16.

FECHA	lunes, 27 de noviembre de 2023

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
BIBLIOTECA
Facatativá-Cundinamarca

UNIDAD REGIONAL	Extensión Facatativá
TIPO DE DOCUMENTO	Trabajo De Grado
FACULTAD	Ciencias Agropecuarias
NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO	Pregrado
PROGRAMA ACADÉMICO	Ingeniería Agronómica

El Autor(Es):

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
Acosta Gongora	Luisa Fernanda	1077966728
Daza Walteros	María Juliana	1000122336

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
Duque Gamboa	Diana Nataly

TÍTULO DEL DOCUMENTO
Microorganismos asociados a plantas de Frailejón (*Espeletia* spp) **en Cundinamarca**.

SUBTÍTULO (Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

EXCLUSIVO PARA PUBLICACIÓN DESDE LA DIRECCIÓN INVESTIGACÍON	
INDICADORES	**NÚMERO**
ISBN	
ISSN	
ISMN	

AÑO DE EDICION DEL DOCUMENTO	NÚMERO DE PÀGINAS
27/11/2023	37

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)	
ESPAÑOL	**INGLÉS**
1.Bacterias	Bacteria
2. Endófitos	Endophytes
3. Fitopatógenos	Phytopathogens
4. Hongos	Fungi
5. Páramo	Paramo
6. Frailejón	Frailejon

FUENTES (Todas las fuentes de su trabajo, en orden alfabético)
Aguirre, M. D. D. (2021). Modelación de la distribución actual de las micorrizas del páramo colombiano. Edu.co. https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/53025/25291.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Alba C, L. Y. (2023). Caracterización de microorganismos endófitos y fitopatógenos asociados a las plantas del género Puya del Páramo Chingaza. Universidad de Cundinamarca, Extensión Facatativá.

Brower, J. E., Zar, J. H., & Von Ende, C. N. (1998). Field and Laboratory methods for general ecology. McGraw-Hill Education. https://books.google.com.co/books/about/Field_and_Laboratory_Methods_for _General.html?id=YpsoAQAAMAAJ&redir_esc=y

Cabezas Olave, L. F. (2011). Characterization of cellulases and antagonistic activities in fungal endophytes isolated from Espeletia spp [Uniandes]. https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/11425

Campo-Arana, Cardona-Ayala, Manjarres-Cogollo, & Rossi-Tordecilla. (2021). Trichoderma spp. Biocontrolador de marchitez vascular (Fusarium spp.) de la berenjena en el Caribe colombiano* Trichoderma spp. vascular wilt biocontroller (Fusarium spp.) of eggplant in the Colombian Caribbean. https://doi.org/10.18684/bsaa.v19.n2.2021.1363Vol

Cano, M. A. (2011). Interacción de microorganismos benéficos en plantas: micorrizas, Trichoderma spp. Y pseudomonas spp. Una revisión. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica 14 (2): 15 - 31.

CAR (Corporación autónoma regional de Cundinamarca). (2018). Plan de conservación y manejo de las especies de frailejones. Obtenido de https://sie.car.gov.co/bitstream/handle/20.500.11786/37855/2018-Plan_Manejo _Frailejones.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CAR (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca). (2020). Catálogo De Frailejones Presentes En La Jurisdicción CAR. Obtenido de https://www.car.gov.co/uploads/files/60637e9de20cf.pdf

Cárdenas, M. F., Tobón, C., Rock, B. N., & del Valle, J. I. (2018). Ecophysiology of frailejones (Espeletia spp.), and its contribution to the hydrological functioning of páramo ecosystems. Plant Ecology, 219(2), 185–198. https://doi.org/10.1007/s11258-017-0787-x

Correa, C. E. (2021, diciembre 11). “Tenemos el 50 % de los páramos del mundo”: Ministro de Ambiente en el Día de las Montañas. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://www.minambiente.gov.co/tenemos-el-50-de-los-paramos-del-mundo-m inistro-de-ambiente-en-el-dia-de-las-montanas/.

Cortés-Duque, J., Sarmiento Pinzón, C. E., & IAvH. (2013). Visión socioecosistémica de los páramos y la alta montaña colombiana: memorias del proceso de definición de criterios para la delimitación de páramos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Cruz Choappa, R., & Vieille, P. (2020). El género Paecilomyces bainier. Revista Chilena de Infectologia: Organo Oficial de La Sociedad Chilena de Infectologia, 37(3), 263–264. https://doi.org/10.4067/s0716-10182020000300263

De la Cruz, M. (2002). Pudriciones en frutos de Frambuesa. Tierra adentro, N° 43(2002). https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/5907/NR27791.pdf?se quence=1&isAllowed=y

