



Aproximación a la microbiota dérmica del grupo *Craugastor fitzingeri* (*Craugastoridae*, *Anura*), a lo largo de un gradiente ambiental en Bahía Málaga, Buenaventura, Colombia

Approach to the dermal mycobiota of the *Craugastor fitzingeri* group (*Craugastoridae*, *Anura*), along an environmental gradient in Bahía Málaga, Buenaventura, Colombia

Río Marroquín-Franco^{*}, Julian Herrera Ríos^{**}, Weiller Joel Perez Garcia^{***}

RESUMEN

Introducción: Los anfibios, clado determinante para la diversificación y evolución de los vertebrados terrestres, enfrentan actualmente amenazas significativas a nivel global, a causa de infecciones dérmicas producidas por hongos; no obstante, la interacción entre hongos y anfibios es clave para la salud del hospedero y la conservación de los ecosistemas donde habitan. **Objetivo:** Comparar la riqueza y composición fúngica entre zonas; boscosas, intermedias y urbanizadas; e identificar morfotipos recurrentes asociados a los diferentes tipos de hábitat, analizando las implicaciones ecológicas para la conservación. **Metodología:** El muestreo se realizó durante tres noches por un equipo de cuatro biólogos, desde un área urbanizada hasta un bosque nativo en Bahía Málaga, Buenaventura, Colombia; los individuos fueron capturados durante máximo 1 hora, en la cual se les tomó un frotis de su piel con hisopos esterilizados, colocándolos en tubos Falcon con medio nutritivo y antibiótico. Las muestras se transportaron en una nevera a 2-8 °C a la Universidad de Antioquia, donde se sembraron en cajas de Petri con Agar Sauro, se monitorearon diariamente y se describieron las colonias aisladas, se realizaron diferentes controles para verificar la contaminación del medio y del ambiente, y la identificación se desarrolló mediante microscopía óptica. **Resultados:** Se lograron aislar cepas representantes de los géneros *Fusarium*, *Penicillium*, *Phialophora* y *Trichosporon*, junto con otros 19 morfotipos de hongos filamentosos que lograron ser cultivados. **Conclusión:** La diversidad fúngica aislada del grupo *C. fitzingeri* evidencia el potencial ecológico de los anuros como importantes reservorios de microbiota en su epidermis. Estos hallazgos establecen un referente para explorar interacciones hongo-huésped en ambientes tropicales, relevante para estudios de salud y conservación de anfibios. **Palabras claves:** hongos; ranas; anfibios; micología; herpetología; terrarana; ecología microbiana; biodiversidad.

^{*} Semillero de Investigación y Creación La Funga Colectiva, Instituto de Biología, Universidad de Antioquia.

^{**} Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia.

^{***} Facultad de Ingeniería, Tecnológico de Antioquia

Recepción: 08/10/2024. Aceptación: 21/05/2025

Cómo citar este artículo: Marroquín-Franco R., Herrera Ríos J., Pérez García WJ. Aproximación a la microbiota dérmica del grupo *Craugastor fitzingeri* (*Craugastoridae*, *Anura*), a lo largo de un gradiente ambiental en Bahía Málaga, Buenaventura, Colombia. Hechos Microbiol. 2025;16(1):. DOI: 10.17533/udea.hm.v16n1a02

ABSTRACT

Introduction: Amphibians, a clade crucial for the diversification and evolution of terrestrial vertebrates, currently face significant global threats due to fungal skin infections. However, the interaction between fungi and amphibians is key to host health and the conservation of their ecosystems. **Objective:** To compare fungal richness and composition across forested, intermediate, and urbanized zones, identifying recurring morphotypes associated with different habitat environments, and analyze their ecological implications for conservation. **Methodology:** Sampling was conducted over three nights by a team of four biologists, spanning from an urbanized area to a native forest in Bahía Málaga, Buenaventura, Colombia. Individuals were captured for a maximum of one hour, and skin samples were taken using sterilized cotton swabs, placed in Falcon tubes with nutrient medium and antibiotics. Samples were transported at 2–8 °C to the Universidad de Antioquia, where they were cultured on Sauro Agar Petri dishes, monitored daily, and isolated colonies were described. Multiple controls were implemented to verify medium and environmental contamination. Identification was performed using optical microscopy. **Results:** Representative strains of the genera *Fusarium*, *Penicillium*, *Phialophora*, and *Trichosporon* were isolated, along with 19 additional culturable filamentous fungal morphotypes. **Conclusion:** The fungal diversity isolated from *C. fitzingeri* highlights the ecological role of anurans as important reservoirs of mycobiota in their epidermis. These findings establish a baseline for exploring host-fungus interactions in tropical environments, relevant to amphibian health and conservation studies.

Keywords: fungi; frogs; amphibians; mycology; herpetology; microbial ecology; biodiversity.

Introducción

En las últimas décadas, las investigaciones sobre la asociación simbiótica entre hongos y animales ha experimentado un notable incremento, dado el papel determinante de la funga en el microbioma específico del hospedero, siendo crucial para la conservación de especies, poblaciones, comunidades y ecosistemas [1,2].

