



Fotografía  
*Viviana Consuelo Vargas Valbuena*

# ENSEÑANZA DE LA ECOLOGÍA Y APLICACIONES DE LOS HONGOS, UNA ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA

## Ecology and Applications of Fungi Teaching, a Formative Research Strategy

## Ensinar ecologia e aplicações de fungos, uma estratégia de pesquisa formativa

Hugo Mauricio Jiménez-Melo<sup>1</sup> 

Fecha de recepción: 20 de enero de 2025  
Fecha de aceptación: 15 de junio de 2025

### Cómo citar

Jiménez-Melo, H. M. (2025). Enseñanza de la ecología y aplicaciones de los hongos, una estrategia de investigación formativa. *Bio-grafía*, 18(35), e22648. <https://doi.org/10.17227/bio-grafia.vol.18.num35-22648>

### Resumen

En este artículo de Bio-Reflexión hablaré sobre las interacciones ecológicas y las aplicaciones biotecnológicas, agrícolas, ambientales y médicas de los hongos mencionando los trabajos de grado que se han derivado de mis enseñanzas en Hongos en el Departamento de Biología de la Universidad Pedagógica Nacional; como también compartiendo mis experiencias en investigación formativa con los estudiantes en las cuales he fomentado motivación y gusto por los hongos. Los trabajos de grado que he orientado sobre micología y sus aplicaciones ambientales y agrícolas han permitido el desarrollo de habilidades y destrezas en investigación en los estudiantes, las cuales les servirán en su vida profesional. Describiré las relaciones ecológicas de los hongos; como saprófitos, micorrizas, endófitos, fitopatógenos, y las aplicaciones que tienen los hongos como fuente de alimento, biofertilizantes, producción de sustancias de importancia médica, usos en control biológico y biorremediación. Mencionaré los géneros y especies de hongos que se han identificado y estudiado los cuales podrían servir de referencia para investigaciones que se realicen en estas áreas del conocimiento.

**Palabras clave:** aplicaciones de hongos; ecología de hongos; enseñanza de los hongos

<sup>1</sup> Magíster en Microbiología. Profesor, Universidad Pedagógica Nacional. [hmjimenez@pedagogica.edu.co](mailto:hmjimenez@pedagogica.edu.co)

## Abstract

In this Bio-reflection article I will talk about the ecological interactions and biotechnological, agricultural, environmental and medical applications of fungi, mentioning the Degree Works that have derived from my teachings in Fungi in the Department of Biology of the Universidad Pedagógica Nacional; as well as sharing my experiences in formative research with students in which I have fostered motivation and a taste for mushrooms. The Degree Projects that I have oriented on mycology and its environmental and agricultural applications have allowed the development of research skills and abilities in students, which will serve them in their professional lives. I will describe the ecological relationships of fungi, such as saprophytes, mycorrhizae, endophytes, phytopathogens, and the applications that fungi have as a food source, biofertilizers, production of substances of medical importance, uses in biological control and bioremediation. I will mention the genera and species of fungi that have been identified and studied which could serve as a reference for research carried out in these areas of knowledge.

**Keywords:** fungal applications; fungal ecology; mushroom teaching

## Resumo

Neste Artigo sobre Biorreflexão falarei sobre as interações ecológicas e aplicações biotecnológicas, agrícolas, ambientais e médicas dos fungos, mencionando os Trabalhos de Licenciatura que derivaram dos meus ensinamentos em Fungos no Departamento de Biologia da Universidade Pedagógica Nacional; bem como partilhar com os alunos as minhas experiências de investigação formativa nas quais tenho fomentado a motivação e o gosto pelos cogumelos. Os Projetos de Licenciatura que tenho orientado sobre micologia e suas aplicações ambientais e agrícolas têm permitido o desenvolvimento de competências e habilidades de investigação nos alunos, que os servirão na sua vida profissional. Descreverei as relações ecológicas dos fungos; como saprófitas, micorrizas, endófitas, fitopatogénos, e as aplicações que os fungos têm como fonte alimentar, biofertilizantes, produção de substâncias de importância médica, usos no controle biológico e na biorremediação. Mencionarei os gêneros e espécies de fungos identificados e estudados que poderão servir de referência para pesquisas realizadas nessas áreas do conhecimento.

**Palavras-chave:** aplicações fúngicas; ecologia fúngica; ensino de fungos

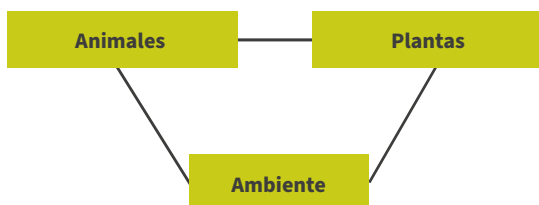


## Introducción

En los últimos 25 años he tenido la oportunidad de apreciar la diversidad de microhongos y macrohongos en los Bosques Tropicales de Colombia, y siempre me ha maravillado la observación de sus estructuras reproductivas que precisamente son el parámetro para su identificación, como también los análisis moleculares y pruebas bioquímicas.

