



Caracterización fitopatológica de enfermedades fúngicas en el cultivo de Café (*Coffea arabica* L.)

Phytopathological characterization of fungal diseases in coffee (*Coffea arabica* L.) cultivation

Edgar Maldonado-Duque^{1*}; María Gonza-Rivera¹; René Aguilar-Ancota¹; Miguel Galecio-Julca¹; James Tirado-Lara²

1 Universidad Nacional de Piura, Campus Universitario s/n. Urb. Miraflores. Piura, Perú.

2 Universidad Nacional de Jaén. Carretera Jaén, San Ignacio km 24, Sector Yanuyacu, Jaén, Perú.

* Autor corresponsal: emaldonadod@unp.edu.pe (E. Maldonado-Duque).

ORCID de los autores:

E. Maldonado-Duque: <https://orcid.org/000-0003-0030-3960>

R. Aguilar-Ancota: <https://orcid.org/0000-0002-3965-6096>

J. Tirado Lara: <https://orcid.org/0000-0001-6626-957X>

M. E. Gonza-Rivera: <https://orcid.org/0009-0004-4937-1512>

M. Galecio-Julca: <https://orcid.org/0000-0001-8410-6205>

RESUMEN

El cultivo de café es una actividad económica de gran importancia; sin embargo, la incidencia de enfermedades fúngicas compromete su productividad. El presente estudio tuvo como objetivo caracterizar las principales enfermedades fúngicas asociadas al cafeto (*Coffea arabica* L.). Se recolectaron muestras sintomáticas de hojas, ramas y raíces, las cuales fueron desinfectadas y cultivadas en medio papa dextrosa agar (PDA) bajo condiciones controladas. La identificación se realizó mediante observación macroscópica y microscópica de estructuras propagativas, complementada con montajes directos en hongos biotróficos. Se identificaron cinco enfermedades fúngicas: ojo de gallo (*Mycena citricolor* y *Omphalia flavida*), antracnosis (*Colletotrichum* spp.), roya (*Hemileia vastatrix*), mancha de hierro (*Cercospora* spp.) y pudrición radicular (*Fusarium* spp.). El ojo de gallo presentó la mayor frecuencia de ocurrencia en los cafetales evaluados, favorecido por alta humedad, sombra densa y acumulación de restos vegetales infectados. La antracnosis mostró una incidencia intermedia y estuvo asociada a focos previos de ojo de gallo, mientras que la roya y la mancha de hierro presentaron baja incidencia. La pudrición radicular por *Fusarium* spp. se detectó únicamente en el caserío de Sapse, en áreas con drenaje deficiente. Los resultados aportan información fitopatológica relevante para el diseño de estrategias de manejo sanitario en cafetales altoandinos.

Palabras clave: Antracnosis del cafeto; enfermedades fúngicas del café; *Hemileia vastatrix*; *Mycena citricolor*; pudrición radicular por *Fusarium* spp.

ABSTRACT

Coffee cultivation is an economically important activity; however, the incidence of fungal diseases compromises its productivity. This study aimed to characterize the main fungal diseases associated with coffee plants (*Coffea arabica* L.). Symptomatic samples of leaves, branches, and roots were collected, disinfected, and cultured on potato dextrose agar (PDA) under controlled conditions. Identification was performed through macroscopic and microscopic observation of propagating structures, complemented by direct mounting of biotrophic fungi. Five fungal diseases were identified: coffee leaf spot (*Mycena citricolor* and *Omphalia flavida*), anthracnose (*Colletotrichum* spp.), coffee rust (*Hemileia vastatrix*), iron spot (*Cercospora* spp.), and root rot (*Fusarium* spp.). Coffee leaf spot was the most frequent in the evaluated coffee plantations, favored by high humidity, dense shade, and the accumulation of infected plant debris. Anthracnose showed an intermediate incidence and was associated with previous outbreaks of coffee leaf spot, while coffee rust and iron spot had a low incidence. Root rot caused by *Fusarium* spp. was detected only in the hamlet of Sapse, in areas with poor drainage. The results provide relevant phytopathological information for the design of sanitary management strategies in high-altitude Andean coffee plantations.

Keywords: Anthracnose in coffee; fungal diseases of coffee; *Hemileia vastatrix*; *Mycena citricolor*; root rot by *Fusarium* spp.

Recibido: 13-10-2025.

Aceptado: 30-05-2026.



Esta obra está publicada bajo la licencia [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

INTRODUCCIÓN

El café es una de las bebidas más consumidas en el mundo y figura entre los productos básicos más comercializados (ICO, 2022). Aproximadamente 25 millones de personas se dedican al cultivo y producción de café, y unos 500 millones obtienen su sustento directa o indirectamente del negocio y su comercialización (ICO, 2022). A nivel mundial, en 2023, el valor de la producción primaria de café fue estimado en 23 mil millones de dólares, mientras que el comercio internacional superó los 26 mil millones de dólares. No obstante, considerando toda la cadena de valor (desde la producción y procesamiento hasta la distribución y comercialización), se estima que la industria cafetera global genera más de 200 mil millones de dólares anuales (FAOSTAT, 2024; ITC, 2024).

En este contexto global, el Perú participa activamente como el principal país exportador agrícola, con más de 1300 millones de dólares en exportaciones de café (ICO, 2021). Además, es el séptimo exportador mundial de este producto y, después de México, el segundo en café orgánico. Actualmente, cuenta con 425416 hectáreas destinadas al cultivo de café, que representan el 6% del área agrícola nacional, y más de dos millones de peruanos dependen directa o indirectamente de esta actividad (MINAGRI, 2020).

En la región andina del departamento de Piura, la caficultura representa una actividad tradicional de significativa relevancia socioeconómica. Este cultivo se desarrolla entre los 900 y 1500 m s. n. m., principalmente en las provincias de Huancabamba,

Ayabaca y Morropón. Actualmente, estas zonas cuentan con alrededor de 8350 hectáreas cultivadas, beneficiando a más de 16 mil productores en 20 distritos (AgroPerú, 2023). Piura se distingue por la diversidad de variedades cultivadas, entre las que destacan Bourbon, Catimor, Caturra, Geisha, Pache y Típica (DRAP, 2024).

En esta zona, particularmente en los caseríos de Sapse y Coyona, distrito de Canchaque, los caficultores han mejorado progresivamente sus prácticas productivas para responder a las exigencias del mercado internacional. Sin embargo, las enfermedades fúngicas continúan siendo una limitante importante para el desarrollo sostenible del cultivo de café orgánico (Moreno, 2023).

Pese a la creciente relevancia del cultivo de café orgánico en la región, aún existe escasa información actualizada sobre la incidencia y distribución de las enfermedades fúngicas que afectan este cultivo (Moreno, 2023), lo que limita el desarrollo de estrategias modernas de monitoreo y manejo fitosanitario (Shrma & Rahiman, 2024).

En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo caracterizar las principales enfermedades fúngicas presentes en los caseríos de Sapse y Coyona mediante la identificación de sus agentes causales, contribuyendo a la generación de información base para futuros programas de manejo sanitario en cafetales tropicales (Mamani et al., 2026; Nuguse & Kejela, 2024).

METODOLOGÍA

Área de estudio

El estudio se realizó en seis zonas cafetaleras

ubicadas en los caseríos de Sapse y Coyona, Canchaque, Huancabamba, Piura, Perú (Figura 1).