En particular en la clase Amphibia, la composición de las comunidades bacterianas y fúngicas asociadas a la piel han demostrado tener una relación significativa con su estado de protección inmune o infección microbiana [3,4]; además, se ha comprobado que los anuros actúan como dispersores de hongos oportunistas, esto abre nuevas posibilidades para investigaciones transdisciplinarias [5]. Sin embargo, la diversidad y función ecológica de la microbiota dérmica en anfibios neotropicales, sigue presentando vacíos críticos especialmente en paisajes antropizados.

En Colombia, la diversidad de anfibios se encuentra entre las más ricas del mundo, con más de 800 especies de ranas y sapos (orden Anura) registradas [6]; no obstante, de estas, 281 especies se encuentran bajo algún grado de amenaza según los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) [7]. Una de las principales causas del declive mundial, es la enfermedad infecciosa quitridiomycosis, causada por el hongo *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd) Longcore, Pessier & D.K. Nichols (Batrachochytriaceae, Rhizophydiales); dicha especie es responsable de la disminución de más de 700 especies de anfibios y de 90 presuntas extinciones [8, 9, 10]; incluidas dos especies del género *Craugastor* (Craugastoridae), *Craugastor omoensis* McCranie & Wilson, y *Craugastor anciano* Savage, McCranie & Wilson que no se han vuelto a ver en los últimos 50 años [11,12].

El género *Craugastor* está compuesto por 115 especies que se distribuyen desde el sur de Estados Unidos hasta el noroeste de Colombia y Ecuador, a través de hábitats tropicales y subtropicales [13]; el Grupo *Craugastor fitzingeri* Schmidt, está compuesto por nueve especies, de las cuales cinco presentan distribución en Colombia, *Craugastor crassidigitus* Taylor, *Craugastor metriosistus* Ospina-Sarria, Angarita-Sierra & Pedroza-Banda, *C. fitzingeri*, *Craugastor longirostris* Boulenger, y *Craugastor raniformis* Boulenger, las tres últimas reportadas para el distrito de Buenaventura (Fig. 1), y se consideran organismos modelo debido a que se encuentran entre las especies más abundantes en los ecosistemas donde habitan [14, 15, 16], por lo que podrían tener un papel importante en la red trófica, la estructura de las comunidades microbianas y la salud de los ecosistemas [17,18].

Rebollar y colaboradores en el 2018, analizando metagenómicamente la piel de *C. fitzingeri*, encontraron

que en su epidermis cohabitan una gran diversidad de microorganismos; dichas comunidades son indispensables para su supervivencia las cuales producen metabolitos antifúngicos clave para combatir patógenos como Bd, debido a la presencia de genes asociados a sistemas de secreción, biopelículas y resistencia a antimicrobianos que protegen activamente al hospedero y aseguran una defensa constante, incluso ante cambios ambientales [18], por ello, resulta pertinente explorar las interacciones micodérmicas en dicho grupo de anuros con el fin de generar conocimiento útil para la conservación de los linajes dentro de Anfibia, ya que se desconoce cómo los hongos saprofitos u oportunistas colonizan su piel en ambientes con disturbio humano, un factor clave para entender la resiliencia de estos anfibios en paisajes fragmentados [19]; se hipotetiza que la perturbación antrópica podría alterar las comunidades micodérmicas de dos formas, i) favoreciendo hongos generalistas (con mayor tolerancia a

estrés ambiental [20], o ii) reduciendo la diversidad de taxones especializados [21]. Esto tiene implicaciones prácticas, ya que algunos microorganismos podrían actuar como protectores competitivos contra Bd [18].

En el presente estudio se caracterizó por primera vez la diversidad de hongos cultivables en la piel de *C. fitzingeri* a lo largo de un gradiente antrópico en Buenaventura (Colombia), con tres objetivos: 1) comparar la riqueza y composición de morfotipos fúngicos entre zonas boscosas, intermedias y urbanizadas; 2) Identificar géneros fúngicos recurrentes y su posible asociación con el hábitat y, 3) discutir las implicaciones ecológicas de estos hallazgos para la conservación de anfibios en paisajes modificados.

Los resultados evidenciaron que la piel del grupo *C. fitzingeri* actúa como reservorio de hongos oportunistas, con mayor diversidad en zonas antrópicas, sugiriendo que estos anuros podrían ser bioindicadores de cambios microbianos inducidos por actividades humanas.