En el 2000, cuando leía libros sobre Ecología y Biología, siempre observaba la siguiente interacción ecológica (Figura 1). Me preguntaba: ¿En dónde están los microorganismos?

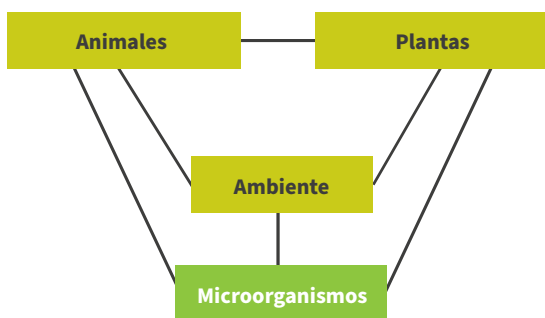
**Figura 1.**  
*Interacción ecológica animal, ambiente y planta*



**Fuente:** elaboración propia.

Siendo Colombia un país megadiverso, para su diversidad macro y meso es necesaria una interacción ecológica con la diversidad de microorganismos, tales como: virus, micoplasmas, fitoplasmas, arqueobacterias, bacterias, actinomicetes, microalgas, protozoos y hongos y esquematizaba (Figura 2):

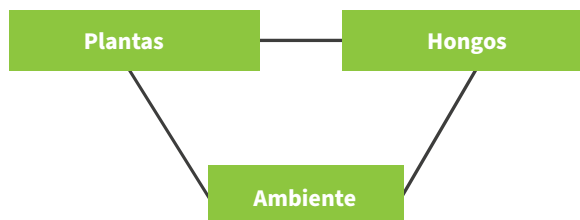
**Figura 2.**  
*Interacción ecológica animal, ambiente, planta y microorganismos*



**Fuente:** elaboración propia.

Como mi curiosidad científica y biológica han sido los hongos y sus interacciones con las plantas y con el suelo, esquematizaba y me deleitaba observando la siguiente interacción en los Bosque Tropicales de Colombia (Figura 3):

**Figura 3.**  
*Interacción ecológica plantas, ambiente, hongos*



**Fuente:** elaboración propia.

En relación con lo anterior, algo que me gusta enseñarles a mis estudiantes de Biología de Hongos, Sistemas Microbianos y Microbiología Aplicada de la Licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional (UPN), desde el 2010, es la diversidad de hongos y su integración con Ecología, y como se pueden encontrar aplicaciones biotecnológicas, agrícolas, ambientales, y médicas, con lo cual he motivado a mis estudiantes mediante la investigación formativa la cual se ha concretado con el desarrollo de trabajos de grado con estos temas de interés.

En mis estudiantes fomento la investigación formativa mediante la motivación, orientación y desarrollo de trabajos de grado, lo que les servirá en su vida profesional como licenciados ya que les permite desarrollar habilidades y destrezas en la manipulación de microorganismos; diseño de métodos experimentales; manejo de equipos, reactivos e instrumentos de laboratorio; integración de lo biológico con lo educativo, al acercarse a una realidad a pequeña escala sobre investigación en micología y sus aplicaciones que inclusive en un futuro podría haber continuidad en un posgrado. También con esta formación cuando sean egresados y se desempeñen como profesores en colegios podrían realizar proyectos de investigación con esta perspectiva con estudiantes en educación primaria y secundaria, y transmitir dichos aprendizajes.

Un aspecto de investigación que he desarrollado y promovido en los estudiantes en sus trabajos de grado es la integración de la diversidad de hongos y la Biotecnología, pues el conocimiento y la aplicación de nuestra diversidad biológica podría ser una opción para el desarrollo del país, ya que los hongos muestran una alta diversidad debido a su variabilidad genética y metabólica; y serían el punto de partida para la búsqueda de nuevas sustancias de variadas aplicaciones biotecnológicas como antibióticos, anticancerígenos, antitumorales, bioinsecticidas, biofertilizantes, hormonas estimuladoras del crecimiento vegetal, y enzimas, entre otras; de beneficio para la humanidad y para un manejo amigable con el ambiente.

Son de gran importancia las integraciones de las disciplinas con la pedagogía, pues con estas experiencias educativas he fomentado la aplicación de la Biología de Hongos con el desarrollo de trabajos de grado los cuales fortalece el quehacer investigativo del maestro en formación, uno de los pilares de la licenciatura en Biología de la UPN.

Ahora describiré aspectos ecológicos de los hongos como saprófitos, micorrizas, endófitos y fitopatógenos y cómo sus aplicaciones podrían derivar en usos agrícolas como control biológico y biofertilizantes, y metodologías amigables con el medio ambiente como lo es la biorremediación.

## Hongos Saprófitos, qué tan diversos son

Un aspecto ecológico de importancia son los hongos saprófitos, los cuales obtienen sus nutrientes a partir de materia orgánica vegetal en descomposición como hojarasca, ramas y troncos caídos; contribuyen al reciclamiento de la materia orgánica, y se relacionan con el proceso de humificación y mineralización del suelo; liberando variadas enzimas hidrolíticas y degradando los sustratos en donde crecen, luego absorben los productos solubles, y liberan al ambiente compuestos orgánicos simples que son absorbidos por otros microorganismos (Alexopoulos, 1996; Sylvia *et al.*, 1998), como bacterias y microhongos.

