



Etiología de la pudrición del tronco del coco Enano Verde del Brasil y eficacia *in vitro* de fungicidas en Tabasco, México

Nitzarindany Acencio-Castillo¹, Magdiel Torres-de la Cruz^{1*}, Carlos F. Ortiz-García², Cristian Nava-Díaz³, Ángel F. Huamán-Pilco⁴, Manuel Pérez-de la Cruz¹, Lenin Arias-Rodríguez¹, Ramón A. Castillo-González⁵. ¹División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Km. 0.5 Carretera Villahermosa-Cárdenas, CP 86150, Villahermosa, Tabasco, México. ²COLPOS, Campus Tabasco, H. Cárdenas, Tabasco, CP 86500, México. ³COLPOS, Campus Montecillo, Texcoco, CP. 56230, Estado de México, México. ⁴Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Calle Higos Urco 342, CP 01001, Chachapoyas, Amazonas, Perú. ⁵INIFAP, Campo Experimental Huimanguillo, Carretera Huimanguillo-Cárdenas Km 1, CP 86400, Huimanguillo, Tabasco, México.

***Autor de Correspondencia:**

Magdiel Torres-de la Cruz
biomag75@hotmail.com

Sección:

Edición periódica

Recibido:

16 Diciembre, 2024

Aceptado:

06 Diciembre, 2025

Publicado:

11 Diciembre, 2025

Adelantada 2026

Cita:

Acencio-Castillo N, Torres-de la Cruz M, Ortiz-García CF, Nava-Díaz C, Huamán-Pilco AF, et al. 2026. Etiología de la pudrición del tronco del coco Enano Verde del Brasil y eficacia *in vitro* de fungicidas en Tabasco, México. Revista Mexicana de Fitopatología 44(1): 103. <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2412-1>

RESUMEN

Antecedentes/Objetivo. El cocotero (*Cocos nucifera*) es un cultivo importante en México. En Tabasco, la variedad “Enano Verde del Brasil” (CEVB) se ha introducido para la producción de fruto verde para agua; sin embargo, han presentado patologías de etiologías desconocidas. El objetivo fue identificar los hongos asociados a la pudrición del tronco del coco CEVB, en Tabasco, México, y realizar una evaluación comparativa *in vitro* de la eficacia de fungicidas sistémicos y de contacto.

Materiales y Métodos. A partir de muestras de tronco, cogollo e inflorescencia con necrosis, se realizó el aislamiento de hongos en medio PDA. Los aislamientos fueron caracterizados inicialmente mediante análisis morfológico. Dos de ellos fueron seleccionados para pruebas de patogenicidad sobre plántulas de CEVB e identificados molecularmente mediante el análisis de secuencias parciales del gen ITS (ITS1-5.8S-ITS2 del DNAr nuclear). Además, se realizaron bioensayos *in vitro* para comparar la eficacia de 10 fungicidas sistémicos y de contacto. Cada fungicida se evaluó a tres concentraciones (alta, recomendada y baja), estimándose su efecto sobre la germinación de esporas (GE) y del crecimiento micelial (CM).

Resultados. Los aislamientos fueron identificados como *Thielaviopsis paradoxa*. Los ensayos de patogenicidad confirmaron a *T. paradoxa* como agente causal de necrosis en plántulas. Los fungicidas sistémicos propiconazol, carbendazim y tebuconazol, mostraron inhibición completa del CM y de la GE a partir de la dosis más baja evaluada (0.45×10^3 , 1×10^3 y 0.5×10^3 ppm, respectivamente). Los fungicidas protectantes hidróxido de cobre y captan inhibieron completamente la GE a la dosis más baja (1×10^3 y 1.5×10^3 ppm, respectivamente), aunque sólo alcanzaron un 80 % de inhibición del CM.

Conclusión. Se reporta por primera vez a *T. paradoxa* sobre el CEVB en México. Este estudio amplía el conocimiento sobre los hongos que afectan al CEVB en Tabasco y proporciona una base para la selección de fungicidas promisorios, cuya eficacia deberá validarse en estudios posteriores bajo condiciones de campo.

Palabras clave: Carbendazim, *Cocos nucifera*, Propiconazol, Tebuconazol, *Thielaviopsis paradoxa*



INTRODUCCIÓN

El coco (*Cocos nucifera*) es una palmera de distribución pantropical, establecida en más de 80 países. Este frutal es uno de los 10 más cultivados mundialmente, cubriendo 11 millones de hectáreas. México es considerado uno de los 10 principales países en la producción de coco, con un área sembrada de 124.8 mil hectáreas (FAOSTAT, 2024). En Tabasco, el cultivo del coco ha representado una de las principales actividades agrícolas (Ramos-Hernández *et al.*, 2018). En 2023, Tabasco produjo 10 696 toneladas de coco, equivalente al 4.4 % de la producción nacional (SIAP, 2024). La versatilidad de los usos que tiene *C. nucifera* la convierten en una de las plantas más importantes, ya que se puede aprovechar casi en su totalidad, desde las raíces con fines medicinales, el tallo como recurso maderable, las hojas para artesanías, las flores y frutos como alimento, la fibra del fruto y la cáscara en fabricación de materiales alternativos para la industria automovilística y para la elaboración de utensilios de cocina y artesanías (Granados-Sánchez y López-Ríos, 2002, Montufar-Marcalla y Remache-Coyago, 2021). No obstante, la nuez es la principal materia prima, de la que se obtiene aceite, biodisel, productos nutraceuticos, harina de coco, copra y concha (Marquinez-Marquinez *et al.*, 2020).

Al igual que otros cultivos con importancia mundial en los trópicos, el cocotero exhibe reducción de producción debido a incidencia 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 Phytoplasma palmae*' (Ortiz *et al.*, 2024). En Tabasco, además del ALC se han reportado otras enfermedades del cocotero tales como anillo rojo (*Bursaphelenchus cocophilus*), marchitez (*Thielaviopsis paradoxa* syn. *Ceratocystis paradoxa*), y pudrición del cogollo (*Phytophthora* sp.) (Moscoso-Ramírez *et al.*, 2002). Esta problemática ha generado la necesidad de realizar investigación en este cultivo para recuperar el potencial productivo de la zona productora. Diversos híbridos de cocotero están siendo evaluados en Tabasco por su resistencia al amarillamiento letal. La variedad "Enano Verde del Brasil" (CEVB) ha sido introducida para su evaluación fitosanitaria, con la finalidad de producción de fruto verde para agua. No obstante, en Tabasco, como en otras entidades federativas mexicanas, esta variedad está presentando problemas fitosanitarios cuyas etiologías son desconocidas.