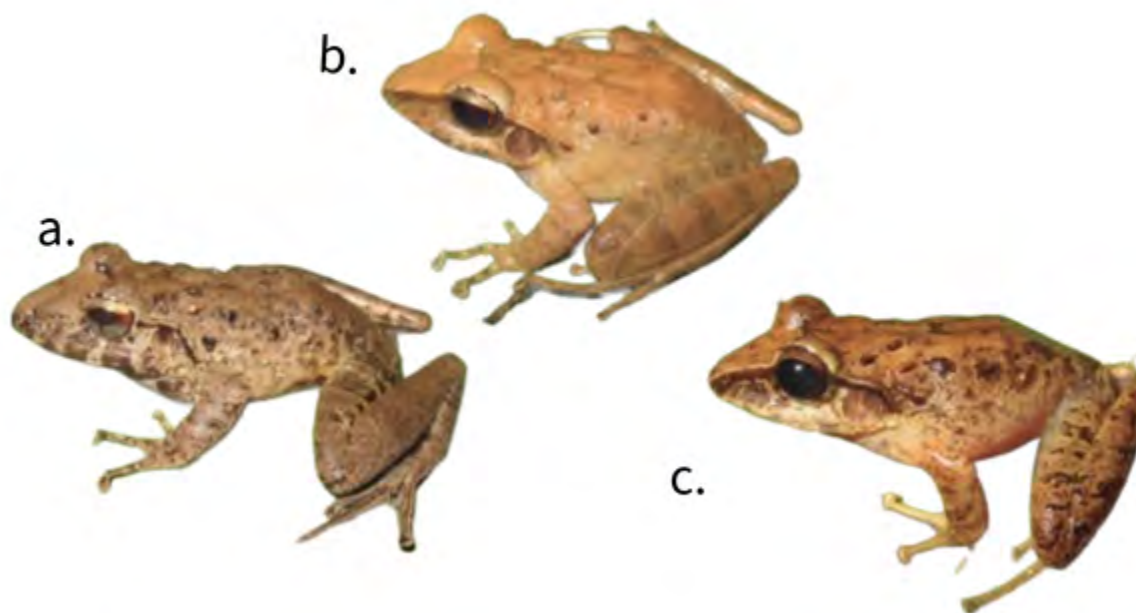


Figura 1. Especie del grupo *C. fitzingeri* en Buenaventura Valle del Cauca, Colombia **a.** *C. fitzingeri* **b.** *C. longirostris* **c.** *C. raniformi* . **Figura creada por Adobe Illustrator. Tomado y modificado de:** [22].

Métodos

ZONA DE MUESTREO

El muestreo se llevó a cabo en las zonas aledañas al Hotel Magüipi, ubicado en Bahía Málaga, municipio de Buenaventura, departamento del Valle del Cauca, en el Pacífico colombiano (3°58' N, 77°22' W), donde se realizaron tres noches consecutivas de muestreo (1 al 3 de octubre del 2019) para coincidir con la biología nocturna de *C. fitzingeri*, bajo condiciones climáticas típicas de la zona con temperatura promedio nocturna de 24-28°C, humedad relativa del 85-92% y lloviznas esporádicas, características del clima ecuatorial húmedo [23] de la región que registra precipitaciones anuales superiores a 6,000 mm y humedad atmosférica constantemente alta (>80%) [24] (Fig. 2).

Se siguió un gradiente antrópico desde un entorno altamente urbanizado hasta un bosque nativo, la primera de ellas con una alta influencia antrópica, el cual lo componían gramíneas y alta luminosidad, la segunda fue en una zona de transición a lo largo de un corredor de aproximadamente 30 metros que comenzaba en el puerto de desembarque y terminaba en la entrada del hotel; el último lugar fue un camino rodeado de densa vegetación que llegaba a unas piscinas naturales (zona boscosa).

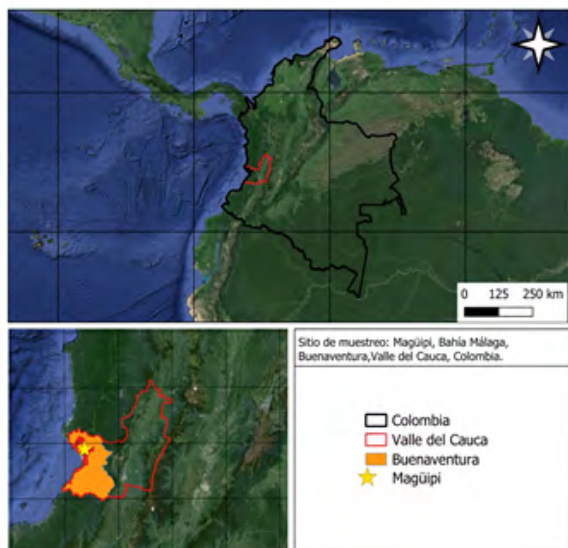


Figura 2. Localización del punto de muestreo, **Figura creada por Qgis. [Mapa].**

TOMA DE MUESTRAS Y DESCRIPCIÓN DE MORFOTIPOS DE HONGOS

El protocolo de muestreo se adaptó a partir de la metodología descrita por Mendoza y colaboradores en el 2012 [25], con modificaciones para garantizar la asepsia y la viabilidad de las muestras. La recolección de las muestras, durante la salida de campo, estuvo amparada en el permiso marco de la UdeA (Resolución 0524 del 27 de mayo del 2014), línea de Ciencia, Tecnología e innovación en Ambiente, Biodiversidad y Hábitat. Grupo de investigación: Grupo Herpetológico de Antioquia. Código COL0007373.

Los individuos fueron capturados y manipulados durante un período máximo de una hora, asegurando su liberación en el mismo punto de colecta inmediatamente después de la toma de muestras. Para minimizar la contaminación cruzada y el contacto directo con la piel de los especímenes, se emplearon bolsas individuales estériles.

La recolección de microorganismos epidérmicos se realizó mediante frotis con hisopos de madera y punta de algodón, previamente esterilizados en horno de vapor seco en el Laboratorio de Microbiología General del Instituto de Biología (Universidad de Antioquia). Cada hisopo se pasó exhaustivamente sobre las regiones dorsal, ventral y patas. Posterior al frotis, se registró la longitud rostro-cloaca (LRC) de cada individuo como parte de los datos morfométricos.