La mayoría de los saprofitos son Macrohongos del Phylum *Basidiomycota* y *Ascomycota*, y microhongos del Phylum *Mucoromycota*. Algunos de los Macrohongos saprófitos que forman parte de la Colección de Macrohongos del Departamento de Biología de la Universidad Pedagógica Nacional que coordino y que he identificado son: *Polyporus sp*, *Marasmius sp*, *Galerina sp*, *Mycena sp*, *Daldinia concentrica*, *Xylaria sp*, *Stereum sp*, *Hydnopolyporus sp*, *Pycnoporus sanguineus*, *Ganoderma sp*, *Cyathus sp*, *Fomes sp*, *Trametes sp*, *Corticium sp*, *Lentinellus sp*, *Clavicornia pyxidata*, *Cookeia sp*, *Pleurotus ostreatus*, *Serpula sp*, *Corticium sp*, *Lentinus sp*, *Schizophyllum sp*, *Coriolus sp*, entre otros.

En los variados ecosistemas de Colombia es frecuente ver cómo los hongos saprófitos biodegradan los troncos caídos. Una de mis estudiantes de Biología de Hongos, hoy egresada, Melissa Arias, me compartió una foto de un Macrohongo de La Quebrada la Vieja, Bogotá (Figura 4), el cual identifiqué como *Mycena niveipes*, y le expliqué el potencial que podría tener ese hongo en la producción de enzimas lignolíticas, celulíticas

y hemicelulolíticas para la biodegradación de restos vegetales en moléculas más sencillas como celulosa y hemicelulosa de los cuales a su vez se obtienen carbohidratos fermentables como la glucosa y así producir bioetanol, el cual al mezclarlo con gasolina reduciría la contaminación atmosférica.

**Figura 4.**

*Mycena niveipes* creciendo sobre troncos en descomposición



*Nota.* Bosque Altoandino, Quebrada La Vieja, Bogotá.  
Foto: Melissa Arias, Egresada de la Lic. Biología, UPN.

Conociendo estos principios de los hongos saprófitos, se ha desarrollado el cultivo de los hongos comestibles como es el caso de *Pleurotus ostreatus* (Orellana), el cual crece a partir de restos vegetales. En Colombia, en la última década, ha surgido un interés sobre este hongo y ya se está cultivando a gran escala utilizando los diferentes restos vegetales como bagazo de caña y de trigo, cascarilla de arroz, entre otros, que sirven de sustrato al mezclarlo con melaza y cal; el crecimiento es rápido, en unos 30 días ya hay una producción. Con esta perspectiva, a Brayan Bolívar le surgió la idea de probar varios sustratos y emplear métodos caseros para su producción y la cual desarrolló, en el 2021, en el trabajo de grado “Cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Orellana) como práctica que promueve el aprendizaje de la biología” (Bolívar, 2021).

En 2024, Natalia Bohórquez les enseñó a los niños de 4to grado del Instituto Pedagógico Nacional el cultivo de la Orellana y fue interesante cómo integró la enseñanza de los hongos y el desarrollo de habilidades investigativas en los niños, su trabajo de grado fue: “Acercamiento al mundo de los Macrohongos mediante prácticas de laboratorio a partir del *Pleurotus ostreatus* (Orellana) con los estudiantes del grado 401 y 402 del Instituto Pedagógico Nacional” (Bohórquez, 2024).

Como los profesores del Departamento de Biología de la UPN conocen mi gusto por los hongos, en algunas oportunidades me comparten fotos. Por ejemplo, la profesora Martha García me mostró una interacción que me

encantó: el hongo saprófito *Mycena margarita* y larva de mariposa. Con la Profesora Martha pensamos que la larva estaba haciendo escala para ubicarse en una planta (Figura 5).

**Figura 5.**

Interacción del hongo saprófito *Mycena margarita* – larva de mariposa. Minca, corregimiento de Santa Marta



Nota. Foto por Martha García. Depto. Biología – UPN.

*Cookeina* sp, macrohongo saprófito, presenta una relación ecológica muy interesante con anfibios, como es el caso de la rana que aparece en la Foto (Figura 6). Acá habrían dos relaciones: una sería buscar un escape por mimetismo de su predador y la otra colocar sus huevos.

**Figura 6.**

Interacción hongo saprófito *Cookeina* sp – rana



Nota. Foto por National Geographic.

Los hongos saprófitos son una herramienta que facilita su enseñanza debido a su observación ecológica directa

en el ecosistema, y han servido para el desarrollo de investigaciones.

Ahora bien, seguiremos con otra aplicación ecológica de los hongos como son las Micorrizas.