Díazgranados Cadelo, M., & Castellanos Castro, C. (2017). Conversatorio Sobre Frailejones De Colombia: Revisión del Estado de Conservación y Amenaza. Org.co. Recuperado 19 de noviembre de 2023, de http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/34987/Conve rsatorio%20sobre%20frailejones%20de%20Colombia_Estado%20de%20cons ervaci%C3%B3n%20y%20amenaza%20%281%29.pdf?sequence=4&isAllow ed=y

Diazgranados M. (2015). Una mirada biológica a los páramos circundantes a la Sabana de Bogotá. En: Guhl E, (ed) Los páramos circundantes a la Sabana de Bogotá. Bogota, Colombia: Jardín Botánico de Bogotá, 175–205. Díazgranados, M., & Castellanos Castro, C. (2021). Frailejones en peligro. http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/35925

Diazgranados, M., & Castellanos-Castro, C. (2021). Frailejones en peligro. ResearchGate, 1. https://www.researchgate.net/publication/358405623_Frailejones_en_peligro

Fitopatología, H. V. (2016a, marzo 2). Síndrome de la muerte súbita (SMS) de la Soja (Fusarium spp). Herbario Virtual Fitopatología. https://herbariofitopatologia.agro.uba.ar/?page_id=630

Fitopatología, H. V. (2016b, marzo 1). Fusariosis de la espiga del trigo (Fusarium graminearum). Herbario Virtual Fitopatología. https://herbariofitopatologia.agro.uba.ar/?page_id=222

Fitopatología, H. V. (2016c, marzo 1). Tizón temprano del Tomate (Alternaria spp.). Herbario Virtual Fitopatología. https://herbariofitopatologia.agro.uba.ar/?page_id=459

Fitopatología, H. V. (2019, noviembre 6). Podredumbre del cuello de la cebolla (Botrytis spp). Herbario Virtual Fitopatología. https://herbariofitopatologia.agro.uba.ar/?page_id=9175

Gaitán, M. A. (2018). Identificación de hongos asociados a lesiones de frailejones (Espeletia spp.) en páramos de Cundinamarca. Obtenido de https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/39200

Galindez Chicaiza, E., Universidad de Nariño, Lagos-Mora, L. E., Castillo-Belalcázar, G., Salazar-González, C., Betancourth-García, C., Universidad de Nariño, Universidad de Nariño, Universidad de Nariño, & Universidad de Nariño. (2020). Hongos detectados en la entomofauna asociada a Espeletia pycnophylla. Revista Udca Actualidad & Divulgacion Cientifica, 23(2). https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n2.2020.1497

García, G. V. (2013). “Mejora de la eficacia de Penicillium oxalicum como agente de biocontrol en enfermedades de plantas hortícolas. Upm.es. https://oa.upm.es/22581/1/GEMA_ISABEL_VAZQUEZ_GARCIA.pdf

Gökdemir, F. Ş., İşeri, Ö. D., Sharma, A., Achar, P. N., & Eyidoğan, F. (2022). Metagenomics next generation sequencing (mNGS): An exciting tool for early and accurate diagnostic of fungal pathogens in plants. Journal of Fungi (Basel, Switzerland), 8(11), 1195. https://doi.org/10.3390/jof8111195

González, D. A. (2012). Estudio preliminar de la composición de hongos endófitos en espelietiaargentea (bonpl.) en la Cuenca de la quebrada Calostros (PNN Chingaza). Recuperado de: https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/11770

Hernández Lauzardo, A. N., Bautista Baños, S., & del Valle Miguel Gerardo y Hernández Rodríguez Annia, V. (2006). Uso de Microorganismos Antagonistas en el Control de Enfermedades Postcosecha en Frutos. Revista Mexicana, Remex. Fitopatol vol.25 no1 (Texcoco 2007). https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61225109

Humboldt, I. (2021). Colombia cierra el 2021 con nueva especie de frailejón. http://humboldt.org.co/es/boletines-y-comunicados/item/1705-con-nuevo-halla zgo-colombia-cierra-el-2021-con-91-especies-de-frailejones

Kaur, A., Sharma, R., Mishra, P., Sinhababu, A., & Chakravarty, R. (2022). Visual research discovery using connected papers: A use case of blockchain in libraries. The Serials Librarian, 83(2), 186–196. https://doi.org/10.1080/0361526x.2022.2142722

Loaiza, N., & Toro, D. R. (2021). Comparación Entre La Altura De La Planta Y Las Bacterias Fijadoras De Nitrógeno No Simbióticas Asociadas A La Rizosfera De Frailejón (Espeletia Hartwegiana.) En Dos Épocas Climáticas. PNNN. Edu.co. https://repositorio.ucaldas.edu.co/bitstream/handle/ucaldas/17140/Natalia_Loa izaPosada_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Lozano, S. L. B. (2021). COMUNIDADES FÚNGICAS PRESENTES EN LA NECROMASA DE Espeletia grandiflora Y EN LAS PLANTAS ACOMPAÑANTES EN EL PÁRAMO DE OCETÁ, BOYACÁ, COLOMBIA. Edu.co. https://repositorio.unbosque.edu.co/handle/20.500.12495/6732

