

RESEARCH ARTICLE

Patogenicidad diferencial de aislamientos fúngicos asociados a enfermedades del cacao en un sistema agroforestal amazónico

Jhosselyn A. Peñafiel R.¹  Pablo D. Carrera O.²  Roly Ramírez-Páez¹  Daniela E. Peñafiel R.²  Jairo V. Vivas G.³  Carlos V. Montero O.³ 

¹ Universidad Estatal Amazónica (UEA), Departamento de Biología, Puyo, Ecuador

² Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Orellana, Ecuador

³ Investigador/a Independiente, Puyo Ecuador

✉ Correspondencia: penafieljhosselyn1999@gmail.com  + 593 99 121 8003

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj93352>

Resumen: El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una fuente clave de ingresos para comunidades indígenas de la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Yasuní, pero su producción se ve afectada por enfermedades fúngicas que pueden causar pérdidas totales de cosecha, cuyo grado de agresividad por órgano vegetal no ha sido claramente determinado. Este estudio evaluó la patogenicidad diferencial de 22 aislamientos fúngicos obtenidos de hojas y frutos sintomáticos de cacao (variedad CCN-51) de la comunidad Nueva Providencia, mediante inoculación controlada en hoja, fruto y tallo, registrando incidencia y severidad (escala 1–5) a los 10 días, con análisis mediante ANOVA y prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) y confirmación por los postulados de Koch. Todos los aislamientos resultaron patogénicos en fruto (incidencia del 100 % en 21 de 22, salvo *Trichoderma* con 25 %), ninguno afectó el tallo, y solo 14 de 22 fueron patogénicos en hoja, con incidencias menores. La severidad varió significativamente entre aislamientos ($p < 0,05$): *Fusarium* (M1_A1), *Colletotrichum* (M3_A4, M2_A1) y un aislamiento no identificado (M6_A3) mostraron la mayor severidad en fruto (61,85–80,03 %), mientras *Trichoderma* (M1_A2) presentó la menor en ambos órganos. Los resultados evidencian virulencia órgano-específica, con el fruto como el órgano más susceptible.

Palabras claves: *Theobroma cacao*; patogenicidad fúngica; severidad de la enfermedad; virulencia órgano-específica; Amazonía; manejo fitosanitario

Differential pathogenicity of fungal isolates associated with cacao diseases in an Amazonian agroforestry system

Abstract: Cacao (*Theobroma cacao* L.) is a key source of income for indigenous communities in the buffer zone of Yasuní National Park, but

Green World Journal /Vol 09/ Issue 03/352/September- December 2026 /www.greenworldjournal.com



Cita: Peñafiel R., J. A., Carrera O., P. D., Ramírez-Páez, R., Peñafiel R., D. E., Vivas G, J. V., & Montero, C. V. (2026). Patogenicidad diferencial de aislamientos fúngicos asociados a enfermedades del cacao en un sistema agroforestal amazónico. Green World Journal, 09(03), 352. <https://doi.org/10.53313/gwj93352>

Received: 30/septiembre /2026

Accepted: 12/octubre /2026

Published: 13/ octubre/ 2026

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2026 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.

Creative Commons Attribution (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

its production is affected by fungal diseases that can cause total crop losses, whose degree of aggressiveness by plant organ has not been clearly determined. This study evaluated the differential pathogenicity of 22 fungal isolates obtained from symptomatic cacao leaves and fruits (CCN-51 variety) from the Nueva Providencia community, through controlled inoculation on leaf, fruit, and stem, recording incidence and severity (1–5 scale) at 10 days, with analysis via one-way ANOVA and Duncan's multiple range test ($\alpha = 0.05$) and confirmation through Koch's postulates. All isolates were pathogenic on fruit (100% incidence in 21 of 22, except *Trichoderma* at 25%), none affected the stem, and only 14 of 22 were pathogenic on leaves, with lower incidence rates. Severity varied significantly among isolates ($p < 0.05$): *Fusarium* (M1_A1), *Colletotrichum* (M3_A4, M2_A1), and an unidentified isolate (M6_A3) showed the highest severity on fruit (61.85–80.03%), while *Trichoderma* (M1_A2) showed the lowest severity on both organs. The results reveal organ-specific virulence, with fruit being the most susceptible organ.

Keywords: *Theobroma cacao* ; fungal pathogenicity; disease severity; organ-specific virulence; Amazon; phytosanitary management

1. Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un cultivo de alto valor económico cuya demanda internacional se encuentra en constante crecimiento [1], y cuya producción reviste particular importancia para las economías de subsistencia de las comunidades indígenas asentadas en la Amazonía ecuatoriana [2]. En Ecuador, una parte significativa de esta producción se concentra en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Yasuní, un área reconocida por su excepcional biodiversidad [3], donde el cacao se cultiva bajo sistemas agroforestales tradicionales junto a café, plátano y otras especies [4] [5].