Finalmente, el hisopo se depositó en un tubo Falcon estéril de 15 mL que contenía medio nutritivo, preparado con agua peptonada (a.p), suplementado con cloranfenicol (500 mg/L). Se garantizó la inocuidad del medio mediante pasteurización (121°C, 15 min) antes de la adición del antibiótico, y todos los materiales fueron sometidos a irradiación UV en cabina de flujo laminar ($\lambda = 254$ nm, 30 min) en el Laboratorio de Taxonomía y Ecología de Hongos (TEHO) de la misma institución.

Las muestras recolectadas durante las tres noches de muestreo en campo fueron trasladadas bajo condiciones controladas (2°C–8°C) en una nevera portátil con geles refrigerantes, realizándose el traslado desde Buenaventura hasta Medellín en un período no mayor a 16 horas posteriores a su recolección. Una vez en el Laboratorio TEHO, se procedió a su siembra en cámara de flujo laminar, utilizando cajas de Petri con agar Sauro, compuesto por extracto de malta: 20 g/L,

peptona: 1 g/L, glucosa: 20 g/L y agar: 15 g/L; el cual fue acidificado con ácido láctico (pH final ajustado a 5.5 ± 0.2) y esterilizado en autoclave (15 min). Este medio selectivo favoreció el crecimiento de hongos acidófilos y neutrófilos de interés ecológico.

Adicionalmente, se evaluaron 6 controles: el control positivo corresponde a dos tubos Falcon con el a.p y antibiótico, estos nunca se abrieron durante el muestreo y fueron sembrados con el fin de establecer la posible contaminación de los medios; los dos controles adicionales con la misma composición del anterior, fueron destapados en los lugares donde se realizaron los muestreos de los Anuros con el fin de descartar los hongos del ambiente y posibles contaminantes.

El aislamiento de los hongos se realizó mediante siembra por estría en superficie, se incubaron a 25°C en oscuridad. Después de siete días de incubación, se inició el monitoreo diario de las colonias, registrando sus características macroscópicas (morfología, textura, coloración y diámetro) y microscópicas (estructuras reproductivas, hifas y esporas). Para la observación microscópica, se utilizaron las técnicas de montaje en azul de lactofenol y rojo congo, y se analizaron bajo microscopía de luz (400X). La identificación taxonómica se basó en las claves morfológicas propuestas por Cepero et al. (2012) [26]; adicionalmente se realizaron consultas nomenclaturales en la base de datos Index Fungorum [27].

Resultados

Se analizaron 26 individuos de *C. fitzingeri* (rango LRC: 2.4–8.5 cm) capturados en tres zonas de Bahía Málaga con diferente grado de intervención antrópica: zona 1, antrópica (8 individuos, LRC 3.4–8.5 cm), zona 2, intermedia (9 individuos, LRC 2.4–7.8 cm) y zona 3, boscosa (9 individuos, LRC 2.5–7.5 cm) (Tabla 1).

El análisis de diversidad fúngica reveló un total de 19 morfotipos y 4 morfoespecies asignadas a género a través del gradiente ambiental analizado, la zona antrópica presentó la mayor riqueza con 18 unidades taxonómicas (14 morfotipos + 4 morfoespecies), seguida de la zona intermedia con 14 (10 morfotipos + 4 morfoespecies) y la zona boscosa con la menor diversidad (7 morfotipos + 2 morfoespecies).

La caracterización morfológica evidenció que las morfoespecies del género *Penicillium* (presentes en las tres zonas) mostraron consistencia en sus caracteres macro y microscópicos, mientras que los asignados a *Fusarium* presentaron diferencias morfológicas en relación con el gradiente de intervención antrópica. Los géneros *Phialophora* y *Trichosporon* estuvieron restringidos a las zonas antrópica e intermedia (Fig. 3).

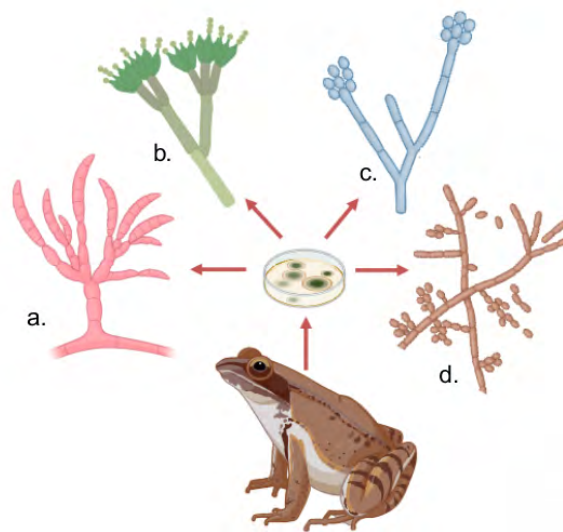


Figura 3. Morfología de los 4 géneros identificados durante el estudio a. *Fusarium* b. *Penicillium* c. *Phialophora* d. *Trichosporon*. Figura creada por BioRender.com. [Ilustración].

