva del mango (*Mangifera indica*) en Florida (Puig et al.,

2021) y muerte regresiva del marañón (*Anacardium occidentale*) en Guinea-Bissau, Africa (Diniz, *et al.*, 2021). A nuestro conocimiento, este es el primer reporte de *N. ribis* asociado síntomas de patologías de *C. nucifera*.

*Diaporthe* sp. (*Phomopsis* sp.) (Diaporthaceae) es un hongo cuyo género es ampliamente distribuido, con diversas funciones ecológicas: saprobios, endófitos y patógenos (Udayanga *et al.*, 2011, Bhunjun *et al.* 2022). Especies de este género han sido reportadas como patógenos de plantas de importancia económica, y de humanos inmunocomprometidos (Udayanga *et al.*, 2011; Garcia-Reyne *et al.*, 2011). Algunas enfermedades que causan en plantas son: muerte regresiva, canchros, manchas foliares, tizón, melanosis, pudrición del extremo del tallo y gomosis (Udayanga *et al.* 2013. En *C. nucifera*, Hongsanan *et al.*, (2023) presentaron a *Diaporthe cocoina* (Cooke) aislado de foliolos maduros de *C. nucifera*, con distribución en Asia (India), Europe (France) y South America (Guyana). Además, Oliveira *et al.* (2020) reportaron un aislamiento de *Diaporthe* sp. endofítico en coco enano verde en Brasil. Norphanphoun, *et al.*, (2022) reportaron a *D. arecae* en la palma *Areca catechu* en India. A nuestro conocimiento, este constituye el primer reporte de *Diaporthe* sp. causando necrosis de frutos inmaduros de *C. nucifera* en México.

*C. gloeosporioides* (Glomerellaceae) es un patógeno vegetal con amplia distribución en el mundo, con mayor presencia en las regiones tropicales y subtropicales (Cannon *et al.*, 2000). Este patógeno ha sido reportado afectando plantas de 470 géneros y afecta diversos frutos tropicales y subtropicales. Además, es un patógeno importante en postcosecha (Gutiérrez-Martínez *et al.*, 2017). Este hongo causa la enfermedad de la antracnosis en una amplia variedad de frutas. Entre los frutos más afectados destacan a papaya (*Carica papaya* Penz. & Sacc.), mango (*Mangifera indica* L.), guanábana (*Annona muricata* L.) y aguacate (*Persea americana* Mill.) (Rodríguez-López *et al.*, 2009; Ramos-Guerrero *et al.*, 2018; Gutiérrez-Martínez *et al.*, 2017; Molina-Chaves *et al.*, 2017). En *C. nucifera*, *C. gloeosporioides* ha sido reportado como el principal agente causal de la pudrición de la hoja en India (Srinivasan y Gunasekaran, 1996) y como el agente causal de la antracnosis (Ploetz

*et al.*,1999). Hasta donde sabemos, no hay reportes de *C. gloeosporioides* causando necrosis en frutos inmaduros de *C. nucifera* en México.

*A. tubingensis* (Aspergillaceae), ha sido reportado como el agente causal de manchas foliares en hojas de algodón (*Gossypium hirsutum*), *Helleborus* spp. y *Jatropha curcas* (Khizar et al., 2020; Liaquat et al., 2018; Guo et al., 2017). También se ha reportado que *A. tubingensis* actúa como un patógeno preemergente de la palma *Phoenix dactylifera* (Alomran et al., 2020), causas vainas negras en el tamarindo (*Tamarindus indica*) (Meena et al., 2018) y pudrición de la hoja en lechuga china (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*) (Arif et al. 2022). *A. tubingensis* también ha sido asociado a la pudrición de frutos en poscosecha (Serra et al., 2005). La infección puede ocurrir durante el período de cosecha, principalmente si a la fruta se le ha causado heridas; aunque también puede ingresar a través de aberturas naturales. Este hongo también puede infectar el fruto durante el lavado, clasificación, empaque y almacenamiento (Agrios 2018). Otras especies de *Aspergillus* asociadas a pudrición de frutos en poscosecha son *A. flavus*, *A. fumigatus*, *A. parasitus*, *A. awamori*, *A. terreus*, *A. welwitschiae*, *A. uvarum* y *A. japonicus* (Serra et al., 2005). Por otro lado, *A. tubingensis* ha sido reportado como patógeno oportunista, causando colonización bronquial en pacientes con afecciones pulmonares (Gautier et al., 2016) y causando infección cutánea en pacientes con diabetes (Frías-De-León et al., 2018). A nuestro conocimiento, este es el primer reporte de *A. tubingensis* causando necrosis en frutos inmaduros de *C. nucifera*.

La prueba de efectividad de fungicidas sistémicos y de contacto sobre cepas de *T. paradoxa*, aislados de *C. nucifera* revelaron que los fungicidas sistémicos propiconazol, carbendazin y tebuconazol, fueron los más eficientes al inhibir al 100% el CM y la GE en las tres dosis evaluadas, donde la dosis media evaluada correspondió a la dosis comercial. Por su parte, los fungicidas sistémicos tiabendazol y difenoconazol + cyprodinil inhibieron al 100% el CM y la GE a partir de la dosis comercial.

La efectividad mostrada por el tebuconazol concuerda con Coelho et al. (2010) quienes reportaron 100% efectividad de este fungicida sobre la inhibición del CM de

*T. paradoxa* aislado de *C. nucifera* en Brasil. En el presente trabajo, este fungicida mostró efectividad en dosis inferiores a la dosis comercial; además, también se demostró su efectividad sobre la GC. Por otro lado, la eficiencia evidenciada por el propiconazol también concuerda con Irabi et al (2018) quienes reportaron la efectividad de este fungicida al inhibir el 100% el CM de *T. paradoxa* aislada de palma datilera (*P. dactylifera*) en Sudan. Además, en este estudio también se demostró su efectividad en dosis por debajo de la dosis comercial y su efectividad en la inhibición de la GC. De acuerdo con Sheinpflug y Kuc (1987), estos fungicidas son efectivos a bajas concentraciones, lo cual se confirmó en el presente estudio. De acuerdo con Ackermann et al. (2000), tanto el propiconazol como el tebuconazol, pertenecen al grupo químico de los triazoles, los cuales provocan la ruptura de la membrana celular al inhibir el proceso de metilación en la biosíntesis del ergosterol.

Los resultados con el carbendazin concuerdan con Nambiar e Iyer (1991), quienes reportaron el 100% de inhibición del CM de *T. paradoxa* aislada de *C. nucifera* en India; la dosis reportada por estos autores (0.01 g.i.a L<sup>-1</sup>) es más baja respecto a las dosis evaluadas en esta investigación. Por otro lado, Martínez et al. (1997) reportaron efectividad del carbendazin en el control del complejo pudrición de Cogollo (*T. paradoxa*) de la palma de aceite (*Elaeis guineen*) bajo condiciones de campo en Colombia. De acuerdo con Zhou et al. (2022) y Espinel-Ingroff (2009), el carbendazim es un fungicida sistémico que pertenece al grupo químico de los benzimidazoles y que actúa inhibiendo la división nuclear e inhibe la síntesis de la beta-tubulina, lo que detiene la multiplicación celular y el crecimiento de los hongos.

