

ARTICLE / INVESTIGACIÓN

Identificación y caracterización morfológica de hongos asociados a daños en tuna (*Opuntia ficus-indica*), en la provincia de Chimborazo, Ecuador

Identification and morphological characterization of fungi associated with damage in prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) in the province of Chimborazo, Ecuador

María Fernanda Espinoza Castro¹, Álvaro Mauricio Rivera Casignia¹, Fernando José Rivas Figueroa¹ and Michel Leiva Mora^{2*}DOI: [10.21931/RB/2023.08.03.14](https://doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.14)¹ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur km 1 ½, Riobamba, Ecuador.² Universidad Técnica de Ambato, Laboratorio de Biotecnología, Facultad de Ciencias Agropecuarias (UTA-DIDE), Cevallos, Tungurahua, Ecuador.
Corresponding author: m.leiva@uta.edu.ec

Resumen: La presente investigación tuvo como objetivo realizar la identificación y caracterización morfológica de hongos asociados con síntomas en el cultivo de Tuna en la provincia de Chimborazo, Ecuador, para lo cual se colectaron muestras de cladodios que abarcaron las fases de crecimiento y maduros. Estos presentaban áreas necróticas, manchas cloróticas, hendiduras, pústulas, así como halos. Los muestreos se realizaron en zonas productoras de las localidades de Tunshi, Chingazos, Alacao y el campus principal de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo de la provincia de Chimborazo. Se aislaron los hongos a partir de la siembra directa de porciones de cladodios "afectados" previamente desinfectados. Se utilizó el medio de cultivo Agar Papa Dextrosa (PDA) para obtener los aislados fúngicos. Se obtuvieron un total de 44 aislados de hongos filamentosos quienes fueron identificados en base a las características culturales y morfológicas con el uso de las claves taxonómicas. Dentro de los aislados fúngicos obtenidos prevalecieron los géneros *Alternaria* sp. con una prevalencia del 50%, seguidos por *Fusarium* sp. (9,09%), *Scytalidium* sp. (9,09%), *Cladosporium* sp. (6,82%), *Geotrichum* sp. (6,82%), *Trichoderma* sp. (4,55%), *Armillaria* sp. (2,27%), *Rhizopus* sp. (2,27%) y finalmente hongos no identificados (9,09%). Este estudio es el primer informe realizado en la provincia de Chimborazo sobre especies fúngicas asociadas a este cultivo, lo cual abre un nuevo camino para realizar nuevos estudios moleculares complementarios que permitan precisar la posición taxonómica de aquellos aislados que no pudieron ser clasificados mediante claves taxonómicas.

Palabras clave: Agentes Causales, Caracterización, Identificación, Hongos, Sintomatología.

Abstract: This research aimed to identify and morphologically characterize fungi associated with symptoms in cultivating prickly pear (*Opuntia*) in Chimborazo, Ecuador. Samples of cladodes were collected at different growth stages, including immature and mature stages, exhibiting necrotic areas, chlorotic spots, fissures, pimples, and halos. Sampling was conducted in productive regions of Tunshi, Chingazos, Alacao, and the main campus of the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo in the province of Chimborazo. Fungi were isolated by directly inoculating disinfested "affected" portions of cladodes. Potato Dextrose Agar (PDA) was used as the culture medium to obtain fungal isolates. A total of 44 isolates of filamentous fungi were obtained and identified based on their cultural and morphological characteristics using taxonomic keys. The predominant fungal genera among the isolates were *Alternaria* sp. (50%), followed by *Fusarium* sp. (9.09%), *Scytalidium* sp. (9.09%), *Cladosporium* sp. (6.82%), *Geotrichum* sp. (6.82%), *Trichoderma* sp. (4.55%), *Armillaria* sp. (2.27%), *Rhizopus* sp. (2.27%), and unidentified fungi (9.09%). This study represents the first report conducted in the province of Chimborazo regarding fungal species associated with this crop, paving the way for further complementary molecular studies to determine the taxonomic position of those isolates that could not be classified using taxonomic keys.

Key words: Characterization, Identification, Sympomatology, Causal Agents, Fungi.

Introducción

La tuna (*Opuntia ficus-indica*) es una planta xerófila que pertenece a la familia de las cactáceas es una especie endémica del continente americano, adaptada a regiones áridas y semiáridas. De esta especie vegetal, se conocen diversos usos en la medicina y la nutrición humana¹. Actualmente el consumo del fruto de la tuna ha crecido continuamente en todo el mundo por sus valores nutricionales, como también por sus características sensoriales, proporcionados por el aroma y sabor características de la especie².

En Ecuador de este cultivo se avizora un incremento productivo debido a su alta demanda y consumo de su fruta con un aumento de sus exportaciones a países como Italia, Sudáfrica, Chile e Israel³. Sus frutos son consumidos en forma natural tanto por campesinos como por pobladores locales y son comercializados en los principales mercados del país.

Sin embargo en Ecuador, existe falta de asistencia técnica, investigaciones y desarrollo de tecnologías al alcance

Citation: Espinoza Castro M F, Rivera Casignia Á M, Rivas Figueroa F J and Leiva Mora M. Identificación y caracterización morfológica de hongos asociados a daños en tuna (*Opuntia ficus-indica*), en la provincia de Chimborazo, Ecuador. *Revis Bionatura* 2023;8 (3) 14. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.14>

Received: 28 May 2023 / **Accepted:** 15 July 2023 / **Published:** 15 September 2023

Publisher's Note: Bionatura stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright: © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



de los agricultores para valorizar este recurso y alcanzar altos niveles de producción. Es por ello que varios problemas fitosanitarios afectan a este cultivo como: *Fusarium sp.*, principal agente fitopatógeno que causa la enfermedad conocida como “lágrima de espelma”, tanto en tunaes jóvenes como adultos.

La enfermedad denominada “antracnosis” producida por el hongo *Colletotrichum sp.*, y una asociación de hongos *Alternaria sp.*, y *Capnodium sp.*, que produce la “mancha plateada” generalmente en plantas de más de 5 años puede ocasionar daños en todos los órganos de la planta como: sistema radical, tallo, cladodios y frutos⁴. Cuando la intensidad de los síntomas se incrementa es común observar una disminución de la cantidad y calidad de los frutos⁵.

Los trabajos de investigación científica en Ecuador con respecto a la identificación de agentes causantes de enfermedades en el cultivo de tuna son limitados, lo que dificulta la identificación de los síntomas de las enfermedades y los agentes causales que las provocan, con la aplicación de inadecuadas prácticas de manejo⁶. Acorde con la problemática anteriormente definida, el presente trabajo tuvo como objetivo: identificar y caracterizar morfológicamente hongos asociados a daños en cladodios de *Opuntia ficus-indica* en la provincia de Chimborazo, Ecuador.

Materiales y métodos

Sitio y estudio de muestreo

Se colectaron 44 muestras de cladodios de tuna con la presencia de diferentes síntomas (áreas necróticas, manchas cloróticas, hendiduras, pústulas y presencia de halos) en los meses de septiembre del 2020 a febrero del 2021, en las localidades de Tunshi, Chingazos, Alacao y ESPOCH (Tabla 1). Las muestras fueron debidamente identificadas, georeferenciadas y codificadas.

Los cladodios de tuna enfermos fueron tomados directamente de la planta con ayuda de herramientas previamente desinfectadas como estilete y navaja que permitieron realizar un corte limpio de la muestra. Las muestras fueron envueltas en papel periódico y colocadas separadas en una caja de cartón debidamente etiquetadas con su código, nombre, lugar, fecha de recolección y registradas en la matriz de información. Se mantuvieron las muestras a temperatura ambiente 22-25°C para su inmediato procesamiento en el laboratorio de Sanidad Vegetal de la ESPOCH.