Discusión

La ausencia de correlación entre talla corporal del hospedero y el patrón de distribución observado sugiere que factores ambientales serían más relevantes en la estructuración de estas comunidades, donde se observó un gradiente de especialización ecológica, con morfotipos generalistas presentes en todas las zonas, mientras que otros muestran preferencia por zonas antrópicas, siendo esta la de mayor diversidad, esta segregación podría estar mediada por diferencias en tolerancia a estresores antropogénicos coincidiendo con estudios previos sobre sensibilidad de simbiosis anuro-hongo a perturbaciones ecológicas [28] y estrés fisiológico inducido por contaminación acústica/lumínica [29].

Aunque se detectaron géneros con especies potencialmente patógenas (*Fusarium*, *Trichosporon*) [24], la ausencia de signos clínicos sugiere relaciones comensales u oportunistas. Sin embargo, es necesario más estudios para comprobar que la presencia de estos hongos en anuros implica funcionalidades ecológicas ya que se ha demostrado que los anfibios adquieren microorganismos de su entorno [30].

Conclusiones

Este estudio demuestra que los anuros del grupo *C. fitzingeri* presentan una amplia diversidad de hongos en su piel que logran ser cultivados en condiciones de laboratorio; presentando una mayor diversidad fúngica en zonas antrópicas. Asimismo, se reporta por primera vez el aislamiento de especies de los géneros *Penicillium*, *Fusarium*, *Trichosporon* y *Phialophora* en la piel de individuos sanos en este grupo de anfibios para esta zona geográfica.

Estos hallazgos subrayan la necesidad de análisis moleculares para (i) lograr mayor precisión taxonómica, (ii) evaluar el efecto de estresores antropogénicos sobre las comunidades micodérmicas y la actividad metabólica *in situ* en estos anuros y (iii) dilucidar interacciones antagónicas/mutualistas que podrían modular estas comunidades y tener importantes roles ecológicos.

Este trabajo establece bases para futuras investigaciones sobre las complejas interacciones anfibio-hongo en paisajes modificados, con implicaciones para la conservación y manejo de enfermedades emergentes en poblaciones de anfibios.

Agradecimientos:

Al Grupo Herpetológico de Antioquia (GHA), en especial a la Dra. Vivian Páez y al Dr. Juan Manuel Daza, por ayudarnos en la taxonomía de los anuros y por apoyarnos para trabajar en equipo; a los compañeros del Grupo de Investigación del Laboratorio de Taxonomía y Ecología de Hongos (TEHO) de la Universidad de Antioquia, por brindarnos un espacio para el cultivo y el análisis de los hongos aislados, principal-

mente al biólogo Dairon Machado, por sus asesorías en la identificación taxonómica de algunos morfotipos; al Laboratorio Fitobiol, especialmente a la Dra. Nadya Cardona, por proporcionarnos los medios de cultivo necesarios para esta investigación; al Laboratorio de Microbiología General del Instituto de Biología de la UdeA, en particular a su líder, la Dra. Olga Bermúdez, por su apoyo logístico; a las biólogas Angélica Carvajal y María Alejandra Vergara Ariza, por su ayuda en campo y en el laboratorio; y a los integrantes del grupo La Funga Colectiva, por motivarnos a publicar.

Bibliografía

- [1] West AG, Waite DW, Deines P, Bourne, DG, Digby A. et al. The microbiome in threatened species conservation. *Biol. Conserv.* 2019;229, 85-98. <https://doi.org/10.1099/mic.0.001017>
- [2] Elliott TF, Jusino MA, Trappe JM, Lepp H, Ballard GA, Bruhl JJ, et al. A global review of the ecological significance of symbiotic associations between birds and fungi. *Fungal Divers.* 2019;98(1):161-194. <https://doi.org/10.1007/s13225-019-00436-3>.
- [3] Sun D, Herath J, Zhou S, Ellepola G, Meegaskumbura M. Associations of Batrachochytrium dendrobatidis with skin bacteria and fungi on Asian amphibian hosts. *ISME Commun.* 2023;3(1):123. <https://doi.org/10.1038/s43705-023-00332-7>.
- [4] Abarca JG, Whitfield SM, Zuniga-Chaves I, Alvarado G, Kerby J, Murillo-Cruz C, Pinto-Tomás AA. Genotyping and differential bacterial inhibition of Batrachochytrium dendrobatidis in threatened amphibians in Costa Rica. *Microbiology.* 2021;167(3):001017. doi: 10.1099/mic.0.001017.
- [5] Maliye CC, Lohit YT. Mushroom sprouting out of a living frog. *Reptil Amphib.* 2024;31(1):e20966. <https://doi.org/10.17161/randa.v31i1.20966>.
- [6] Acosta Galvis AR. Lista de los anfibios de Colombia: Referencia en línea V.13.2023 (2024). Batrachia, Villa de Leyva, Boyacá, Colombia. Disponible en: <http://www.batrachia.com>.
- [7] SiB Colombia. Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia. 2024. Recuperado de: <https://biodiversidad.co/>.
- [8] Scheele BC, Pasmans F, Skerratt LF, Berger L, Martel A, Beukema W, et al. Amphibian fungal panzootic causes catastrophic and ongoing loss of biodiversity. *Science.* 2019;363(6434):1459-1463. <https://doi.org/10.1126/science.aav0379>.