La eficacia mostrada por el tiabendazol también concuerda con lo reportado por Coelho et al. (2010) en la inhibición del 100% del CM de *T. paradoxa* aislado de *C. nucifera*. Además, en este trabajo se demostró la efectividad de este fungicida sobre la GC y su efectividad en dosis por debajo de la dosis comercial y en dosis por debajo de la evaluadas por Coelho et al. (2010). De acuerdo con Ortiz-Barrera, (1989), el tiabendazol pertenece al grupo químico benzimidazol y es un fungicida

que interfiere con la mitosis y la división celular, al inhibir la formación de microtúbulos de beta-tubulina.

La acción efectiva del difenoconazol concuerda con lo reportado por Coelho *et al.* (2010) quienes reportaron 100% efectividad de este fungicida sobre la inhibición del CM de *T. paradoxa*. En la presente investigación se trabajó con dosis por debajo de la dosis comercial y en dosis por debajo de las evaluadas por Coelho *et al.* (2010); este fungicida se aplicó formulado con cyprodinil. Ayika *et al.* (2024) reportaron alta efectividad del difenoconazol mezclado con pydiflumetofen sobre *T. paradoxa* aislado de *C. nucifera* en Florida. Waechter *et al.* (2010) encontraron que el cyprodinil es un fungicida con efectividad sobre una amplia gama de hongos. El cyprodinil mostró eficiencia contra *Botrytis cinerea* aislado de manzanas (Sholberg *et al.*, 2003). A nuestro conocimiento, no existen reportes de la efectividad del cyprodinil sobre *T. paradoxa* aislado de *C. nucifera*. Al igual que el propiconazol y tebuconazol, el difenoconazol es un triazol típico con alta eficiencia y una acción de amplio espectro, el cual actúa inhibiendo la demetilasa y detiene la síntesis de ergosterol fúngico (Qin *et al.*, 2023). Por su parte, el cyprodinil es un fungicida, miembro de la clase de las anilino pirimidinas, que inhibe la biosíntesis de metionina y secreción de enzimas hidrolíticas (Waechter, 2010) e inhibe la elongación del tubo germinativo y el crecimiento micelial (NCBI, 2024).

Los fungicidas de contacto mostraron la menor efectividad sobre *T. paradoxa*, comparado con la efectividad registrada con los fungicidas sistémicos, donde el oxiclورو de cobre mostró los valores más bajos. La baja efectividad mostrada por el oxiclورو de cobre concuerda con Irabi *et al.* (2018) quienes reportaron que el oxiclورو de cobre mostro baja efectividad sobre *T. paradoxa*, aislado de palma datilera (*P. dactylifera*) en Sudan. Por su parte, el hidróxido de cobre mostro efectividad del 90% sobre el CM de *T. paradoxa* a partir de la dosis comercial y alcanzó el 100% la dosis más alta evaluada (3 gía L<sup>-1</sup>); este fungicida inhibió el 100% de la germinación de *T. paradoxa* a partir de la dosis más baja evaluada (1 gía L<sup>-1</sup>), lo cual refleja su potencial como fungicida preventivo de *T. paradoxa*. De acuerdo con Arauz (1998) y Agrios (2005), el hidróxido de cobre es un fungicida de contacto,

de acción multisitio, de baja toxicidad y de bajo riesgo de resistencia que actúa fundamentalmente durante la etapa de germinación de las esporas. A nivel celular, este fungicida reacciona con los grupos sulfhidrilos, hidróxidos amino y carboxílicos, inactivándolos y perturbando de esa forma la cadena respiratoria (Agrios, 2005). Su efectividad sobre diversas especies de hongos lo convierte en una herramienta química para prevenir enfermedades causadas por hongos en cultivos. A nuestro conocimiento, no existen estudios sobre el uso de hidróxido de cobre sobre *T. paradoxa*.

La efectividad del captán (82.3 %) sobre el CM de *T. paradoxa* aislado de CEVB en Tabasco, concuerda con lo reportado por Chakrabarty et al. (2013) quienes reportaron un 91 % de efectividad sobre el CM de *T. paradoxa*, aislado de *C. nucifera* en India; en el presente trabajo se evidenció la efectividad del captan (100%) sobre la germinación de conidios, lo cual refleja su potencial como fungicida preventivo de *T. paradoxa*. El captan es un fungicida de contacto que ha demostrado eficacia en el control de diversas enfermedades (Tutunaru et al, 2024). En su mecanismo de acción, este fungicida interfiere el proceso de respiración celular; además, reacciona con las enzimas sulfhidrúlicas con producción de tiofosgeno, sustancia tóxica para las células fúngicas (Ackermann et al., 2000). Otros fungicidas sistémicos y de contacto que han demostrado efectividad del 100% en la inhibición del CM de *T. paradoxa* son el benomyl, el carboxin y el tiofanato metílico (Coelho et al. 2010; Irabi et al 2018).

## 11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La presente investigación se enfocó en la caracterización y control químico de hongos asociados a la marchitez y pudrición del tronco de *C. nucifera* variedad CEVB en Tabasco, México y proporciona información relevante sobre la diversidad fúngica asociada a enfermedades de las plantas de coco y la eficacia de diversos fungicidas. La caracterización morfológica y molecular reveló la presencia de un complejo de siete especies asociadas a CEVB: *N. phoenicum*, *T. paradoxa*, *L. theobromae*, *N. ribis*, *Diaporthe* sp., *C. gloeosporoides* y *A. tubingensis*, destacando la importancia de *N. phoenicum*, *T. paradoxa* y *L. theobromae* como las más

frecuentes. De estas especies, *T. paradoxa* es la única especie reportada para *C. nucifera* en México. *N. phoenicum*, *L. theobromae*, *N. ribis*, *Diaporthe* sp., *C. gloeosporoides* y *A. tubingensis* constituyen primer reporte asociadas a patologías de *C. nucifera* en México y *N. ribis* se reporta por primera vez asociada a *C. nucifera* en el mundo. A su vez, todas las especies identificadas son primer reporte asociadas a enfermedades del CEVB en Tabasco, México.

Los ensayos de patogenicidad confirmaron que los hongos *T. paradoxa*, *L. theobromae* y *N. phoenicum* ocasionaron necrosis de plántulas, donde *T. paradoxa* demostró ser especialmente agresiva, con un rápido desarrollo de necrosis.

Se confirmó la patogenicidad de *L. theobromae*, *C. gloeosporoides*, *Diaporthe* sp., *A. tubingensis*, *N. ribis* y *T. paradoxa* sobre frutos inmaduros de *C. nucifera* variedad CEVB:

Los análisis de sensibilidad a fungicidas en condiciones *in vitro* demostraron que los fungicidas sistémicos propiconazol, carbendazim y tebuconazol, presentan una eficacia notable al inhibir completamente el crecimiento micelial (CM) y la germinación de conidios (GC) de *T. paradoxa*.

Los fungicidas de contacto, aunque útiles, mostraron una efectividad inferior, siendo el hidróxido de cobre y el captán los más prometedores. Este comportamiento sugiere que el uso estratégico de fungicidas sistémicos puede ser crucial para el manejo efectivo de esta enfermedad del cocotero.