Aislamiento fúngico

El aislamiento de los hongos se realizó en el laboratorio

de Fitopatología de la ESPOCH, en base a la metodología propuesta por Alfenas y Mafia⁷. Las muestras de tuna fueron cortadas con un bisturí aséptico en porciones de 5 a 8 mm del tejido enfermo y desinfectadas con agua corriente por 1 min, luego con alcohol al 70% por 1 min, posteriormente en hipoclorito de sodio al 3% por 5 min, para finalmente lavarlas por 1 min con agua destilada estéril y secadas en papel absorbente estéril antes de la siembra en el medio. Las secciones fueron colocadas en cajas Petri (90 mm de diámetro) con medio de cultivo agar- agua al 3% e incubadas a 25°C ± 1 durante 2 a 7 días. El crecimiento fúngico presente se transfirió a los medios estériles PDA al 3,9%.

Para obtener aislados puros, se realizó a partir del re-aislamiento de colonias fúngicas⁸. Los hongos aislados en condiciones asépticas fueron sembrados con pequeños fragmentos de micelio colocados en el centro de la caja Petri que contenía 20 mL del medio de cultivo PDA al 3,9%. Los cultivos puros fueron registrados e incubados en posición invertida a 25° C a 25° C durante 48h, finalmente después de 15 a 21 días las colonias fueron conservadas a 4°C en refrigerador.

A partir de las colonias puras se realizó el cultivo monospórico del cual se tomó un fragmento de la zona del micelio de la colonia con asas estériles dentro de la cámara de flujo laminar y se sumergió en una suspensión en un tubo de ensayo con 10 ml de agua estéril, luego fue agitado por 1 min y se vertió sobre las cajas Petri con medio Agar- Agua al 2%, inmediatamente se eliminó el exceso de agua de las cajas por decantación. Por último, las cajas Petri se incubaron a 25°C en posición vertical durante 24h. Transcurrido el tiempo, con ayuda de un estereoscopio se localizaron los conidios germinados y se transfirieron de manera individual a cajas de Petri (de 90 mm de diámetro) que contenían cada una 20 ml de medio de cultivo PDA con sulfato de gentamicina al 2,3% y posteriormente fueron incubadas de forma invertida a 25° C hasta la obtención de colonias Balmas *et al* (2000)⁹.

Caracterización e identificación de microorganismos fúngicos

La identificación se realizó mediante la observación y descripción de las colonias crecidas en el medio de cultivo PDA, donde se evaluaron las siguientes características: textura, forma, margen, elevación del crecimiento de los aislados, color del anverso y del reverso de las colonias en base a la escala de colores propuesta por Munsell (Rivas, 2015)¹⁰.

En el análisis morfológico se utilizaron dos técnicas de observación microscópica, las recomendadas por Rivas

LOCALIDAD	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (m)
Tunshi	1,75 °S	78,63 °O	2728,7
Alacao	1,58 S°	78,61 O°	2787,7
Chingazo	1,59 S°	78,62 O°	2853,7
Epoch	1,66 °S	78,68 O°	2830

Tabla 1. Ubicación geográfica de las localidades de estudio de la Provincia de Chimborazo.

(2015)¹⁰ y Giraldo (2016)¹¹ mediante la observación de microcultivos, para ello se promovió previamente la formación de estructuras reproductivas en medio de cultivo Spezieller Nährstoffarmer Agar (SNA). La primera fue a partir de la preparación de láminas portaobjeto con una gota de lactoglicerol con azul de metileno la cual se colocó sobre la porción de micelio y se cubrió con el cubreobjetos para su observación microscópica de las estructuras reproductivas.

En la segunda técnica para desarrollar el microcultivo se utilizó una caja de Petri estéril, dentro de ella se colocó 1 vidrio fusible en forma de triángulo como soporte para el portaobjetos estéril que poseía una porción de 1x1cm de Spezieller Nährstoffarmer Agar (SNA) y el fragmento del hongo se inoculó en los cuatro extremos del Agar. El microcultivo se incubó durante 3 a 7 días y posteriormente se observó con el uso de un microscopio Carl Zeiss (Axiocam 205) para determinar la presencia y características de hifas, conidióforos y conidios de cada aislado.

Se registraron en una base de datos la formación de esporas, forma y color de los conidios; también como ausencia o presencia de septos, pigmentos, ausencia o presencia de filídes, clamidosporas, ascas, basidios, esporangios, rizoides, conidióforos y conidios. Para la identificación de las especies de hongos según los criterios morfológicos, se utilizaron las siguientes claves taxonómicas de Barnett y Hunter (1999), Balmás *et al.*, (2000: pp.16-22).

Resultados y discusión

Determinación de síntomas y signos presentes en los cladodios de tuna

Se observaron áreas necróticas, manchas cloróticas, hendiduras, pústulas y presencia de halos, considerando el patrón de distribución. La sintomatología observada en los diferentes cladodios de Tuna se detalla a continuación:

En la sintomatología tipo A se reconocieron manifestaciones en el cladodio con diferente progreso de la enfermedad como áreas cloróticas alrededor de las espinas o heridas las cuales después se tornaron a formas irregulares de color pardo y con aspecto necrosado. En estado avanzado se evidenciaron manchas que se rodearon de un polvillo gris o pardo que dio lugar a una mancha de color pardo que

cubrió la totalidad de los cladodios (Figura 1).

La sintomatología tipo B se caracterizó por áreas necróticas con depresión desde el centro, de forma circular, de color marrón oscuro, con bordes acuosos o de colores naranjas a marrón oscuro. Se observó la presencia de exudado de color blanquecino o crema (Figura 2).

La sintomatología tipo C se definió por la presencia de necrosis, clorosis sin un patrón definido con agrietamiento sobre la superficie de la epidermis de los cladodios (Figura 3).

La sintomatología tipo D se identificó como una necrosis irregular de color marrón claro a blanco con agrietamientos en la superficie de la epidermis presente en bordes y la parte interna de la mayoría del cladodio (Figura 4).

La sintomatología tipo E se representó por pústulas de color amarillo naranja de forma circular sobre superficie del cladodio (Figura 5).

Aislamiento, identificación y caracterización de los microorganismos fúngicos asociados al cultivo de tuna

Las colonias que se desarrollaron en el medio de cultivo PDA mostraron diferentes características morfológicas macroscópicas y microscópicas. El color y el tipo de micelio fueron las principales características que se consideraron para seleccionar los 6 microorganismos fúngicos morfológicamente diferentes después de los 8 días de incubación a 25°C. A continuación se presentan los resultados de caracterización e identificación:

Morfotipo 1: *Alternaria sp.*

El crecimiento de la colonia del género *Alternaria sp.* en medio de cultivo PDA presentó una apariencia algodonosa de color blanco en el anverso y color negro parduzco en su reverso que con el tiempo se tornaron grisáceas (Figura 6A). Del mismo modo reflejó una forma circular con elevación media y márgenes enteros a ondulados¹⁴. Microscópicamente, las estructuras morfológicas del género *Alternaria sp.* mostraron hifas septadas o tabicadas con tonalidades levemente marrón (Figura 6 B). Los conidióforos fueron simples con uno o varios conidios de color marrón claro a oscuro (Figura 6 C) con formas elipsoides u ovoides, con un pico cónico corto aproximadamente con cinco septos transversales y en varios tamaños (Figura 6 D).