- [9] **Fisher MC, Garner TWJ.** Chytrid fungi and global amphibian declines. *Nat Rev Microbiol.* 2020;18(6):332-343.
- [10] **Luedtke JA, Chanson J, Neam K, Hobin L, Maciel AO, Catenazzi A, et al.** Ongoing declines for the world's amphibians in the face of emerging threats. *Nature.* 2023;622(7982):308-314.
- [11] **IUCN SSC Amphibian Specialist Group.** *Craugastor omoensis*. The IUCN Red List of Threatened Species. 2019:e.T56810A54369525. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-3.RLTS.T56810A54369525.en>.
- [12] **IUCN SSC Amphibian Specialist Group.** *Craugastor anciano*. The IUCN Red List of Threatened Species. 2019:e.T56413A54365740. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-3.RLTS.T56413A54365740.en>.
- [13] **Frost DR.** Amphibian species of the world: an online reference. Version 6.0. *Am Mus Nat Hist.* 2018.
- [14] **Lieberman SS.** Ecology of the leaf litter herpetofauna of a Neotropical rain forest: La Selva, Costa Rica. *Acta Zool Mex.* 1986;15:1-72.
- [15] **Urbina-Cardona JN, Olivares-Pérez M, Reynoso VH.** Herpetofauna diversity and microenvironment correlates across a pasture-edge-interior ecotone in tropical rainforest fragments in the Los Tuxtlas Biosphere Reserve of Veracruz, Mexico. *Biol Conserv.* 2006;132(1):61-75. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2006.03.014>.
- [16] **Pineda E, Rodríguez-Mendoza CA.** Distribution and abundance of *Craugastor vulcani*: an endangered frog species from Los Tuxtlas, Veracruz, México. *Rev Mex Biodivers.* 2010;81(1):133-141.
- [17] **Urbina-Cardona JN, Reynoso VH.** Uso del microhábitat por hembras grávidas de la rana de hojarasca *Craugastor loki* en la selva alta perennifolia de Los Tuxtlas, Veracruz, México. *Rev Mex Biodivers.* 2009;80(2):571-573.
- [18] **Rebollar EA, Gutiérrez-Preciado A, Noecker C, Eng A, Hughey MC, Medina D, et al.** The skin microbiome of the neotropical frog *Craugastor fitzingeri*: inferring potential bacterial-host-pathogen interactions from metagenomic data. *Front Microbiol.* 2018;9:466. doi: 10.3389/fmicb.2018.00466.
- [19] **Longo AV, Zamudio KR.** Las fluctuaciones ambientales y las bacterias cutáneas del hospedero modifican la ventaja de supervivencia entre ranas y su patógeno fúngico. *ISME J.* 2017;11(2):349-361. <https://doi.org/10.1038/ismej.2016.138>.
- [20] **Harris RN, Brucker RM, Walke JB, Becker MH, Schwantes CR, Flaherty DC, Minbiole KPC.** Los microbios cutáneos en ranas previenen la morbilidad y mortalidad causadas por un hongo patógeno letal. *ISME J.* 2009;3(7):818-824. <https://doi.org/10.1038/ismej.2009.27>.
- [21] **Bletz MC, Archer H, Harris RN, McKenzie VJ, Rabemananjara FCE, Rakotoarison A, Vences M.** La ecología del hospedero, más que su filogenia, determina la estructura de la comunidad microbiana cutánea en anfibios del hotspot de biodiversidad de Madagascar. *Front Microbiol.* 2017;8:1530. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01530>.
- [22] **Ospina-Sarria JJ, Angarita-Sierra T, Pedroza-Banda R.** A new species of *Craugastor* (Anura: Craugastoridae) from the Magdalena River Valley, Colombia, with evaluation of the characters used to identify species of the *Craugastor fitzingeri* group. *S Am J Herpetol.* 2015;10(3):165-177. <http://www.bioone.org/doi/full/10.2994/SAJH-D-14-00014.1>
- [23] **IDEAM.** (2019). Atlas Climatológico de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- [24] **Poveda G, Mesa OJ, Salazar LF, Arias PA, Moreno HA, Vieira SC, et al.** El ciclo diurno de la precipitación en los Andes tropicales de Colombia. *Mon Weather Rev.* 2005;133(1):228-240. <https://doi.org/10.1175/MWR-2853.1>.
- [25] **Mendoza AM, Aguirre-Rojas L, Sarria M, Giraldo A.** Hongos dérmico saprofitos de *Dendropsophus columbianus* (Hylidae) en Caloto, Colombia. *Bol Cient Mus Hist Nat.* 2012;16(1):33-40.
- [26] **Cepero de García MC, Restrepo Restrepo S, Franco-Molano AE, Cárdenas Toquica ME, Vargas Estupiñán N.** *Biología de hongos.* 2012.
- [27] **Index Fungorum Partnership.** Index Fungorum. 2024. Disponible en: <http://www.indexfungorum.org/names/names.asp>
- [28] **Afsar B, Afsar M, Kalyoncu F.** Antimicrobial activity in the skin secretion of brown frog, *Rana macrocnemis* (Boulenger, 1885) collected from Turkey. *Sci Res Essays.* 2011;6(5):1001-1004. DOI: 10.5897/SRE10.237.
- [29] **Abbas AK, Lichtman AH, Pillai S.** Cellular and molecular immunology E-book. Elsevier Health Sciences; 2014.
- [30] **Walke JB, Becker MH, Loftus SC, House LL, Teotonio TL, Minbiole KPC, Belden LK.** Amphibian skin may select for rare environmental microbes. *ISME J.* 2015;9(3):679-687. <https://doi.org/10.1038/ismej.2014.77>

Tabla 1: Características macro y micromorfológicas de los hongos aislados en las diferentes zonas. T.D= Tamaño diámetro en 10 días, CZ1= Control Zona 1, CZ2=Control Zona 2 y CZ3, Control Zona 3.