Uno de los problemas sanitarios de plantas adultas del CEVB es una marchitez progresiva y pudrición del tronco de la planta a nivel de la copa, que provoca la muerte. La sintomatología también incluye amarillamiento, defoliación, necrosis del cogollo, colapso de la hoja flecha y aborto de frutos. Debido a que no se han realizado estudios que permitan conocer el o los agentes causales de esta patología en el CEVB en Tabasco, el objetivo de esta investigación fue identificar los hongos asociados a la pudrición del coco "Enano Verde del Brasil", en Tabasco, México, y realizar una evaluación comparativa *in vitro* de la eficacia de fungicidas sistémicos y de contacto. Los resultados de esta investigación amplían el conocimiento sobre los patógenos fúngicos asociados a esta variedad de cocotero y a su vez contribuyen a orientar la selección de alternativas fungicidas para estudios posteriores de manejo integrado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de recolecta. Las muestras de tejido con necrosis se obtuvieron de palmas con marchitez de una plantación de CEVB ubicada en la Ranchería Ojoshal, Cárdenas, Tabasco (18°14'057" N, 94° 00'18" W). La plantación cuenta con una superficie de tres hectáreas y

cinco años de edad. De cuatro plantas enfermas, en etapa de producción, se recolectó tejido de tronco con necrosis interna a nivel de la copa, tejido de cogollo necrótico y tejido de inflorescencia necrótica. Las muestras se colocaron, de forma independiente, en bolsas de polietileno, y se transportaron al Laboratorio de Fitosanidad de la División Académica de Ciencias Biológicas, de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, para su procesamiento.

Aislamiento y purificación. Fragmentos de material vegetal con síntomas de necrosis se cortaron en secciones de 5 x 5 mm, se lavaron con agua destilada estéril (ADE) y se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 2 % durante 2 min. 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 ± 1 °C bajo obscuridad, durante 5 días (d), 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 morfotipos. De cada aislamiento poliespórico se obtuvieron aislamientos monospóricos.

Identificación morfológica. Los hongos se identificaron a nivel especie con base en las estructuras reproductivas y utilizando las descripciones de Soyong *et al.* (2015) y Tzeng *et al.* (2010). Para ello, los aislamientos crecieron en cajas Petri con medio PDA durante 14 días. Adicionalmente, una suspensión de esporas de 5×10^6 se sembraron sobre discos de PDA de 8 mm de diámetro para obtener estructuras microscópicas de cada aislamiento. Todos los discos sembrados se incubaron a 25 ± 1 °C, 12 h luz/oscuridad, en cámara húmeda durante 5 d. Las características morfológicas se observaron bajo el microscopio óptico. La fotodocumentación y la micrometría se realizó con el software ZEN lite®.

Identificación molecular y filogenia. El ADN genómico se obtuvo del micelio de dos aislamientos (M2-18 y M3-16), siguiendo el método CTAB (Doyle y Doyle, 1990). La concentración de ADN se estimó por espectrofotometría (NanoDrop 2000, Thermo Scientific®). Secuencias parciales del gen ITS (ITS1-5.8S-ITS2 del DNAr nuclear) se obtuvieron y amplificaron por PCR. Para la amplificación se utilizaron los oligos universales ITS5 (5'-GCA AGT AAA AGT CGT AAC AAG G-3') e ITS4 (5'-TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC-3'). Las condiciones de PCR fueron: 94 °C 2 min, 94-55-72 durante 30 s-45 s-90 s 40 ciclos, con una extensión final de 72 °C por 4 min. Las reacciones de amplificación se efectuaron en volúmenes de 25 µL conteniendo amortiguador a 1X (5 µL), MgCl₂ 1.5 mM (2 µL), dNTP 0.2 mM (2 µL), oligo antisentido 0.4 µM (IDT) (2 µL), oligo sentido 0.4 µM (IDT) (2 µL), enzima Taq DNA polimerasa 1 unidad (Promega) (0.2 µL), agua grado Milli-Q serie 2 (9.8 µL) y 20 ng de ADN (2 µL). La cuantificación del ADN se realizó por espectrofotometría (NanoDrop 2000, Thermo Scientific®). Los amplicones de 512 y 532 pb 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.

Las secuencias se alinearon con MUSCLE (Edgar, 2004) implementado en MEGA-X (Kumar *et al.*, 2018), y se concatenaron con SeaView 4.7 (Gouy *et al.*, 2010), para el análisis filogenético. Para identificar el modelo de evolución de nucleótidos más apropiado, se utilizó jModelTest v2 (Darriba *et al.*, 2012). El análisis filogenético se realizó con IQ-TREE v2 (Minh *et al.*, 2020) implementando el algoritmo de Máxima Verosimilitud. Este análisis se efectuó en el portal CIPRES Science Gateway v3.3. (Miller *et al.*, 2011). Los árboles filogenéticos fueron visualizados y editados con Itol (Letunic *et al.*, 2021). 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) y MycoBank (www.mycobank.org).

Prueba de patogenicidad sobre plántulas de *Cocos nucifera*. Para las pruebas de patogenicidad se utilizaron los aislamientos M2-18 y M3-16 y plántulas de CEVB de tres meses de edad, obtenidas bajo condiciones controladas en vivero. Para la inoculación se utilizaron tres plantas por cada aislamiento y el experimento se realizó por duplicado. Para ello, una suspensión de 1×10^6 esporas mL^{-1} de cada aislamiento fue preparada y aplicada por infiltración a 5 cm de la base de la plántula. Posteriormente, las plantas fueron colocadas en cámaras húmedas a 25 ± 1 °C, 12 h luz/oscuridad durante tres días. Se realizaron observaciones cada tres días durante 20 días y se registraron los síntomas en los sitios inoculados. Además, tres plantas fueron utilizadas como testigos, las cuales sólo se les infiltró ADE.

Ensayos de efectividad de fungicidas. Fungicidas sistémicos y protectantes fueron ensayados para evaluar de manera preliminar la eficacia comparativa de los productos en condiciones *in vitro*. Se evaluó la efectividad de los fungicidas sobre la germinación de esporas (GE) y el crecimiento micelial (CM) de dos aislamientos de *T. paradoxa* (M2-18 y M3-16). Los ensayos se realizaron en placas envenenadas, de 90 x 15 mm, de acuerdo con Ayika *et al.* (2024). Dado que no existen fungicidas registrados específicamente para el control de *T. paradoxa* en cocotero, los productos evaluados se seleccionaron con base en su uso recomendado para enfermedades fúngicas en cultivos frutales tropicales como cacao, cítricos y aguacate, y con patógenos relacionados. Se consideró además su disponibilidad comercial. Las concentraciones de fungicidas se calcularon a partir de la dosis comercial recomendada para uso en campo, estimadas en partes por millón (ppm). Cada fungicida comercial se agregó al medio a 50 °C, antes de verterlo en las cajas Petri. Tres dosis por fungicida fueron evaluadas: la dosis recomendada por el fabricante, una dosis superior y una dosis inferior a la dosis recomendada (Cuadro 1). Todas las dosis se expresaron en unidades de $\times 10^3$ ppm.

Cuadro 1. Fungicidas y dosis evaluadas *in vitro* sobre *Thielaviopsis paradoxa*.