La rentabilidad de este cultivo se ve limitada por la incidencia recurrente de enfermedades fúngicas que pueden ocasionar pérdidas de hasta el 100 % de la producción [6]. Entre las más relevantes en el contexto ecuatoriano destacan la pudrición helada del fruto causada por *Moniliophthora roreri*, la escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*) y la mazorca negra (*Phytophthora* spp.) [7] [8] aunque en la última década se ha reportado también un incremento de la incidencia de géneros como *Lasiodiplodia* y *Colletotrichum* como agentes causales de pudrición y antracnosis [9] [10]

Un aspecto que ha recibido menor atención en la literatura regional es si los hongos que colonizan tejidos sintomáticos en campo ejercen la misma agresividad sobre los distintos órganos de la planta – hoja, tallo y fruto o si, por el contrario, existe una susceptibilidad diferencial que debería orientar de forma más precisa las estrategias de manejo fitosanitario. La mayoría de los estudios de patogenicidad en cacao se concentran en un único órgano (típicamente el fruto), lo que impide comparar de forma directa el comportamiento de un mismo conjunto de aislamientos sobre distintas estructuras de la planta y, en consecuencia, dificulta priorizar dónde concentrar los esfuerzos de monitoreo [11] [12].

En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar la patogenicidad diferencial de aislamientos fúngicos obtenidos de plantas de cacao sintomáticas de la comunidad Nueva Providencia, zona de amortiguamiento del Parque Nacional Yasuní, con el fin de establecer patrones de virulencia órgano-específicos entre hoja, fruto y tallo. Se plantea como hipótesis de trabajo que la severidad del daño causado por un mismo conjunto de aislamientos fúngicos varía significativamente según el órgano vegetal inoculado, y que esta variación permite identificar tanto aislamientos de alto riesgo fitosanitario como aislamientos de baja agresividad relativa, de interés para investigaciones posteriores sobre su comportamiento antagonista.

2. Materiales y métodos

2.1. Delimitación de área de estudio y colección de muestras

Las muestras fueron colectadas en plantaciones de cacao de la variedad CCN-51 pertenecientes a la comunidad Nueva Providencia, ubicada en la ribera sur del río Napo, dentro de la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Yasuní, Ecuador ($0^{\circ}29'39,3133''$ S; $76^{\circ}28'16,8492''$ W). (Figura 1). La zona presenta un clima cálido y húmedo, con temperatura media de $24,9^{\circ}\text{C}$, precipitación anual de 3200 mm y humedad relativa entre 80 y 94 % [3] [13].