Luteyn, J. L. (1999). Paramos: A checklist of plant diversity, geographical distribution and botanical literature. Icimod.org. https://lib.icimod.org/record/10268

Manuela, L., Torres, E., Tomás, R., Sicard, E. L., Agrario, M., Avellaneda-Torres, L. M., Torres Rojas, E., & Tomás, E. L. (2015). Alternativas ante el conflicto entre autoridades ambientales y habitantes de áreas protegidas en páramos colombianos. Org.ar. http://www.scielo.org.ar/pdf/magr/v16n31/v16n31a10.pdf

Martínez, B., Infante, D., & Reyes, Y. (2013). Trichoderma spp. Y su función en el control de plagas en los cultivos. Revista de proteccion vegetal, 28(1), 1–11. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=s1010-27522013000100001&script=sci_art text

Medina', M. M., Varela, A., & Martínez', y. C. (2010a). Registro de daño a los frailejones (Asteraceae: Espeletia spp.) Por insectos y hongos patógenos en el PNN Chingaza (Colombia). gov.co. https://sidap.cvc.gov.co/sites/default/files/2018-12/CESPEDESIA%20Vol%20 32%20No%2090-91%202010%20Pag%2067-70_0.pdf

Medina', M. M., Varela, A., & Martínez', y. C. (2010b). Registro de daño a los frailejones (Asteraceae: Espeletia spp.) Por insectos y hongos patógenos en el PNN Chingaza (Colombia). gov.co. https://sidap.cvc.gov.co/sites/default/files/2018-12/CESPEDESIA%20Vol%20 32%20No%2090-91%202010%20Pag%2067-70_0.pdf

Medina, M. M., Varela, A., & Martínez, y. C. (2010c). Registro de daño a los frailejones (Asteraceae: Espeletia spp.) Por insectos y hongos patógenos en el PNN Chingaza (Colombia). gov.co. https://sidap.cvc.gov.co/sites/default/files/2018-12/CESPEDESIA%20Vol%20 32%20No%2090-91%202010%20Pag%2067-70_0.pdf

Mesa Vanegas, A. M., Marín Pavas, D. A., & Calle Osorno, J. (2019). Metabolitos secundarios en Trichoderma spp. Y sus aplicaciones biotecnológicas agrícolas. Actualidades Biológicas, 41(111), 1–13. https://doi.org/10.17533/udea.acbi.v41n111a02

MINAMBIENTE. (2001). Ecosistemas de Alta Montaña y Páramo. Gov.co. https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/bosques-biodiversidad-y-servici os-ecosistematicos/ecosistemas-estrategicos/paramos

MINAMBIENTE. (2022). Los páramos de Colombia tienen más de 31.000 nuevos frailejones. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://www.minambiente.gov.co/bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistem icos/los-paramos-de-colombia-tienen-mas-de-31-000-nuevos-frailejones/

Muñoz, F. A., & Pérez, E. H. (2017). CONFLICTOS DE USO DE SUELO EN LA FRONTERA AGRÍCOLA Y ÁREAS DEL PARAMO DEL MUNICIPIO DE TOTORÓ, CAUCA. Unirioja.es. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7831503

Ortiz, C. A. (2021). Diversidad de hongos endófitos asociados al frailejón (Espeletia hartwegiana) en un marco de cambio climático, páramo de Romerales, Quindío, Colombia [Universidad Andina Simón Bolívar S]. http://hdl.handle.net/10644/8194

Peñalosa, P. P., Julio, B., & Rosselli, P. F. (2004). Chisacá, un recorrido por los páramos andinos. https://www.researchgate.net/profile/Julio-Betancur/publication/266328313_CHISACA_UN_RECORRIDO_POR_LOS_PARAMOS_ANDINOS/links/5522 ab240cf2f9c13053e718/CHISACA-UN-RECORRIDO-POR-LOS-PARAMOS - ANDINOS.pdf

Pinzón, C. E. S., Vargas, C. E. C., Giraldo, M. V. S., & Jiménez, J. A. Z. (2013). Aportes a la conservación estratégica de los páramos de Colombia: actualización de la cartografía de los complejos de páramo a escala 1:100.000. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Rangel Ibáñez, D., & Zafra, G. (2022). Diversidad microbiana asociada a Espeletia spp. En ecosistemas de alta montaña. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 20(2), 129–141. https://doi.org/10.18684/rbsaa.v20.n2.2022.1640