Ingrediente Activo	Nombre comercial	Fabricante	Modo de acción	Dosis (ppm) ^y		
				0.5x	1 ^z	1.5x
Aceite de <i>Melaleuca alternifolia</i>	Timorex gold	Syngenta	Protectante	0.83×10^3	1.66×10^3	2.49×10^3
Oxicloruro de cobre	Oximet	Cuprosa	Protectante	1.5×10^3	3×10^3	4.5×10^3
Captan	Captan 500	Mexfer	Protectante	1.5×10^3	3×10^3	4.5×10^3
Hidróxido de cobre	Hidromet	Cuprosa	Protectante	1×10^3	2×10^3	3×10^3
Propiconazol	Tilt 250	Syngenta	Sistémico	0.46×10^3	0.93×10^3	1.4×10^3
Difenoconazol + cyprodinil	Inspire gold	Syngenta	Sistémico	$0.21 + 0.62 \times 10^3$	$0.43 + 1.25 \times 10^3$	$0.65 + 1.87 \times 10^3$
Tebuconazol	Folicur 250	Bayer	Sistémico	0.5×10^3	1×10^3	1.5×10^3
Carbendazim	Prozycar	AgroLucava	Sistémico	1×10^3	2×10^3	3×10^3
Tiabendazol	Tecto 60	Syngenta	Sistémico	0.12×10^3	0.24×10^3	0.36×10^3
Mandipropamid + Mefenoxam	Pergado cocoa	Syngenta	Sistémico	$0.31 + 0.25 \times 10^3$	$0.62 + 0.5 \times 10^3$	$0.93 + 0.75 \times 10^3$

^yppm= partes por millón; ^zDosis comercial.

Para evaluar la efectividad de fungicidas sobre la GE, se utilizaron cultivos de los agentes fúngicos de 10 días de edad para preparar una suspensión de 5×10^6 esporas mL^{-1} . Cajas Petri con medio PDA y con las concentraciones de fungicidas seleccionadas fueron utilizadas, delimitando el medio en cuatro secciones iguales. En el centro de cada cuadrante se depositaron 30 μL de la suspensión de esporas cubriéndose la alícuota con un cubreobjetos estéril para facilitar su observación. Las cajas se incubaron a 25 ± 0.5 °C. Cinco repeticiones por dosis fueron establecidas; asimismo, se incluyó un tratamiento control (testigo) con cinco repeticiones bajo las mismas condiciones experimentales. El porcentaje de germinación se determinó mediante la observación de 100 esporas por tratamiento y repetición. Las observaciones se realizaron cada 2 h durante el primer día, y posteriormente cada 24 h, concluyendo cuando el tratamiento testigo alcanzó el 90 % de germinación. Este experimento se llevó a cabo por duplicado.

Por otro lado, para evaluar la efectividad de fungicidas sobre el CM, se extrajeron fragmentos de 5 mm de diámetro del borde de cultivos fúngicos de 10 días de edad. Estos discos se colocaron en el centro de cajas Petri con medio PDA que tenían las concentraciones correspondientes de fungicidas. Cinco repeticiones por dosis fueron establecidas. De igual manera, se incluyó un tratamiento testigo con cinco repeticiones. Las cajas se incubaron a 25 ± 0.5 °C. El CM se registró cada 24 horas mediante la medición del crecimiento en dos direcciones perpendiculares por caja, tomando como referencia el punto de inoculación. Las mediciones terminaron cuando el tratamiento testigo llenó la superficie del medio. El experimento se realizó por duplicado.

Análisis estadístico. Con los datos obtenidos de GE y CM, se calculó la efectividad de los fungicidas mediante la fórmula de Abbott (1925), obteniéndose el porcentaje de inhibición del crecimiento micelial (ICM) y de inhibición de la germinación de esporas (IGE). Los datos porcentuales de ICM e IGE fueron transformados mediante la función arcoseno de la raíz cuadrada de la proporción para cumplir con los supuestos de normalidad. Posteriormente, se sometieron a un ANOVA. Cuando se detectaron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$), se aplicó una prueba de comparación múltiple de medias mediante el método de Tukey ($P \leq 0.05$). Todos los análisis se realizaron con el software SAS, versión 9.0 (SAS Institute, Cary, NC, EE. UU.).

RESULTADOS

Descripción de síntomas en campo. Como síntomas iniciales se observaron lesiones necróticas en la vaina de las hojas basales, específicamente en la zona de inserción al tronco (Figura 1A). Esta necrosis se extendía progresivamente a lo largo del raquis, acompañada de amarillamiento, marchitez y muerte paulatina de la hoja (Figura 1F). Las hojas afectadas se doblan justo detrás del área necrótica (Figura 1A) y permanecen adheridas al tronco, formando una “falda de hojas” (Figura 1F), las cuales pueden desprenderse con facilidad. A medida que la necrosis asciende, se afectan las hojas más jóvenes, lo que provoca una marchitez progresiva de tipo ascendente (Figura 1F). La mayoría de las hojas colapsan y se doblan, dejando al final únicamente las de la corona en posición erecta. En el tronco (estípite), a la altura de la copa, se observó tejido necrótico en los puntos de inserción foliar (Figura 1B) con avance hacia el interior del tallo (Figura 1C). En plantas con marchitez avanzada se detectó fermentación del cogollo (palmito) y necrosis de la hoja flecha (Figura 1D). Debido a la desintegración del cogollo, la corona se colapsa, aun cuando las hojas terminales se mantienen verdes (Figura 1G). Tras la caída de la corona, las hojas secas se

desprenden y el tronco comienza a pudrirse de forma descendente (Figura 1H). Durante el desarrollo de la enfermedad, también se presentó necrosis en espatas e inflorescencias (Figura 1E), así como aborto de frutos en distintos estados de desarrollo. No se observaron síntomas de exudación o sangrado en el tallo.



Figura 1. Síntomas asociados a la pudrición del tronco de *Cocos nucifera* “Enano Verde del Brasil”, en la costa de Tabasco, México. **A)** Necrosis en la vaina de las hojas basales, en la zona de inserción al tronco; **B)** Necrosis en el punto de inserción foliar en el estípite; **C)** Progresión de la necrosis hacia el interior del tronco; **D)** Necrosis de la hoja flecha; **E)** Necrosis en espatas e inflorescencias; **F)** Hojas marchitas y “falda de hojas” adheridas al tronco; **G)** Colapso de la corona, con hojas terminales aún verdes; **H)** Pudrición descendente del tronco.