Trabajos futuros deberán evaluar la efectividad de estos fungicidas bajo condiciones de campo. Dada la diversidad de patógenos asociados a la muerte de *C. nucifera* variedad CEVB en Tabasco, un manejo con enfoque integrado, que combine el uso de fungicidas sistémicos con prácticas culturales adecuadas, debe ser evaluado.

## 12. REFERENCIAS CITADAS

- Ackermann, P., Margot, P., & Müller, F. (2000). Fungicidas, agricultural. In F. Müller, P. Ackermann, & P. Margot (Eds.). *Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry* (pp. 1-68). Wiley-VCH.
- Agrios, G. (2005). *Plant pathology* (5a ed.). Academic Press.
- Agrios, G. N. (2018). *Plant pathology* (5th ed.). Academic Press.
- Alama, I., Maldonado, E., & Gálvez, E. R. (2006). *Lasiodiplodia theobromae* afectando el cultivo de palto (*Persea americana*) en las condiciones de Piura-Perú. *Universalía*, 11(2), 4-13.
- Aloi, F., Giambra, S., Schena, L., Surico, G., Pane, A., Gusella, G., Stracquadiano, C., Burruano, S., & Cacciola, S. O. (2020). New insights into scabby canker of *Opuntia ficus-indica*, caused by *Neofusicoccum batangarum*. *Phytopathologia Mediterranea*, 59(2), 269–284.
- Alomran, M., Houbraken, J., & Newcombe, G. (2020). *Aspergillus tubingensis* is a pre-emergent pathogen of date palm seedlings. *Forests*, 11 (10), 1327.
- Alvarado-Ruffo, K., Blanco-Imbert, A., Noval-Pons, B. M., & Martín-Alonso, G. M. (2018). Propagación en vivero de *Cocos nucifera* L. Caso de estudio: Baracoa. *Cultivos Tropicales*, 39 (4), 92-101.
- Alves, A., Crous, P. W., Correia, A., & Phillips, A. J. L. (2008). Morphological and molecular data reveal cryptic speciation in *Lasiodiplodia theobromae*. *Fungal Diversity*, 28, 1–13.
- Alves, M. L. B., & Lourd, M. (1985). Podridão negra de frutos de coco causada por *Ceratocystis paradoxa* em Manaus AM. *Fitopatologia Brasileira*, 10, 233.
- Arauz, C. L. F. (1998). *Fitopatología: un enfoque agroecológico* (2da ed.). Universidad de Costa Rica.
- Arif, S., Munis, M. F. H., Liaquat, F., Zhao, L., Haroon, U., Gulzar, S., Shah, I. H., Pan, J., & Zhang, Y. (2022). Detection and characterization of *Aspergillus*

- tubingensis* causing leaf rot disease in pak choi in China. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 44 (4), 702–708.
- Ayika, M.-G., Rosano, A., Valiente, J., Chakrabarti, S., Rollins, J. A., & Dhillon, B. (2024). Characterizing the palm pathogenic *Thielaviopsis* species from Florida. *Journal of Fungi*, 10(4), 24.
- Barnett, H. L., & Hunter, B. B. (1997). *Illustrated genera of imperfect fungi* (4th ed.).
- Begoude, B. A. D., Slippers, B., Wingfield, M. J., & Roux, J. (2010). *Botryosphaeriaceae* associated with *Terminalia catappa* in Cameroon, South Africa, and Madagascar. *Mycological Progress*, 9, 101–123.
- Benassi, A. C., de Santana, E. N., & Fanton, C. (2014). O cultivo do coqueiro-anão-verde: Tecnologias de produção. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural.
- Bhuiyan, M. A. B., Sultana, N., Mahmud, N. U., Kader, M. A., Hassan, O., Chang, T., & Akanda, A. M. (2021). Characterization of *Pestalotiopsis* sp. causing gray leaf spot in coconut (*Cocos nucifera* L.) in Bangladesh. *Journal of Basic Microbiology*, 61 (12), 1085-1097.
- Bhunjun, C. S., Niskanen, T., Suwannarach, N., Wannathes, N., et al. (2022). The numbers of fungi: Are the most species genera truly diverse? *Fungal Diversity*, 114, 387–462.
- CAB International. (2005). *Crop protection compendium* (2005 Edition). Wallingford, U.K: CAB International. [cabicompendium.org/cpc](http://cabicompendium.org/cpc).
- Cannon, P. F., Bridge, P. D., & Monte, E. (2000). Linking the past, present, and future of *Colletotrichum*. In D. Prusky, S. Freeman, & M. B. Dickman (Eds.), *Colletotrichum: Host Specificity, Pathology and Host-Pathogen Interaction* (pp. 1–20). APS Press.
- Carvalho, R. R. D. C., Laranjeira, D., Carvalho Filho, J. L. S. D., Souza, P. E. D., Blank, A. F., Alves, P. B., & Warwick, D. R. N. (2013). In vitro activity of essential oils of *Lippia sidoides* and *Lippia gracilis* and their major chemical components

- against *Thielaviopsis paradoxa*, causal agent of stem bleeding in coconut palms. *Química Nova*, 36 (2), 241-244.
- Chadar, V., Bhanwar, R. R., Patel, R. K., Salam, P. K., & Singh, B. (2019). In vitro evaluation of some selected fungicides against coconut leaf spot caused by *Pestalotia palmarum* (Cooke) in Bastar Plateau of Chhattisgarh. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8 (10), 1284-1289.
- Chakrabarty, R., Acharya, G. C., & Sarma, T. C. (2013). Effect of fungicides, trichoderma, and plant extracts on mycelial growth of *Thielaviopsis paradoxa*, under in vitro condition. *The Bioscan*, 8 (1), 55-58.
- Coelho, I. L., de Assis, T. C., Ferraz, L. G. B., de Souza Freitas, M. T., de Queiroz Balbino, V., dos Santos Vieira, W. A. & Laranjeira, D. (2022). Lasiodiplodia species diversity associated with coconut leaf blight and stem-end rot in Northeastern Brazil. *European Journal of Plant Pathology*, 1-17.
- Coelho, I. L., Tremacoldi, C. R., Dias, D. P., & Pontes-Lins, P. M. (2010). Eficiência de fungicidas no controle in vitro de *Thielaviopsis paradoxa*, agente causal da resinose do coqueiro. *14º Seminário de Iniciação Científica da EMBRAPA*, 10-11 de agosto de 2010, Embrapa Amazônia Oriental, Belém-PA.
- Conforto, C., Lima, N. B., Garcete-Gómez, J. M., Câmara, M. P. S., & Michereff, S. J. (2016). First report of cladode brown spot in cactus prickly pear caused by *Neofusicoccum batangarum* in Brazil.
- Córdova, I., Oropeza, C., Harrison, N., Ku-Rodríguez, S., Puch-Hau, C., Narváez, M., & Sáenz, L. (2019). Simultaneous detection of coconut lethal yellowing phytoplasmas (group 16SrIV) by real-time PCR assays using 16Sr- and GroEL-based TaqMan probes. *Journal of Plant Pathology*, 101 (3), 609-619.
- Da Silva Fonseca, M., Marchioro, M. L. K., Guimarães, D. K. S., Góes-Neto, A., Drechsler-Santos, E. R., Santos, V. A. Q., Barbosa-Dekker, A. M., Dekker, R. F. H., & Cunha, M. A. A. (2020). *Neodeightonia phoenicum* CMIB-151: Isolation, molecular identification, and production and characterization of an exopolysaccharide. *Journal of Polymers and the Environment*, 28, 1954–1966.