Rocha, D. A. G. (2012). Estudio preliminar de la composición de hongos endófitos en Espelietia argentea (Bonpl.) en la Cuenca de la Quebrada Calostros (PNN Chingaza) [Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Ciencias Básicas Microbiología Agrícola y

Veterinaria]. https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/11770/GonzalezRochaDavidAndres2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rojas, R. A. B. (2019). Evaluación de Beauveria bassiana en el control biológico de larvas de la polilla Oidaematophorus espeletiae. Edu.co. larvas de la polilla Oidaematophorus espeletiae. Edu.co. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1062&context=biologia

Roselio Caselles, J. L. (2003). Capacidad antagonista de Penicillium oxalicum Curie & Thom y Trichoderma harzianum Rifai frente a diferentes agentes fitopatógenos. Estudios eco fisiológicos. Upv.es. https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/2905/tesisUPV1934.pdf

Sánchez-Fernández, R. E., Sánchez-Ortiz, B. L., Sandoval-Espinosa, Y. K. M., Ulloa-Benítez, Á., Armendáriz-Guillén, B., García-Méndez, M. C., & Macías-Rubalcava, M. L. (2013). Hongos endófitos: fuente potencial de metabolitos secundarios bioactivos con utilidad en agricultura y medicina. Tip revista especializada en ciencias químico-biológicas, 16(2), 132–146. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-888X201 3000200006

SiB, C. (2022). Lo que dicen los datos sobre los frailejones. https://biodiversidad.co/post/2022/datos-frailejon-biodiversidad-colombia/

Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de Plagas. (2023). Colletotrichum gloeosporioides. Gob.ar. Recuperado 21 de agosto de 2023, de https://www.sinavimo.gob.ar/plaga/colletotrichum-gloeosporioides.

Suárez Contreras Liliana Yanet & Rangel Riaño Alba Luz. (2013). Aislamiento de microorganismos para control biológico de Moniliophthora roreri. Org.co. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169930016012

Tanya Morocho, M., & Leiva-Mora, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. Centro agrícola, 46(2), 93–103. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000200 093

Vásquez Cerón, A., & Buitrago Castro, A. C. (2011). El gran libro de los páramos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Vásquez-Ramírez, L. M. z., & Castaño-Zapata, J. (2017). Vista de Manejo integrado de la marchitez vascular del tomate [Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici (SACC.) W.C. Snyder & H.N. Hansen]: una revisión. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica 20 (2):363-374. https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/394/33.

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS

(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

Resumen:

Los páramos albergan la vida de muchos de seres vivos, macro y microscópicos, incluyendo microorganismos, que permiten un equilibrio ecológico del ecosistema, pero en los últimos años, las plantas de frailejón, que son una especie que juega un papel de vital importancia en este ecosistema, porque en Colombia si amerita hablar de "poblaciones" de frailejones, pues están muy fragmentados. Una hipótesis para el declive poblacional de los frailejones es por la propagación de microorganismos patógenos, por ende, el objetivo principal de esta investigación es recopilar la información existente sobre microorganismos que estén asociados a esta especie y establecer la potencial amenaza a causa de agentes fitopatógenos. De acuerdo con la recopilación de información se logró identificar, que en los diferentes páramos existentes en Colombia, se cuenta con una gran diversidad de especies de frailejón que son característicos de las zonas andinas, dentro de la revisión bibliográfica se identificaron algunos hongos como *Trichoderma* sp., *Fusarium* sp., *Penicillium* sp., y *Colletotrichum* sp., y una bacteria *Azotobacter* sp. Adicionalmente, se encontraron herramientas metodológicas para la identificación de estos hongos como la extracción de ADN-PCR convencional, técnicas de macro y micro distribución, pruebas de patogenicidad y cultivos microbiológicos, estas herramientas son utilizadas para comprender la diversidad, función y contribución de estos microorganismos al ecosistema. Finalmente, es necesario continuar explorando las zonas paramunas de Colombia como la Zona Andina, la Sierra Nevada de Santa Marta, la Serranía de la Macarena, entre otras, aunque son zonas protegidas por grupos al margen de la ley, no será fácil la exploración para lograr descubrir nuevas especies de microorganismos asociados a los frailejones, debido a que estos son de gran relevancia en la salud del ecosistema, la conservación de estas especies emblemáticas y su potencial aplicación en áreas como la agricultura sostenible.