Identificación morfológica. Cinco aislamientos fúngicos fueron obtenidos a partir de tejidos con síntomas de necrosis de cuatro plantas adultas de CEVB. Tres aislamientos se obtuvieron de tronco (M2-18, M2-14, M2-07), un aislamiento se obtuvo del cogollo (M3-16) y uno de inflorescencia (M3-02). Los aislamientos desarrollaron colonias con micelio de color gris oscuro a negro en medio de cultivo PDA bajo condiciones de oscuridad a 25 °C (Figura 2A). Cuando crecieron sobre discos de PDA en cámara húmeda, a 25 ± 1 °C, 12 h luz/oscuridad, los aislamientos produjeron conidióforos, generalmente de manera individual y en línea recta, que variaban en color desde hialino hasta café claro (Figura 2B). 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 μm de longitud y 3 - 6 μm de ancho con un promedio de $8.4 \pm 1.5 \times 4.1 \pm 0.7$ μm , y una proporción largo/ancho de 2 (n = 100) (Figura 2C, D y E). 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 μm de longitud y 7.7 - 12.2 μm de ancho, con una media de $16.3 \pm 3.2 \times 9.6 \pm 1.1$ μm y una proporción largo/ancho de 1.6 (n = 100) (Figura 2F, G). Estas características morfológicas concuerdan con lo descrito por Soyong *et al.* (2015) y Tzeng *et al.* (2010) para la especie *Thielaviopsis paradoxa*.



Figura 2. Características morfológicas de *Thielaviopsis paradoxa*. **A)** Colonia de 15 días de crecimiento 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 μm , **C, D, E, F, G** = 10 μm .

Identificación molecular y filogenia. Las secuencias de la región ITS de los aislamientos M2-18 (532 pb, número de acceso Genbank: PQ643222) y M3-16 (512 pb, número de acceso Genbank: PQ643223), fueron 99.8 y 100 % idénticas con las secuencias reportadas para *T. paradoxa* (GU358207, GU358206), en *C. nucifera* en Taiwan (Tzeng *et al.*, 2010). El árbol filogenético realizado para *T. paradoxa*, aislamientos M2-18 y M3-16, mostró soportes significativos de máxima verosimilitud que separan a nuestros aislamientos de otras especies de *Thielaviopsis* y los agrupan con *T. paradoxa* (*Ceratocystis paradoxa*) (Ceratocystidaceae) (Figura 3).

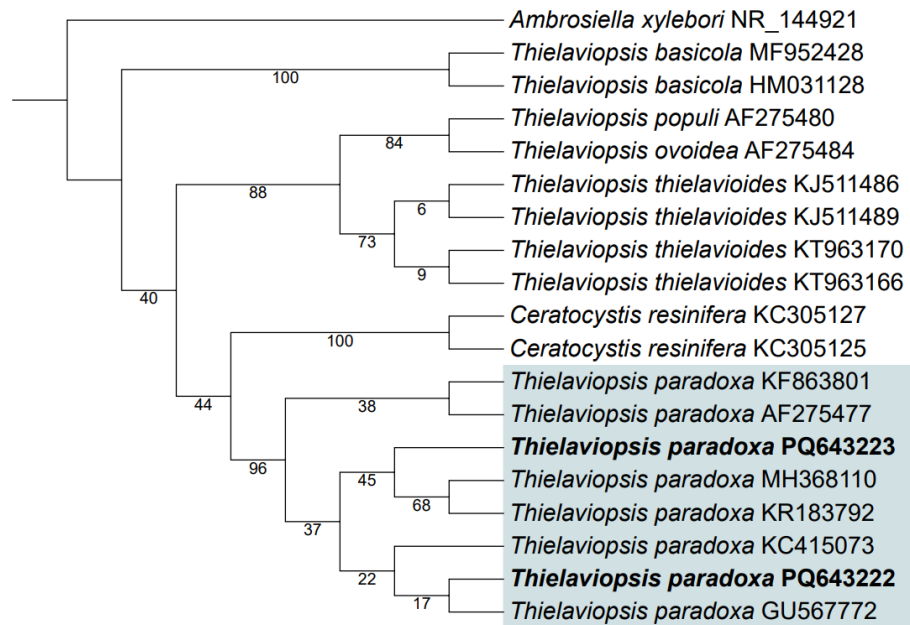


Figura 3. Árbol filogenético de máxima verosimilitud construido con un conjunto de datos de secuencias parciales del espaciador interno transcrito 1 y 2 que intervienen en la subunidad 5.8S rDNA para los aislamientos M2-18 (número de acceso Genbank: PQ643222) y M3-16 (número de acceso Genbank: PQ643223) de *Thielaviopsis paradoxa*, obtenidos de muestras de tronco y cogollo de *Cocos nucifera* "Enano Verde del Brasil", con pudrición de tronco, en la costa de Tabasco, México. Los datos de otras cepas y especies de *Thielaviopsis* (*Ceratocystis*) se obtuvieron del GenBank.

Prueba de patogenicidad sobre plántulas de *Cocos nucifera*. La prueba de patogenicidad efectuada sobre plántulas de CEVB permitió determinar la patogenicidad de las dos cepas evaluadas de *T. paradoxa* (M3-16, M2-18), aisladas de tejido necrótico de tallo y cogollo. Las plántulas mostraron una progresión de necrosis interna a partir del sitio de inoculación. Las lesiones necróticas se extendieron hacia el cogollo y hacia la parte inferior de la plántula, y provocaron su marchitez a los 15 d después de la inoculación (Figura 4A, B). Las plántulas del tratamiento control no presentaron signos visibles de enfermedad durante la evaluación (Figura 4C). Los aislamientos inoculados se re-aislaron a partir de los síntomas de necrosis, cumpliendo los postulados de Koch.



Figura 4. Pruebas de patogenicidad en plántulas de coco “Enano Verde del Brasil”. **A, B.** Necrosis causada por *Thielaviopsis paradoxa*, cepas M2-18 y M3-16 respectivamente. **C.** Testigo.

Evaluación *in vitro* de fungicidas sobre crecimiento y germinación. Los 10 fungicidas, tanto sistémicos como de contacto, mostraron efectividad sobre los dos aislamientos de *T. paradoxa* en las diferentes dosis evaluadas (Cuadro 2). Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.0001$) entre los fungicidas en la ICM y la IGE de *T. paradoxa*, cepa M2-18. Los fungicidas sistémicos propiconazol, carbendazim y tebuconazol, inhibieron al 100 % tanto el crecimiento micelial como la germinación de esporas en las tres dosis evaluadas. De manera similar, el tiabendazol y difenoconazol + cyprodinil lograron una inhibición total del crecimiento micelial en todas las dosis, aunque sólo alcanzaron el 100 % de inhibición de la germinación en la dosis más alta. Con la dosis media no se observaron diferencias (Cuadro 2). Por su parte, el fungicida sistémico Mandipropamid + mefenoxam no mostró efectividad sobre el crecimiento micelial de *T. paradoxa* (M2-18) en ninguna de las dosis evaluadas (Figura 5F); sin embargo, logró inhibiciones de la germinación que oscilaron entre 40 y 97 %.