- Diniz, I., Batista, D., Pena, A. R., Rodrigues, A. S. B., Reis, P., Baldé, A., Indjai, B., Catarino, L., & Monteiro, F. (2021). First report of dieback caused by *Neofusicoccum batangarum* in cashew in Guinea-Bissau. *Plant Disease*, 105 (4), 1215.
- Dong, Z., Manawasinghe, I. S., Huang, Y., Shu, Y., Phillips, A. J. L., Dissanayake, A. J., Hyde, K. D., Xiang, M., & Luo, M. (2021). Endophytic *Diaporthe* associated with *Citrus grandis* cv. Tomentosa in China. *Frontiers in Microbiology*, 11, 609387
- Dugan, F. M., Lupien, S. L., Osuagwu, A. N., Uyoh, E. A., Okpako, E. C., & Kisha, T. J. (2016). New records of *Lasiodiplodia theobromae* in seeds of *Tetrapleura tetraptera* from Nigeria and fruit of *Cocos nucifera* from Mexico. *Journal of Phytopathology*, 164, 65–68.
- Elevitch, C. R., & Chan, E. (2006). *Cocos nucifera* (Coconut). En *Traditional trees of Pacific islands: The culture, environment and use* (2nd ed., pp. 277-303). Permanent Agriculture Resources.
- Elliott, M. L. (2019). *Thielaviopsis trunk rot of palm* (UF/IFAS EDIS publication PP219). UF/IFAS Extension, University of Florida.
- Estrada, V. M. N., Vélez, A. P. E., & López, N. J. C. (1997). Estandarización de una metodología para obtener cultivos monospóricos del hongo *Beauveria bassiana*. *Cenicafé*, 1 (1), 59-65.
- FAOSTAT. (2022). *FAOSTAT Food and Agriculture Organization of the United Nations*. <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
- Farr, D. F., & Rossman, A. Y. (2021). Fungal databases, U.S. National Fungus Collections, ARS, USDA.
- FHIA. (2008). *Manual técnico del cultivo del cocotero (\*Cocos nucifera\* L.)*. La Lima, Cortés, Honduras: Centro de Comunicación Agrícola de la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola.

- Francis, J. K., Lowe, C. A., Trabanino, S., & Parrota, J. A. (2000). *Bioecología de árboles nativos y exóticos de Puerto Rico y las Indias Occidentales*. Río Piedras, Puerto Rico: USDA.
- Franco, E. A., & Franco-Filho, E. (1986). O enegrecimento da inflorescência do coqueiro. *Fitopatologia Brasileira*, 11, 311.
- Frías-De-León, M. G., Rosas-de Paz, E., Arenas, R., Atoche, C., Duarte-Escalante, E., Molina de Soschin, D., Acosta-Altamirano, G., & Reyes-Montes, M. R. (2018). Identification of *Aspergillus tubingensis* in a primary skin infection. *Journal de Mycologie Médicale*, 28(2), 274–278.
- Gangadhara-Naik, B., Hariprasad, K., Naik, M. K., Hanumanthappa, M., & Suresh-Patil. (2022). Report of pre-emergent inflorescence rot of coconut from India. *Biological Forum – An International Journal*, 14(1): 1043-1046.
- Garcia-Reyne, A., López-Medrano, F., Morales, J.M., García, C., Martín, I., Eraña, I., Meije, Y., Lalueza, A., Alastruey-Izquierdo, A., Rodríguez-Tudela, J.L., Aguado, J.M. (2010) Cutaneous infection by *Phomopsis longicolla* in a renal transplant recipient from Guinea: first report of human infection by this fungus. *Transplant Infectious Disease*, 13(2):204-207.
- Gautier, M., Normand, A. C., L'Ollivier, C., Cassagne, C., Reynaud-Gaubert, M., Dubus, J. C., Brégeon, F., Hendrickx, M., Gomez, C., Ranque, S., & Piarroux, R. (2016). *Aspergillus tubingensis*: A major filamentous fungus found in the airways of patients with lung disease. *Medical Mycology*, 54 (5), 459–470.
- Goudarzi, A., Askari Seyahooei, M., & Bagheri, A. (2019). Coconut malformation: An emerging disease caused by *Fusarium proliferatum* in southern Iran. *Journal of Phytopathology*, 167 (11-12), 609-617.
- Granados Sánchez, D., & López Ríos, G. F. (2002). Manejo de la palma de coco (*Cocos nucifera* L.) en México. *Revista Chapingo*, 39-48.
- Guerrero-González, J., Ramón-Castillo, R., Herrera-Roldán, V., & Alejandro-Pantoja, E. J. (2015). Consumo de subproductos del coco en industrias de México.

- Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 4 (8), 1-21.
- Gunn, B. F., Baudouin, L., & Olsen, K. M. (2011). Independent origins of cultivated coconut (*Cocos nucifera* L.) in the Old World tropics. *PLoS ONE*, 6 (6), e21143.
- Guo, J. W., Gao, Y., Li, C. Y., Yang, L. F., Tian, X. J., Hong, L., Kong, Q., Zhang, Y. G., & Li, W. J. (2017). First report of leaf spot disease caused by *Aspergillus tubingensis* on *Jatropha curcas* in Yunnan, China. *Plant Disease*, 101, 505.
- Guo, M. J., Wang, Q. T., Cheng, Y. H., & Hou, C. L. (2021). Identification of *Aspergillus tubingensis* causing pomegranate fruit rot in China. *Australasian Plant Pathology*, 50, 233-240.
- Gutiérrez-Martínez, P., Bautista-Baños, S., Berúmen-Varela, G., Ramos-Guerrero, A., & Hernández-Ibañez, A. M. (2017). In vitro response of *Colletotrichum* to chitosan. Effect on incidence and quality on tropical fruit. Enzymatic expression in mango. *Acta Agronómica*, 66 (2), 282–289.
- Habibi, A., & Ghaderi, F. (2025). *Neodeightonia phoenicum*, a new species for the funga of Iran. *Rostaniha*.
- Hewajulige, I. G. N., & Wijesundera, R. L. C. (2014). *Thielaviopsis paradoxa*, *Thielaviopsis basicola* (Black Rot, Black Root Rot). In S. Bautista-Baños (Ed.), *Postharvest Decay* (pp. 287–308). Academic Press.
- Hongsanan, S., Norphanphoun, C., Senanayake, I. C., Jayawardena, R. S., Manawasinghe, I. S., Abeywickrama, P. D., Khuna, S., Suwannarach, N., Senwanna, C., Monkai, J., Hyde, K. D., Gentekaki, E., & Bhunjun, C. S. (2023). Annotated notes on *Diaporthe* species. *Mycosphere*, 14(1), 918–1189.
- Hu, J., & Wright, G. (2024). First report of *Neodeightonia phoenicum* causing black scorch and rot disease on date palms in Arizona. *Plant Disease* 10.1094/PDIS-02-24-0491-PDN. Advance online publication.