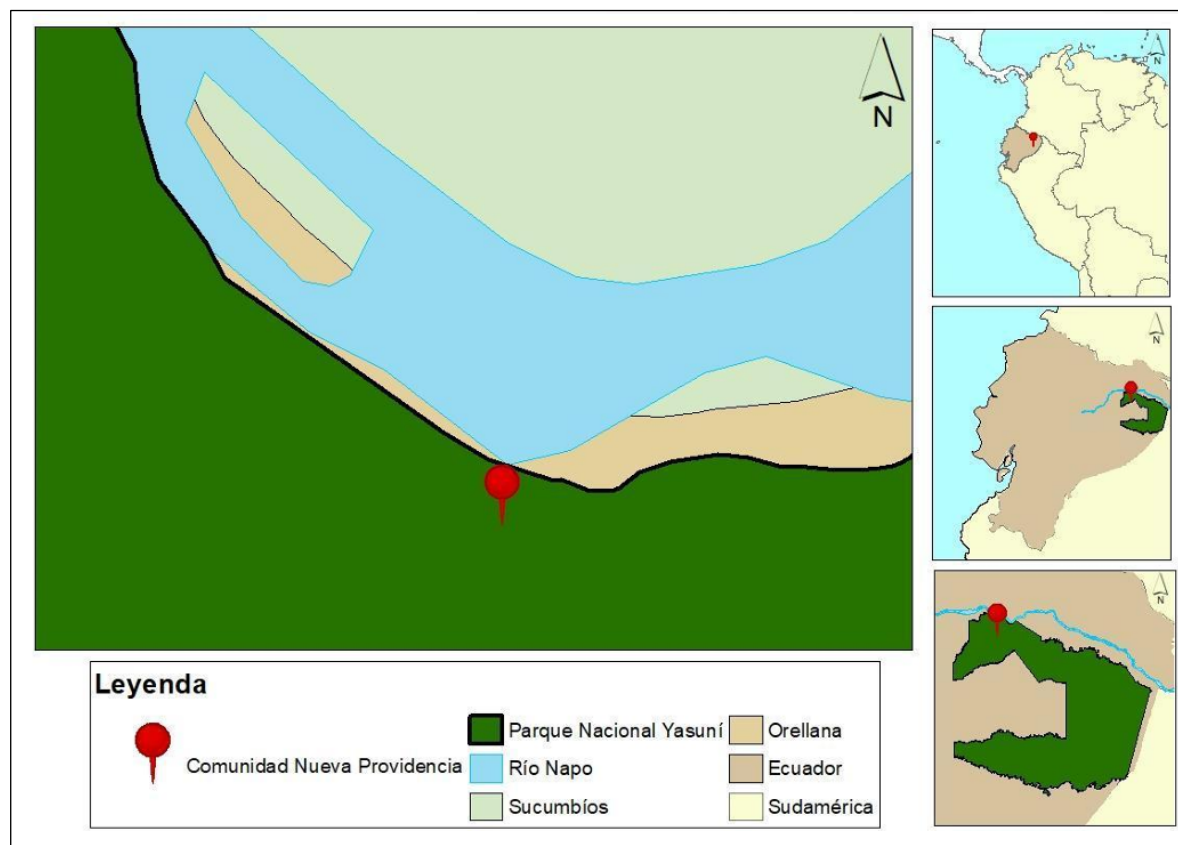


Figura 1. Ubicación de la comunidad Nueva Providencia respecto al parque nacional Yasuní

2.2. Origen y caracterización preliminar de los aislamientos fúngicos

A partir de la inspección de 300 plantas de cacao de cinco años de edad, se seleccionaron ocho plantas con síntomas evidentes de necrosis, antracnosis y pudrición en hojas y frutos, de las cuales se obtuvieron muestras para aislamiento fúngico. El aislamiento se realizó mediante el método indirecto de [14] sembrando fragmentos de tejido sintomático desinfectado en medio Agar Papa Dextrosa (PDA) con ampicilina, incubados a 25 ± 1 °C. Se obtuvieron cultivos puros mediante reaislamientos sucesivos. La identificación genérica se apoyó en caracterización macroscópica (color, textura, tasa de crecimiento) y microscópica (estructuras reproductivas, conidios, hifas), utilizando claves taxonómicas de referencia [15] [16]. De un total de 22 aislamientos, 14 fueron identificados a nivel de género (*Colletotrichum*, n = 7; *Fusarium*, n = 2; *Trichoderma*, *Xylaria*, *Lasiodiplodia*, *Phytophthora* y *Phomopsis*, n = 1 cada uno); ocho aislamientos no pudieron identificarse debido a la ausencia de esporulación en los medios de cultivo empleados, situación previamente reportada en estudios similares con hongos asociados a cacao [17] [8].

2.3. Ensayos de patogenicidad

Los ensayos de patogenicidad se realizaron siguiendo la metodología de [11] y [18], preparando un inóculo estandarizado a 1×10^6 conidios o fragmentos de micelio/mL a partir de colonias de 7 a 15 días de crecimiento, cuantificado en cámara de Neubauer. Se evaluó de forma independiente cada uno de los tres órganos de la planta.

Los ensayos de patogenicidad se realizaron en el Laboratorio de Microbiología y el invernadero de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Sede Orellana.

2.3.1. Inoculación en frutos

Se emplearon tres frutos maduros (4–5 meses) por aislamiento. Se retiró una porción de cáscara con sacabocados estéril de 6 mm y se inoculó 100 μ L de inóculo, cubriendo el fruto con una funda plástica estéril durante 24 h. Los frutos se mantuvieron en condiciones de laboratorio a 24 °C y se evaluó la lesión al décimo día.

2.3.2. Inoculación en hojas

Se emplearon dos grupos de plántulas de vivero (tres meses) de la variedad CCN-51, con cuatro punciones por hoja inoculadas con 100 μ L de inóculo y cámara húmeda durante 24 h. La incidencia de lesiones se registró diariamente durante 10 días.

2.3.3. Inoculación en tallos

Se realizaron heridas controladas en el tallo de las plántulas, inoculadas de forma equivalente a los tratamientos anteriores, con evaluación a los 15 días.

En todos los casos se incluyó un grupo control inoculado únicamente con agua destilada estéril. La severidad externa se calculó como el porcentaje de tejido afectado respecto al área total evaluada, y se transformó a una escala cualitativa de cinco niveles (1 = sin síntomas, 0 %; 2 = leve a moderada, 1–25 %; 3 = moderada, 26–50 %; 4 = alta, 51–75 %; 5 = muy alta, 76–100 %), de acuerdo con [11]. Finalmente, se reaislaron los hongos inoculados en medio PDA a partir del tejido lesionado, con el fin de verificar el cumplimiento de los postulados de Koch.