En cuanto a la efectividad de los fungicidas protectantes sobre *T. paradoxa* (M2-18), el aceite de *Melaleuca alternifolia* y el hidróxido de cobre inhibieron el 100 % del crecimiento micelial a la mayor dosis evaluada (Cuadro 2). El captan mostró una inhibición del 81 al 83 % del crecimiento micelial en las tres dosis evaluadas, mientras que el oxiclورو de cobre alcanzó un 81 % de inhibición sólo en la dosis más alta. Por otro lado, el captan y el hidróxido de cobre lograron inhibir al 100 % la germinación de esporas en todas las dosis. Los fungicidas protectantes con menor efectividad, tanto en el CM como en la GE, fueron el aceite de *Melaleuca alternifolia* y el oxiclورو de cobre (Figura 5G). En el caso de *T. paradoxa*, cepa M3-16, se observaron diferencias significativas ($P < 0.0001$) en la efectividad de los fungicidas sobre el CM y la GE. No obstante, la respuesta a los fungicidas, tanto sistémicos como de contacto fue similar a la observada para la cepa M2-18 (Cuadro 2).

Cuadro 2. 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* aislados de *Cocos nucifera*, “Enano Verde del Brasil”, en la costa de Tabasco, México.

Fungicida	Dosis (ppm) ^x	Aislamiento M2-18		Aislamiento M3-16	
		ICM (%) ^y	IGE (%) ^y	ICM (%) ^y	IGE (%) ^y
Testigo	0	---- ^z	---- ^z	---- ^z	---- ^z
Propiconazol	0.46x10 ³	100 ±0a	100 ±0a	100 ±0a	100 ±0 a
	0.93x10 ³	100 ±0 a	100 ±0a	100 ±0a	100 ±0a
	1.40x10 ³	100 ±0 a	100 ±0a	100 ±0a	100 ±0a
Tiabendazol	0.12x10 ³	100 ±0 a	77.7 ±6c	100 ±0a	84.7 ±6.4cd
	0.24x10 ³	100 ±0a	98.2 ±2ab	100 ±0a	100 ±0a
	0.36x10 ³	100 ±0a	100 ±0a	100 ±0a	100 ±0a
Carbendazim	1x10 ³	100 ±0a	100 ±0a	100 ±0a	100 ±0a
	2x10 ³	100 ±0a	100 ±0a	100 ±0a	100 ±0a
	3x10 ³	100 ±0a	100 ±0a	100 ±0a	100 ±0a
Tebuconazol	0.5x10 ³	100 ±0a	100 ±0a	100 ±0a	100 ±0a
	1x10 ³	100 ±0a	100 ±0a	100 ±0a	100 ±0a
	1.5x10 ³	100 ±0a	100 ±0a	100 ±0a	100 ±0a
Difenoconazol + cyprodinil	0.21+ 0.62 x10 ³	100 ±0a	92.9 ±2.9b	100 ±0a	67.8 ±10.1def
	0.43+1.25 x10 ³	100 ±0a	96.4 ±4.1ab	100 ±0a	84.7 ±6.4cd
	0.65+1.87 x10 ³	100 ±0a	100 ±0a	100 ±0a	93.2 ±3.9bc
Mandipropamid + mefenoxam	0.31+0.25 x10 ³	0 ±0f	40.2 ±11.4d	0 ±0g	44.1 ±8.5gh
	0.62+0.5 x10 ³	0 ±0f	50.9 ±6d	0 ±0g	63.6 ±5.7efg
	0.93+0.75 x10 ³	0 ±0f	97.3 ±3.4ab	0 ±0g	98.3 ±3.3ab
Oxicloruro de cobre	1.5 x10 ³	59.6 ±5.6e	22.3 ±12.8e	39.3 ±2.4f	44.1 ±26.1gh
	3 x10 ³	58.7 ±2.4e	38.4 ±6de	42.6 ±1.4f	46.6 ±9.7fg
	4.5 x10 ³	81.0 ±1.4c	79.5 ±3.4c	84 ±0.7c	58.5 ±8.4fg
Captan	1.5 x10 ³	81.6 ±1.4c	100 ±0a	77.4 ±2.2d	100 ±0a
	3 x10 ³	83.6 ±2.0c	100 ±0a	84 ±1.2c	100 ±0a
	4.5 x10 ³	82.6 ±0.9c	100 ±0a	84.7 ±1.7c	100 ±0a
Aceite de <i>Malaleuca alternifolia</i>	0.83 x10 ³	1.2 ±2.5f	1.78 ±2f	0 ±0g	25.4 ±14.6h
	1.66 x10 ³	71.3 ±6.9d	4.46 ±5.3f	68.3 ±9.5e	59.3 ±7.3fg
	2.49 x10 ³	100 ±0 a	32.1 ±9.2de	100 ±0a	83.1 ±4.7cde
Hidróxido de cobre	1x10 ³	84.2 ±0.1 c	100 ±0a	86.4 ±1.9c	100 ±0a
	2x10 ³	89.7 ±0.1b	100 ±0a	90.8 ±0.7b	100 ±0a
	3x10 ³	100 ±0a	100 ±0a	100 ±0a	100 ±0a

ICM= Inhibición del crecimiento micelial; IGE=Inhibición de la germinación de esporas; ^xppm= partes por millón; ^yMedias con letras iguales dentro de la misma columna, no son estadísticamente diferentes (Tukey, P ≤ 0.05); ^z Debido a la naturaleza de la fórmula de Abbott, estos valores no se calcularon.