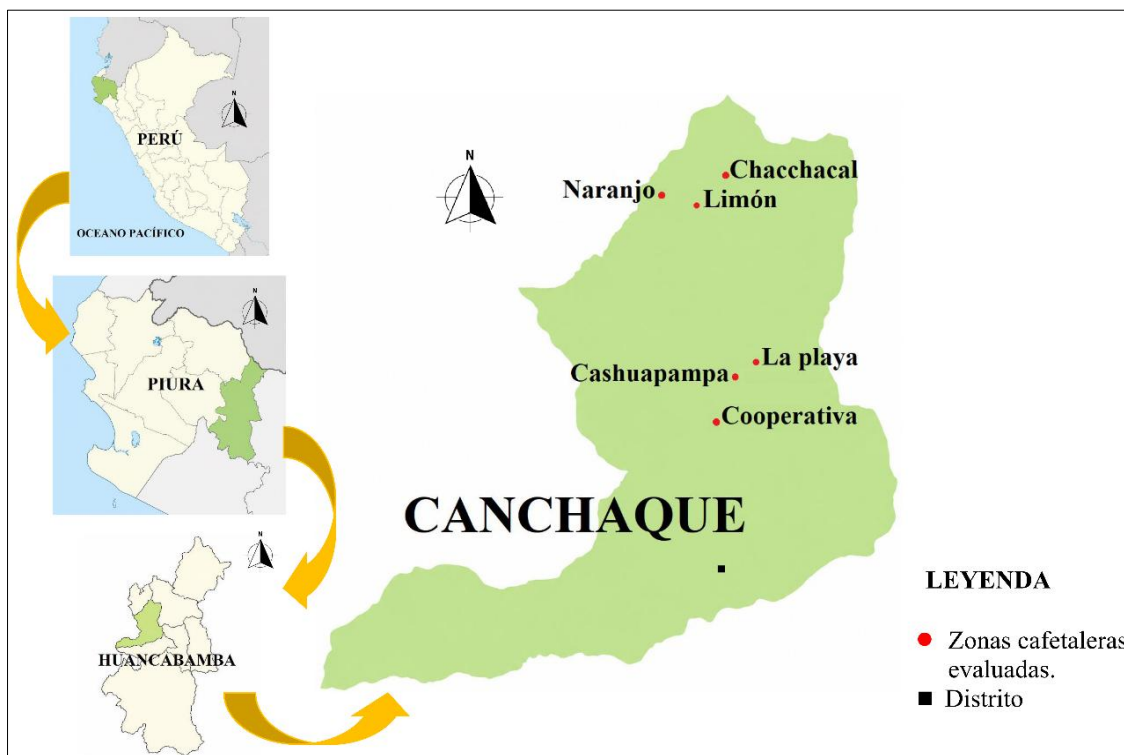


Figura 1. Ubicación de las zonas cafetaleras evaluadas en el distrito de Canchaque, Huancabamba, Piura, Perú.

Las evaluaciones se efectuaron en los sectores Chacchacal, El Limón y Naranjo, correspondientes al caserío de Sapse; y en Cooperativa, Cashuapampa y La Playa, pertenecientes al caserío de Coyona. Las zonas evaluadas se localizaron entre los 1150 y 1430 m s. n. m.

Fase de campo

a. Diagnóstico preliminar

En cada zona de estudio se describieron los síntomas observados, se estimó la incidencia de las enfermedades foliares y se recolectaron muestras frescas para su posterior análisis en laboratorio.

b. Caracterización sintomatológica y muestreo

Se registró de manera detallada la sintomatología en hojas, frutos, ramas y raíces, acompañando el análisis con documentación fotográfica. Las muestras sintomáticas se transportaron en contenedores estériles al Laboratorio para su aislamiento e identificación.

c. Evaluación de incidencia

La incidencia (I) se calculó por parcela con la fórmula de Madden & Hughes (1999):

$$I = \frac{\sum Xp}{\sum Yca}$$

Dónde I: incidencia, Xp: N° de hojas enfermas, Yca: N° total de hojas evaluadas por rama.

En cada parcela (500 m²) Se realizó un recorrido en zig-zag, se seleccionaron al azar 10 plantas para monitoreo mensual.

Fase de laboratorio

a. Aislamiento de patógenos

- **Manchas foliares.** Porciones necróticas (0,5 cm²) se desinfectaron (hipoclorito de sodio 2,5 % v/v, 2 min), se enjuagaron tres veces con agua estéril, secaron y sembraron en Papa Dextrosa Agar (PDA). Las placas se incubaron a 28 °C durante 7 días (oscuridad) y los cultivos puros se conservaron a 5 °C.
- **Royas.** Las uredosporas se extrajeron con pincel, almacenaron en papel aluminio a 4 °C y se evaluaron morfológicamente con microscopio compuesto (Carl Zeiss Mod. KF 2, Oberkochen, Germany).

- **Pudriciones radiculares/vasculares.** Trozos (0,5 cm) de raíz o tallo sintomático se desinfectaron como antes y se incubaron en PDA a 28 °C (7 días).

b. Caracterización de aislamientos

Se registraron color, forma, borde de colonia, tipo de micelio y velocidad de crecimiento. Las estructuras propagativas (100 mediciones por aislamiento) se midieron para definir morfología y biometría. La identificación preliminar se realizó mediante el uso de claves taxonómicas especializadas y literatura científica actualizada, incluyendo las descripciones morfológicas de Barnett & Hunter (1998) y Sutton (1980).

Fase de invernadero

a. Patogenicidad

- **En manchas foliares.** Plantones de café (4–5 meses) se inocularon con discos de 0,5 cm de agar colonizado y se mantuvieron a alta humedad relativa.
- **En frutos (antracnosis).** Frutos verdes y maduros, desinfectados, se inocularon con agar miceliado (0,5 cm) y se incubaron en cámara húmeda a 28 °C.
- **En pudrición radicular.** Plántulas de la variedad Catimor fueron inoculadas por inmersión de raicillas durante 120 minutos en una suspensión conidial (3×10^5 UFC mL⁻¹), preparada a partir de cultivos de 7 días en PDA y ajustada con espectrofotómetro BOECO S-220 (Germany). Tras la inoculación, se colocaron en solución nutritiva Hoagland (600 mL) y se evaluaron durante 21 días usando la escala adaptada por Paz *et al.* (1997), que mide el índice de daño (ID) por *Fusarium* spp. en café. Donde los grados de 0 a 0,4 indican niveles crecientes de estrías necróticas en el cuello, mientras que los grados de 1 a 3 corresponden a muerte de la planta a los 21, 14 y 7 días postinoculación, respectivamente. El ID se calcula con la siguiente fórmula:

$$ID = \frac{n(3) + n(2) + n(1) + n(0,1) + n(0,2) + n(0,3) + n(0,4)}{N}$$

Dónde ID: Índice de daño, n: plantas con el grado de daño respectivo, N: total de plántulas evaluadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aislamiento, caracterización y descripción sintomatológica

a). "Ojo de gallo" — *Mycena citricolor* (fase sexual) / *Omphalia flavida* (fase asexual)

Características culturales y biométricas. Se identificaron dos tipos de cuerpos fructíferos asociados al hongo: Synnemata (también denominadas "gemas"), que corresponden al estado asexual o anamórfico de *Omphalia flavida*, y basidiocarpos, que representan el estado sexual o perfecto de *Mycena citricolor* (Rivillas & Castro, 2011). Las gemas, estructuras pequeñas de color amarillo y morfología similar a un alfiler, facilitan principalmente la diseminación y adherencia del

patógeno a la superficie foliar (Arciniegas, 2021). Por su parte, los basidiocarpos son estructuras de mayor tamaño, con forma de sombrilla, color amarillo intenso y de difícil detección en condiciones de campo. Resultados similares fueron reportados por Arciniegas (2021), quien describió los cuerpos sinnemáticos de *O. flavida* como cabezuelas en forma de alfiler, ensanchadas en la parte superior y aplanadas hacia los bordes. Ambos tipos de estructuras se documentan en la Figura 2. El hongo desarrolló un micelio blanco, de textura algodonosa. Su crecimiento fue evaluado a distintas temperaturas, observándose las siguientes características: a 25 °C, la colonia presentó un

crecimiento circular, de color blanco, con micelio algodónoso, borde regular y una velocidad de crecimiento de 3,8 mm/día. A 30 °C, la colonia adquirió un tono blanco-crema, con micelio algodónoso de aspecto anillado, bordes regulares y una velocidad de crecimiento ligeramente inferior, de 3,62 mm/día, alcanzando en promedio el llenado total de la placa a los 12 días aproximadamente.