2.4. Análisis estadístico

Para la severidad en hoja y en fruto se empleó un diseño completamente al azar (DCA), con el tipo de aislamiento como factor (23 niveles, incluido el control) y dos réplicas por nivel. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y, ante diferencias significativas, una prueba de rango múltiple de Duncan ($\alpha = 0,05$), bajo las hipótesis H0: todas las medias de severidad son iguales, frente a H1: al menos una media difiere de las demás. El procesamiento se realizó en InfoStat 2020e y Minitab 19, aplicando la regla del valor p [19].

3. Resultados

3.1. Aislamientos fúngicos evaluados

El conjunto de 22 aislamientos incluyó representantes de *Colletotrichum* (el género más abundante, con siete aislamientos), *Fusarium* (dos), *Trichoderma*, *Xylaria*, *Lasiodiplodia*, *Phytophthora* y *Phomopsis* (un aislamiento cada uno), además de ocho aislamientos sin identificación genérica confirmada por falta de esporulación. Este conjunto constituyó la base para los ensayos de patogenicidad descritos a continuación.

3.2. Patogenicidad diferencial según el órgano vegetal

Se observó una susceptibilidad marcadamente distinta entre los tres órganos evaluados. En el fruto, el 100 % de los aislamientos resultaron patogénicos, con incidencia de lesión del 100 % en 21 de los 22 aislamientos; únicamente *Trichoderma* (M1_A2) mostró una incidencia notablemente menor (25 %). En el tallo, no se registró ningún síntoma atribuible a los aislamientos inoculados en los 15 días de evaluación, lo que sugiere una resistencia estructural o fisiológica de este tejido frente a la infección en esta etapa fenológica. En la hoja, la patogenicidad fue más restringida: solo 14 de los 22 aislamientos causaron lesión, con incidencias variables; el aislamiento de *Xylaria* (M3_A3) presentó la incidencia foliar más alta (75 %).

3.3. Severidad del daño en hojas

El análisis de varianza mostró un efecto significativo del tipo de aislamiento sobre la severidad foliar ($p < 0,05$). La prueba de Duncan agrupó a los aislamientos en tres subconjuntos estadísticamente diferenciados (**Tabla 1**). El aislamiento no identificado M6_A3 presentó la mayor severidad ($3,19 \pm 2,33$ %; grupo a), seguido de *Xylaria* M3_A3 ($1,86 \pm 0,49$ %), el no identificado M6_A4 ($1,79 \pm 0,27$ %) —ambos en grupo b— y *Phomopsis* M5_A3 ($1,10 \pm 1,26$ %; grupo bc) (**Figura 2**).

Estos cuatro aislamientos fueron los únicos que alcanzaron el nivel de severidad 2 (leve a moderada) según la escala cualitativa empleada; el resto, incluidos *Trichoderma* (M1_A2), *Fusarium* (M3_A2) y varios aislamientos de *Colletotrichum*, se ubicaron en el nivel 1 (sin síntomas visibles), con valores de severidad estadísticamente indistinguibles del control (0,00 %).

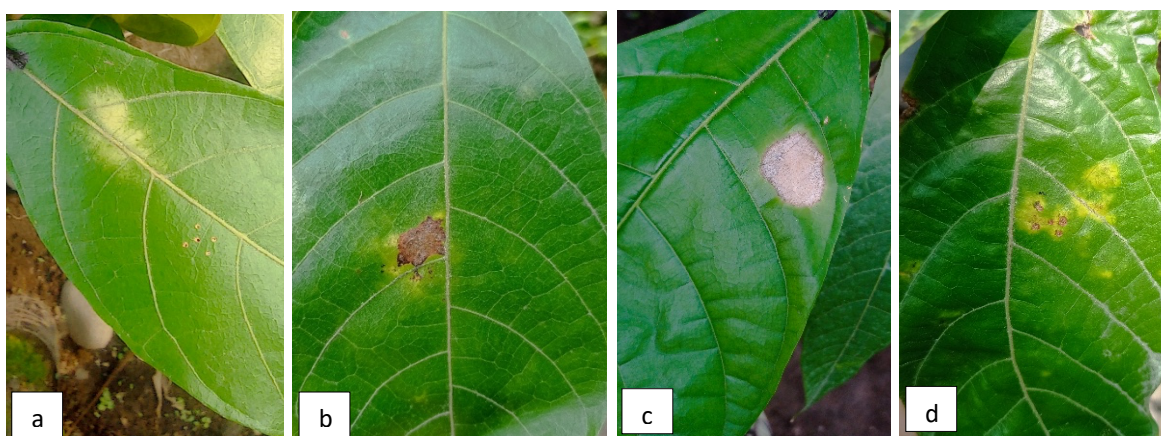


Figura 2. Sintomatologías en hojas de cacao: a) M6_A3 (No identificado), b) M3_A3(*Xylaria*) c) M6_A4 (No identificado) d) M5_A3 (*Phomopsis*).

Tabla 1. Severidad del daño en hojas de plántulas de cacao a los 10 días de inoculación (aislamientos seleccionados).