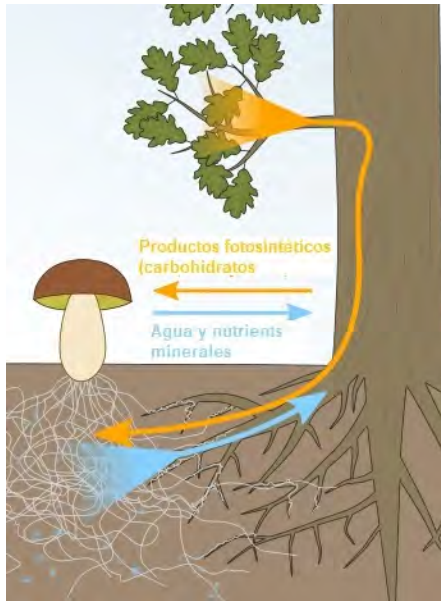
## Micorrizas, de gran importancia agrícola

Interacciones importantes entre plantas y hongos son las micorrizas, que son hongos asociados con las raíces de las plantas. Hay ectomicorrizas del *Phylum Basidiomycota* y *Ascomycota* y endomicorrizas del *Phylum Glomeromycota*. En esta simbiosis el hongo solubiliza y absorbe compuestos del suelo y a su vez coloniza la raíz de la planta, proporcionándole macro y micronutrientes de lenta difusión en los suelos como son los Fosfatos, Magnesio, Potasio, Zinc, Boro, Calcio y Cobre, entre otros, mientras que, a su vez, la planta le pasa al hongo carbohidratos y lípidos para su crecimiento.

En las ectomicorrizas el micelio septado del hongo rodea la raíz de la planta intercelularmente formando la Red de Hartig, la cual hace que las raíces ectomicorrizales tengan una apariencia engrosada y reticular característica al compararla con raíces no ectomicorrizales (Figura 7), en cambio en las endomicorrizas que tienen micelio cenocítico hay una interacción intracelular con las células de la raíz, también se denominan micorrizas vesículo–arbusculares ya que forman una vesícula que le sirve al hongo para almacenar lípidos y carbohidratos que la planta le suministra al hongo, y el arbusculo, estructura mediante la cual el hongo le suministra a la planta agua, macro y micronutrientes.

Tanto las ectomicorrizas y endomicorrizas aumentan el área de absorción y crecimiento en las plantas como también las hace más resistente a los fitopatógenos. Las ectomicorrizas del *Phylum Basidiomycota*, se presentan en las raíces de *Gymnospermas* y *Angiospermas*. Formando ectomicorrizas con plantas de las familias *Pinaceae*, *Fagaceae*, *Salicaceae*, *Juglandaceae*, entre otras. Algunos de los Macrohongos del *Phylum Basidiomycota* ectomicorrizicos que he identificado son *Amanita* sp, *Amanita muscaria*, *Boletus* sp, *Lactarius* sp, *Laccaria* sp, *Gymnopilus* sp, *Cortinari* sp, *Russula* sp, *Lycoperdon* sp, *Lycoperdon perlatum* y *Bovista* sp, entre otros. En algunos análisis de suelo en Bosques Tropicales de Colombia he identificado las endomicorrizas *Glomus* sp y *Gigaspora* sp, y he observado que estos géneros son muy frecuentes. Las endomicorrizas son de más fácil uso en suelos para mejorar la productividad de las plantas. En Colombia se aplica en plantas de tomate, café, cacao, y aguacate, entre otras.

**Figura 7.**  
Ilustración de una Ectomycorriza. Esquema de una relación simbiótica de tipo micorriza



**Fuente:** Nefronus, vía Wikimedia Commons, modificado por Raquel Parada Puig. Cit. en Lifeder (2020).

En Pandemia, orienté mis asignaturas de Biología de Hongos y Sistemas Microbianos de manera virtual, cuando explicaba sobre micorrizas a mis estudiantes. A Fernanda Herrera le causaban curiosidad estos temas y me hacía varias preguntas, en una oportunidad me manifestó que quería hacer su trabajo de grado sobre estos temas y lo realizó de manera excelente. El título fue: “Micorrizas Arbusculares en *Lycopersicum esculentum* (Tomate Santa Clara): el bioensayo como una estrategia para la elaboración de un material didáctico que reconozca el uso de los biofertilizantes” (Herrera, 2022). En este trabajo, Fernanda aplicó las endomicorrizas *Glomus* sp., *Acaulospora* sp., *Entrophospora* sp. y *Scutellospora* sp como un biofertilizante para *Lycopersicum esculentum*, y elaboró una cartilla didáctica sobre las ventajas ambientales del uso de biofertilizantes y prácticas amigables con el ambiente. Me encantó que a mis estudiantes les llame la atención mi enseñanza, y sus ideas se concretan mediante mi motivación, orientación y experiencia.

Las micorrizas son una herramienta didáctica importante de enseñanza en biología, ya que permite la integración de varios conceptos como microbiología del suelo, ecología, fisiología vegetal, y morfología de estructuras de hongos.

Seguiremos con un grupo de hongos poco conocidos, como los endófitos.

## Hongos Endófitos, ocultos en las hojas de plantas y tan diversos

Los hongos endófitos viven dentro de tejidos de hojas de las plantas sin causar enfermedad, se localizan en las partes vegetativas de las plantas por largos periodos de tiempo, permaneciendo con poca biomasa fúngica. Estos hongos endófitos pueden presentar diferentes facetas durante su ciclo de vida tales como saprobios, patógenos latentes o simbiote mutualistas y pueden tener efecto antagónico con otros organismos que puedan atacar las plantas, el cual se puede evidenciar por la producción de sustancias antimicrobianas (Wen, et al., 2022). Además, he observado que son muy diversos, en una hoja de cualquier planta fácilmente se pueden encontrar hasta 12 especies diferentes.