Abstract:

The páramos harbor the life of many living beings, macro and microscopic, including microorganisms, which allow an ecological balance of the ecosystem, but in recent years, the frailejon plants, which are a species that plays a vital role in this ecosystem, because in Colombia it is worth talking about "populations" of frailejones, because they are very fragmented. One hypothesis for the population decline of frailejones is due to the spread of pathogenic microorganisms, therefore, the main objective of this research is to collect existing information on microorganisms that are associated with this species and establish the potential threat caused by phytopathogenic agents. According to the compilation of information, it was identified that in the different moorlands existing in Colombia, there is a great diversity of frailejón species that are characteristic of the Andean zones, within the bibliographic revision some fungi were identified such as

Trichoderma sp., *Fusarium* sp, and a bacterium *Azotobacter* sp. Additionally, methodological tools were found for the identification of these fungi such as DNA-PCR extraction, macro and micro distribution techniques, pathogenicity tests and microbiological cultures, these tools are used to understand the diversity, function and contribution of these microorganisms to the ecosystem. Finally, it is necessary to continue to explore the paramount areas of Colombia such as the Andean Zone, the Sierra Nevada de Santa Marta, the Serranía de la Macarena, among others, although they are areas protected by illegal groups, exploration to discover new species of microorganisms associated with frailejones will not be easy, because these are of great relevance to the health of the ecosystem, the conservation of these emblematic species and their potential application in areas such as sustainable agriculture.

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son:
Marque con una "X":

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	X	
2. La comunicación pública, masiva por cualquier procedimiento o medio físico, electrónico y digital.	X	

3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, *"Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores"*, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca

está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado. **SI** __ **NO** _X__.
En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos) en carta adjunta, expedida por la entidad respectiva, la cual informa sobre tal situación, lo anterior con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales.

Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el "Manual del Repositorio Institucional AAAM003"

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.

j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.

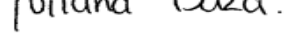
Nota:
Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. Nombre completo del proyecto.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)

1. Microorganismos asociados a plantas de Frailejón (*Espeletia* spp.) en Cundinamarca.pdf	Texto
2.	
3.	
4.	

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafa)
Acosta Gongora Luisa Fernanda	
Daza Walteros Maria Juliana	

21.1-51-20.

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Programa de Ingeniería Agronómica, ext. Facatativá

Microorganismos asociados a plantas de Frailejón (*Espeletia* spp.) en Cundinamarca

Frailejón (*Espeletia* spp.) associated microorganisms in Cundinamarca.

Acosta-Góngora, Luisa. F[1]; Daza-Walteros, María. J[2]; Duque-Gamboa, Diana. N[3]

Resumen

Los páramos albergan la vida de muchos de seres vivos, macro y microscópicos, incluyendo microorganismos, que permiten un equilibrio ecológico del ecosistema, pero en los últimos años, las plantas de frailejón, que son una especie que juega un papel de vital importancia en este ecosistema, porque en Colombia si amerita hablar de "poblaciones" de frailejones, pues están muy fragmentados. Una hipótesis para el declive poblacional de los frailejones es por la propagación de microorganismos patógenos, por ende, el objetivo principal de esta investigación es recopilar la información existente sobre microorganismos que estén asociados a esta especie y establecer la potencial amenaza a causa de agentes fitopatógenos. De acuerdo con la recopilación de información se logró identificar, que en los diferentes páramos existentes en Colombia, se cuenta con una gran diversidad de especies de frailejón que son característicos de las zonas andinas, dentro de la revisión bibliográfica se identificaron algunos hongos como *Trichoderma* sp., *Fusarium* sp., *Penicillium* sp., y *Colletotrichum* sp., y una bacteria *Azotobacter* sp. Adicionalmente, se encontraron herramientas metodológicas para la identificación de estos hongos como la extracción de ADN-PCR Convencional, técnicas de macro y micro distribución, pruebas de patogenicidad y cultivos microbiológicos,

estas herramientas son utilizadas para comprender la diversidad, función y contribución de estos microorganismos al ecosistema. Finalmente, es necesario continuar explorando las zonas paramunas de Colombia como la Zona Andina, la Sierra Nevada de Santa Marta, la Serranía de la Macarena, entre otras, aunque son zonas protegidas por grupos al margen de la ley, no será fácil la exploración para lograr descubrir nuevas especies de microorganismos asociados a los frailejones, debido a que estos son de gran relevancia en la salud del ecosistema, la conservación de estas especies emblemáticas y su potencial aplicación en áreas como la agricultura sostenible.

Palabras Claves: Bacterias, Endófitos, Fitopatógenos, Hongos, Páramo.