Género	Código	Severidad (%) ± DE	Grupo Duncan
No identificado	M6_A3	3,19 ± 2,33	a
<i>Xylaria</i>	M3_A3	1,86 ± 0,49	b
No identificado	M6_A4	1,79 ± 0,27	b
<i>Phomopsis</i>	M5_A3	1,10 ± 1,26	bc
<i>Fusarium</i>	M1_A1	0,10 ± 0,14	c
<i>Colletotrichum</i>	M7_A1	0,09 ± 0,12	c
<i>Trichoderma</i>	M1_A2	0,00 ± 0,00	c
—	Control	0,00 ± 0,00	c

3.4. Severidad del daño en frutos

El efecto del tipo de aislamiento sobre la severidad en fruto también fue significativo ($p < 0,05$), con un gradiente de virulencia mucho más amplio que en hoja (**Tabla 2**). Los aislamientos de mayor severidad —agrupados estadísticamente en el nivel más alto (grupo a)— fueron *Fusarium* M1_A1 ($80,03 \pm 4,14 \%$), *Colletotrichum* M3_A4 ($78,93 \pm 1,40 \%$), el no identificado M6_A3 ($78,59 \pm 5,67 \%$) y *Colletotrichum* M2_A1 ($78,09 \pm 1,46 \%$), todos correspondientes al nivel de severidad "muy alta" (76–100 %). Les siguieron *Phytophthora* M5_A2 ($75,93 \pm 5,82 \%$) y *Lasiodiplodia* M5_A1 ($72,00 \pm 5,72 \%$), en el límite entre severidad alta y muy alta (**Figura 3**). En el extremo opuesto, *Trichoderma* M1_A2 presentó la severidad más baja de todo el conjunto ($2,17 \pm 4,35 \%$), estadísticamente equivalente al control (0,00 %; ambos en grupo g).

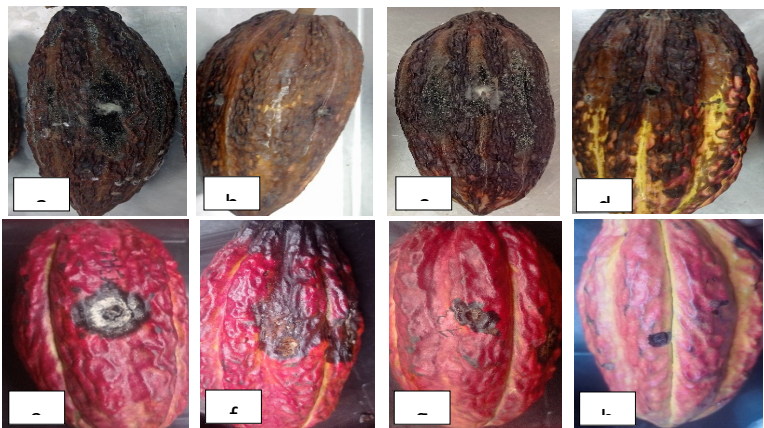


Figura 3. Sintomatologías de cepas: a) M1_A1 (*Fusarium*), b) M5_A2 (*Phytophthora*), c) M5_A1 (*Lasiodiplodia*) d) M2_A1 (*Colletotrichum*), e) M3_A4 (*Colletotrichum*), f) M6_A1 (*Colletotrichum*), g) M8_A2 (*Colletotrichum*) y h) Control (agua destilada estéril).

Tabla 2. Severidad del daño en frutos de cacao a los 10 días de inoculación en laboratorio (aislamientos seleccionados).

Género	Código	Severidad (%) $\pm$ DE	Grupo Duncan
<i>Fusarium</i>	M1_A1	80,03 $\pm$ 4,14	a
<i>Colletotrichum</i>	M3_A4	78,93 $\pm$ 1,40	a
No identificado	M6_A3	78,59 $\pm$ 5,67	a
<i>Colletotrichum</i>	M2_A1	78,09 $\pm$ 1,46	a
<i>Phytophthora</i>	M5_A2	75,93 $\pm$ 5,82	ab
<i>Lasiodiplodia</i>	M5_A1	72,00 $\pm$ 5,72	abc
<i>Colletotrichum</i>	M8_A2	65,04 $\pm$ 16,02	abcd
<i>Xylaria</i>	M3_A3	23,44 $\pm$ 8,19	fg
<i>Trichoderma</i>	M1_A2	2,17 $\pm$ 4,35	g
—	Control	0,00 $\pm$ 0,00	g