Muestra	Género o Morfotipo	Color	Color reverso	Superficie	T.D	Tipo de Hifas	Característica de hifas	Septos	Estructuras características
Control +	<i>Geotrichum</i>	Blanco	Amarillo	Correosa, Lisa	1.2-3	hialina	Hifas gruesas (3-6 µm)	Múltiples septos	Arthroconidias rectangulares
CZ1	<i>Levadura</i>	Blanco	Amarillo pálido	Cremona, Lisa, brillante	>1	Pseudohifas (opcionales)	Células ovales (4-10 µm)	Ausentes	Blastoconidias, gemación
CZ2	<i>Rhodotorula</i>	Entre naranja y rosado	Coral pálido	Cremona a viscosa	0.4	No forma hifas	Células esféricas/ ovales (5-8 µm)	Ausentes	Pigmentos carotenoides
CZ3	<i>aff. Actinobacteria</i>	Blanco	Amarillo	Aterciopelado, algodonoso; Seca, rugosa	0.1-1.5	Hifas aéreas	Hifas finas (0.5-1 µm)	Raramente visibles	Esporulación en cadenas (conidios)
CZ3	<i>Geotrichum</i>	Blanco	Amarillo	Correosa, Lisa a arrugada	1-3	Hialina	Hifas gruesas (3-6 µm)	Múltiples septos	Arthroconidias
Zona 1	Morfotipo 1	Centro morado, periferia blanca	Morado oscuro	Algodonoso	0.8-1	Hialinas ornamentadas	Delgadas (2-3 µm)	Septado	Fiálides
Zona 1	Morfotipo 2	Blanco	Amarillo	Cremona a polvoriento, Lisa	8	Hialinas	Delgadas (1-2 µm)	Presentes	Hifas indiferenciadas
Zona 1	<i>Penicillium</i>	Verde	Amarillo	Algodonoso, Velutina	1.5	Micelio hialino	Delgadas (2-3 µm)	Presentes	Conidióforos en escobillas
Zona 1	Morfotipo 3	Blanco	Rojo con blanco	Algodonoso, lisa	0.8	Hialina	Delgadas (1-2 µm)	Septados	Hifas con terminación engrosada
Zona 1	Morfotipo 4	Morado	Morado	Lisa	0.2	Hialinas	Delgadas (1-2 µm)	Presentes	Hifas indiferenciadas
Zona 1	Morfotipo 5	Verde oscuro	Negro	Pulverulenta	0.3-0.5	Hialinas	Delgadas (1-2 µm)	Presentes	Hifas indiferenciadas
Zona 1	<i>Phialophora</i>	Centro rosado, periferia durazno	Café amarillento	Algodonoso	3	Hialinas	Delgadas (2-3 µm)	Presentes	Fialides con collarite
Zona 1	Morfotipo 6	Verde oscuro	Amarillo pálido	Granuloso, Granulosa	3.5	Hialinas	Delgadas (2-3 µm)	Septadas	Conidios elipsoides a ovoides, verdes
Zona 1	Morfotipo 7	Verde claro	Naranja, puntos negros	Algodonoso, Velutina	4	Hialinas	Delgadas (2-3 µm)	Septado	Conidioforos
Zona 1	<i>Trichosporon</i>	Blanquecino	Crema a ligeramente amarillento	Húmedas, brillantes	0.3-0.7	Hialinas	Delgadas (1-2 µm)	Hifas septadas	Clamidosporas
Zona 1	Morfotipo 8	Rosado oscuro parduzco	Gris oscuro	Algodonoso, Velutina	4	Hialinas	Delgadas (1-2 µm)	Presentes	Hifas indiferenciadas