Abstract

The páramos harbor the life of many living beings, macro and microscopic, including microorganisms, which allow an ecological balance of the ecosystem, but in recent years, the frailejon plants, which are a species that plays a vital role in this ecosystem, because in Colombia it is worth talking about "populations" of frailejones, because they are very fragmented. One hypothesis for the population decline of frailejones is due to the spread of pathogenic microorganisms, therefore, the main objective of this research is to collect existing information on microorganisms that are associated with this species and establish the potential threat caused by phytopathogenic agents. According to the compilation of information, it was identified that in the different moorlands existing in Colombia, there is a great diversity of frailejón species that are characteristic of the Andean zones, within the bibliographic revision some fungi were identified such as

Trichoderma sp., *Fusarium* sp, and a bacterium *Azotobacter* sp. Additionally, methodological tools were found for the identification of these fungi such as DNA-PCR extraction, macro and micro-distribution techniques, pathogenicity tests and microbiological cultures, these tools are used to understand the diversity, function and contribution of these microorganisms to the ecosystem. Finally, it is necessary to continue to explore the paramount areas of Colombia such as the Andean Zone, the Sierra Nevada de Santa Marta, the Serranía de la Macarena, among others, although they are areas protected by illegal groups, exploration to discover new species of microorganisms associated with frailejones will not be easy, because these are of great relevance to the health of the ecosystem, the conservation of these emblematic species and their potential application in areas such as sustainable agriculture.

Keywords: Bacteria, Endophytes, Phytopathogens, Fungi, Páramo.

Introducción

La biodiversidad de nuestro planeta es asombrosa y se manifiesta en una amplia gama de formas de vida, desde mamíferos hasta los diminutos microorganismos que a menudo pasan desapercibidos, entre estos últimos, los microorganismos juegan un papel esencial en diversos ecosistemas, incluyendo los procesos biogeoquímicos, ciclo de los nutrientes y en la salud del medio ambiente (Cabrera & Ramírez, 2014). Uno de los hábitats que ha atraído el interés de investigadores y entusiastas de la biodiversidad es el páramo, un ecosistema de alta montaña localizado en Suramérica en la cordillera de los Andes (Luteyn, 1999), este ecosistema se caracteriza por su elevada altitud entre (3.700 y 4.000

m.s.n.m) (Peñalosa et al., 2004), temperaturas moderadamente frías y una vegetación paramuna única, son notables por la biodiversidad que poseen y por la regulación del ciclo del agua y conservación del suelo (MINAMBIENTE, 2001).

El frailejón pertenece a la Familia Asteraceae según Tropicos.org, su clasificación taxonómica, su nombre científico pertenece a (*Espeletia* spp.) el cual pertenece a la autoridad de Mutis ex Bonpl, el frailejón hace parte de dos géneros de *Espeletia y Espeletiopsis,* de acuerdo con Díazgranados & Castellanos Castro (2021) los frailejones hacen parte de una subtribu llamada *Espeletiinae*, que se suele clasificar en ocho géneros *Carramboa, Coespeletia, Espeletia, Espeletiopsis, Libanothamnus, Paramiflos, Ruilopezia y Tamania*.

Es una de las plantas más fascinantes de América del sur, en países como Colombia, Venezuela, Ecuador y parte del Perú (Luteyn, 1999), se considera como una especie emblemática en los páramos (MINAMBIENTE, 2022), debido a su adaptación excepcional a las condiciones extremas que caracterizan a los páramos. (Cortés-Duque et al., 2013)

El frailejón (*Espeletia* spp.) desempeña un papel crucial en la estructura y función de estos ecosistemas, Colombia posee la mayor cantidad de especies de frailejones, cuenta con 88 especies de frailejones endémicas (CAR, 2020). De acuerdo con la CAR, (2018) las hojas del Frailejón están dispuestas en roseta, están meticulosamente diseñadas con una densa cobertura de tricomas, estructuras microscópicas que dotan a la planta de su característico aspecto velludo y aterciopelado (CAR, 2018), estos tricomas tiene el fin de

proteger la planta contra rayos ultravioleta, también tienen la facultad de contrarrestar la pérdida de agua, esta barrera protectora reduce la evaporación y conserva la humedad en el tejido vegetal (Cárdenas et al., 2018). De acuerdo con González *et al.* (2018) la estructura de las hojas del frailejón está altamente adaptada para su supervivencia en condiciones de alta radiación solar y bajas temperaturas.

En Colombia se registran 37 complejos de páramos, de los cuales están distribuidos en 82, los cuales cada uno se encuentran de la siguiente manera 21 en el Cauca, 14 en Boyacá, 10 en Antioquia, 7 en Nariño, 7 en el Valle del Cauca, 6 en Bogotá con otros departamentos, 5 en Cundinamarca, 5 en Tolima, 2 en Quindío, 2 en los Santanderes, 1 en Caldas, 1 en Risaralda y 1 en La Guajira (Pinzón et al., 2013) citado por (SiB, 2022)

Para el año 2021 en Colombia se descubrió una nueva especie del frailejón llamada *Espeletia ocetana* en el páramo de Ocetá en Boyacá, adicionalmente cerca de este páramo se encuentra alrededor de 50 especies de frailejón (Humboldt, 2021), es una especie que actualmente se encuentra en un buen estado, pero es una especie que se encuentra en los límites del Parque Natural Regional Siscunsí Ocetá, lo cual se podría ver afectada por las expansiones de la frontera agrícola como lo son la ganadería y otras actividades productivas (Humboldt, 2021).