- Huang, S., Xia, J., Zhang, X., & Sun, W. (2021). Morphological and phylogenetic analyses reveal three new species of *Diaporthe* from Yunnan, China. *MycoKeys*, 78, 49.
- INTA. (2000). *Coco enano verde del Brasil*. Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria, 1-4.
- Irabi, A., Abubaker, M., & Elhassan, S. (2018). Efficacy of fungicides for in vitro control of date palm black scorch disease agent (*Thielaviopsis paradoxa*). *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*, 18 (2), 1-8. ISSN 2394-1081.
- Khizar, M., Haroon, U., Ali, M., Arif, S., Shah, I. H., Chaudhary, H. J., & Munis, M. F. H. (2020). *Aspergillus tubingensis* causes leaf spot of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) in Pakistan. *Phyton*, 89, 103.
- Lekete, E., Osekre, E. A., & Andoh-Mensah, E. (2022). First report of *Curvularia pseudobrachyspora* causing leaf spots disease on coconut (*Cocos nucifera* L.) seedlings in Ghana. *American Journal of Plant Sciences*, 13 (7), 972-983.
- Li, X., Li, D., Yan, J., Zhang, Y., Wang, H., Zhang, J. & Li, B. (2021). Effect of plant-growth-promoting fungi on eggplant (*Solanum melongena* L.) in new reclamation land. *Agriculture*, 11(11), 1036.
- Liaquat, F., Munis, M. F. H., Arif, S., & Liu, Q. L. (2018). Presence of *Aspergillus tubingensis* causing leaf spot disease of *Helleborus* species in Shanghai, China. *Plant Disease*, 103, 766.
- Ligoxigakis, E. K., Markakis, E. A., Papaioannou, I. A., & Typas, M. A. (2013). First report of palm rot of Phoenix spp. caused by *Neodeightonia phoenicum* in Greece. *Plant Disease*, 97(2), 286.
- Lizano, J. (2005). *Guía técnica para el cultivo del coco*. Programa Nacional de Frutas del Salvador, 1-54.
- Lopes, P. G. N., Locatelli, T., Siqueira, J. A. M., & Mussi-Dias, V. (2012). Detecção de *Ceratocystis paradoxa* em seiva de coqueiros infectados. *Fitopatologia Brasileira*, 37, 288.

- Manea, A., Fayyadh, M., & Salih, Y. (2022). New record of *Neodeightonia phoenicum* as a cause of black scorch disease on date palms in Iraq. *Jundishapur Journal of Microbiology*, 15, 5868–5877.
- Marques, M. W., Lima, N. B., Morais, M. A., Jr., Barbosa, M. A. G., Souza, B. O., Michereff, S. J., Phillips, A. J. L., & Câmara, M. P. S. (2013). Species of *Lasiodiplodia* associated with mango in Brazil. *Fungal Diversity*, 61, 181–193.
- Martínez, G., Sarria, G. A., Torres L., G. A., Aya, H. A., Ariza, J. G., & Rodríguez, J. (2008). Microorganismos asociados a la pudrición del cogollo de la palma de aceite y su inoculación en palmas de vivero. *Palmas*, 29 (3), 19–30.
- Martínez, J. C., Nieto-Páez, L. E., & Hernández, M. L. (1997). Efecto de algunos fungicidas en el control del Complejo Pudrición de Cogollo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Palmas*, 18, 19-16.
- McCurrach, J. C. (1960). *Palms of the world*. Harper Brothers.
- Meena, C., Bhatnagar, P., Meena, R. R., Prahlad, V. C., & Kumar, A. (2018). First report of black pod in tamarind due to *Aspergillus niger* from India. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7, 1127–1130.
- Molina-Chaves, A., Gómez-Alpizar, L., & Umaña-Rojas, G. (2017). Identificación de especies del género *Colletotrichum* asociadas a la antracnosis en papaya (*Carica papaya* L.) en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 41 (1), 69–80.
- Monteiro, C. M., Caron, E. S., da Silveira, S. F., Almeida, A. M., Souza-Filho, G. R., & de Souza, A. L. (2013). Control of foliar diseases by the axillary application of systemic fungicides in Brazilian coconut palms. *Crop Protection*, 52, 78-83.
- Moscoso-Ramírez, P. A., Ortiz-García, C. F., Palma-López, D., Ruiz-Beltrán, P., & Sánchez-Soto, S. (2002). Incidencia de enfermedades letales en progenitores e híbridos de cocotero en Tabasco, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 25 (3), 327-332.
- Moura, J. I. L., Warwick, D. R. N., Luz, E. D. M. N., Santos Filho, L. P. D., & Valle, R. R. (2019). Efeito de injeção com ciproconazole no controle das doenças

- foliares e na produtividade do coqueiro. *Summa Phytopathologica*, 45 (2), 186-190.
- Mu, T., Zhang, Z., Liu, R., Liu, S., Li, Z., Zhang, X., & Xia, J. (2021). Morphological and molecular phylogenetic analyses reveal three species of *Colletotrichum* in Shandong province, China. *MycKeys*, 85, 57–71.
- Nambiar, K. K. N., & Iyer, Rohini. (1991). Current status of research on the stem bleeding disease of coconut in India. *CORD*, 7(2), 34.
- NCBI, National Center for Biotechnology Information. (2024). PubChem compound summary for CID 86367, cyprodinil. Retrieved October 29, 2024.
- Nishad, R., & Ahmed, T. (2020). Survey and identification of date palm pathogens and indigenous biocontrol agents. *Plant Disease*, 104 (12)
- Norphanhoun, C., Gentekaki, E., Hongsanan, S., Jayawardena, R., Senanayake, I. C., Manawasinghe, I. S., Abeywickrama, P. D., Bhunjun, C. S., & Hyde, K. D. (2022). *Diaporthe*: Formalizing the species-group concept. *Mycosphere*, 13 (1), 752–819.
- Oliveira, R., Sousa, N., Neto, W., Bezerra, J., Silva, G., & Cavalcanti, M. (2021). Seasonality affects the community of endophytic fungi in coconut (*Cocos nucifera*) crop leaves. *Acta Botanica Brasilica*, 34.
- Ortiz-Barrera, R. (1989). *Manejo de la resistencia a fungicidas*. CIBA-GEIGY.
- Ortiz, C. F., Ramos, E., Silverio, C., Peña, A., Narváez, M., & Oropeza, C. (2024). Pests and diseases affecting coconut. In *The coconut: Botany, production and uses* (pp. 58–82). CABI.
- Pereira, D. S., Hilário, S., Gonçalves, M. F., & Phillips, A. J. (2023). *Diaporthe* species on palms: Molecular re-assessment and species boundaries delimitation in the *D. arecae* species complex. *Microorganisms*, 11(11), 2717.