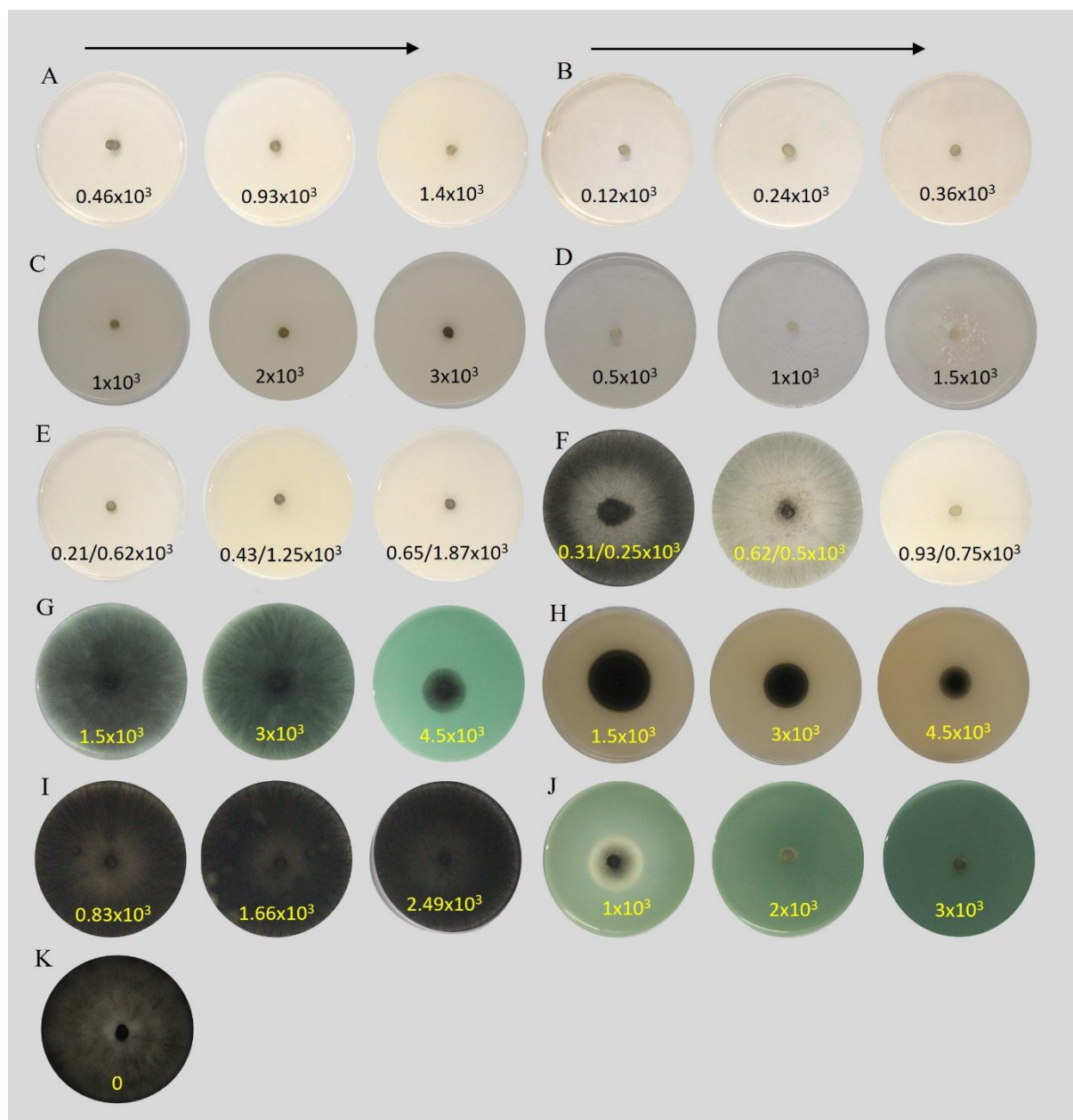


Figura 5. Efecto *in vitro* de fungicidas sistémicos y de contacto sobre *Thielaviopsis paradoxa*. **A)** Medio con propiconazol; **B)** Medio con tiabendazol; **C)** Medio con carbendazim; **D)** Medio con tebuconazol; **E)** Medio con difenoconazol + cyprodinil; **F)** Medio con mandipropamid + mefenoxam; **G)** Medio con oxiclورو de cobre; **H)** Medio con captan; **I)** Medio con aceite de *Melaleuca alternifolia*; **J)** Hidróxido de cobre; **K)** Testigo. Números dentro de cada imagen indican la dosis en partes por millón (ppm). Todas las dosis se expresan en unidades de $\times 10^3$.

DISCUSIÓN

La caracterización de los aislamientos fúngicos, recolectados de palmas de CEVB con síntomas de pudrición del tronco, reveló la presencia de *Thielaviopsis paradoxa*. Esta especie ha sido previamente descrita como patógeno en *C. nucifera* en México (Moscoso-Ramírez *et al.*, 2002). No obstante, este es el primer reporte de *T. paradoxa* causando marchitez del cocotero en la variedad "Enano Verde del Brasil", en México. *Thielaviopsis paradoxa* 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). De acuerdo con Ayika *et al.* (2024), *T. paradoxa* es un patógeno fúngico responsable de causar la pudrición del tronco y el cogollo en las palmas, que puede colonizar todos los tejidos de la palma, incluidas las raíces, tronco, hojas, inflorescencia y fruto. En esta investigación, *T. paradoxa* fue aislado de tronco, cogollo e inflorescencia, con mayor frecuencia en el tronco.

En Brasil, Warwick y Passos (2009) documentaron 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 coinciden con los descritos por 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 *et al.* (2022) identificaron a *T. paradoxa* como el agente causal de necrosis en inflorescencia de *C. nucifera* en India; esta sintomatología ya había sido registrada en Brasil en 1986. Tzeng *et al.* (2010) señalaron a *Ceratocystis paradoxa* causando pudrición basal de frutos inmaduros de *C. nucifera* en condiciones de campo, en Taiwan; no obstante, la necrosis y el aborto de frutos inmaduros en campo ya habían sido descritos previamente en Brasil en 1985. Pinho *et al.* (2013) confirmaron la presencia de *C. paradoxa* (*T. paradoxa*) como agente causal de pudrición interna de frutos inmaduros de *C. nucifera* en postcosecha, en Brasil. Según estos autores, *T. paradoxa* ya había sido detectada en savia de *C. nucifera* y sugieren que esta puede ser una vía de diseminación del patógeno hacia las inflorescencias y frutos inmaduros.

De acuerdo con Yu *et al.* (2012) y Ayika *et al.* (2024), *T. paradoxa* requiere heridas para ingresar al tejido y causar la infección, lo cual es relevante para el manejo adecuado de las plantaciones, con acciones que disminuyan las heridas de la planta durante el manejo, evitar las podas excesivas y eliminar fuentes de inóculo. Sin embargo, es necesario conocer la efectividad de los fungicidas hacia *T. paradoxa*, para contribuir al establecimiento de estrategias de manejo de la enfermedad (Ayika *et al.*, 2024).

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, carbendazim y tebuconazol, fueron los más eficientes al inhibir al 100 % el CM y la GE en las tres dosis evaluadas. 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 tebuconazol concuerda con Coelho *et al.* (2010), quienes registraron 100 % de efectividad *in vitro* 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 demostró su efectividad sobre la GE. 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 (*Phoenix dactylifera*) en Sudán. Adicionalmente, en este estudio también se demostró su efectividad en dosis por debajo de la dosis comercial y su efectividad en la inhibición de la GE. Estos fungicidas son efectivos a bajas concentraciones, lo cual se confirmó en el presente estudio. 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 (Marzi *et al.*, 2022).

Los resultados con el carbendazim concuerdan con Nambiar e Iyer (1991), quienes documentaron 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⁻¹) es más baja respecto a las dosis evaluadas en esta investigación. Martínez *et al.* (1997) registraron efectividad del carbendazim en el control del complejo pudrición de cogollo (*T. paradoxa*) de la palma de aceite (*Elaeis guineensis*) bajo condiciones de campo en Colombia. De acuerdo con Zhou *et al.* (2023), el carbendazim es un fungicida sistémico que pertenece al grupo químico de los benzimidazoles y 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 GE 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 Zhou *et al.* (2016), 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 Coelho *et al.* (2010) quienes registraron un 100 % de efectividad de este fungicida en la inhibición del CM de *T. paradoxa*. En la presente investigación se trabajó con dosis por debajo de la comercial y en dosis por debajo de la evaluadas por Coelho *et al.* (2010); no obstante, en la presente investigación, 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. El cyprodinil mostró eficiencia contra *Botrytis cinerea* aislado de manzanos (*Malus domestica*) (Sholberg *et al.*, 2003). En la actualidad, no existen reportes de la efectividad del cyprodinil sobre *T. paradoxa* aislado de *C. nucifera*. Al igual que propiconazol y tebuconazol, el difenoconazol es un triazol típico con alta eficiencia y acción de amplio espectro, el cual actúa inhibiendo la demetilasa y detiene la síntesis de ergosterol fúngico. Por su parte, cyprodinil es un fungicida, miembro de la clase de las anilinopirimidinas, que inhibe la biosíntesis de metionina y secreción de enzimas hidrolíticas e inhibe la elongación del tubo germinativo y crecimiento micelial (Qin *et al.*, 2023).