En el desarrollo de mi tesis de maestría en Ciencias Biológicas-Microbiología en la Universidad de los Andes titulada: “Microhongos productores de sustancias antibióticas y sustancias citotóxicas y genotóxicas para la Línea Celular de Fibrosarcoma HT-1080” (Jiménez, 2004), me llamó la atención que en la colección de hongos de la Universidad de los Andes, había unos hongos endófitos aislados de hojas de frailejón de *Espeletia grandiflora* y *Espeletia corymbosa* del Páramo Cruz Verde, Colombia (Pardo, 2001), y, por otro lado, también realicé aislamientos de microhongos del suelo del Bosque de Niebla en la La Merced, La Mesa, Cundinamarca; con los hongos endófitos que ya estaban identificados a género, los identifiqué a especie y fueron: *Acremonium kiliense*, *Alternaria alternata*, *Aspergillus fumigatus*, *Beauveria brongniartii*, *Bipolaris bicolor*, *Cladosporium cladosporioides*, *Curvularia oryzae*, *Epicoccum nigrum*, *Fusarium graminearum*, *Paecilomyces variotti* y *Penicillium glabrum*, y los microhongos del suelo que identifiqué fueron: *Scopulariopsis parvula*, *Aspergillus fumigatus* sp 8, *Penicillium aurantiogriseum*, y *Penicillium janthinellum*, luego probé su potencial de antibiosis con las bacterias gram positivas; *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 y *Bacillus cereus* y las bacterias gram negativas; *Escherichia coli* ATCC 25922 y *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, una teoría que siempre he tenido es que un antibiótico de amplio espectro (que inhibe bacterias Gram (+) y Gram (-)) podría ser un buen anticancerígeno, así que con el mejor microhongo en las pruebas de antibiosis; *Aspergillus fumigatus* sp 8, realicé pruebas genotóxicas y

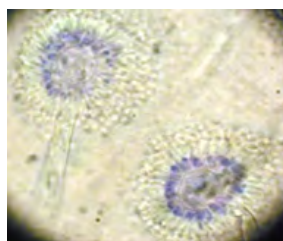
citóxicas para la Línea Celular de Fibrosarcoma HT-1080, encontrándose buenos resultados.

En 2012, las estudiantes de Biología de Hongos Jennifer García y Ángela León, con gran iniciativa me comentaron que querían estudiar microhongos relacionados con plantas, con mi experiencia les sugerí endófitos, y se realizó un excelente trabajo de grado titulado: “Aisla-

miento e identificación de hongos endófitos asociados a las hojas de *Solanum tuberosum* (Solanaceae) (García y León, 2012)”, con Jennifer y Ángela identificamos: *Alternaria* sp., *Aspergillus* sp., *Cladosporium cladosporioides*, *Nigrospora* sp., *Graphium* sp., (Figura 8), *Dreschlera* sp., *Eurotium* sp., *Sclerotium* sp., y *Verticillium* sp., observando de esta manera la alta diversidad de estos microhongos.

**Figura 8.**

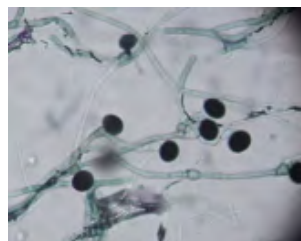
Algunos hongos endófitos



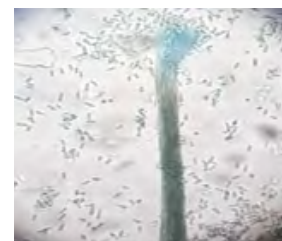
*Aspergillus* sp.



*Cladosporium cladosporioides*



*Nigrospora* sp



*Graphium* sp

*Nota.* Fotos de Jennifer García y Ángela León, egresadas de la Lic. en Biología de la UPN.

Los hongos endófitos son muy interesantes debido a que sus géneros no son comunes y permite enseñar conceptos sobre biodiversidad como lo son nuevas especies.

Continuamos con hongos muy diversos que afectan principalmente las hojas de las plantas, como lo son los fitopatógenos.

## Hongos Fitopatógenos, que tan importante es identificarlos

La Fitopatología es un área de la Biología muy interesante, la cual estudia las enfermedades en las plantas producidas por otros organismos. Entre los microorganismos encontramos virus, fitoplasmas, bacterias, microhongos y nemátodos, y entre los mesoorganismos macrohongos e insectos. El estudio de los microhongos fitopatógenos en Colombia es muy importante, pues somos un país agrícola, y en épocas de lluvias se aumenta dicha población y afectan los cultivos, con lo cual su identificación es prioritaria para su posterior control.