3.5. Relación entre la severidad foliar y la severidad en fruto por aislamiento

El contraste entre las Tablas 1 y 2 permite identificar patrones de comportamiento por aislamiento. En un extremo, el aislamiento no identificado (M6_A3) fue el único que combinó la severidad más alta en hoja (3,19 %; grupo a) con severidad igualmente muy alta en fruto (78,59 %; grupo a), lo que sugiere un mecanismo de virulencia poco tejido-específico y lo convierte en prioritario para su identificación molecular en estudios posteriores. En el extremo opuesto, *Trichoderma* (M1_A2) fue el único aislamiento con severidad estadísticamente nula en ambos órganos, sin diferenciarse del control. Entre estos dos extremos se ubicó la mayoría de los aislamientos de *Colletotrichum* (p. ej., M3_A4 y M2_A1), que mostraron severidad muy alta en fruto (78,1–78,9 %) pero severidad nula o marginal en hoja, evidenciando que, para este género, la virulencia observada en campo sobre frutos no se traduce necesariamente en agresividad foliar equivalente. Este patrón general —mayor severidad y mayor dispersión de valores en fruto que en hoja— fue consistente para la totalidad de los aislamientos evaluados y refuerza la existencia de una susceptibilidad diferencial órgano-específica en cacao frente a la infección fúngica.

4. Discusión

4.1. Susceptibilidad diferencial de los órganos de cacao frente a la infección fúngica

El hallazgo más consistente del presente estudio es la marcada diferencia de susceptibilidad entre fruto, hoja y tallo frente a un mismo conjunto de aislamientos. La ausencia total de síntomas en tallo,

junto con una severidad en fruto entre 10 y más de 30 veces superior a la registrada en hoja para los mismos aislamientos, sugiere que los mecanismos de defensa estructural o bioquímica de cacao operan de forma diferenciada según el tejido, en línea con lo señalado por [20] sobre la respuesta defensiva órgano-específica de T. cacao frente a *Phytophthora palmivora*. Este patrón tiene una implicación práctica directa: las estrategias de monitoreo y manejo fitosanitario en sistemas agroforestales amazónicos deberían priorizar la vigilancia y protección del fruto, coincidiendo con lo propuesto por [12] para *Lasiodiplodia theobromae* en cacao.

4.2. Patrones de virulencia por género

La elevada severidad observada en fruto para *Fusarium*, *Colletotrichum*, *Phytophthora* y *Lasiodiplodia* es consistente con reportes previos que señalan a estos géneros como agentes causales de pudrición y mazorca negra en cacao ecuatoriano [21] [9] [22]. El comportamiento de *Phytophthora*, con severidad alta en fruto (75,9 %) pero baja agresividad relativa en hoja, es congruente con lo descrito por [20], quienes señalan que este género tiende a infectar preferentemente tejido maduro, avanzando de afuera hacia adentro en el fruto. Por su parte, la disociación observada en *Colletotrichum* entre alta virulencia en fruto y baja virulencia foliar podría explicarse por diferencias en la composición de la cutícula y en las barreras físico-químicas entre ambos tejidos, un aspecto que no fue evaluado directamente en este estudio y que constituye una línea de investigación pendiente.

4.3. Aislamientos de baja patogenicidad: el caso de *Trichoderma*

El aislamiento de *Trichoderma* (M1_A2) fue, de manera consistente, el de menor patogenicidad en el conjunto evaluado, con severidad nula en hoja y prácticamente nula en fruto (2,17 %), sin diferenciarse estadísticamente del control en ninguno de los dos órganos. Este resultado es coherente con la amplia literatura que documenta a diversas especies de *Trichoderma* como antagonistas naturales de patógenos de cacao mediante mecanismos de micoparasitismo, competencia por sustrato y antibiosis, más que como agentes causales de enfermedad [23] [24] [25]. Cabe precisar que el presente estudio evaluó únicamente la capacidad patogénica del aislamiento, por lo que su baja virulencia debe interpretarse como una condición necesaria, pero no suficiente, para su eventual uso como agente de biocontrol; su capacidad antagonista y de colonización endofítica requeriría ser confirmada mediante ensayos específicos adicionales, no contemplados en el alcance de este trabajo.

4.4. Limitaciones del estudio

Es necesario señalar limitaciones que condicionan el alcance de estas conclusiones. Primero, la identificación de los aislamientos se realizó a nivel morfológico, sin confirmación molecular (secuenciación ITS u otros marcadores), lo cual resulta particularmente relevante para géneros con complejos de especies documentados, como *Colletotrichum* y *Fusarium* [16]; esto implica que las diferencias de virulencia observadas dentro de un mismo género podrían corresponder a especies distintas, e impide precisar la identidad de los ocho aislamientos no identificados, entre los que se encuentra M6_A3, de particular interés por su alta severidad simultánea en hoja y fruto. Segundo, el tamaño de réplicas empleado ($n = 2$ en el ensayo foliar) limita la potencia estadística de las comparaciones más finas entre aislamientos de severidad intermedia, aunque no afecta la robustez de los contrastes entre los extremos del gradiente de virulencia (p. ej., *Fusarium* M1_A1 frente a *Trichoderma* M1_A2). Tercero, los ensayos se realizaron en frutos desprendidos y en plántulas de vivero, por lo que la severidad observada podría diferir de la respuesta de árboles adultos establecidos en campo. Futuros trabajos deberían incorporar identificación molecular de todos los aislamientos, incrementar el número de réplicas biológicas y validar los patrones de virulencia observados en condiciones de campo.