Estos resultados sugieren que algunos fungicidas poseen un efecto inhibitorio importante sobre *Thielaviopsis paradoxa* bajo condiciones controladas. No obstante, los resultados de este ensayo *in vitro* deben interpretarse como una aproximación comparativa preliminar, ya que las concentraciones utilizadas fueron estimadas a partir de dosis comerciales recomendadas para aplicación en campo. Por tanto, se requiere validación adicional en condiciones de campo o invernadero.

Los fungicidas de contacto presentaron la menor efectividad sobre *T. paradoxa* en comparación con los fungicidas sistémicos, siendo el oxiclورو de cobre el de menor efectividad. La baja efectividad de este fungicida coincide con lo señalado por Irabi *et al.* (2018), quienes reportaron una escasa actividad del oxiclورو de cobre sobre *T. paradoxa* aislado de palma datilera (*P. dactylifera*) en Sudán. En contraste, el hidróxido de cobre alcanzó una inhibición del 90 % del CM de *T. paradoxa* a partir de la dosis comercial, y logró un efecto del 100 % con la dosis más alta evaluada (3 g i.a. L⁻¹). Además, este fungicida inhibió el 100 % de germinación de esporas de *T. paradoxa* con la dosis más baja (1 g i.a. L⁻¹), lo que evidencia su potencial como agente preventivo. Según Gaviria-Hernández *et al.* (2013), el hidróxido de cobre es un fungicida de contacto, de acción

multisitio, baja toxicidad y bajo riesgo de generación de resistencia, que actúa principalmente durante la germinación de esporas. Celularmente, reacciona con grupos sulfhidrilos, hidróxilos, amino y carboxílicos, inactivándolos y perturbando así la cadena respiratoria. Su eficacia sobre diversas especies de hongos lo convierte en una herramienta química útil para la prevención de enfermedades fúngicas en cultivos. Hasta el momento, no existen estudios sobre el uso de hidróxido de cobre específicamente contra *T. paradoxa*.

La efectividad del captan (82.3 %) sobre el CM de *T. paradoxa* aislado de CEVB en Tabasco, concuerda con lo reportado por Chakrabarty *et al.* (2013), quienes registraron 91 % de efectividad sobre el CM de *T. paradoxa* aislado de *C. nucifera* en India. En esta investigación, se evidenció la efectividad del captan (100 %) sobre la germinación de esporas, lo cual refleja su potencial como fungicida preventivo de *T. paradoxa*. El captan es un fungicida de contacto eficaz en el control de diversas enfermedades (Tutunaru *et al.*, 2024). En su mecanismo de acción, este fungicida interfiere en 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, carboxin y tiofanato metílico (Coelho *et al.* 2010; Irabi *et al.* 2018).

CONCLUSIONES

La presente investigación se centró en la caracterización morfológica y molecular de hongos asociados a la marchitez y pudrición del tronco del cocotero “Enano Verde del Brasil” (CEVB) en Tabasco, México, así como en la evaluación *in vitro* de fungicidas con potencial para su control. Se identificó a *Thielaviopsis paradoxa* como el agente causal de los síntomas observados, lo cual representa el primer registro de esta especie asociada al CEVB en Tabasco, México. Este hallazgo constituye un avance relevante para el diagnóstico fitosanitario del cultivo, ya que permite establecer con mayor precisión las medidas de vigilancia, prevención y manejo. Los ensayos de patogenicidad confirmaron su capacidad para inducir necrosis en plántulas en condiciones controladas. Además, los resultados del ensayo *in vitro* permitieron identificar a propiconazol, carbendazim y tebuconazol con inhibición completa del crecimiento micelial y germinación de *T. paradoxa* a partir de la dosis más baja evaluada (0.45×10^3 , 1×10^3 y 0.5×10^3 ppm). Esta información representa una base útil para la selección de tratamientos químicos promisorios, que deberán ser validados en estudios posteriores bajo condiciones de campo, como parte de estrategias integradas de manejo fitosanitario.

Conflicto de interés

Los autores declaramos explícitamente que no existe conflicto de intereses en relación con esta investigación.

Agradecimientos

Nitzarindany Acencio Castillo agradece a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) la beca de maestría otorgada.