- Phillips, A. J. L., Alves, A., Abdollahzadeh, J., Slippers, B., Wingfield, M. J., Groenewald, J. Z., & Crous, P. W. (2013). *The Botryosphaeriaceae: Genera and species known from culture. Studies in Mycology, 76* (1), 51-167.
- Phillips, A., Alves, A., Pennycook, S., Johnston, P., Ramaley, A., Akulov, A., & Crous, P. (2008). Resolving the phylogenetic and taxonomic status of dark-spored teleomorph genera in the Botryosphaeriaceae. *Persoonia, 21*, 29-55.
- Pinho, D. B., Dutra, D. C., & Pereira, O. L. (2013). Notes on *Ceratocystis paradoxa* causing internal post-harvest rot disease on immature coconut in Brazil. *Tropical Plant Pathology, 38* (2), 152–157.
- Ploetz, R., Harrison, N., & Jones, P. (1999). Diseases of coconut (*Cocos nucifera* L.). In *Common Names of Plant Diseases*. American Phytopathological Society.
- Puig, A. S., & Winterstein, M. C. (2021). *Neofusicoccum batangarum* causing dieback of mango (*Mangifera indica*) in Florida. *Agriculture, 11*, 853.
- Punithalingam, E. (1980). *Plant diseases attributed to Botryodiplodia theobromae Pat.* (Bibliotheca Mycologica Series, No. 71). J. Cramer, Vaduz, Liechtenstein.
- Qin, G., Zhang, Q., Zhang, Z., Chen, Y., Zhu, J., Yang, Y., Peijnenburg, W. J. G. M., & Qian, H. (2023). Understanding the ecological effects of the fungicide difenoconazole on soil and *Enchytraeus crypticus* gut microbiome. *Environmental Pollution, 326*, 121518.
- Rahman, S., Adhikary, S. K., Sultana, S., Yesmin, S., & Jahan, N. (2013). In vitro evaluation of some selected fungicides against *Pestalotia palmarum* (Cooke), causal agent of grey leaf spot of coconut. *Journal of Plant Pathology & Microbiology, 4* (9).
- Ramjegathesh, R., Rajendran, L., Karthikeyan, G., & Raguchander, T. (2022). Coco (*Cocos Nucifera* Linn.) enfermedades y estrategias de manejo. En *Enfermedades de los cultivos hortícolas: Diagnóstico y manejo* (pp. 73-96). Prensa Académica de Apple.

- Ramos Hernández, E., Torres de la Cruz, M., Oropeza Salín, C., Ortiz García, C. F., Leshner Gordillo, J., & Magaña Alejandro, M. A. (2018). Manejo del agroecosistema cocotero. *Agroproductividad*, 80-87.
- Ramos-Guerrero, A., González-Estrada, R. R., Hanako-Rosas, G., Bautista-Baños, S., Acevedo-Hernández, G., Tiznado-Hernández, M. E., & Gutiérrez-Martínez, P. (2018). Use of inducers in the control of *Colletotrichum gloeosporioides* and *Rhizopus stolonifer* isolated from soursop fruits: In vitro tests. *Food Science and Biotechnology*, 27 (3), 755–763.
- Rêgo, T. J., Silva, F. J., Santos, K. M., Câmara, M. P., Correia, K. C., & Michereff, S. J. (2020). First report of *Neofusicoccum batangarum* causing grapevine dieback in Brazil. *Journal of Plant Pathology*, 102, 973.
- Rodríguez-López, E. S., González-Prieto, J. M., & Mayek-Pérez, N. (2008). La infección de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. y Sacc. en aguacatero (*Persea americana* Mill.): Aspectos bioquímicos y genéticos. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 27 (1), 53–63.
- Rosado, A. W. C., Machado, A. R. & Pereira, O. L. (2015). Postharvest Stem-End Rot on Immature Coconut Caused by *Pestalotiopsis adusta* in Brazil. *Plant Disease*, 99 (3), 1036-1036.
- Rosado, A. W. C., Machado, A. R., Freire, F. C. O., & Pereira, O. L. (2016). Phylogeny, identification, and pathogenicity of *Lasiodiplodia* associated with postharvest stem-end rot of coconut in Brazil. *Plant Disease*, 100 (3), 561–568.
- Santos, P. H., Carvalho, B. M., Aredes, F. A., Mussi-Dias, V., Pinho, D. B., Pereira, M. G., & da Silveira, S. F. (2020). Is *Lasiodiplodia theobromae* the only species that causes leaf blight disease in Brazilian coconut palms. *Tropical Plant Pathology*, 45 (4), 434-442.
- SAS Institute Inc. (1988). *SAS/STAT user's guide* (versión 6, 4.<sup>a</sup> ed.). SAS Institute Inc.

- Schena, L., Surico, G., Burruano, S., Giambra, A., Pane, M., Evoli, M., Magnano di San Lio, G., & Cacciola, S. O. (2017). First report of *Neofusicoccum batangarum* as causal agent of scabby cankers of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) in Minor Islands of Sicily. *Plant Dis*, 102, 445
- SENASICA. (2015). *Pudrición negra del agave, Ceratocystis paradoxa [Ficha técnica]*. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Recuperado de <https://www.gob.mx/senasica>
- SENASICA. (2019). *Pudrición del cogollo*. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Ficha técnica. 22 p.
- Sermeño, J. M., Rivas, A. W., & Menjivar, R. A. (2005). *Guía técnica de las principales plagas artrópodos y enfermedades de los frutales* (pp. 62-63). Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador.
- Serra, R., Braga, A., & Venâncio, A. (2005). Mycotoxin-producing and other fungi isolated from grapes for wine production, with particular emphasis on ochratoxin A. *Research in Microbiology*, 156 (6), 515–521.
- Serrato-Díaz, L. M., Aviles-Noriega, A., Soto-Bauzó, A., Rivera-Vargas, L. I., Goenaga, R., & Bayman, P. (2020). *Botryosphaeriaceae* fungi as causal agents of dieback and corky bark in rambutan and longan. *Plant Disease*, 104, 105–115.
- Sheinpflug, H., & Kuc, K. W. (1987). Sterol biosynthesis inhibiting piperazine, pyredine, pyrimidine y azole fungicides. In H. Lyr (Ed.), *Modern selective fungicide properties, applications, mechanics of action* (pp. 173–204). Longman Group.
- Shetty, K. G., Minnis, A. M., Rossman, A. Y., & Jayachandran, K. (2011). The Brazilian peppertree seed-borne pathogen, *Neofusicoccum batangarum*, a potential biocontrol agent. *Biological Control*, 56, 91–97.

- Sholberg, P. L., Bedford, K. E., & Stokes, S. (2003). Effect of preharvest application of cyprodinil on postharvest decay of apples caused by *Botrytis cinerea*. *Plant Disease*, 87 (9), 1067–1071.
- SIAP. (2018). *Atlas agroalimentario*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.
- Soytong, K., Pongak, W., & Kasiolarn, H. (2005). Biological control of *Thielaviopsis* bud rot of *Hyophorbe lagenicaulis* in the field. *Journal of Agricultural Technology*, 1 (2), 235-245.
- Srinivasan, N., & Gunasekaran, M. (1996). Incidence of fungal species associated with leaf rot disease of coconut palms in relation to weather and the stage of lesion development. *Annals of Applied Biology*, 129, 433–449.
- Sunpapao, A., Suwannarach, N., Kumla, J., Dumhai, R., Riangwong, K., Sanguansub, S., & Arikrit, S. (2022). Morphological and molecular identification of plant pathogenic fungi associated with dirty panicle disease in coconuts (*Cocos nucifera*) in Thailand. *Journal of Fungi*, 8 (4), 335.
- Thangeswari, S., Karthikeyan, A., & Maheswarappa, H. P. (2019). Management of basal stem rot disease in coconut through fungicides. *Journal of Plantation Crops*, 47 (3), 207-210.
- Tizapa-Poetzin, P. (1999). *Principales plagas y enfermedades del cultivo del cocotero (Cocos nucifera L.)*. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Tesis de licenciatura. 92 p.
- Tropicos.org. (27 de febrero de 2020). *Jardín Botánico de Missouri*. Obtenido de <http://www.tropicos.org/Name/2400007>
- Tutunaru, B., Samide, A., Tigae, C., & Oprea, B. (2024). Assessment of captan pesticide stability by thermal and spectroelectrochemical analysis. *International Journal of Electrochemical Science*, 19 (5), 100561.