Estos resultados referentes a las caracterización ma-

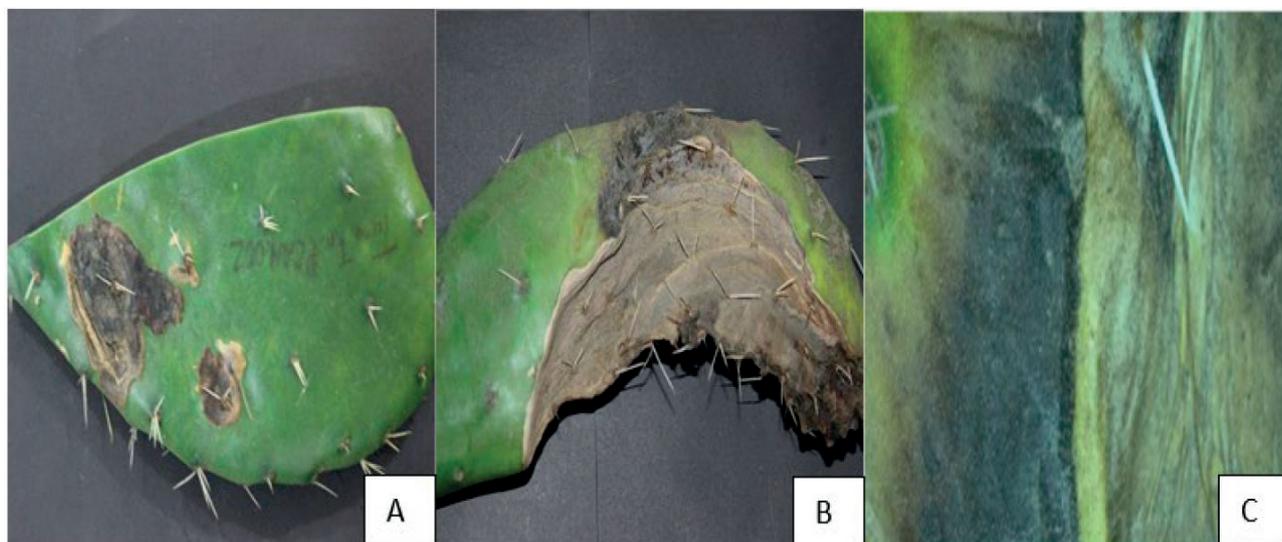


Figura 1. Sintomatología tipo A en los cladodios de Tuna (*Opuntia ficus indica* (L.) Mill) (A-B). Área necrótica de formar irregular (C) Vista parental en el estereoscopio.

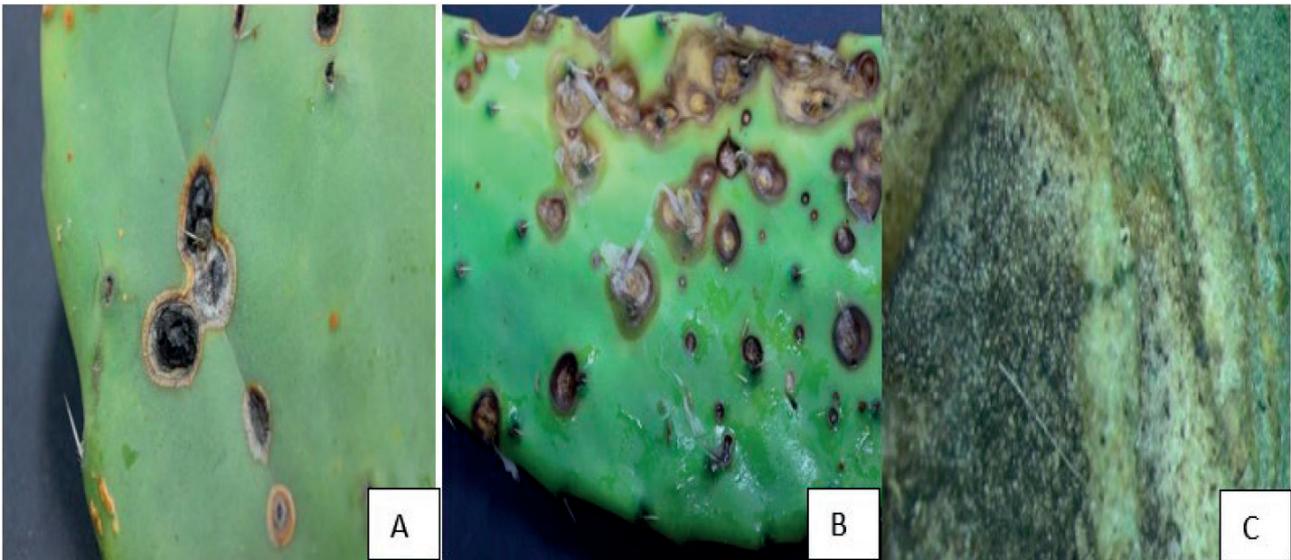


Figura 2. Sintomatología tipo B en los cladodios de Tuna (*Opuntia ficus indica* (L.) Mill) (A-B). Necrosis de forma circular y exudados (C). Vista bajo el estereoscopio.

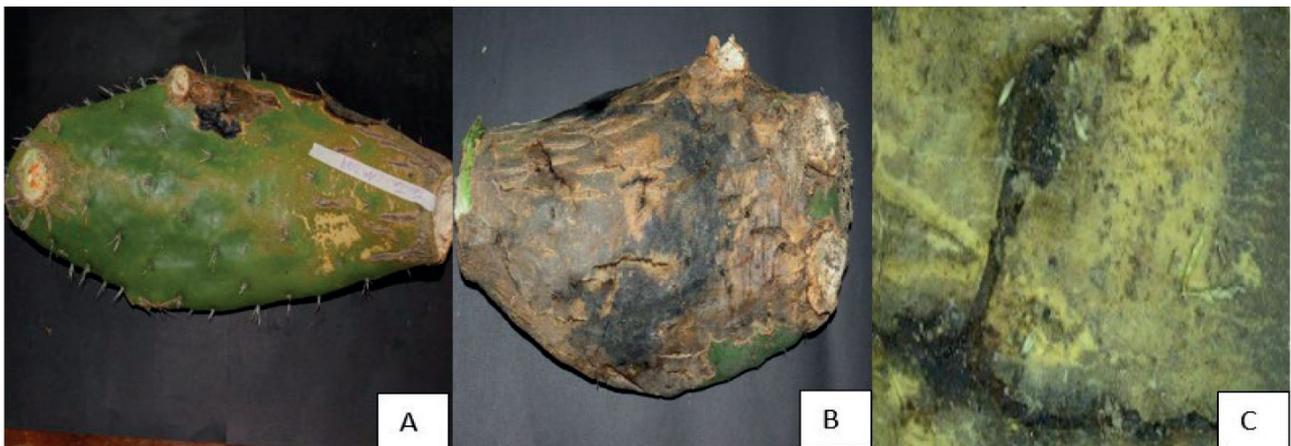


Figura 3. Sintomatología tipo C en los cladodios de Tuna (*Opuntia ficus indica* (L.) Mill) (A-B). Presencia de clorosis y área negruzcas (C). Vista parental en el estereoscopio.



Figura 4. Sintomatología tipo D en los cladodios de Tuna (*Opuntia ficus indica* (L.) Mill) (A-B) Necrosis irregular con agrietamientos (C) Vista parental en estereoscopio.

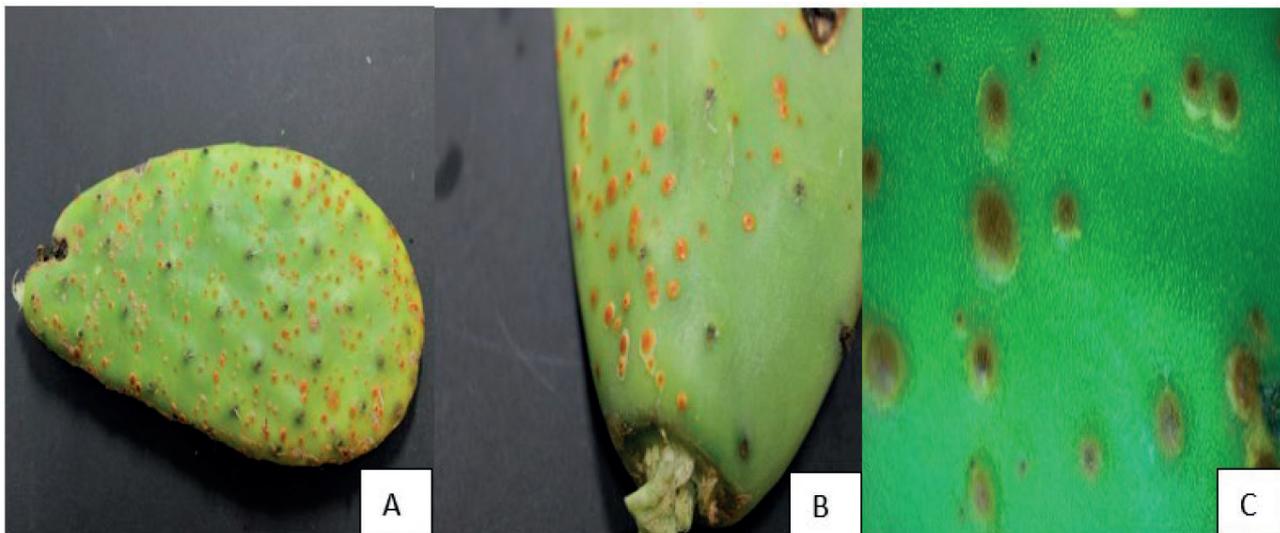


Figura 5. Sintomatología tipo E en los cladodios de Tuna (*Opuntia ficus indica* (L.) Mill) (A- B) Pústulas anaranjadas (C) Vista parental en el estereoscopio.