Muestra	Género o Morfotipo	Color	Color reverso	Superficie	T.D	Tipo de Hifas	Característica de hifas	Septos	Estructuras características
Zona 1	Morfotipo 9	Rosado	Rojo oscuro	Algodonosa, Velutina	5-6	Hialinas	Delgadas con entrenudos gruesos	Septadas	Hifas indiferenciadas
Zona 1	Morfotipo 10	Blanco	Amarillo	Correosa, Lisa	>1	Hialinas	Delgadas (1-2 µm)	Presentes	Hifas indiferenciadas
Zona 1	<i>Fusarium spp1</i>	Naranja durazno	Pigmentó el medio: naranja oscuro	Algodonoso, Flocosa	1.5-2	Hialinas	Delgadas (2-3 µm)	Múltiples septos	Macroconidias falcados, filídes monofalídicas
Zona 1	<i>Geotrichum</i>	Blanco	Reverso amarillo pálido	Granuloso, polvoroso; Granulosa	8	Hialinas	Gruesas (3-6 µm)	Múltiples septos	Arthroconidias
Zona 1	Morfotipo 11	Blanco	Negro	Granuloso, polvoroso; Granulosa	5-7	Hialinas	Delgadas (1-2 µm)	Presentes	Hifas indiferenciadas
Zona 1	Morfotipo 12	Blanco	Amarillo	Algodonoso, Velutina	hasta 4	Hialinas	Delgadas (1-2 µm)	Septos	Hifas con terminaciones engrosadas
Zona 1	Morfotipo 13	Verde muy oscuro	Verde grisáceo	Algodonoso, Velutina	hasta 3	Dematiaceas	Gruesas (3-5 µm)	Septos	Hifas muy ramificadas
Zona 1	Morfotipo 14	Amarillo durazno	Rojo	Polvoroso a pulverulenta	4-5	Hialinas	Delgadas (1-2 µm)	Presentes	Hifas indiferenciadas
Zona 2	Morfotipo 15	Crema	Café claro	Aterciopelado, Lisa	8	Hialinas	Delgadas (1-2 µm)	Presentes	Hifas indiferenciadas
Zona 2	Morfotipo 16	Blanco	Amarillo	Algodonoso, polvoroso, crecimiento fractal; Velutina	8	Hialinas	Delgadas (1-2 µm)	Presentes	Hifas indiferenciadas
Zona 2	Morfotipo 17	Blanco	Dorado	Polvoroso, Pulverulenta	>1	Hialinas	Delgadas (1-2 µm)	Presentes	Hifas indiferenciadas
Zona 2	<i>Rhodotorula</i>	Rosado	Coral pálido	Cremoso, Mucoides	0.5	Hialinas	Delgadas (1-2 µm)	Ausentes	Células blastospóricas
Zona 2	Morfotipo 18	Centro durazno, periferia blanca	Amarillo naranja	Algodonoso	1-3	Hialinas	Gruesas (3-5 µm)	Septadas	Hifas indiferenciadas
Zona 2	Morfotipo 19	Blanco rosáceo	Durazno	Correosa, pulverulenta, lisa	8	Hialinas	Delgadas (1-2 µm)	Presentes	Hifas indiferenciadas
Zona 2	Morfotipo 2	Blanco	Amarillo	Correosa, pulverulenta, lisa	1.5	Hialinas	Delgadas (1-2 µm)	Presentes	Hifas indiferenciadas
Zona 2	<i>Trichosporon</i>	Blanquecino	Crema a ligeramente amarillento	Húmedas, brillantes; Mucoides	0.3-0.7	Hialinas	Delgadas (1-2 µm)	Hifas septadas	Clamidosporas
Zona 2	<i>Penicillium</i>	Verde	Amarillo	Algodonosa, Velutina	1.5	Hialinas	Delgadas (2-3 µm)	Presentes	Conidióforos en escobillas

Muestra	Género o Morfotipo	Color	Color reverso	Superficie	T.D	Tipo de Hifas	Característica de hifas	Septos	Estructuras características
Zona 2	Fusarium sp3	Blanco	Café claro	Aterciopelado, Flocosa	8	Hialinas	Delgadas (2-3 µm)	Presentes	Conidios típicos de Fusarium
Zona 1	Phialophora	Centro rosado, periferia durazno	Café amarillento	Algodonoso	3	Hialinas	Delgadas (2-3 µm)	Presentes	Fialides con collarate
Zona 2	Morfotipo 5	Blanquecino	Beige a amarillo	Cremoso, Lisa	1	Hialinas	(6-9 µm)	Presentes	Hifas indiferenciadas
Zona 3	Morfotipo 1	Centro morado, periferia blanca	Morado oscuro	Algodonoso	0.3-0.5	Hialinas	Delgadas (1-2 µm)	Presentes	Hifas indiferenciadas
Zona 3	Morfotipo 8	Rosado oscuro parduzco	Gris oscuro	Algodonoso, Velutina	3.5-4	Hialinas	Delgadas (1-2 µm)	Presentes	Hifas indiferenciadas
Zona 2	Morfotipo 9	Púrpura rosado	Rojo violáceo	Algodonoso, Velutina	5-6	Hialinas ornamentadas	Delgadas (1-2 µm)	Presentes	Hifas indiferenciadas
Zona 3	Morfotipo 10	Negro	Negro	Algodonoso, Velutina	0.5	Hialinas	Delgadas (1-2 µm)	Presentes	Hifas indiferenciadas
Zona 3	Rodotorula	Rosado	Amarillo	Cremoso	0.4-2	Hialinas	Delgadas (1-2 µm)	Ausentes	Células blastospóricas
Zona 3	Morfotipo 11	Blanco	Amarillo	Cremoso a polvoroso, Lisa	8	Hialinas	Delgadas (1-2 µm)	Presentes	Hifas indiferenciadas
Zona 3	Fusarium sp3	Naranja	Cambia el medio: naranja oscuro	Algodonoso, Flocosa	2	Hialinas	Delgadas (2-3 µm)	Múltiples septos	Macroconidios falcados
Zona 3	Penicillium	Verde	Amarillo	Algodonoso, Flocosa	1.5	Micelio hialino	Delgadas (2-3 µm)	Presentes	Conidióforos en escobillas