- Tzec-Simá, M., Wildort-Félix, J., Granados-Alegría, M., Aparicio-Ortiz, M., Juárez-Monroy, D., Mayo-Ruiz, D., Vivas-López, S., Gómez-Tah, R., Canto-Canché, B., Berezovski, M. V., & Islas-Flores, I. (2022). Potencial de la ómica para el control de enfermedades y plagas en el cocotero. *Agronomía*, 12 (12), 3164.
- Tzeng, S. J., Sun, E. J., & Hsiao, W. W. (2010). First report of fruit basal rot by *Ceratocystis paradoxa* on coconut in Taiwan. *Plant Disease*, 94, 487.
- Udayanga, D., Liu, X., McKenzie, E. H. C., Chukeatirote, E., Bahkali, A. H. A., & Hyde, K. D. (2011). The genus *Phomopsis*: Biology, applications, species concepts and names of common phytopathogens. *Fungal Diversity*, 50, 189–225.
- Ushamalini, C., Kumar, P. A., & Parthasarathy, S. (2019). Efficacy of fungicides for the management of coconut leaf blight. *Plant Disease Research*, 34 (1), 29-35.
- Viana, F. M. P., Uchôa, C. N., Freire, F. C. O., Vieira, I. G. P., Mendes, F. N. P., & Saraiva, H. A. O. (2007). Tratamento do coco verde para exportação com ênfase no controle da podridão-basal-pós-colheita. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, 29. Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, Ceará, Brazil.
- Waechter, F., Weber, E., Hertner, T., & May-Hertl, U. (2010). Cyprodinil. In *Hayes' handbook of pesticide toxicology* (pp. 1903–1913). Elsevier.
- Warwick, D. R. N., & Passos, E. E. M. (2009). Outbreak of stem bleeding in coconuts caused by *Thielaviopsis paradoxa* in Sergipe, Brazil. *Tropical Plant Pathology*, 34 (3), 175–177.
- Yu, F.-Y., Niu, X.-Q., Tang, Q.-H., Zhu, H., Song, W.-W., Qin, W.-Q., & Lin, C.-H. (2012). First report of stem bleeding in coconut caused by *Ceratocystis paradoxa* in Hainan, China. *Plant Disease*, 96 (2), 290.
- Zhang, M., Lin, S., He, W., & Zhang, Y. (2017). Three species of *Neofusicoccum* (*Botryosphaeriaceae*, *Botryosphaeriales*) associated with woody plants from southern China. *Mycosphere*, 8, 797–808.

- Zhang, W., & Niu, X. L. (2019). First report of *Lasiodiplodia theobromae* causing postharvest stem end rot on coconut in China. *Plant Disease*, 103 (6), 1420-1420.
- Zhang, W., & Song, X. (2022). Occurrence of leaf spot caused by *Neodeightonia phoenicum* on pygmy date palm (*Phoenix roebelenii*) in China. *Plant Disease*, 106, 2269.
- Zhao, J., Liu, W., Liu, D., Lu, C., Zhang, D., Wu, H. & Meng, L. (2018). Identification and evaluation of *Aspergillus tubingensis* as a potential biocontrol agent against grey mould on tomato. *Journal of General Plant Pathology*, 84, 148-159.
- Zhou, T., Guo, T., Wang, Y., Wang, A., & Zhang, M. (2023). Carbendazim: Ecological risks, toxicities, degradation pathways, and potential risks to human health. *Chemosphere*, 314, 137723.

Alojamiento de la Tesis en el Repositorio Institucional	
Título de Tesis:	Caracterización y control químico de hongos asociados a la muerte de <i>Cocos nucifera</i> variedad enano verde del Brasil en la costa de Tabasco, México.
Autor(a) o autores(ras) de la Tesis:	Nitzarindany Acencio Castillo
ORCID:	<a href="https://orcid.org/0009-0000-5492-1073">https://orcid.org/0009-0000-5492-1073</a>
Resumen de la Tesis:	<p>El cocotero (<i>Cocos nucifera</i>) es un cultivo importante en México. En el estado de Tabasco la variedad coco enano verde del Brasil (CEVB) ha sido introducida recientemente para su evaluación, con la finalidad de utilizarlo en la producción de fruto verde para consumo de agua. No obstante, esta variedad está presentando patologías cuyas etiologías son desconocidas. El objetivo fue caracterizar los hongos asociados a la muerte de <i>Cocos nucifera</i> variedad enano verde del Brasil, en la costa de Tabasco, México, y evaluar su sensibilidad <i>in vitro</i> hacia fungicidas sistémicos y de contacto. Para ello, se realizó la obtención de muestras de tejido con daños, se realizó el aislamiento de los hongos asociados, se comprobó la patogenicidad sobre plantas juveniles y frutos inmaduros, se realizó la identificación morfológica y molecular, y se evaluó la sensibilidad a fungicidas sistémicos y de contacto. Se identificaron siete hongos asociados: <i>Neodeightonia phoenicum</i>,</p>

	<p><i>Thielaviopsis paradoxa</i>, <i>Lasiodiplodia theobromae</i>, <i>Neofusicoccum ribis</i>, <i>Diaporthe</i> sp., <i>Colletotrichum gloeosporoides</i> y <i>Aspergillus tubingensis</i>. Las especies <i>N. phoenicum</i>, <i>T. paradoxa</i> y <i>L. theobromae</i> fueron las más frecuentes. <i>T. paradoxa</i> fue la única especie reportada previamente para <i>C. nucifera</i> en México. <i>N. phoenicum</i>, <i>L. theobromae</i>, <i>N. ribis</i>, <i>Diaporthe</i> sp., <i>C. gloeosporoides</i> y <i>A. tubingensis</i> constituyen primer reporte asociadas a <i>C. nucifera</i> en México y <i>N. ribis</i> se reporta por primera vez asociada a <i>C. nucifera</i> en el mundo. Todas las especies identificadas son primer reporte asociadas al CEVB en Tabasco, México. Se comprobó la patogenicidad de <i>T. paradoxa</i>, <i>L. theobromae</i> y <i>N. phoenicum</i> sobre plantas juveniles, donde <i>T. paradoxa</i> demostró mayor virulencia. Además, se confirmó la patogenicidad de seis especies fúngicas sobre frutos inmaduros: <i>L. theobromae</i>, <i>C. gloeosporoides</i>, <i>Diaporthe</i> sp., <i>A. tubingensis</i>, <i>N. ribis</i> y <i>T. paradoxa</i>. Los fungicidas sistémicos propiconazol, carbendazim y tebuconazol, mostraron mayor eficacia al inhibir completamente el crecimiento micelial y la germinación de conidios (GC) de <i>T. paradoxa</i>. Este trabajo aporta al conocimiento de hongos asociados a patologías del <i>C. nucifera</i> variedad CEVB en el estado de Tabasco y contribuye a la selección de fungicidas eficaces contra <i>T. paradoxa</i>.</p>
<p>Palabras claves de la Tesis:</p>	<p>Coco enano verde del Brasil, <i>Neodeightonia phoenicum</i>, <i>Thielaviopsis paradoxa</i>, <i>Lasiodiplodia theobromae</i>, <i>Neofusicoccum ribis</i>.</p>