Otra problemática relacionada con el declive de la población de frailejones es la extensión de la frontera agrícola sobre los páramos, puesto que hoy en día, los agricultores presentan un conflicto por el uso de suelo para realizar producciones

intensivas, por lo que llegan a generar un deterioro en los recursos y en los sistemas naturales (Muñoz & Pérez, 2017).

Colombia presenta la mayor parte de la extensión de páramos en el mundo y actualmente las grandes extensiones de papa y otros cultivos, han deteriorado los recursos del suelo, así mismo la pérdida de plantas de frailejón (Manuela et al., 2015).

El sistema de producción de papa en Colombia se destaca por ser el que más requiere fungicidas e insecticidas, ubicándose en el segundo puesto en cuanto a la utilización de fertilizantes químicos (Manuela et al., 2015), por lo que este cultivo ha afectado la frontera de varios parques nacionales en las zonas paramunas, como lo es el caso del páramo de Sumapaz el cual se ha visto afectado por la extensión de la frontera agrícola eliminando hasta 5 hectáreas con la presencia de frailejones según lo reportó la CAR (2018).

De acuerdo con Díazgranados & Castellanos-Castro, 2021, desde el 2005 se ha registro evaluaciones con el propósito de evaluar el riesgo de extinción de *Espeletia* spp. Clasificando el riesgo de acuerdo a los parámetros de la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

Agregando a lo anterior, en las investigaciones se evaluaron 85 especies de frailejones, de las cuales 55 están clasificadas en la lista roja de especies amenazadas así: peligro crítico 15, en Peligro 25, Vulnerables 15, casi amenazadas 5, y de preocupación menor 22 (Díazgranados & Castellanos-Castro, 2021).

Por otro lado, también existen microorganismos, algunos de los cuales son considerados patógenos y tienen la capacidad de causar enfermedades en las plantas. Estos microorganismos incluyen bacterias, hongos y otros organismos, los cuales pueden colonizar diversas estructuras, como las raíces y los tejidos internos de los microorganismos de la planta (Tanya Morocho & Leiva-Mora, 2019).

Las investigaciones relacionadas con el frailejón en su mayoría se han centrado en la importancia ecológica, en hábitats como el páramo, el estudio de microorganismos asociados a esta planta en sistemas agrícolas dentro de los páramos ha recibido una atención más limitada. En consecuencia, esta revisión bibliográfica tiene como objetivo recopilar información existente de estudios anteriores sobre los microorganismos asociados al frailejón y establecer aquellos con un potencial fitopatógeno.

Materiales y métodos

En la recopilación de documentación bibliográfica, se utilizaron buscadores sistemáticos, que incluyen Google Escolar y Connected Paper, que permite explorar documentos académicos en un diagrama de red, visualizando la conectividad con otros documentos (Kaur et al., 2022). La búsqueda se realizó utilizando la combinación de palabras claves como frailejón, Espeletia, fitopatógenos, microorganismos, clasificada y organizada en una matriz elaborada en el programa Microsoft Excel construida con los ítems (Título, Autores, año, ubicación, tipo de documento y Aportes), se tuvo en cuenta las contribuciones existentes y los documentos con la siguiente información: Especies de plantas de frailejón existente en las diferentes localidades, de acuerdo con las

características del páramo, Fitopatógenos que afectan a *Espeletia* spp. (Hongos, bacterias, virus, entre otros), e información relevante acorde al contenido de la revisión. En total se realizó el análisis de información de 41 documentos, que incluyeron 8 artículos de revisión, 12 trabajos de grado (pregrados, maestrías, doctorados), 10 artículos de investigación, 9 libros virtuales, 1 catálogo, 1 herbario virtual y 1 resolución.

Resultados

Aspectos generales

A partir de la información analizada y para comprender el tema central de esta revisión bibliográfica, los hallazgos encontrados se encuentran centrados en investigaciones realizadas en los páramos existentes en departamento de Cundinamarca, también es importante resaltar, que los frailejones en Colombia se encuentran en una extensión de 28.000 km^2 (Diazgranados,2015) y de acuerdo con Correa (2011), acota que contamos con el 50% de los páramos que se encuentran en todo el mundo y que están distribuidos por los tres ramales de la toda la cordillera los Andes en Colombia (Aristizábal Ortiz, 2021), con presencia de bosques de alta montaña, que prestan servicios ecosistémicos a la fauna, vegetación propia del lugar como frailejones, pastos y matorrales que tienen la capacidad de albergar y retener agua, para mantener la humedad de su hábitat (Vásquez Cerón & Buitrago Castro, 2011).