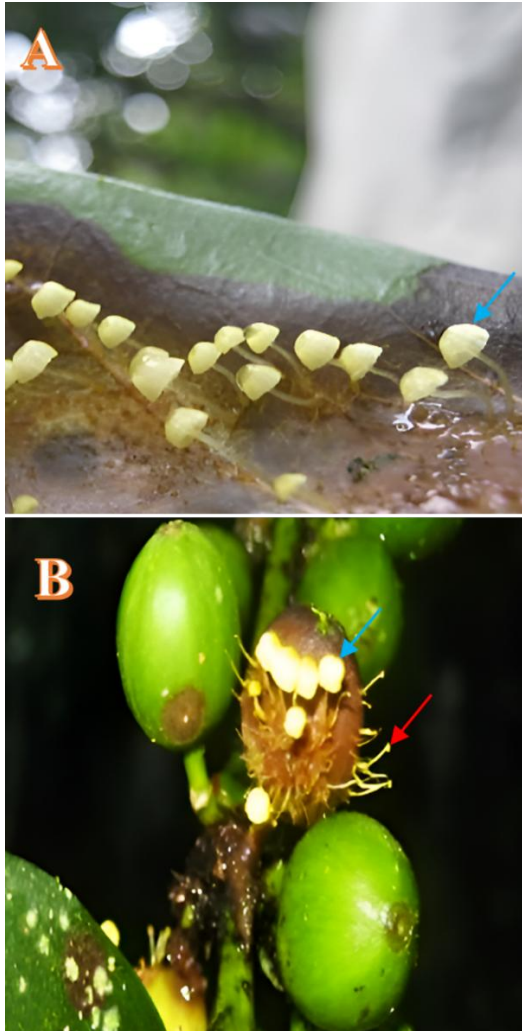


Figura 2. A) Basidiocarpos en hojas de café, correspondientes a la fase sexual de *Mycena citricolor*. Presentan forma de sombrilla, color amarillo intenso y mayor tamaño que las gemas. B) Gemas (flecha roja) y basidiocarpos (flecha azul) en frutos de café. Las gemas corresponden a la fase asexual de *Omphalia flavida*.

Las características morfológicas del micelio se ilustran en la Figura 3. Estos resultados coinciden con lo reportado por Arciniegas (2021), quien observó que los diferentes morfotipos de *Omphalia flavida* cubrieron aproximadamente el 90 % de las cajas de Petri a los 12, 15 y 18 días, dependiendo del aislamiento.

Sintomatología. Se observaron manchas necróticas circulares de 5 – 10 mm de diámetro que inician en el haz foliar, con una coloración que evoluciona de marrón oscuro a pajizo, rodeadas por un borde oscuro bien definido, como se

muestra en la Figura 4B. El tejido afectado se necrosa y se desprende, generando perforaciones en las hojas. Resultados similares fueron reportado por Arciniegas (2021) quien describió lesiones circulares de 1 – 10 mm, inicialmente rojizas o pardas, que se tornan grisáceas con el envejecimiento. En los frutos, las lesiones son hundidas y necróticas (Figura 4A), mientras que en los brotes tiernos se presentan necrosis que debilitan la planta (Figura 4C) (Alhudaib *et al.*, 2023). Además, el micelio de *Mycena citricolor* produce ácido oxálico antes de la penetración en el tejido vegetal, lo que favorece la entrada de la hifa al quelar el calcio de la pared celular y debilitar el hospedero (Rao & Tewari, 1987).

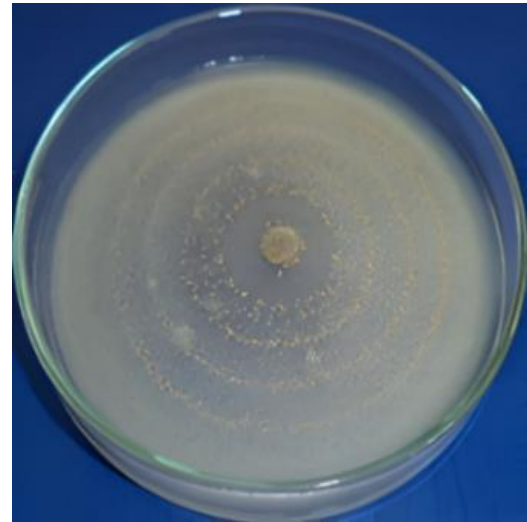


Figura 3. La colonia presentó un micelio blanco, algodónoso, con crecimiento circular y con bordes regulares.

Epidemiología. La incidencia de *Mycena citricolor* es mayor en cafetales ubicados entre los 1200 y 1400 m s. n. m., especialmente en terrazas húmedas y sombreadas, donde la densa cobertura vegetal favorece su desarrollo, lo que sugiere una relación directa con ambientes de alta humedad relativa. Según Avelino *et al.* (2004), la presencia de agua libre, común en estas condiciones, es clave para la liberación y germinación de conidias. Rivillas & Castro (2011) destacan que, en cultivos densos, la enfermedad puede afectar todo el follaje, y que factores como la pendiente y la exposición solar influyen en su severidad, siendo menores los niveles de infección en parcelas bien iluminadas. Estos hallazgos resaltan el papel del microclima y la arquitectura del cultivo en la dinámica de la enfermedad.

b). “Antracnosis” — *Colletotrichum* spp. (fase asexual) / *Glomerella cingulata* (fase sexual)

Características culturales y biométricas. En medio PDA, los aislamientos formaron acérvulos a las 72 horas de incubación, observables en las Figuras 5A y 5B. De estos surgieron conidióforos simples que generaron abundantes conidias unicelulares, cilíndricas y de extremos redondeados, como se muestra en la Figura 5C, con un tamaño promedio de 19,5 × 3,2 μm (Sutton, 1980; Barnett & Hunter, 1998; Huaman *et al.*, 2021).



Figura 4. Síntomas causados por *Mycena citricolor* A) Fruto con lesión inicial redonda y hundida, que evoluciona a una mancha de tono pajizo claro con formación de synemas. B) Hoja con manchas típicas de "Ojo de gallo", con centro oscuro donde se originan las synemas bajo condiciones favorables. C) Planta con defoliación severa inducida por la enfermedad.

A 25 °C, el crecimiento micelial produjo colonias blanco-naranja, de micelio algodonoso, rastrero y borde regular, con una tasa de expansión de 3,76 mm. día⁻¹; a 30 °C, la coloración se mantuvo, aunque el micelio fue más hialino y la tasa disminuyó ligeramente a 3,52 mm. día⁻¹. Liu *et al.* (2020) reportaron tasas similares en *Colletotrichum kahawae*. La rápida formación de acérvulos y la abundante producción de conidias constituyeron caracteres diagnósticos útiles para la identificación del aislamiento, características también reportadas por Tang *et al.* (2025) en

especies de *Colletotrichum* asociadas a frutos de café en Malasia.