5. Conclusiones

Los frutos de cacao presentaron una susceptibilidad significativamente mayor a la infección fúngica que las hojas, mientras que los tallos no mostraron síntomas atribuibles a ninguno de los aislamientos evaluados, lo que evidencia un patrón de patogenicidad claramente órgano-dependiente.

Los aislamientos de *Fusarium*, *Colletotrichum*, *Phytophthora* y *Lasiodiplodia* mostraron los niveles más altos de severidad en fruto (61,9–80,0 %), consolidándose como los principales agentes de riesgo fitosanitario para la producción de cacao en el área de estudio.

El aislamiento no identificado (M6_A3) fue el único que combinó alta severidad en hoja y en fruto, lo que lo convierte en prioridad para su identificación molecular en estudios posteriores.

El aislamiento de *Trichoderma* mostró la menor patogenicidad del conjunto evaluado, sin diferenciarse del control en ningún órgano, lo que lo posiciona como candidato preliminar de interés para futuros ensayos específicos de antagonismo y biocontrol.

Se recomienda dirigir las estrategias de manejo fitosanitario prioritariamente hacia la protección del fruto y complementar estos hallazgos con identificación molecular y validación de los patrones de virulencia en condiciones de campo.

Contribución de autores: Para los artículos de investigación con varios autores (INICIALES), se debe proporcionar un breve párrafo en el que se especifiquen sus contribuciones individuales. Se deben utilizar las siguientes declaraciones: "conceptualización, X.X. e Y.Y.; metodología, X.X.; software, X.X.; validación, X.X.", Y.Y. y Z.Z.; análisis formal, X.X.; investigación, X.X.; recursos, X.X.; curaduría de datos, X.X.; redacción-revisión y edición, X.X.; visualización, X.X.; supervisión, X.X.; administración de proyectos, X.X.; adquisición de fondos, Y.Y.", por favor, diríjase a la taxonomía CRediT para la explicación del término. La autoría debe limitarse a aquellos que han contribuido sustancialmente al trabajo reportado.

Financiamiento: Este estudio contó con el apoyo institucional de la Universidad Estatal de Milagro (UNEMI) y de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), en el marco del proyecto "*Monitoreo de enfermedades y parásitos emergentes y reemergentes en relación con los cambios medioambientales de ecosistemas en las áreas protegidas de la Cuenca del Río Napo-Orellana*".

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Septiani, P.; Pramesti, Y.; Ningsih, D.U.; Pancaningtyas, S.; Meitha, K. Identification of Self-and Pathogen-Targeted MiRNAs from Resistant and Susceptible Theobroma Cacao Variety to Black Pod Disease. *Sci. Rep.* **2024**, *14*, 3272.
2. Dominguez-Gaibor, I.; Talpă, N.; Bularca, M.C.; Hălălișan, A.F.; Coman, C.; Popa, B. Socioecological Dynamics and Forest-Dependent Communities' Wellbeing: The Case of Yasuní National Park, Ecuador. *Land* **2023**, *12*, 2141.
3. Bass, M.S.; Finer, M.; Jenkins, C.N.; Kreft, H.; Cisneros-Heredia, D.F.; McCracken, S.F.; Pitman, N.C.A.; English, P.H.; Swing, K.; Villa, G. Global Conservation Significance of Ecuador's Yasuní National Park. *PLoS One* **2010**, *5*, e8767.
4. Jimenez, F.; Amend, T.; Köpdel, E. Agroforestería, Zonas de Amortiguamiento y Áreas Protegidas. *Funciones y Apl. Sist. agroforestales. Turrialba, CR, CATIE* **2001**, 139–154.
5. Montilla, A.; Guzmán, D. Parque Nacional Yasuní, Ecología y Ecoturismo. 2018. **2018**.
6. Guerrero, R.; Cevallos, O.; Eguez, E.; Peñañiel, S. El Potencial Del Uso de Microorganismos Endofíticos Como Agentes de Control de Enfermedades En El Cultivo de Cacao (Theobroma Cacao L.). *Centrosur Agrar.* **2020**, 1–18.
7. Anzules-Toala, V.; Pazmiño-Bonilla, E.; Alvarado-Huamán, L.; Borjas-Ventura, R.; Castro-Cepero, V.; Julca-Otiniano, A. Control of Cacao (Theobroma Cacao) Diseases in Santo Domingo de Los Tsachilas, Ecuador. *Agron. Mesoam.* **2022**, 33.
8. Villavicencio, M.; Schuller, L.; Espinosa, F.; Noceda, C.; del Castillo, D.S.; Perez-Martinez, S. Foliar Endophytic Fungi of Theobroma Cacao Stimulate More than Inhibit Moniliophthora Spp. Growth and Behave More as an Endophytes than Pathogens. *AgriRxiv* **2020**, 20203407060.
9. Jiménez, W.; Ramírez, A.; López, J.; Alvarez, A. Análisis Filogenético de Aislamientos Patogénicos de La Familia Botryosphaeriaceae En Cacao (Theobroma Cacao L.) En La Zona de Los Ríos. *Rev. Cienc. y Tecnol.* **2022**, *15*, 45–54.
10. MARTÍNEZ, V.K. COMPORTAMIENTO DE Colletotrichum Spp. EN LA MAZORCA DE CACAO (Theobroma Cacao L.) BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO, EN MILAGRO, ECUADOR,

- UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, 2021.
11. Villamil Carvajal, J.E.; Viteri Rosero, S.E.; Villegas Orozco, W.L. Aplicación de Antagonistas Microbianos Para El Control Biológico de Moniliophthora Roreri Cif & Par En Theobroma Cacao L. Bajo Condiciones de Campo. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín* **2015**, *68*, 7441–7450.
 12. Moreira-Morrillo, A.A.; Cedeño-Moreira, Á. V; Canchignia-Martínez, F.; Garcés-Fiallos, F.R. Lasiodiplodia Theobromae (Pat.) Griffon & Maul [(Sin.) Botryodiplodia Theobromae Pat] En El Cultivo de Cacao: Síntomas, Ciclo Biológico y Estrategias de Manejo. *Sci. Agropecu.* **2021**, *12*, 653–662.
 13. Climate-Data Datos Climáticos Mundiales Available online: <https://es.climate-data.org/>.
 14. Alfenas, A.C.; Mafia, R. *Métodos Em Fitopatologia*; 2nd ed.; Universidad Federal de Vicosa, 2016; ISBN 8572693025.
 15. Barnett, H.L.; Hunter, B.B. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*; 4th ed.; APS (Press), 1998;
 16. Weir, B.S.; Johnston, P.R.; Damm, U. The Colletotrichum Gloeosporioides Species Complex. *Stud. Mycol.* **2012**, *73*, 115–180.
 17. Hanada, R.E.; Pomella, A.W. V; Costa, H.S.; Bezerra, J.L.; Loguercio, L.L.; Pereira, J.O. Endophytic Fungal Diversity in Theobroma Cacao (Cacao) and T. Grandiflorum (Cupuaçu) Trees and Their Potential for Growth Promotion and Biocontrol of Black-Pod Disease. *Fungal Biol.* **2010**, *114*, 901–910.
 18. Hernández Gómez, E. Diagnóstico Fitosanitario de Cacao (Theobroma Cacao L) En Chiapas, Colegio de Posgraduados, 2014.
 19. Gutiérrez, H.; De la Vara, R. *Análisis y Diseño de Experimentos*; 3rd ed.; 2012;
 20. Baruah, I.K.; Shao, J.; Ali, S.S.; Schmidt, M.E.; Meinhardt, L.W.; Bailey, B.A.; Cohen, S.P. Cacao Pod Transcriptome Profiling of Seven Genotypes Identifies Features Associated with Post-Penetration Resistance to Phytophthora Palmivora. *Sci. Rep.* **2024**, *14*, 4175.
 21. Carriel, D. Evaluación Temprana de Resistencia a Phytophthora Spp. En Clones de Cacao Nacional y Amazónico., Universidad Técnica Estatal de Quevedo, 2013.
 22. Martínez de la Parte, E.; Pérez, L. Incidencia de Enfermedades Fúngicas En Plantaciones de Cacao de Las Provincias Orientales. *Rev. Protección Veg.* **2015**, *30*.
 23. Evans, H.C.; Holmes, K.A.; Thomas, S.E. Endophytes and Mycoparasites Associated with an Indigenous Forest Tree, Theobroma Gileri, in Ecuador and a Preliminary Assessment of Their Potential as Biocontrol Agents of Cocoa Diseases. *Mycol. Prog.* **2003**, *2*, 149–160.
 24. Mejía, L.C.; Rojas, E.I.; Maynard, Z.; Van Bael, S.; Arnold, A.E.; Hebbar, P.; Samuels, G.J.; Robbins, N.; Herre, E.A. Endophytic Fungi as Biocontrol Agents of Theobroma Cacao Pathogens. *Biol. Control* **2008**, *46*, 4–14.
 25. Ten Hoopen, G.M.; Krauss, U. Biological Control of Cacao Diseases. In *Cacao diseases: a history of old enemies and new encounters*; Springer, 2016; pp. 511–566.



© 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>