En 2012, otra de mis estudiantes de Biología de Hongos, Oralinda Ruiz, muy comprometida con su región

—eso me encanta de la UPN—, observó un microhongo que afectaba las hojas en una planta en su municipio de origen, y me comentó que quería identificarlos; con esa iniciativa realizó, bajo mi codirección, su trabajo de grado titulado: “Descripción de las relaciones ecológicas de *Eugenia jambos* (MYRTACEAE) con microhongos asociados a su follaje en el municipio de Contratación (Santander, Colombia)” (Ruiz, 2013). Con Oralinda identificamos los microhongos fitopatógenos *Phyllosticta* sp, *Pestalotia* sp, *Stemphylium* sp, *Trichoconis* sp, *Fusarium* sp y *Cercospora* sp. Luego publicamos un artículo científico en la revista de Fitopatología Colombiana: “Hongos Fitopatógenos asociados al follaje de Pomarrosa (*Eugenia jambos*, Myrtaceae) en el municipio de Contratación (Santander, Colombia)” (Ruiz y Jiménez, 2017).

En 2018, dos de mis estudiantes de Sistemas Microbianos y Biología de Hongos, Natalia Corredor y Shirley Delgadillo fueron a una salida de campo al Parque Natural Nacional Chingaza y observaron en el frailejón *Espeletia grandiflora* un microhongo fitopatógeno en sus hojas (Figura 9); me comentaron que querían realizar un trabajo de grado sobre este tema; y se tituló “Caracterización de la relación ecológica del frailejón – microhongo fitopatógeno en el Parque Natural Nacional Chingaza como una alternativa de fortalecer los

valores ambientales del ecosistema de Páramo en los estudiantes del Comité Ambiental Escolar del Colegio Emilio Valenzuela” (Corredor y Delgadillo, 2019)”, el microhongo que identificamos con Natalia y Shirley fue *Sclerotinia sclerotiorum*, y publicamos en la revista de

Fitopatología Colombiana el artículo científico: Identificación de *Sclerotinia sclerotiorum* como fitopatógeno del frailejón *Espeletia grandiflora* en el Parque Nacional Natural Chingaza (Corredor et al., 2019).

**Figura 9.**

Frailejón *Espeletia grandiflora* con necrosis en la hoja (Foto 1 – Izquierda), apotecios de *Sclerotinia sclerotiorum* en las hojas (Foto 1 y 2 – Centro – Derecha). PNN Chingaza



Nota. Fotos por Natalia Corredor y Shirley Delgadillo. Egresadas de la Lic. en Biología de la UPN.

Los hongos fitopatógenos, al observarlos en las hojas de plantas, facilitan su enseñanza con relación a diversidad de sus estructuras reproductivas que son su parámetro de identificación.

Una metodología que es amigable con el ambiente y que sirve para combatir estos fitopatógenos y otros organismos como los insectos patógenos de cultivos es el Control Biológico.

## Microhongos utilizados en Control Biológico

El antagonismo entre los microorganismos del suelo es una interacción común, hay virus que controlan bacterias, bacterias que controlan microhongos, y microhongos que controlan bacterias, otros microhongos y nemátodos, con estos principios de Ecología Microbiana hoy en día se utiliza el Control Biológico que consiste en utilizar poblaciones de microorganismos para controlar microorganismos fitopatógenos, lo que es una gran alternativa importante para el Manejo Integrado de Plagas y se disminuiría el uso excesivo de insecticidas y plaguicidas que tanto contaminan al ambiente por ser compuestos xenobióticos (sintetizados por el hombre) y de difícil biodegradación.

Viviana Caicedo, una de mis estudiantes de Biología de Hongos, me comentó que quería realizar una investigación en Control Biológico; su trabajo de grado titulado: “Evaluación del efecto antagonístico de *Trichoderma harzianum* frente a microhongos y bacterias fitopatógenas del Cepario del Laboratorio de Biotecnología – UPN” (Caicedo, 2014), en el cual encontramos un efecto antagonístico de *Trichoderma harzianum* frente a *Verticillium albo-atrum*, *Nigrospora oryzae* y *Sclerotium cepivorum*, y publicamos en la revista de Fitopatología Colombiana el artículo científico: Evaluación del potencial antagonístico de *Trichoderma harzianum* contra tres especies de hongos fitopatógenos (Caicedo y Jiménez, 2019).

En 2022, en Sistemas Microbianos asigné temas de investigación a los estudiantes pensando en su formación científica, a Michell Duarte le asigné el microhongo *Beauveria bassiana*, y ella tiene una mini huerta en su casa, y le surgió una idea de investigación que resultó en un trabajo de grado titulado: “Enseñanza del Control biológico en Huertas familiares de Bogotá mediante el uso de *Beauveria bassiana* y la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en cultivos de cebolla (*Allium cepa*)” (Duarte, 2023), en el cual aplicó el microhongo *Beauveria bassiana* para el control de la mosca blanca en cultivos de cebolla y elaboró una cartilla didáctica sobre el cultivo de cebolla y el uso de controladores biológicos en huertas familiares.

Hoy en día, hay una búsqueda por metodologías amigables con el medio ambiente, y a los estudiantes les llama mucho la atención el control biológico, ya que aplican organismos presentes en la naturaleza y se evita el uso de agroquímicos como insecticidas y plaguicidas.