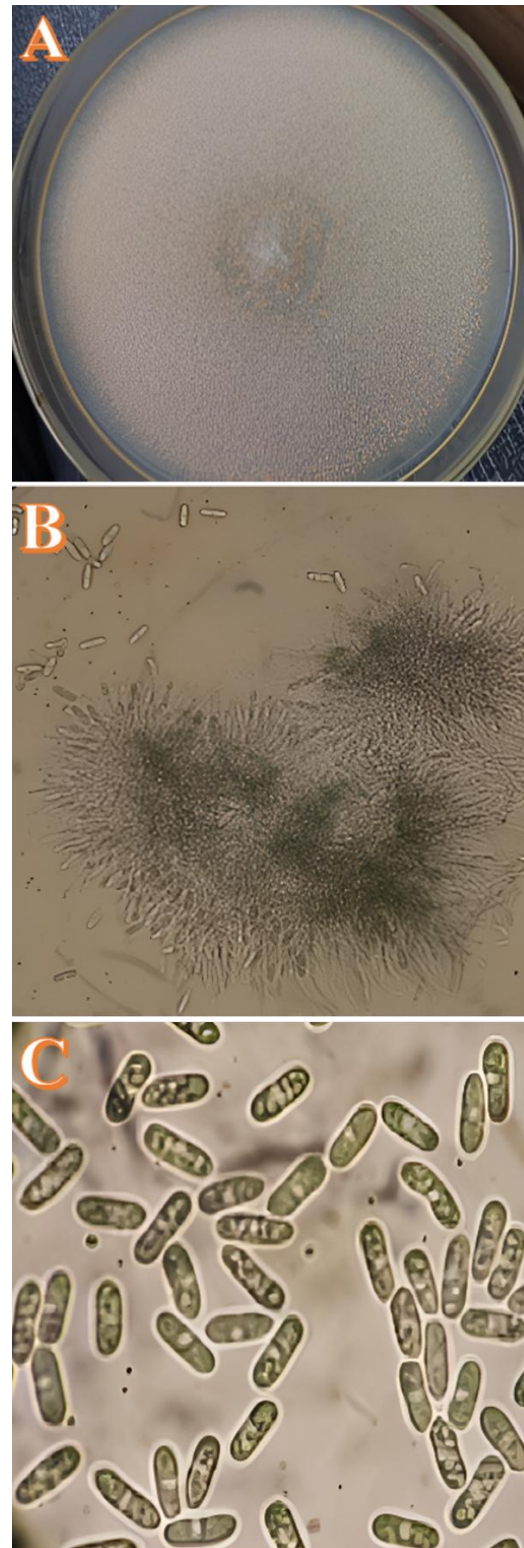


Figura 5. A). Desarrollo del micelio y aparición de acérvulos en medio de cultivo PDA, asociados a la antracnosis. B). Acérvulos y conidias de *Colletotrichum* spp.; C). Conidias hialinas, unicelulares, de forma alargada y bordes redondeados. (Aumento 40×).

Sintomatología. Las lesiones necróticas irregulares en hojas con bordes rojizos y acérvulos bajo alta humedad, junto con necrosis cortical y

defoliación en ramas jóvenes, visibles en la figura N.º 6A, coinciden con lo descrito por Alhudaib et al. (2023), Zhang et al. (2024) y Tang et al. (2025) para infecciones causadas por especies de *Colletotrichum* asociadas a la antracnosis del café. En frutos verdes, las lesiones hundidas forman manchas oscuras y rugosas como se aprecia en la Figura 6B, mientras que en frutos maduros aparecen rodeadas por halos amarillentos, visibles en la Figura 6C, lo que favorece la caída prematura y disminuye la calidad y el rendimiento. Esta sintomatología refleja la variabilidad y severidad típica de la antracnosis, como también señalan Caldwell et al. (2024). Asimismo, los resultados se alinean con estudios que muestran mayor severidad en cafetos con deficiencias nutricionales. Tripathi et al. (2022) destacan que una fertilización equilibrada fortalece las defensas vegetales al mejorar el vigor, modular enzimas redox y promover la síntesis de fitoalexinas, siendo clave para mitigar enfermedades foliares.



Figura 6. Síntomas de antracnosis en café. A) Hojas con manchas irregulares de color marrón, que pueden extenderse y cubrir toda el área foliar. B) Plantas de café con ramas necrosadas y paloteadas; obsérvese (flecha roja) que la necrosis generalmente inicia en los brotes. C) Frutos severamente afectados por la antracnosis.

Epidemiología. La antracnosis presentó mayor incidencia en cafetales con sombra densa y alta humedad relativa, condiciones que favorecen al patógeno, especialmente entre los 1200 y 1400 m s. n. m., como señalan Caldwell et al. (2024). Motisi et al. (2022) señalaron que el microclima generado por la sombra modifica la dispersión de salpicaduras de lluvia y puede influir en la propagación de la coffee berry disease, así como en el período de latencia del patógeno. Además, se ha comprobado que *Colletotrichum kahawae* puede desarrollarse saprofiticamente en residuos vegetales, como la corteza de tallos jóvenes y bayas infectadas remanentes en el suelo, constituyendo una fuente importante de inóculo primario para nuevas infecciones según Alemu (2025). Factores como vientos fríos, lluvias intensas y suelos con limitaciones agronómicas favorecen su establecimiento, resaltando la complejidad epidemiológica de las enfermedades asociadas al caféto (Chauhan, 2025).

c). “Mancha de hierro” — *Cercospora* spp.

Características culturales y biométricas. El aislamiento de *Cercospora* spp. mostró crecimiento lento y micelio grisáceo escaso, con esporulación limitada en PDA, lo cual concuerda con lo descrito por Fuertes et al. (2021), quienes documentaron comportamientos similares en condiciones de laboratorio. Debido a esta limitación, se utilizó tejido foliar infectado proveniente del campo, donde se observó, mediante microscopía, una estructura fúngica característica: conidióforos agrupados en racimos y conidias alargadas, hialinas y septadas, como se muestra en la Figura 7, características también reportadas por Sutton (1980) y Barnett & Hunter (1998). Estas estructuras son diagnósticas del género *Cercospora*, y coinciden morfológicamente con lo reportado por Fuertes et al. (2021), quienes describieron conidióforos fasciculados y conidias multiseptadas de forma filiforme, características distintivas de *C. coffeicola*.

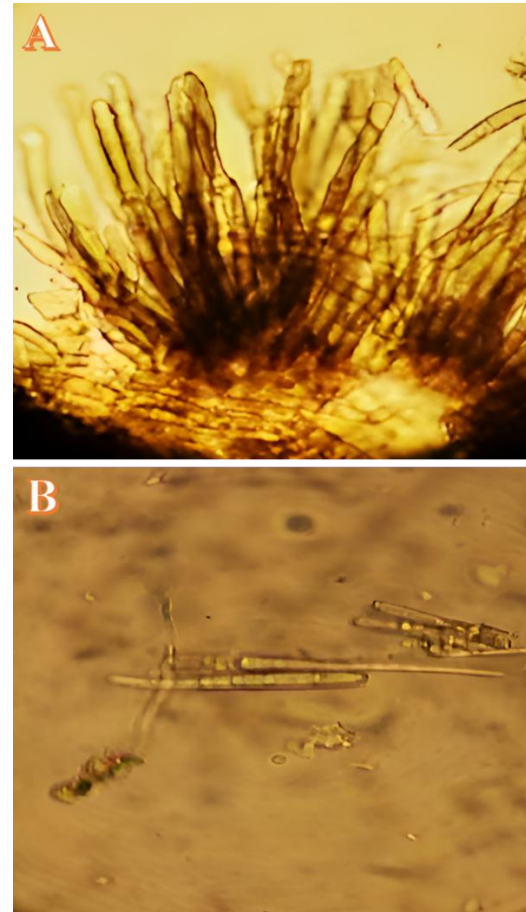


Figura 7. A) Conidióforos agrupados en racimos (clústeres) producidos por *Cercospora* spp.; B) Conidias alargadas, hialinas y septadas.