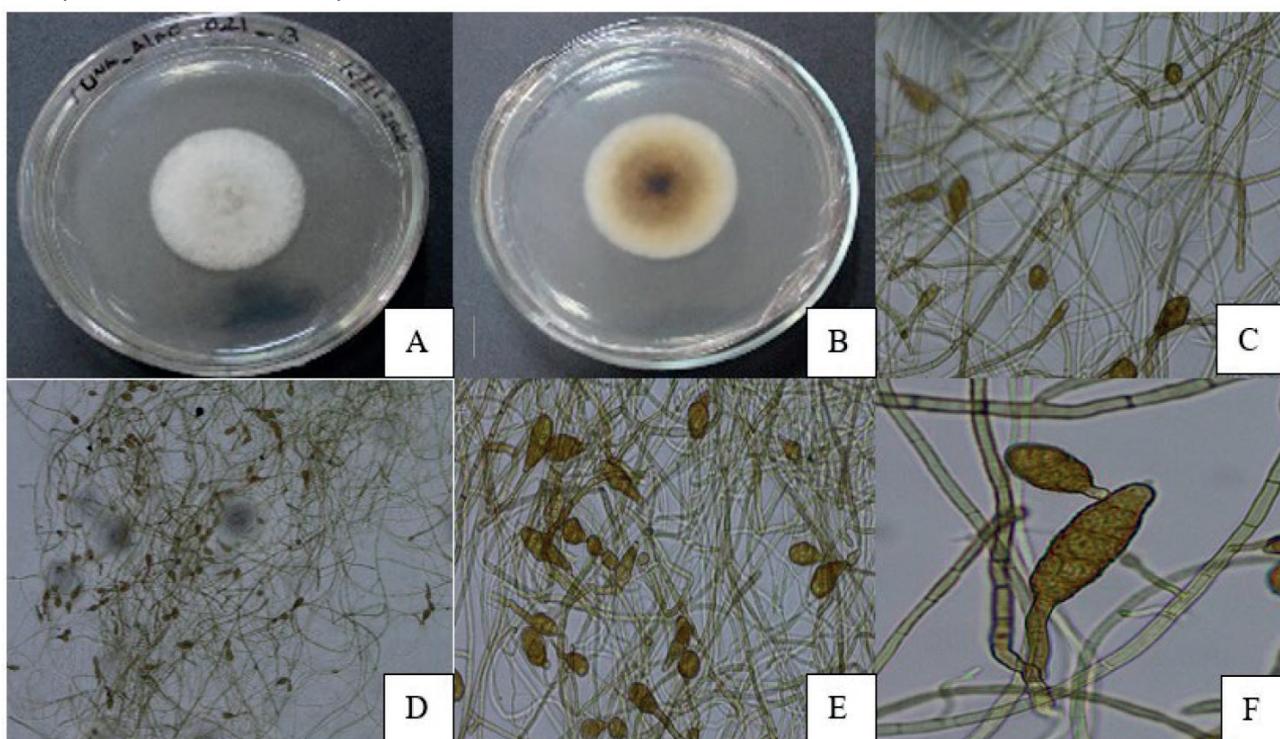


Figura 6. Caracterización macroscópica y microscópica de *Alternaria sp.* aislado de Tuna (*Opuntia ficus indica* (L.) Mill) (A) Anverso de la colonia en PDA (B) Reverso de la colonia en PDA (C-D) Conidióforos con lente 20x y 40x (E) Hifas septadas (F) Conidios.

macroscópica y microscópica¹⁴ de los aislados perteneciente al género *Alternaria* concuerdan a los obtenidos por Ellis (1971)¹² así como López *et al.* (1999) sp.

Morfotipo 2: *Fusarium sp.*

El crecimiento de la colonia de *Fusarium sp.* en medio de cultivo PDA presentó una apariencia algodonosa de color gris claro rojizo en el anverso y color marrón rojizo en su reverso¹⁶ (Figura 7); las colonias mostraron forma filamentososa con elevación media y márgenes filamentosos¹⁴. El aislado de *Fusarium sp.* presentó macroconidios relativamente curvados en forma de gancho con 3- 4 septos (Figura 7 A), los microconidios se formaron en falsas cabezas en forma ovoide (Figura 7 B), se observaron monofialides

en forma de frasco o de bolos así como polifialides (Figura 7 C). Finalmente, los microconidios son de forma ovoide o elipsoidal (Figura 7 D). No presentaron clamidosporas. Estos resultados referentes a su caracterización macroscópica y microscópica concuerdan a los obtenidos por Balmás *et al.*, (2000)⁹ y Leslie y Summerell (2006)¹⁵ para este género.

Morfotipo 3: *Scytalidium sp.*

El crecimiento de la colonia del género *Scytalidium sp.* en medio de cultivo PDA presentó una apariencia de textura viscosa de color amarillo a naranja para ambas caras de la caja Petri (Munsell, 2009)¹⁶ (Figura 8.). Las colonias tuvieron forma circular con elevación plana y márgenes

erosionados (Madigan, 2009)¹⁴. Microscópicamente, las estructuras morfológicas del género *Scytalidium* sp. presentaron hifas modificadas septadas o tabicadas con tonalidades ligeramente de color marrón (Figura 8 A).

Los conidios formaron artroconidios en cadenas y alargados (Figura 8C). Estos resultados referentes a su caracterización macroscópica y microscópica concuerdan con *Neoscytalidium dimidiatum* (Penz.) y coincide con los

obtenidos por Crous *et al.* (2006) y Phillips *et al.* (2013) de Crous y Slippers¹⁷, Dy *et al.*, (2022)¹⁸ para el género *Neoscytalidium* sp.

Morfotipo 4: *Trichoderma* sp.

El crecimiento de la colonia del género *Trichoderma* sp. en medio de cultivo PDA presentó una apariencia algodonosa de color blanco al inicio y luego tornaron rápidamente