Otra aplicación de los hongos es su uso como Biofertilizantes.

## Microhongos como Biofertilizantes

Los biofertilizantes son microorganismos que se aplican al suelo como bacterias y microhongos, los cuales aumentan la disponibilidad de nutrientes para las plantas y aumentan la microbiota del suelo, entre los biofertilizantes se encuentran las bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre y simbioses, bacterias y microhongos solubilizadores de fósforo y estimuladores del crecimiento vegetal.

Es interesante saber que *Trichoderma harzianum* también tiene funciones como biofertilizante pues produce hormonas estimuladoras de crecimiento vegetal, con esta perspectiva Diego Gómez desarrolló su trabajo de grado “Diseño de un biofertilizante con el hongo *Trichoderma harzianum* en cultivos de Lechuga cressa – *Lactuca sativa* en una huerta escolar de Usme” en donde integró la parte educativa al enseñarles a los niños a cultivar la lechuga cressa con métodos amigables con el medio ambiente como lo es la aplicación de *Trichoderma harzianum*. Obtuvo buenos resultados; se aumentó el crecimiento de la lechuga cressa significativamente comparado con el control y se motivó a los niños por una agricultura sostenible (Gómez, 2024).

El uso de biofertilizantes es otro tema que les llama la atención a los estudiantes ya que, últimamente, están enfocados en una agricultura sostenible con el uso de biológicos.

También los hongos pueden ser utilizados en Biorremediación.

## Hongos en Biorremediación

La biorremediación es el proceso por el cual se utilizan bacterias, microhongos, microalgas o plantas para la descontaminación ambiental en agua o suelo, contaminación originada por químicos en el ambiente como, por ejemplo, los desechos industriales químicos que se encuentran en aguas residuales industriales o agrícolas, los derrames de petróleo, suelo y agua adyacentes a las curtiembres y minas, entre otros.

Otra de las áreas de importancia de investigación de los hongos es su aplicación en Biorremediación, en Bogotá. Un problema de contaminación ambiental son las curtiembres, en 2011 desarrollamos un trabajo de grado con la estudiante Angela De la Espriella titulado: “Aislamiento y caracterización de Bacterias y Microhongos a partir de suelo procedente de curtiembres de la Cuenca del Río Tunjuelo – Bogotá” (De la Espriella, 2011), con Angela identificamos a género los microhongos: *Drechslera* sp, *Penicillium* sp y *Mucor* sp., luego, en 2012, con el estudiante Wilson Salazar realizamos el trabajo de grado titulado: “Identificación de Microhongos aislados de suelos de curtiembres de la Cuenca del Río Tunjuelo de San Benito – Bogotá” (Salazar, 2012), con Wilson identificamos a especie los microhongos: *Geotrichum candidum*, *Penicillium expansum*, *Penicillium aurantiogriseum*, *Trichoderma harzianum*, *Mucor circinelloides*, *Mucor hiemalis* y *Mucor racemosus*. En esta última investigación, me llamó la atención que este suelo de curtiembres presenta un alto número de aislamientos de especies del género *Mucor*. Interpreto que estos microhongos del *Phylum Glomeromycota* por tener hifas aseptadas de ancho de 8 - 10  $\mu$  absorben mejor los contaminantes químicos del suelo, con esta idea desarrollamos en 2014 otro trabajo de grado con las estudiantes Diana Calderón y Leidy Martínez titulado: “Potencial de Bioadsorción de Metales Pesados por el hongo *Mucor hiemalis*, el cual presentó una buena adsorción de Cromo, Cobre y Zinc en bioensayos realizados a pequeña escala” (Calderón y Martínez, 2014).

La biorremediación en los últimos años ha tenido una gran importancia ya que es la aplicación directa de organismos en la descontaminación ambiental y a los estudiantes les encanta esto y los motiva a realizar este tipo de investigaciones.

## Conclusiones

En este artículo de Bio-Reflexión se muestran las experiencias en investigación formativa que he desarrollado con los estudiantes de la Licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional y se sintetizan los aspectos ecológicos de los hongos como saprófitos, micorrizas, endófitos y fitopatógenos, y se describen sus aplicaciones agrícolas como biofertilizantes y de control biológico, aplicaciones médicas como la producción de sustancias antibióticas y anticancerígenas, y aplicaciones ambientales como su uso en biorremediación, buscando en el lector una reflexión académica sobre la ecología y aplicaciones de los hongos, la cual podría motivarlo para el diseño y realización de investigaciones futuras.

Con la enseñanza de la ecología y aplicaciones de los hongos se han realizado trabajos de grado con los estudiantes de la Licenciatura en Biología de la UPN fortaleciendo su formación investigativa, la cual les servirá en su vida profesional como profesores investigadores en instituciones formales o no formales, o en la realización de posgrados en estas áreas del saber.

Espero que las variadas experiencias en diversidad y aplicaciones de los hongos que describí en este Bioartículo les sirvan a los docentes en formación y los docentes en ejercicio para realizar trabajos de investigación con hongos, para dinamizar y transformar sus prácticas en el aula, motivar a sus estudiantes por la investigación y enseñarles el uso de metodologías amigables con el medio ambiente.