Sintomatología. Las lesiones características se manifiestan como manchas circulares de hasta 1 cm en haz y envés, con centro gris-pardusco o blanquecino, borde oscuro y halo clorótico amarillento, como describen Vale et al. (2021), quienes reportan manchas circulares con centro grisáceo y halo clorótico causadas por *Cercospora coffeicola*, tal como se observa en la Figura 8B. En

fases avanzadas, la necrosis provoca defoliación generalizada. El hongo también afecta los frutos, generando manchas pardas que desecan la pulpa y reducen su calidad, como puede apreciarse en la Figura 8A. Estos síntomas se han observado en viveros y plantas en distintas etapas, acentuándose en épocas de sequía, según lo indicado por Guerra (2004).



Figura 8. Sintomatología asociada a la “mancha de hierro” en café. **A)** Necrosis de color marrón oscuro en la superficie de los frutos. **B)** Lesiones necróticas foliares con bordes irregulares y halo clorótico de tonalidad amarilla.

Epidemiología. La incidencia la “mancha de hierro” en café puede estar influenciada por condiciones ambientales como la alta radiación solar y el estrés nutricional. Estudios recientes han demostrado que las partes superiores de las plantas de café son particularmente vulnerables al estrés térmico, lo que puede alterar el equilibrio de nutrientes esenciales como el magnesio y el hierro (Chandon et al., 2024). La deficiencia de estos elementos afecta la fotosíntesis, el metabolismo antioxidante y el vigor vegetal, factores que podrían incrementar la susceptibilidad a enfermedades fúngicas como la causada por *Cercospora* spp. (da Silva et al., 2014). Estas observaciones subrayan la importancia de un manejo nutricional adecuado y de prácticas agronómicas que mitiguen el impacto de la radiación excesiva.

d). “Roya” — *Hemileia vastatrix*

Características culturales y biométricas. El hongo presentó una naturaleza biotrófica, sin desarrollo en medio PDA, aunque sus uredosporas germinaron en agar-agua al 0,8 %, formando tubos germinativos curvos. El micelio endofítico generó haustorios intracelulares en el mesófilo foliar, y en las cámaras subestomáticas se originaron estructuras esporulantes (esterigmas) que emergieron por los estomas, produciendo uredosporas visibles como un polvillo amarillo-naranja en el envés de las hojas, como se observa en la Figura 9A. Al microscopio (10×–45×), las uredosporas mostraron forma elipsoidal, con

dimensiones de 29,12 × 25,18 μm, coherentes con lo reportado por Curiñaupa (2022) y Huaman et al. (2021), cuyas descripciones incluyen longitudes entre 28,00 y 35,75 μm y anchos de 18,00 a 28,00 μm. Morfológicamente, recordaban un gajo de naranja, aunque más ovaladas, con ornamentación echinulada compuesta por espinas cortas y rectas distribuidas de forma uniforme, como se aprecia en la Figura 9B. Esta característica también fue destacada por Curiñaupa (2022), quien describió uredosporas de forma redondeada u oval, semejante a un riñón.

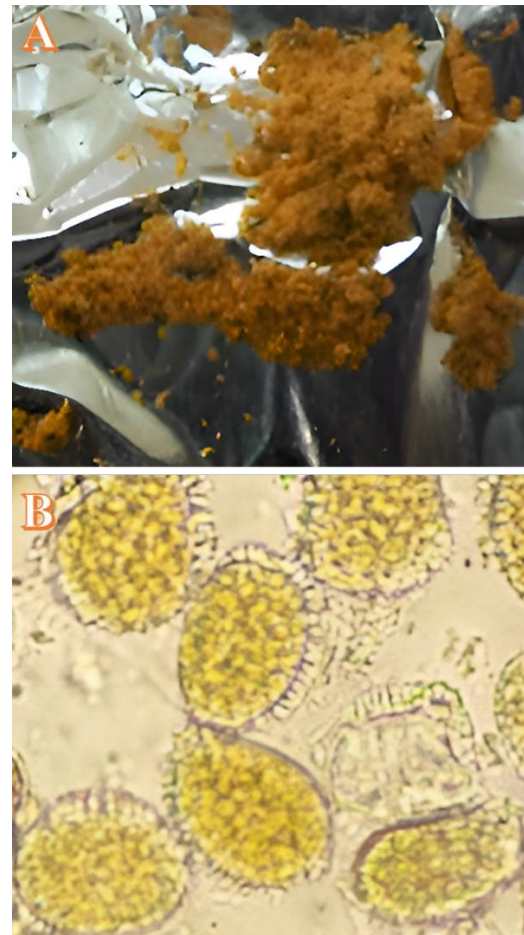


Figura 9. Uredosporas de *Hemileia vastatrix*. **A)** Uredosporas, visibles como un polvillo amarillo-anaranjado. **B)** Uredosporas observadas al microscopio óptico (40×), de forma ovalada y superficie echinulada, con espinas cortas y rectas distribuidas uniformemente.

Sintomatología. En el haz foliar se observaron pequeñas manchas cloróticas de aproximadamente 2 mm, que progresaron a lesiones circulares translúcidas de tono amarillo pálido de hasta 1 cm. En el envés, se evidenciaron pústulas pulverulentas anaranjadas, producto de la esporulación de uredosporas, como se muestra en la Figura 10. Esta secuencia sintomatológica coincide con lo descrito por Curiñaupa (2022) y Rivillas et al. (2011), quienes reportan lesiones iniciales de 1 – 3 mm que se expanden generan abundante esporulación amarilla-anaranjada y evolucionan hacia la necrosis. De acuerdo con Guerra (2004), en fases

avanzadas la enfermedad causa defoliación intensa y reduce significativamente el rendimiento del cultivo.



Figura 10. Lesiones traslúcidas de color amarillo en el haz foliar que evolucionan a manchas marrones; en el envés, se observa un polvillo anaranjado correspondiente a la esporulación de uredosporas.

Epidemiología. La enfermedad se presenta con mayor frecuencia en plantaciones con baja cobertura de sombra, donde genera focos de infección dispersos asociados a microclimas con temperaturas moderadas (20 - 24 °C) y alta humedad, especialmente por la presencia de rocío matutino. Estas condiciones favorecen el desarrollo del patógeno. Gagliardi et al. (2021) respaldan esta relación al evidenciar que una menor densidad de árboles de sombra modifica el microclima, reduciendo su estabilidad y aumentando la incidencia de enfermedades como la roya del café, lo que destaca la importancia del manejo de la sombra como estrategia de control fitosanitario.

e). Pudrición/Marchitez radicular — *Fusarium* spp.

Características culturales y biométricas. Los dos aislamientos en medio PDA a 25 °C y 30 °C desarrollaron micelio rastrero, ramificado, algodonoso y blanco cremoso, con anillos concéntricos, como se observa en la Figura 11A. Esta morfología coincide con Huaman et al. (2021). El crecimiento varió entre 3,8 y 4,2 mm/día, reflejando diferencias térmicas típicas de *Fusarium*. En microscopía se observaron fiálides simples, estructuras conidiógenas presentes en la Figura 11B, junto a microconidias ovales de 7,74 × 5,4 μm y 8,4 × 5,72 μm, y macroconidias curvadas con paredes gruesas y célula basal punteaguda, alcanzando hasta 30,24 × 6,24 μm, tal como se aprecia en la Figura 11C. Las características observadas coinciden con lo descrito por Barnett & Hunter (1998) y Sutton (1980), respaldando la identificación de *Fusarium* spp. y evidenciando su variabilidad morfológica.