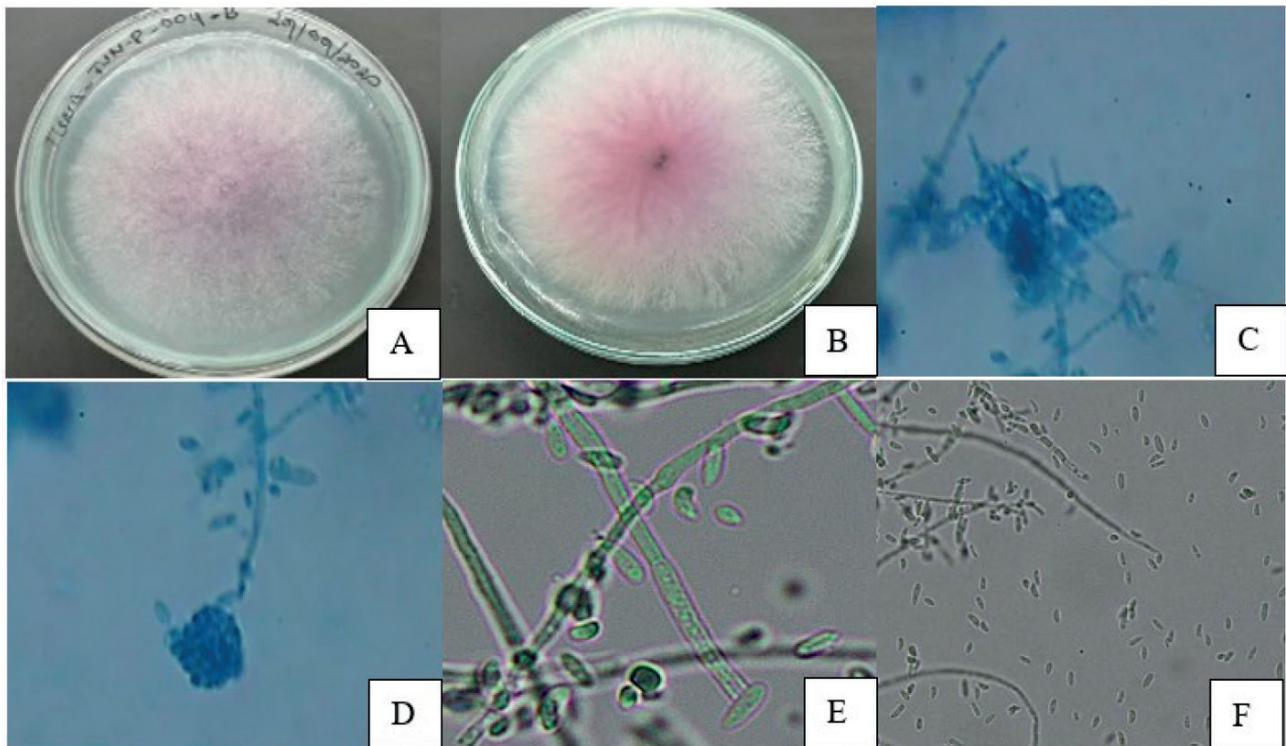


Figura 7. Caracterización macroscópica y microscópica de *Fusarium* sp. aislado de Tuna (*Opuntia ficus indica* (L.) Mill) (A) Anverso de la colonia en PDA (B) Reverso de la colonia en PDA (C) Macroconidios (D) Falsas cabezas (E) Monofialides (F) Microconidios.

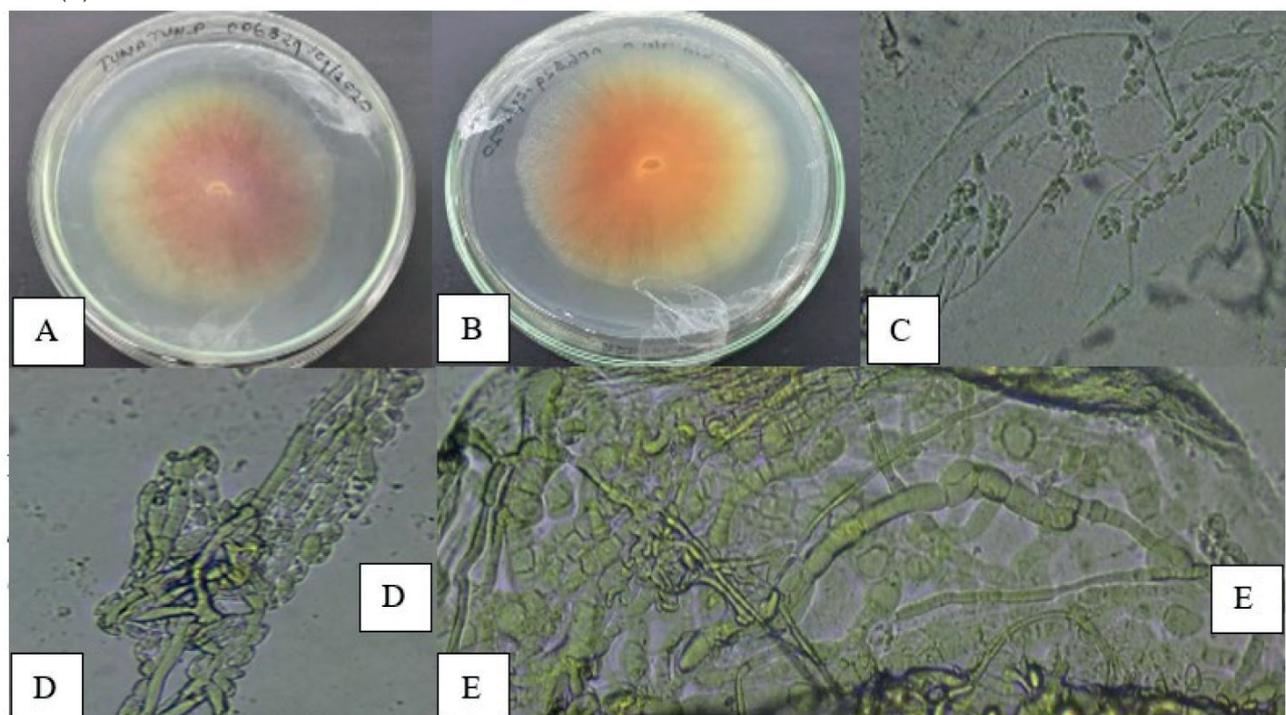


Figura 8. Caracterización macroscópica y microscópica de *Scytalidium* sp. aislado de Tuna (*Opuntia ficus indica* (L.) Mill) (A) Anverso de la colonia en PDA. (B) Reverso de la colonia. C, D y E Arthroconidios en cadenas y en forma rectangulares alargados.

a color negro aceituna para ambas caras de la colonia a medida que transcurrió el tiempo (Munsell, 2009)¹⁶ (Figura 9). Del mismo modo se observó una forma rizoide con elevación umbonada y márgenes filamentosos (Madigan, 2009)¹⁴. Microscópicamente, las estructuras morfológicas del género *Trichoderma sp.* mostraron hifas hialinas tabicadas de paredes lisas. Los conidióforos fueron simples, no ramificados con fiáldes terminales en forma cilíndrica (Figura 9 A-C), asimismo los conidios en fialosporas ovoides o elipsoides (Figura 9 B), con tonalidades ligeramente verde, aparentemente lisas, que se producen solas y sucesivamente se acumulan en el extremo de cada fiálide para formar una cabeza globosa (Figura 9 D). Estos resultados referentes a su caracterización macroscópica y microscópica fueron similares a los obtenidos por Singh y Sharma (2020)¹⁹.

Morfotipo 5: *Geotrichum spp.*

El crecimiento de la colonia del género *Geotrichum spp.* en medio de cultivo PDA presentó una apariencia viscosa de color blanco para ambas caras de la caja Petri el anverso y el reverso¹⁶ (Figura 10); Del mismo modo reflejó una forma irregular con elevación plana y márgenes erosionado (Madigan)¹⁴. Las estructuras morfológicas del género *Geotrichum spp.* mostraron hifas hialinas, tabicadas o septadas de forma rectangular (Figura 10 A), que da origen a los conidios del mismo color (Figura 10 D) a partir de arthroconidios en cadenas y en forma rectangulares alargados con extremos truncados (Figura 10 B-C). Estos resultados referentes a su caracterización macroscópica y microscópica son similares a los obtenidos por Raghuwanshi²⁰.

Morfotipo 6: *Cladosporium sp.*

El crecimiento de la colonia del género *Cladosporium sp.* en medio de cultivo PDA presentó una apariencia aterciopelada de color gris en el anverso y color negro aceituna

en su reverso (Munsell)¹⁶ (Figura 11.); Del mismo modo reflejó una forma circular con elevación plana y márgenes enteros (Madigan, 2009)¹⁴. Microscópicamente, las estructuras morfológicas del género *Cladosporium sp.* mostraron hifas hialinas a oscuras y septadas. Los conidióforos ramificados y septados de color oscuro (Figura 11 A). Los conidios unicelulares que se presentaron en cadenas simples y cortas de forma ovoide o elipsoide con pico cónico corto en un extremo y de color olivo claro a oscuros (Figura 11 C). Estos resultados referentes a su caracterización macroscópica y microscópica concuerdan con los obtenidos por Laureano-Ahuelicán²¹.