## Referencias

- Alexopoulos, C. J., Mims, C. W. y Blackwell, M. (1996). *Introductory mycology* (4.ª ed.). John Wiley & Sons.
- Bohórquez, N. (2024). *Acercamiento al mundo de los macrohongos mediante prácticas de laboratorio a partir del Pleurotus ostreatus (Orellana) con los estudiantes del grado 401 y 402 del Instituto Pedagógico Nacional* [Trabajo de grado, Universidad Pedagógica Nacional].
- Bolívar, B. (2021). *Cultivo de Pleurotus ostreatus (Orellana) como práctica que promueve el aprendizaje de la biología* [Trabajo de grado, Universidad Pedagógica Nacional].
- Caicedo, V. (2014). *Evaluación del efecto antagónico de Trichoderma harzianum frente a microhongos y bacterias fitopatógenas del Cepario del Laboratorio de Biotecnología – UPN* [Trabajo de grado, Universidad Pedagógica Nacional].
- Caicedo-P., V. y Jiménez-M., H. M. (2019). Evaluación del potencial antagónico de *Trichoderma harzianum* contra tres especies de hongos fitopatógenos. *Fitopatología Colombiana*, 43(2), 44-48.
- Calderón, D. y Martínez, L. (2014). *Potencial de bioadsorción de metales pesados por el hongo Mucor hiemalis* [Trabajo de pregrado, Universidad Pedagógica Nacional].
- Corredor, N. y Delgadillo, S. (2019). *Caracterización de la relación ecológica del frailejón – microhongo fitopatógeno en el Parque Natural Nacional Chingaza como una alternativa de fortalecer los valores ambientales del ecosistema de páramo en los estudiantes del Comité Ambiental Escolar del Colegio Emilio Valenzuela* [Trabajo de pregrado, Universidad Pedagógica Nacional].
- Corredor-R., N. M., Delgadillo-P., L. S. y Jiménez-M., H. (2019). Identificación de *Sclerotinia sclerotiorum* como fitopatógeno del frailejón *Espeletia grandiflora* en el Parque Nacional Natural Chingaza. *Fitopatología Colombiana*, 42, 20-24.
- De la Espriella, A. (2011). *Aislamiento y caracterización de bacterias y microhongos a partir de suelo procedente de curtiembres de la cuenca del río Tunjuelo – Bogotá* [Trabajo de pregrado, Universidad Pedagógica Nacional].
- Duarte, M. (2023). *Enseñanza del control biológico en huertas familiares de Bogotá mediante el uso de Beauveria bassiana y la mosca blanca (Bemisia tabaci) en cultivos de cebolla (Allium cepa)* [Trabajo de pregrado, Universidad Pedagógica Nacional].
- Gómez, D. (2024). *Diseño de un biofertilizante con el hongo Trichoderma harzianum en cultivos de lechuga cressa – Lactuca sativa en una huerta escolar de Usme* [Trabajo de pregrado, Universidad Pedagógica Nacional].
- Herrera, F. (2022). *Micorrizas arbusculares en Lycopersicon esculentum (Tomate Santa Clara): el bioensayo como una estrategia para la elaboración de un material didáctico que reconozca el uso de los biofertilizantes* [Trabajo de pregrado, Universidad Pedagógica Nacional].
- Jiménez, H. M. (2004). *Microhongos productores de sustancias antibióticas y sustancias citotóxicas y genotóxicas para la línea celular de fibrosarcoma HT – 1080* [Tesis de maestría, Universidad de los Andes].
- Lifeder. (2020). *Micorrizas: función, tipos, importancia*. <https://www.lifeder.com/micorrizas/>
- Pardo, S. (2001). *Microhongos endófitos aislados de hojas de Espeletia grandiflora y Espeletia corymbosa en el páramo de Cruz Verde – Colombia* [Tesis de maestría, Universidad de los Andes].
- Ruiz, O. (2013). *Descripción de las relaciones ecológicas de Eugenia jambos (Myrtaceae) con microhongos asociados a su follaje en el municipio de Contratación (Santander, Colombia)* [Trabajo de pregrado, Universidad Pedagógica Nacional].
- Ruiz-Q., O., y Jiménez-M., H. M. (2017). Hongos fitopatógenos asociados al follaje de pomarrosa (*Eugenia jambos*, Myrtaceae) en el municipio de

Contratación (Santander, Colombia). *Fitopatología Colombiana*, 42, 20-24.

Salazar, W. (2012). *Identificación de microhongos aislados de suelos de curtiembres de la cuenca del río Tunjuelo de San Benito – Bogotá* [Trabajo de pregrado, Universidad Pedagógica Nacional].

Sylvia, D., Fuhrmann, J., Hartel, P. y Zuberer, D. (1998). *Principles and applications of soil microbiology*. Prentice Hall.

Wen, J., Okyere, S. K., Wang, S., Wang, J., Xie, L., Ran, Y. y Hu, Y. (2022). Endophytic fungi: An effective alternative source of plant-derived bioactive compounds for pharmacological studies. *Journal of Fungi (Basel)*, 8(2), 205. <https://doi.org/10.3390/jof8020205>