Sintomatología. Los síntomas observados incluyeron clorosis unilateral, pérdida de turgencia, necrosis vascular de color café y descortezamiento en raíces, afectaciones típicas de *Fusarium* spp. En las primeras fases, las plantas mostraban signos

iniciales de marchitez, como leve clorosis foliar y reducción del vigor, tal como se muestra en la Figura 12A.



Figura 11. Características morfológicas de *Fusarium* spp. A) Micelio rastrero, ramificado, algodonoso, de color blanco cremoso, con formación de anillos concéntricos. B) Fiálides simples, estructuras conidiógenas. C) Microconidias ovales o elipsoidales y macroconidias curvadas, de paredes gruesas y célula basal punteaguda.

A medida que avanzó la infección, las plantas completamente marchitas y secas evidenciaron la severidad del daño (Figura 12B). Esta progresión es coherente con lo descrito por Agrios (2005), quien documentó estos síntomas como característicos de *Fusarium oxysporum*. López et al. (2020) destacan que este patógeno forma parte de un complejo, reconocidas por su especificidad patogénica y por ser una de las principales causas de marchitez vascular en cafetos.



Figura 12. Síntomas de marchitez inducida por *Fusarium* spp. en café. **A)** Planta de en etapa inicial de marchitez, con pérdida de turgencia y leve clorosis foliar. **B)** Planta completamente marchita y seca, como resultado de la progresión de la infección.

Epidemiología. La enfermedad mostró mayor severidad en zonas con suelos arcillosos compactados y drenaje deficiente, especialmente en hondonadas donde el agua se acumula con facilidad. Estas condiciones favorecen el encharcamiento y generan hipoxia radicular, lo que debilita las plantas y facilita la acción de *Fusarium* spp. Zambolim (2021) señala que “suelos muy húmedos y mal drenados favorecen el desarrollo de la enfermedad”, lo que coincide con lo observado en campo. El drenaje deficiente favorece el encharcamiento y genera condiciones propicias para el desarrollo de *Fusarium* spp. en café. Asimismo, la capacidad adaptativa y la variabilidad genética

presentes en poblaciones de este género podrían favorecer su persistencia en sistemas cafetaleros y dificultar su manejo fitosanitario (Wingfield & Wingfield, 2024; Peck et al., 2024).

Las características culturales, morfológicas y biométricas observadas permitieron identificar los principales géneros fúngicos asociados al cultivo de café en las zonas evaluadas. Sin embargo, la identificación de los aislamientos se basó principalmente en caracteres morfológicos y culturales; por ello, estudios futuros deberán incorporar herramientas moleculares que permitan confirmar la delimitación específica de los taxones obtenidos.

Pruebas de patogenicidad

Los resultados obtenidos en las pruebas de patogenicidad confirman la capacidad infecciosa de los hongos *Colletotrichum* spp., *Mycena citricolor* y *Fusarium* spp. en café (*Coffea arabica* L.), reproduciendo síntomas compatibles con los descritos en la literatura.

Ojo de gallo. La aparición de necrosis circulares en hojas cotiledonales entre los 7 y 15 días postinoculación, como se observa en las figuras N.º 13B y 13C, en comparación con el testigo (Figura 13A), confirma la patogenicidad de *Mycena citricolor* en plántulas de café bajo condiciones experimentales. Estos síntomas coinciden con lo reportado por Escudero et al. (2023), quienes documentaron alta severidad y mortalidad en plantones inoculados con este hongo. La progresión sintomática observada —desde lesiones incipientes hasta necrosis extensas— también es coherente con Granados et al. (2020), quienes señalaron que esta enfermedad puede inducir defoliación severa.

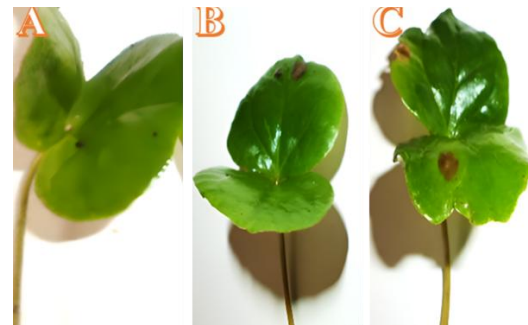


Figura 13. Evaluación de patogenicidad de *Mycena citricolor* en café. **A)** Plántula control (sana). **B)** Hoja cotiledonar a los 7 días postinoculación, con lesión incipiente. **C)** Plántula a los 15 días postinoculación, con lesión necrótica característica de la enfermedad del ojo de gallo.

Antracnosis. Respecto a la antracnosis, tras la inoculación con *Colletotrichum* spp., se evidenció una progresión sintomática en hojas y frutos de café. En hojas, las lesiones necróticas aparecieron hacia los 9 días postinoculación y avanzaron hasta cubrir por completo el limbo a los 28 días, como ilustran las figuras 14A a 14E. En frutos maduros, las lesiones se desarrollaron entre los 9 y 22 días postinoculación, tal como se observa en las figuras

14F a 14J. En frutos verdes, la progresión culminó con la formación de acérvulos visibles, representados en las figuras 14K a 14Ñ. Esta sintomatología coincide con lo descrito por Lu *et al.* (2025), quienes documentaron necrosis en hojas jóvenes y adultas asociadas a *C. siamense* y *C. karstii*, así como con los hallazgos de Alemu (2025), describe en detalle las lesiones oscuras y hundidas en las bayas verdes causadas por *C. kahawae*.

Pudrición radicular. Tras la inoculación por inmersión, se observaron síntomas iniciales como

el descortezamiento de raicillas finas (Figura 15A y 15B), seguido de marchitez a los 14 días y muerte total de las plántulas a los 21 días. Esta evolución sintomática coincide con lo reportado por Gamboa *et al.* (2021), quienes documentaron la capacidad de *F. oxysporum* y *F. solani* para inducir marchitez letal. Al-Faifi *et al.* (2022) también describieron clorosis y muerte progresiva asociadas a infecciones radiculares severas por *F. oxysporum*, respaldando los resultados del presente estudio. Los resultados validan la patogenicidad de los hongos estudiados según los postulados de Koch.