REFERENCIAS

- Abbott WS. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18: 265-267. <https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a>
- Ackermann P, Margot P and Müller, F. 2000. Fungicides, agricultural. In F. Müller, P. Ackermann, & P. Margot (Eds.). *Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry* (pp. 1-68). Wiley-VCH.
- Ayika MG, Rosano A, Valient J, Chakrabarti S, Rollins JA, *et al.* 2024. Characterizing the palm pathogenic *Thielaviopsis* species from Florida. *Journal of Fungi* 10: 24. <https://doi.org/10.3390/jof10040247>
- Chakrabarty R, Acharya GC and Sarma TC. 2013. Effect of fungicides, *Trichoderma*, and plant extracts on mycelial growth of *Thielaviopsis paradoxa*, under *in vitro* condition. *The Bioscan* 8: 55-58. <https://thebioscan.com/index.php/pub/article/view/2298>
- Coelho IL, Tremacoldi CR, Días DP y Pontes-Lins PM. 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. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/880062/1/IWANNECOELHO.pdf>
- Darriba D, Taboada GL, Doallo R and Posada D. 2012. jModelTest 2: more models, new heuristics and high-performance computing. *Nature Methods* 9: 772. <https://doi.org/10.1038/nmeth.2109>.
- Doyle JJ and Doyle JL. 1990. Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus* 12: 13-15.
- Edgar RC. 2004. MUSCLE: multiple sequence alignment with high accuracy and high throughput. *Nucleic Acids Research* 32: 1792-1797. <https://doi.org/10.1093/nar/gkh340>
- FAOSTAT. 2024. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
- Gangadhara-Naik B, Hariprasad K, Naik MK, Hanumanthappa M and Suresh-Patil. 2022. Report of pre-emergent inflorescence rot of coconut from India. *Biological Forum – An International Journal* 14: 1054-1056. <https://doi.org/10.53879/bfij.2022.17>.
- Gaviria-Hernández V, Patiño-Hoyos LF y Saldarriaga-Cardona A. 2013. Evaluación *in vitro* de fungicidas comerciales para el control de *Colletotrichum* spp., en mora de castilla. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 14 67-75 http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012287062013000100008&lng=en&tlng=es.
- Gouy M, Guindon S and Gascuel O. 2010. SeaView version 4: A multiplatform graphical user interface for sequence alignment and phylogenetic tree building. *Molecular Biology and Evolution* 27: 221-224. <https://doi.org/10.1093/molbev/msp259>
- Granados-Sánchez D and López-Ríos GF. 2002. Manejo de la palma de coco (*Cocos nucifera* L.) en México. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 8: 39-48. <https://www.redalyc.org/pdf/629/62980105.pdf>
- Irabi A, Abubaker M and Elhassan S. 2018. Efficacy of fungicides for *in vitro* control of date palm black scorch disease agent (*Thielaviopsis paradoxa*). *Journal of Advances in Biology and Biotechnology* 18: 1-8. <https://doi.org/10.9734/JABB/2018/41987>
- Kumar S, Stecher G, Li M, Knyaz C, Tamura K. 2018. MEGA X: molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. *Molecular biology and evolution* 35: 1547. <https://doi.org/10.1093/molbev/msy096>
- Letunic I, Khedkar S and Bork P. 2021. SMART: recent updates, new developments and status in 2020. *Nucleic Acids Research* 49: 458-460. <https://doi.org/10.1093/nar/gkaa937>
- Marquín-Marquín AN, Lóor-Molina NS, Guamán-Marquín CW, Vélez-Vélez JA, Solórzano-Párraga KM, *et al.* 2020. Obtención de biodiesel a partir de aceite de coco (*Cocos nucifera* L.). *Revista de Iniciación Científica* 6: 9-14. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v6.1.2605>
- Martínez JC, Nieto-Páez LE y Hernández ML. 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.
- Marzi M, Farjam M, Kazeminejad Z, Shiroudi A, Kouhpayeh S, *et al.* 2022. A recent overview of 1,2,3-triazole-containing hybrids as novel antifungal agents: focusing on synthesis, mechanism of action, and structure-activity relationship (SAR). *Journal of Chemistry*. 2022: 1-50. <https://doi.org/10.1155/2022/7884316>
- Miller M, Pfeiffer WT and Schwartz T. 2011. The CIPRES science gateway: A community resource for phylogenetic analyses. *Proceedings of the TeraGrid Conference* 2011: 1-8. <https://doi.org/10.1145/2016741.2016785>
- Minh BQ, Schmidt HA, Chernomor O, Schrempf D, Woodhams MD, *et al.* 2020. IQ-TREE 2: new models and efficient methods for phylogenetic inference in the genomic era. *Molecular Biology and Evolution* 37: 1530-1534. <https://doi.org/10.1093/molbev/msaa015>
- Montufar-Marcalla A y Remache-Coyago A. 2021. Materiales compuestos de polímero reforzado con fibra de cabuya y coco aplicado al sector automotriz. *Dominio de las Ciencias* 7: 436-465. <https://doi.org/10.23857/dc.v7i3.2002>

- Moscoso-Ramírez PA, Ortiz-García CF, Palma-López D, Ruiz-Beltrán P y Sánchez-Soto S. 2002. Incidencia de enfermedades letales en progenitores e híbridos de cocotero en Tabasco, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 25: 327-332. <https://doi.org/10.35196/rfm.2002.3.327>
- Nambiar KKN and Iyer Rohini. 1991. Current status of research on the stem bleeding disease of coconut in India. *Coconut Research and Development Journal* 7: 34. <https://doi.org/10.37833/cord.v7i02.250>
- Ortiz CF, Ramos E, Silverio C, Peña A, Narváez M and Oropeza C. 2024. Pests and diseases affecting coconut. Pp: 58–82. In: Adkins SW, Biddle JM, Bazrafshan A, Kalaipandian S. (eds.). *The coconut: Botany, production and uses*. CABI, Unites States. 256p. <https://doi.org/10.1079/9781789249736.000>
- Pinho DB, Dutra DC and Pereira OL. 2013. Notes on *Ceratocystis paradoxa* causing internal post-harvest rot disease on immature coconut in Brazil. *Tropical Plant Pathology* 38: 152–157. <https://doi.org/10.1590/S1982-56762013000200010>
- Qin G, Zhang Q, Zhang Z, Chen Y, Zhu J, *et al.* 2023. Understanding the ecological effects of the fungicide difenoconazole on soil and *Enchytraeus crypticus* gut microbiome. *Environmental Pollution* 326: 121518. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121518>
- Ramos-Hernández E, Torres-de la Cruz M, Oropeza-Salín C, Ortiz-García CF, Leshner-Gordillo J, *et al.* 2018. Manejo del agroecosistema cocotero, con énfasis en el amarillamiento letal del cocotero (*Cocos nucifera* L.). *Agro Productividad*, 11: 80-87. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/156>
- Sholberg PL, Bedford KE and Stokes S. 2003. Effect of preharvest application of cyprodinil on postharvest decay of apples caused by *Botrytis cinerea*. *Plant Disease* 87: 1067-1071. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2003.87.9.1067>
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2024. Producción Agrícola. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119> (Consulta, noviembre 2024).
- Soytong K, Pongak W and Kasiolarn H. 2005. Biological control of *Thielaviopsis* bud rot of *Hyophorbe lagenicaulis* in the field. *Journal of Agricultural Technology* 1: 235-245. http://ijat-aatsea.com/pdf/pdf2/wat14_2005.pdf
- Tutunaru B, Samide A, Tigae C and Oprea B. 2024. Assessment of captan pesticide stability by thermal and spectroelectrochemical analysis. *International Journal of Electrochemical Science* 19: 100561. <https://doi.org/10.1016/j.ijoes.2024.100561>
- Tzeng SJ, Sun EJ and Hsiao WW. 2010. First report of fruit basal rot by *Ceratocystis paradoxa* on coconut in Taiwan. *Plant Disease* 94: 487. <https://doi.org/10.1094/PDIS-94-4-0487C>
- Warwick DRN and Passos EEM. 2009. Outbreak of stem bleeding in coconuts caused by *Thielaviopsis paradoxa* in Sergipe, Brazil. *Tropical Plant Pathology* 34: 175-177. <https://doi.org/10.1590/S1982-56762009000300007>
- Yu FY, Niu XQ, Tang QH, Zhu H, Song WW, *et al.* 2012. First report of stem bleeding in coconut caused by *Ceratocystis paradoxa* in Hainan, China. *Plant Disease* 96: 290. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-11-0855>
- Zhou Y, Xu J, Zhu Y, Duan Y and Zhou M. 2016. Mechanism of action of the benzimidazole fungicide on *Fusarium graminearum*: interfering with polymerization of monomeric tubulin but not polymerized microtubule. *Phytopathology* 106: 807-13. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-08-15-0186-R>
- Zhou T, Guo T, Wang Y, Wang A and Zhang M. 2023. Carbendazim: Ecological risks, toxicities, degradation pathways, and potential risks to human health. *Chemosphere* 314: 137723. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.137723>