Frecuencia de los aislados fúngicos asociados al cultivo de Tuna.

Los hongos que fueron aislados con mayor frecuencia fue el género *Alternaria sp.*, luego siguieron los siguientes géneros: *Fusarium sp.*, *Cladosporium sp.*, *Scytalidium sp.*, *Trichoderma sp.*, *Geotrichum sp.*, *Armillaria sp.* y *Rhizopus sp.* (Tabla 2).

La prevalencia del género *Alternaria sp.* fue mayor debido a que es un hongo fitopatógeno con gran importancia causante de daños en cladodios y frutos que tiene la capacidad por sí solo de causar enfermedades en varias plantas de la familia Solanácea y cactácea²², capaz de debilitar a la planta, lo cual facilita el ingreso del saprófito *Cladosporium sp.* Asimismo, varias especies de *Alternaria sp.* se han reportado como saprófito debido a heridas²³, las cuales son producto de las podas consecutivas, además, en la plantación se encuentran insectos principalmente hemípteros que provocan lesiones al alimentarse. Similarmente, el crecimiento y roce entre los cladodios generan daño mecánico que facilita el ingreso de patógeno²⁴.

La frecuencia relativa a nivel de los género obtenidos por localidad arrojó los siguientes resultados: *Alternaria* (ESPOCH 71,40%, Tunshi 56,3%, Alacao 50% y Chingazos

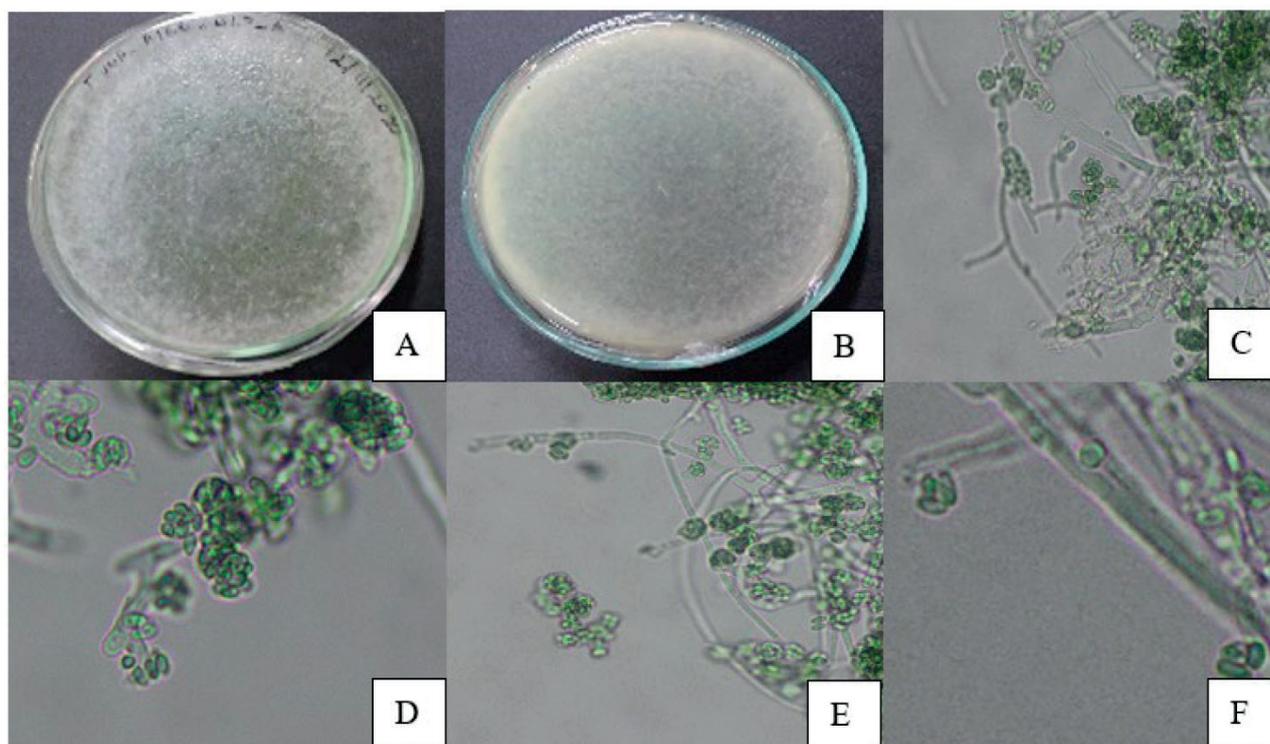


Figura 9. Caracterización macroscópica y microscópica de *Trichoderma sp.* aislado de Tuna (*Opuntia ficus indica* (L.) Anverso de la colonia en PDA (B) Reverso de la colonia en PDA (C-D) Conidióforos ramificados (E) Fialosporas. (F) Conidios.

27,3%); *Scytalidium* (ESPOCH 14,30% y Tunshi 18,86%), *Fusarium* (Tunshi 18,80% y Chingazos 9,1%); *Armillaria* (Tunshi 6,30%); *Geotrichum* (Alacao 10% y Chingazos 18,20%); *Trichoderma* (Alacao 20%); *Cladosporium* (Chingazos 9,1%) (figura 12).

Conclusiones

Se identificaron y clasificaron cinco tipos de síntomas asociados a los cladodios de la tuna en la provincia de Chimborazo: áreas necróticas negras (síntoma A), necro-

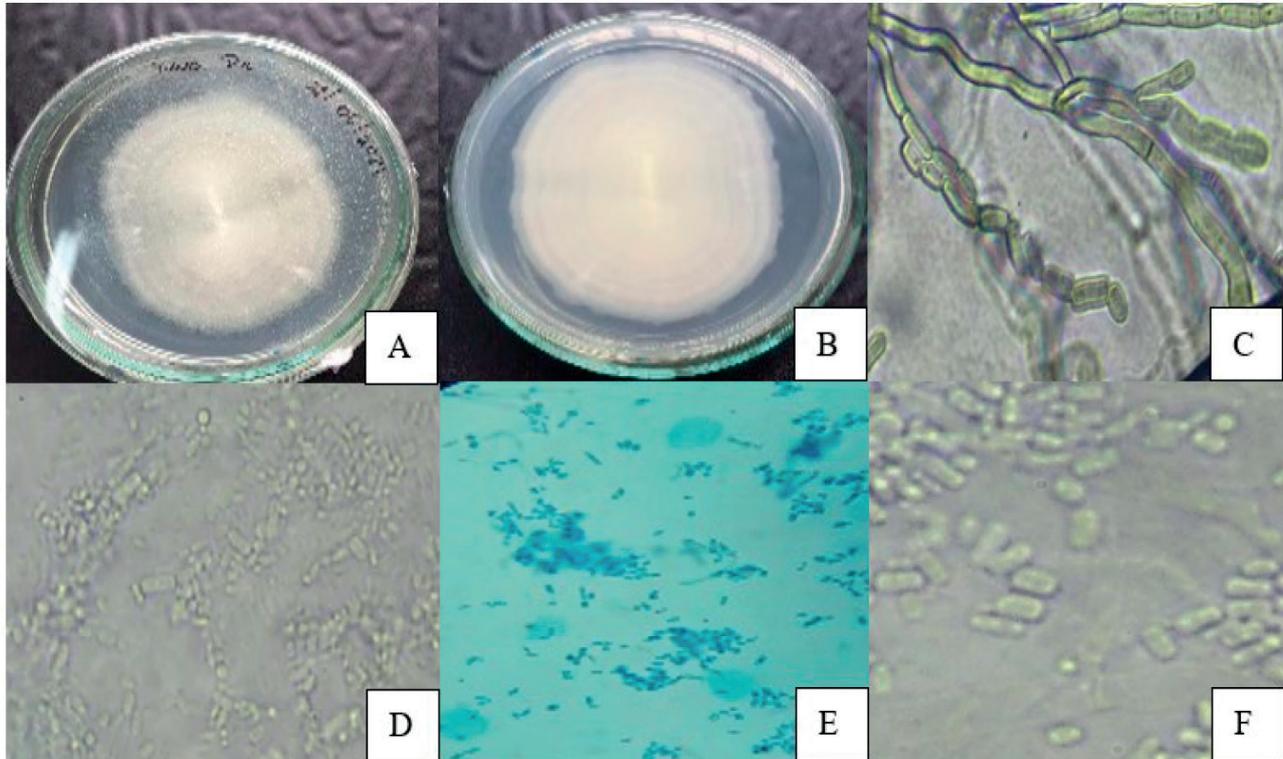


Figura 10. Caracterización macroscópica y microscópica de *Geotrichum* sp. aislado de Tuna (*Opuntia ficus indica* (L.) Mill) Anverso de la colonia en PDA (B) Reverso de la colonia en PDA (C) Hifas septadas. (D-E) Antroconidios (F) Conidios.