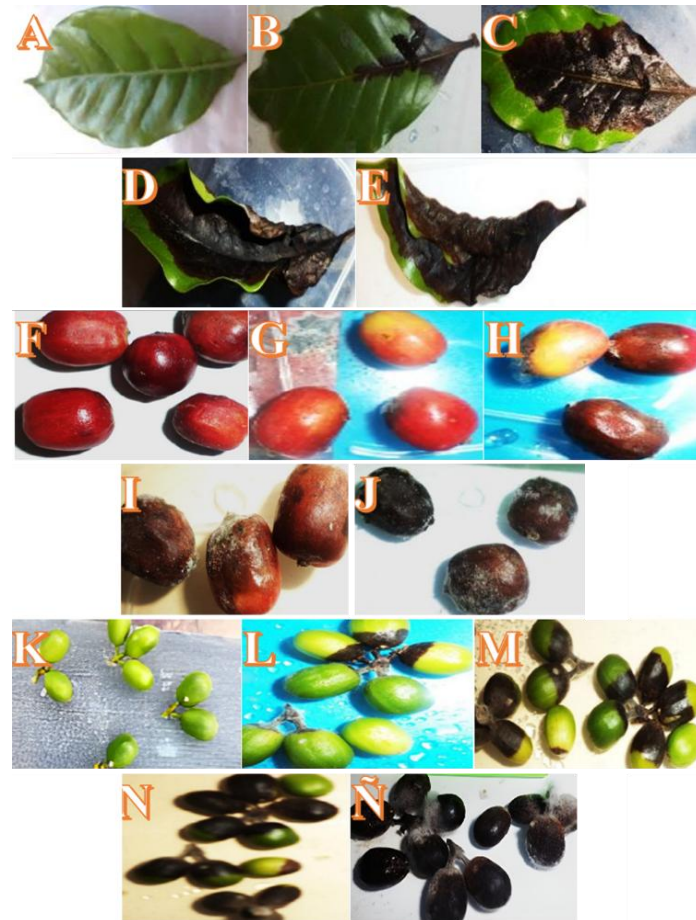


Figura 14. Patogenicidad de antracosis causada por *Colletotrichum* spp. en café. A-E) Hojas: A) control sano; B) 9 días postinoculación (dpi); C) 17 dpi; D) 25 dpi; E) 28 dpi, con necrosis total. F-J) Frutos maduros: F) control sano; G) 9 dpi; H) 15 dpi; I) 18 dpi; J) 22 dpi, con lesiones avanzadas. K-Ñ) Frutos verdes: K) control sano; L) 9 dpi; M) 15 dpi; N) 18 dpi; Ñ) 22 dpi, con necrosis completa y presencia de acérvulos.



Figura 15. A y B. Síntomas iniciales de infección por *Fusarium* sp. en plántulas de café, caracterizados por descortezamiento (Flecha roja) de raicillas tras inoculación por inmersión.

CONCLUSIONES

Se identificaron a *Mycena citricolor*, *Colletotrichum* spp., *Cercospora* spp. y *Hemileia vastatrix* como los principales patógenos foliares en cafetales establecidos entre 1200 y 1400 m s. n. m. La alta incidencia de ojo de gallo y antracnosis se asoció a sombra densa, humedad relativa elevada y la persistencia de inóculo en restos vegetales. La roya se concentró en parcelas con baja cobertura arbórea y microclimas fluctuantes. *Cercospora* spp. mostró relación con estrés térmico y deficiencias de Mg y Fe, mientras que *Fusarium* spp. proliferó en suelos compactados y con drenaje deficiente.

Se recomienda: (i) regular la arquitectura del cultivo para minimizar condiciones predisponentes, (ii) eliminar fuentes de inóculo mediante podas y manejo del dosel, (iii) aplicar un programa nutricional correctivo, y (iv) mejorar el drenaje en zonas críticas. Estas medidas integradas contribuirían a romper ciclos epidemiológicos y reducir la presión de inóculo.

Se sugiere realizar un estudio experimental que evalúe el efecto combinado de la sombra, nutrición mineral y condiciones del suelo sobre la incidencia de enfermedades foliares en cafetales altoandinos.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Piura y a la Central Piurana de Cafetaleros (CEPICAFE) por el apoyo logístico y financiamiento.

DESCARGAS DE RESPONSABILIDAD

Los autores manifiestan que no existen conflictos de interés en este estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrios, G. N. (2005). *Plant Pathology*. 5.ª ed. Academic Press.
- AgroPerú. (2023). *Piura: proyecto beneficia a 16000 caficultores de Huancabamba, Ayabaca y Morropón*. <https://www.agroperu.pe/piura-proyecto-beneficia-a-16-000-caficultores-de-huancabamba-ayabaca-y-morropon/>
- Alemu, K. (2025). Coffee berry disease: a threat to Arabica coffee production in Ethiopia. *Discover Life*, 55(1), 12. <https://doi.org/10.1007/s11084-025-09690-9>
- Al-Faifi, Z., Alsolami, W., Abada, E., Khemira, H., Almalki, G., & Modafar, Y. (2022). *Fusarium oxysporum* and *Colletotrichum musae* associated with wilt disease of *Coffea arabica* in coffee gardens in Saudi Arabia. *Canadian Journal of Infectious Diseases and Medical Microbiology*, 2022(1), 3050495. <https://doi.org/10.1155/2022/3050495>
- Alhudaib, K., Ismail, A. M., & Magistà, D. (2023). Multi-Locus Phylogenetic Analysis Revealed the Association of Six *Colletotrichum* Species with Anthracnose Disease of Coffee (*Coffea arabica* L.) in Saudi Arabia. *Journal of Fungi*, 9(7), 705. <https://doi.org/10.3390/jof9070705>
- Arciniegas Grijalba, P. A. (2021). Uso de nanopartículas de óxido de cinc como control de *Omphalia flavida*, agente causal de "la gotera"; enfermedad del cafeto (*Coffea arabica* L.). <https://core.ac.uk/download/pdf/427675255.pdf>
- Avelino, J., Willocquet, L., & Savary, S. (2004). Effects of crop management patterns on coffee rust epidemics. *Plant pathology*, 53(5), 541-547. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2004.01067.x>
- Barnett, H. L. & Hunter, B. B. (1998). *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. Amer Phytopathological Society. 240 pp.
- Caldwell, M. Y., Mariño, Y. A., Medina, A. G., Serrato-Díaz, L. M., & Bayman, P. (2024). Coffee fruit rot in Puerto Rico: distribution, ecology and associated fungi. *European Journal of Plant Pathology*, 168(3), 527-540. <https://doi.org/10.1007/s10658-023-02781-1>
- Chandon, E., Nualkhaio, P., Vibulkeaw, M., Tisarum, R., Samphumphuang, T., Sun, J., Cha-um, S., & Yooyongwech, S. (2024). Mitigating excessive heat in Arabica coffee using nanosilicon and seaweed extract to enhance element homeostasis and photosynthetic recovery. *BMC Plant Biology*, 24(1), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-05784-0>
- Chauhan, R. (2025). Analyzing the memory-based transmission dynamics of Coffee Berry disease using Caputo derivative. *Adv. Theor. Simul.*, 8, e00373. <https://doi.org/10.1002/adts.202500373>
- Curiñaupa Quispe, M. R. (2022). Prospección, incidencia e identificación de la roya del café (*Hemileia vastatrix* Berk. & Broome) en Kimbiri, La Convención, Cusco - 2019. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/5528>
- da Silva, D. M., Brandão, I. R., Alves, J. D., de Santos, M. O., de Souza, K. R. D., & de Silveira, H. R. O. (2014). Physiological and biochemical impacts of magnesium-deficiency in two cultivars of coffee. *Plant and Soil*, 382(1-2), 133-150. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2150-5>
- Dirección Regional de Agricultura Piura. (2024). Gobierno Regional de Piura cuenta con laboratorio de control de calidad de café. <https://www.gob.pe/es/n/961817>
- Escudero-Leyva, E., Granados-Montero, M. D. M., Orozco-Ortiz, C., Araya-Valverde, E., Alvarado-Picado, E., Chaves-Fallas, J. M., Aldrich-Wolfe, L., & Chaverri, P. (2023). The endophytobiome of wild Rubiaceae as a source of antagonistic fungi against the American Leaf Spot of coffee (*Mycena citricolor*). *Journal of Applied Microbiology*, 134(5), lxad090. <https://doi.org/10.1093/jambio/lxad090>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024). FAOSTAT. <https://www.fao.org/faostat/en/#data>
- Fuertes, M. P., Altuna, J. Y., & Coba, M. M. (2021). Identificación de *Cercospora* spp. como agente causal de mancha foliar en cultivos de uvilla (*Physalis peruviana* L.) en la Sierra norte del Ecuador. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*, 42(2). <https://doi.org/10.26807/remcb.v42i2.899>
- Gagliardi, S., Avelino, J., Virginio Filho, E. D. M., & Isaac, M. E. (2021). Shade tree traits and microclimate modifications: Implications for pathogen management in biodiverse coffee agroforests. *Biotropica*, 53(5), 1356-1367. <https://doi.org/10.1111/btp.12984>
- Gamboa-Becerra, R., López-Lima, D., Villain, L., Breitler, J.-C., Carrión, G., & Desgarenes, D. (2021). Molecular and environmental triggering factors of pathogenicity of *Fusarium oxysporum* and *F. solani* isolates involved in the coffee corky-root disease. *Journal of Fungi*, 7(4), 253. <https://doi.org/10.3390/jof7040253>
- Granados-Montero, M., Avelino, J., Arauz-Cavallini, F., Castro-Tanzi, S., & Ureña, N. (2020). Leaf litter and *Mycena citricolor* inoculum on the American leaf spot epidemic. *Agronomía Mesoamericana*, 31(1), 77-94. <http://doi.org/10.15517/am.v31i1.36614>
- Guerra, B. (2004). Experiencias de manejo de las enfermedades fungosas presentes en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en fincas de pequeños caficultores en la aldea La Montaña, Moyuta, Jutiapa. (Tesis Lic., Universidad de San Carlos, San Carlos, GTM).
- Huaman, A., Torres, M., Ramirez, G., Leiva, S., Sanchez, T., & Oliva, S. (2021). Caracterización morfológica de hongos asociados al agroecosistema café (*Coffea arabica* L.), en el estado de Tabasco, México. *Revista Pakamuros*, 9(3), 44-58. <https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.v9i3.217>
- International Coffee Organization. (2021). *Exports of all forms of coffee by exporting countries to all destinations*. https://ico.org/trade_statistics.asp?section=Statistics
- International Coffee Organization. (2022). *International coffee day*. <https://ico.org/international%20coffee-day/>
- International Trade Centre. (2024). *Coffee Overview*. <https://www.intracen.org/our-work/topics/food%20and-agriculture/coffee>
- Liu, X., Zheng, X., Khaskheli, M. I., Sun, X., Chang, X., & Gong, G. (2020). Identification of *Colletotrichum* species associated