Referencias citadas:

- Benassi, A. C., de Santana, E. N., & Fanton, C. (2014). O cultivo do coqueiro-anão-verde: Tecnologias de produção. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural.
- Coelho, I. L., de Assis, T. C., Ferraz, L. G. B., de Souza Freitas, M. T., de Queiroz Balbino, V., dos Santos Vieira, W. A. & Laranjeira, D. (2022). Lasiodiplodia species diversity associated with coconut leaf blight and stem-end rot in Northeastern Brazil. *European Journal of Plant Pathology*, 1-17.
- Dugan, F. M., Lupien, S. L., Osuagwu, A. N., Uyoh, E. A., Okpako, E. C., & Kisha, T. J. (2016). New records of *Lasiodiplodia theobromae* in seeds of *Tetrapleura tetraptera* from Nigeria and fruit of *Cocos nucifera* from Mexico. *Journal of Phytopathology*, 164, 65–68.
- Estrada, V. M. N., Vélez, A. P. E., & López, N. J. C. (1997). Estandarización de una metodología para obtener cultivos monospóricos del hongo *Beauveria bassiana*. *Cenicafé*, 1 (1), 59-65.
- FAOSTAT. (2022). *FAOSTAT Food and Agriculture Organization of the United Nations*. <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
- Gangadhara-Naik, B., Hariprasad, K., Naik, M. K., Hanumanthappa, M., & Suresh-Patil. (2022). Report of pre-emergent inflorescence rot of coconut from India. *Biological Forum – An International Journal*, 14(1): 1043-1046.

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Universidad Juárez Autónoma de Tabasco</p>	<p>Huang, S., Xia, J., Zhang, X., &amp; Sun, W. (2021). Morphological and phylogenetic analyses reveal three new species of <i>Diaporthe</i> from Yunnan, China. <i>MycKeys</i>, 78, 49.</p> <p>INTA. (2000). <i>Coco enano verde del Brasil</i>. Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria, 1-4.</p> <p>Khizar, M., Haroon, U., Ali, M., Arif, S., Shah, I. H., Chaudhary, H. J., &amp; Munis, M. F. H. (2020). <i>Aspergillus tubingensis</i> causes leaf spot of cotton (<i>Gossypium hirsutum</i> L.) in Pakistan. <i>Phyton</i>, 89, 103.</p> <p>Lekete, E., Osekre, E. A., &amp; Andoh-Mensah, E. (2022). First report of <i>Curvularia pseudobrachyspora</i> causing leaf spots disease on coconut (<i>Cocos nucifera</i> L.) seedlings in Ghana. <i>American Journal of Plant Sciences</i>, 13 (7), 972-983.</p> <p>Li, X., Li, D., Yan, J., Zhang, Y., Wang, H., Zhang, J. &amp; Li, B. (2021). Effect of plant-growth-promoting fungi on eggplant (<i>Solanum melongena</i> L.) in new reclamation land. <i>Agriculture</i>, 11(11), 1036.</p> <p>Moscoso-Ramírez, P. A., Ortiz-García, C. F., Palma-López, D., Ruiz-Beltrán, P., &amp; Sánchez-Soto, S. (2002). Incidencia de enfermedades letales en progenitores e híbridos de cocotero en Tabasco, México. <i>Revista Fitotecnia Mexicana</i>, 25 (3), 327-332.</p> <p>Mu, T., Zhang, Z., Liu, R., Liu, S., Li, Z., Zhang, X., &amp; Xia, J. (2021). Morphological and molecular phylogenetic analyses reveal three species of</p>
---	--

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">         Universidad Juárez Autónoma de Tabasco       </p>	<p><i>Colletotrichum</i> in Shandong province, China. <i>MycKeys</i>, 85, 57–71.</p>
	<p>Nambiar, K. K. N., &amp; Iyer, Rohini. (1991). Current status of research on the stem bleeding disease of coconut in India. <i>CORD</i>, 7(2), 34.</p>
	<p>Ortiz, C. F., Ramos, E., Silverio, C., Peña, A., Narváez, M., &amp; Oropeza, C. (2024). Pests and diseases affecting coconut. In <i>The coconut: Botany, production and uses</i> (pp. 58–82). CABI.</p>
	<p>Phillips, A. J. L., Alves, A., Abdollahzadeh, J., Slippers, B., Wingfield, M. J., Groenewald, J. Z., &amp; Crous, P. W. (2013). <i>The Botryosphaeriaceae: Genera and species known from culture. Studies in Mycology</i>, 76 (1), 51-167.</p>
	<p>Phillips, A., Alves, A., Pennycook, S., Johnston, P., Ramaley, A., Akulov, A., &amp; Crous, P. (2008). Resolving the phylogenetic and taxonomic status of dark-spored teleomorph genera in the Botryosphaeriaceae. <i>Persoonia</i>, 21, 29-55.</p>
	<p>Pinho, D. B., Dutra, D. C., &amp; Pereira, O. L. (2013). Notes on <i>Ceratocystis paradoxa</i> causing internal post-harvest rot disease on immature coconut in Brazil. <i>Tropical Plant Pathology</i>, 38 (2), 152–157.</p> <p>Ramos Hernández, E., Torres de la Cruz, M., Oropeza Salín, C., Ortíz García, C. F., Leshner Gordillo, J., &amp; Magaña Alejandro, M. A. (2018). Manejo del</p>

	<p>agroecosistema cocotero. <i>Agroproductividad</i>, 80-87.</p> <p>Rosado, A. W. C., Machado, A. R., Freire, F. C. O., &amp; Pereira, O. L. (2016). Phylogeny, identification, and pathogenicity of <i>Lasiodiplodia</i> associated with postharvest stem-end rot of coconut in Brazil. <i>Plant Disease</i>, 100 (3), 561–568.</p> <p>Sunpapao, A., Suwannarach, N., Kumla, J., Dumhai, R., Riangwong, K., Sanguansub, S., &amp; Arikitt, S. (2022). Morphological and molecular identification of plant pathogenic fungi associated with dirty panicle disease in coconuts (<i>Cocos nucifera</i>) in Thailand. <i>Journal of Fungi</i>, 8 (4), 335.</p> <p>Ushamalini, C., Kumar, P. A., &amp; Parthasarathy, S. (2019). Efficacy of fungicides for the management of coconut leaf blight. <i>Plant Disease Research</i>, 34 (1), 29-35.</p> <p>Zhang, W., &amp; Niu, X. L. (2019). First report of <i>Lasiodiplodia theobromae</i> causing postharvest stem end rot on coconut in China. <i>Plant Disease</i>, 103 (6), 1420-1420.</p>
--	---