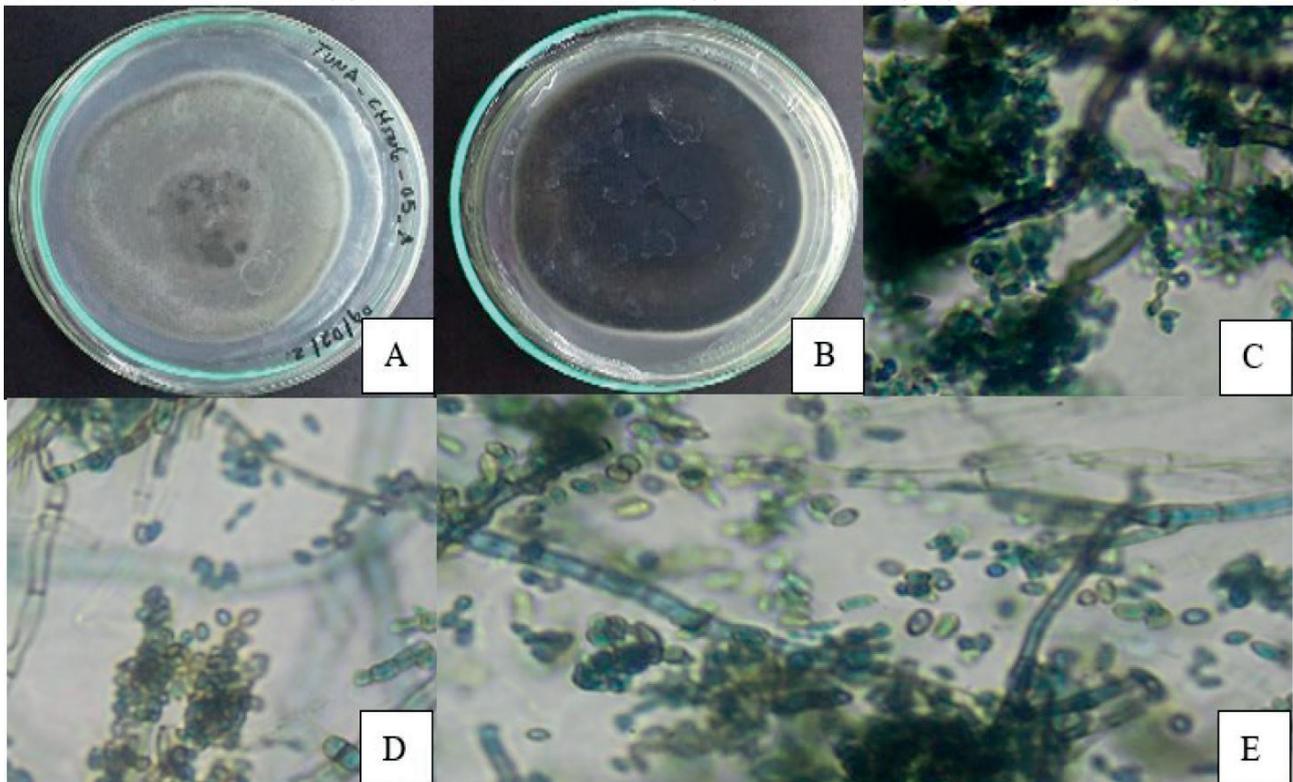


Figura 11. Caracterización macroscópica y microscópica de *Cladosporium* sp. en *Opuntia ficus indica* (L.) Mill). Anverso de la colonia en PDA (B) Reverso de la colonia en PDA (C) Conidióforo. (D-E) Conidios.

Hongo fitopatogeno	Número de aislados	Porcentaje
<i>Alternaria sp.</i>	22	47,03
<i>Fusarium sp.</i>	4	9,09
<i>Scytalidium sp.</i>	4	9,09
No indentificados	4	9,09
<i>Cladosporium sp.</i>	3	6,82
<i>Geotrichum sp.</i>	3	6,82
<i>Cladosporium sp.</i>	3	6,82
<i>Rhizopus sp.</i>	1	2,27
<i>Armillaria sp.</i>	1	2,97

Tabla 2. Frecuencia de Hongos aislados obtenidos de los cladodios de Tuna (*Opuntia ficus indica* (L.) Mill) en las diferentes localidades de la provincia de Chimborazo.

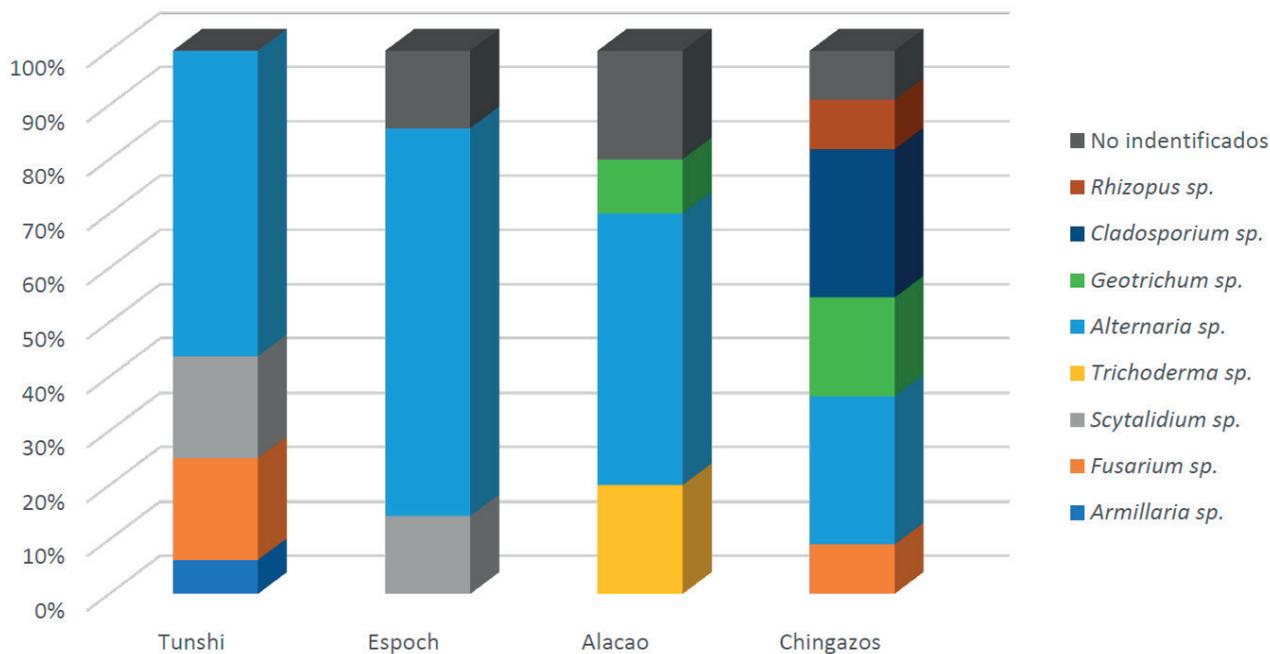


Figura 12. Frecuencia relativa a nivel de género obtenidos de los cladodios de tuna (*Opuntia ficus indica* (L.) en las diferentes localidades de la provincia de Chimborazo.

sis circular con exudados cremosos o blancos (síntoma B), clorosis y áreas negras (síntoma C), necrosis irregular con grietas de color marrón a blanco (síntoma D), y presencia de pústulas anaranjadas (síntoma E).