- with blueberry anthracnose in Sichuan, China. *Pathogens*, 9(9), 718. <https://doi.org/10.3390/pathogens9090718>
- López-Lima, D., Carrión, G., Sánchez-Nava, P., Desgarenes, D., & Villain, L. (2020). Fungal diversity and *Fusarium oxysporum* pathogenicity associated with coffee corky-root disease in Mexico. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 52(1), 276–292.
- Lu, Y., Zhang, W., Hu, X., He, C., Liang, Y., Huang, X., Yi, K., & Wu, W. (2025). Diversity and pathogenicity of *Colletotrichum* species causing coffee anthracnose in China. *Microorganisms*, 13(3), 512. <https://doi.org/10.3390/microorganisms13030512>
- Madden, L. V., & Hughes, G. (1999). Sampling for plant disease incidence. *Phytopathology*, 89(11), 1088-1103. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.1999.89.11.1088>
- Mamani, M. M., Catacora, L., Nina, N., Tola, W. D., Cai, F. M., Rydén, J., ... & Dubey, M. (2026). Diversity of *Trichoderma* in the unexplored Bolivian Amazon region and their potential for coffee diseases control. *FEMS Microbiology Letters*, 373, fnaf142. <https://doi.org/10.1093/femsle/fnaf142>
- Ministerio de Agricultura y Riego (Minagri). (2020). Situación actual del café en el país. Lima, Perú. <http://minagri.gob.pe/portal/485-feria-scaa/10775-el-cafe-peruano>
- Moreno-Vásquez, C. M. (2023). Eficacia de fungicidas cúpricos y orgánicos sobre el control de ojo de gallo (*Mycena citricolor* (Berkeley y Curtis)) en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) orgánico en Canchaque, Piura. [Tesis de grado]. Universidad Nacional de Piura.
- Motisi, N., Papaix, J., & Poggi, S. (2022). The dark side of shade: How microclimates drive the epidemiological mechanisms of coffee berry disease. *Phytopathology*, 112(6), 1235-1243. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-06-21-0247-R>
- Nuguse, M., & Kejela, T. (2024). Actinomycetes isolated from rhizosphere of wild *Coffea arabica* L. showed strong biocontrol activities against coffee wilt disease. *Plos one*, 19(8), e0306837. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0306837>
- Paz López, J. C. (1997). Estudios sobre la pudrición radicular del café (*Coffea arabica* var. *typica*) en la sierra de la Región Grau. Universidad Nacional de Piura. 83 págs.
- Peck, L. D., Llewellyn, T., Bennetot, B., O'donnell, S., Nowell, R. W., Ryan, M. J., ... & Barraclough, T. G. (2024). Horizontal transfers between fungal *Fusarium* species contributed to successive outbreaks of coffee wilt disease. *PLoS Biology*, 22(12), e3002480. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3002480>
- Rao, D. V., & Tevari, J. P. (1987). Production of oxalic acid by *Mycena citricolor*, causal agent of the American leaf spot of coffee. *Phytopathology*, 77, 780-785. <https://doi.org/10.1094/Phyto-77-780>
- Rivillas, C. A., Serna, C. A., Cristancho, A., & Gaitán, A. L. (2011). La roya del café en Colombia: Impacto manejo y costos del control. [Informe técnico]. Cenicafe. <http://hdl.handle.net/10778/594>
- Rivillas-Osorio, C. A., & Castro-Toro, Á. M. (2011). Ojo de gallo o gotera del café *Omphalia flavida*. Boletín Técnico Cenicafe, 37, 1–24. <https://doi.org/10.38141/10781/037>
- Sharma, V. S. T., & Rahiman, M. K. (2024). A comparison of CNN and SVM algorithms for the prediction of growth defects in coffee plants for stable yield and fungal diseases. *Interactions*, 245(1), 322. <https://doi.org/10.1007/s10751-024-02135-1>
- Sutton, B. C. (1980). The Coelomycetes, Fungi Imperfecti with Pycnidia. *Acervuli and Stromata*, 470-472.
- Tang, X., Syafiqah-Nadzirah, Z., & Mohd, M. H. (2025). Six *Colletotrichum* species associated with anthracnose disease of coffee berry in Malaysia. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 141, 103019. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2025.103019>
- Tripathi, R., Tewari, R., Singh, K. P., Keswani, C., Minkina, T., Srivastava, A. K., Corato, U., & Sansinenea, E. (2022). Plant mineral nutrition and disease resistance: A significant linkage for sustainable crop protection. *Frontiers in Plant Science*, 13, 883970. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.883970>
- Vale, P. A. S., de Resende, M. L. V., dos Santos Botelho, D. M., de Andrade, C. C. L., Alves, E., Ogoshi, C., da Silva Costa Guimarães, S., & Pfenning, L. H. (2021). Epitypification of *Cercospora coffeicola* and its involvement with two different symptoms on coffee leaves in Brazil. *European Journal of Plant Pathology*, 159(2), 399–408. <https://doi.org/10.1007/s10658-020-02170-y>
- Wingfield, B. D., & Wingfield, M. J. (2024). Gene transfer between fungal species triggers repeated coffee wilt disease outbreaks. *PLoS Biology*, 22(12), e3002901. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3002901>
- Zambolim, L. (2021). Management of soil-borne fungi on coffee. *International Journal of Research in Agronomy*, 4(1), 47–58. <https://doi.org/10.33545/2618060X.2021.v4.i1a.63>
- Zhang, H. L., Xie, Y. L., Chen, H. M., Su, Q. Q., He, J., Su, X. Y., Wu, D. Y., Zhou, H. M., Yu, L. F., & Tan, W. Z. (2024). First report of large-berry coffee (*Coffea liberica*) anthracnose caused by *Colletotrichum kahawae* in China. *Plant Disease*, 108(7), 2236. <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-24-0039-PDN>