Se aislaron un total de 44 microorganismos fúngicos a partir de cladodios de tuna con síntomas visibles en diferentes localidades productoras. Los síntomas observados en los cladodios incluyeron áreas necróticas, manchas cloróticas, hendiduras, pústulas y halos de varios colores, como gris, café oscuro, negro y naranja.

Se identificaron y caracterizaron diferentes géneros de microorganismos fúngicos en los cladodios de tuna, destacando la presencia predominante del género *Alternaria sp.*

(47,03%), seguido de *Fusarium sp.* (9,09%), *Scytalidium sp.* (9,09%), *Cladosporium sp.* (6,82%), *Geotrichum sp.* (6,82%), *Trichoderma sp.* (4,55%), *Armillaria sp.* (2,27%), *Rhizopus sp.* (2,27%) y un 9,09% correspondiente a hongos no identificados.

Contribuciones de los autores

Conceptualización, Michel Leiva Mora y Fernando Rivas Figueroa; Metodología María Fernanda Espinoza Castro y Álvaro Mauricio Rivera Casignia; software, María Fernanda Espinoza Castro y Fernando Rivas Figueroa validación; Michel Leiva Mora, María Fernanda Espinoza Castro y Álvaro Mauricio Rivera Casignia análisis formal; María

Fernanda Espinoza Castro y Fernando Rivas Figueroa recursos, María Fernanda Espinoza Castro, Álvaro Mauricio Rivera Casignia y Michel Leiva Mora, redacción borrador original; Michel Leiva Mora, redacción, revisión y edición; Fernando Rivas Figueroa; supervisión, Michel Leiva Mora; María Fernanda Espinoza Castro administración del proyecto; María Fernanda Espinoza Castro y Fernando Rivas Figueroa adquisición del financiamiento, Todos los autores han leído y están de acuerdo con la versión publicada del manuscrito.

Conflictos de Interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Referencias bibliográficas

1. Feugang JM, Konarski P, Zou D, Stintzing FC, Zou C. Nutritional and medicinal use of Cactus pear (*Opuntia* spp.) cladodes and fruits. *Front Biosci (Landmark Ed)*. 2006;11:2574-2589.
2. Barboza-Mejía MJ, Velásquez-Barreto FF. Efecto del tratamiento térmico en la aceptabilidad del néctar mixto de tuna (*Opuntia ficus-indica*) con aguaymanto (*Physalis peruviana* L.). *Rev Invest Agropecu Sci Biotechnol*. 2022;2(3):01-13.
3. De Gante AM, Akaki PP. Comercialización, industrialización, transformación y problemática de la tuna en la región de Zumpango, Estado de México. En: *Variación climática e impactos en la producción agrícola, Centro-Occidente de México*. 177.
4. Conforto C, Lima NB, Silva FJA, Câmara MPS, Maharachchikumbura S, Michereff SJ. Characterization of fungal species associated with cladode brown spot on *Nopalea cochenillifera* in Brazil. *Eur J Plant Pathol*. 2019;155:1179-1194.
5. Sortino G, Inglese P, Farina V, Gullo G, Allegra A. The role of mucilage of *Opuntia ficus-indica* Mill. on sweet cherry fruit during storage. In: *X International Congress on Cactus Pear and Cochineal: Cactus-the New Green Revolution in Drylands*. Vol 1343. September 2022:323-330.
6. Swart WJ. Strategies for the management of cactus pear diseases: a global perspective. In: *VI International Congress on Cactus Pear and Cochineal*. Vol 811. October 2007:207-216.
7. Alfenas AC, Mafia RG. *Métodos de Fitopatología*. 2a Ed. Viçosa, Brasil: Editora UFV; 2016. pp. 59-63.
8. Kadhoda-Hematabadi S, Mohammadi H, Sohrabi M. Morphological and molecular identification of plant pathogenic fungi associated with necrotic wood tissues of pomegranate trees in Iran. *J Plant Pathol*. 2023;1-15.
9. Balmas V, Santori A, Corazza L. Le specie di *Fusarium* più comuni in Italia. Suggestimenti per il loro riconoscimento. *Petria Giornale di Patol delle Piante*. 2000;10(1):1-60.
10. Rivas-Figueroa F. Etiología y caracterización del cogollo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en San Lorenzo, Esmeraldas, Ecuador [tesis doctoral]. Santa Clara, Cuba: Central "Marta Abreu" de las Villas; 2015. pp. 36-38. [Consulta: 14 de Diciembre de 2020]. Disponible en: <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/6889/Tesis%20Dr.%20Fernando%20Rivas%20Figueroa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
11. Giraldo Naranjo SJ, Villa Ramos AF. Caracterización morfológica y metabólica de los hongos filamentosos asociados a la rizósfera de plantas arvenses en la zona cafetera [en línea] (Trabajo de titulación). (Bacteriólogo) Universidad Católica de Manizales, Facultad de Salud. Manizales-Colombia. 2016. p. 28. [Consulta: 2020-07-12]. Disponible en: <http://repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/bitstream/handle/10839/1320/Sara%20Jain%20Giraldo%20Naranjo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
12. Ellis MB. *Dematiaceous hyphomycetes*. Dematiaceous hyphomycetes. 1971.
13. López MO, et al. Manual para la identificación de los hongos fitopatógenos de la caña de azúcar en Cuba. *Acta Botánica Cubana*. 1999.
14. Madigan M, et al. *Biología de los microorganismos*. 12ma ed. Madrid, España: Pearson Educación, S.A; 2009. p. 321.
15. Leslie JF, Summerell BA. *Fusarium laboratory workshops—A recent history*. *Mycotoxin Research*. 2006;22(2):73-74.
16. MUNSELL Color. *Munsell Color Charts for Plant Tissues*. New Windsor, New York-United States of America: Munsell Color; 1977. pp.2-17.
17. Crous P, Verkley G, Groenewald J, Samson R. *Fungal Biodiversity*. CBS-KNAW; 2006. ISBN 978-90-70351-77-9.
18. Dy KS, Wonglom P, Pornsuriya C, Sunpapao A. Morphological, molecular identification and pathogenicity of *Neoscytalidium dimidiatum* causing stem canker of *Hylocereus polyrhizus* in southern Thailand. *Plants*. 2022;11(4):504.
19. Singh P, Sharma M. Cultural and Morphological Characterization of Antagonistic *Trichoderma* Isolates. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*. 2020;9(3):1041-1048.
20. Raghuvanshi S, Prasher IB, Shehnaz. Optimal Growth and Ligninolytic Enzyme Production by *Geotrichum europaeum*. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*. 2023;93(2):451-459.
21. Laureano-Ahuelicán B, Moreno-Velázquez M, Hernández-Ramos L, Alvarado-Rosales D, Saavedra-Romero LDL, Quezada-Salinas A, Martínez-Domínguez E. Etiology of black scab on prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) in Mexico. *Revista mexicana de fitopatología*. 2021;39(2):329-338.
22. NABAHAHAT, et al. *Alternaria* species associated with early blight epidemics on tomato and other Solanaceae crops in north-western Algeria. *Eur J Plant Pathol*. 2023;1:1-17.
23. Kumar N, Dutta R, Ajay BC, Radhakrishnan T. *Alternaria* leaf blight (*Alternaria* spp.)—an emerging foliar fungal disease of winter-summer groundnut (*Arachis hypogaea*): A review. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*. 2022;92(9).
24. Francesco ALOI, Giambra S, Schena L, Surico G, Antonella PANE, Gusella G, Cacciola SO. New insights into scabby canker of *Opuntia ficus-indica*, caused by *Neofusicoccum batanagarum*. *Phytopathologia Mediterranea*. 2020;59(2):269-284.