En los diferentes páramos se encuentra una diversidad de especies de Frailejones propia. De acuerdo con la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca- CAR, en el Catálogo de Frailejones presentes en la Jurisdicción CAR, se encontraron 18 especies de

frailejones, de los cuales 7 son considerados endémicos y en el cual describen detalladamente las características cada uno de ellos, como el nombre común, características generales (altura planta, lámina foliar), distribución y ecología. En la tabla 1, podemos ver la clasificación de estas plantas de acuerdo a su lugar de procedencia.

Tabla 1.

Clasificación de frailejones presentes en la Jurisdicción CAR, de acuerdo a su procedencia.

Frailejones Endémicos	**Frailejones Introducidos**
Frailejón de Cabrera (*Espeletia cabrerensis* Cuatrec)	Frailejón plateado de Cundinamarca (*Espeletia argentea* Bonpl.)
Frailejón de San Cayetano (*Espeletia cayetana* Cuatrec.)	Frailejón repollo de Cundinamarca (*Espeletia barclayana* Cuatrec.),
Frailejón de Chocontá (*Espeletia chocontana* Cuatrec)	Frailejón plateado boyacense *(Espeletia boyacensis* Cuatrec.)
Frailejón de Guasca (*Espeletia killipii* Cuatrec), *Espeletia killipii* var. Chisacana	Frailejón de bastón (*Espeletia congestiflora* Cuatrec.)
Frailejón del mirador (*Espeletia miradoresis* Cuatrec.)	Frailejón Mayor (*Espeletia grandiflora* Humb. & Bonpl.)
Frailejón de Sumapaz (*Espeletia summapacis* Cuatrec.)	Frailejón blanco (*Espeletia incana* Cuatrec)
Frailejón de Chingaza (*Espeletia uribei* Cuatrec),	Frailejón de Murillo (*Espeletia murilloi* Cuatrec),
	Frailejón Liso (*Espeletiopsis corymbosa* (Humb. & Bonpl.) Cuatrec)
	Frailejón de Arcabuco (*Espeletiopsis garciae* Cuatrec.

Elaboración propia de los autores con información tomada de: Catálogo de Frailejones presentes en la Jurisdicción CAR (2020).

De acuerdo con Díazgranados, M. y Castellanos-Castro, C (2017), la afectación de la población de los frailejones geográficamente en Colombia se encuentra distribuida a lo largo de toda la cordillera Oriental. Los Frailejones, como cualquier otra planta, comparten su hábitat con microorganismos que pueden ser benéficos o patógenos (hongos, bacterias, virus), que son favorables o desfavorable para su crecimiento y que pueden afectar cualquier órgano vegetativo (hojas, tallo, raíz) o reproductivo (fruto) de la planta (Rocha, 2012). Aquellos microorganismos neutrales no serán objeto de discusión en la presente revisión.

Microorganismos benéficos

Los microorganismos benéficos establecen relaciones simbióticas que benefician tanto a la planta y como a ellos mismos, un ejemplo de esto son las raíces, que albergan una comunidad de microbios que participan en la fijación de nitrógeno y en la solubilización de nutrientes y que pueden colaborar a las plantas a mejorar la absorción de nutrientes, especialmente en suelos pobres y altamente degradados (Cano, 2011). Por otro lado, tenemos a los hongos endófitos benéficos los cuales son aquellos que pasan la mayor parte o la totalidad de su ciclo de vida en los tejidos sin provocar y ocasionar síntomas y daños (Sánchez-Fernández et al., 2013), estos hongos pueden contribuir como un mecanismo de defensa contra patógenos que amenazan la salud de la planta, la relación entre los hongos endófitos y el frailejón podría jugar un papel fundamental en la

supervivencia de la planta y, por lo tanto, en la conservación de estas especies emblemáticas de los páramos (Gaitán,2018).

Uno de los aspectos más fascinantes y enigmáticos de la relación entre el frailejón *Espeletia* spp. y los microorganismos es la presencia de micorrizas en las raíces, de acuerdo con Aguirre, (2021), son manifestaciones de una simbiosis mutualista, entre las raíces de las plantas y los hongos, por lo cual existe una cooperación simbiótica donde ambos participan en el intercambio de nutrientes. Adicionalmente, se han encontrado en la especie *Espeletia grandiflora* gran abundancia de hongos pertenecientes a los géneros: *Penicillium* sp., *Paecilomyces* sp., y *Beauveria* sp., los cuales podrían ser implementados como potenciales controladores de otros hongos fitopatógenos e insectos plaga (Rangel & Zafra, 2022).

En un estudio realizado en el páramo de Paja Blanca, en el municipio de Gualmatán-Nariño, Colombia, se identificaron hongos benéficos como *Trichoderma* sp., *Penicillium* sp., aislados en las estructuras de los insectos de los órdenes Lepidóptera y Coleóptera presentes, como en las especies *E. pycnophylla* y *E. grandiflora* (Galindez Chicaiza et al., 2020).

De acuerdo con el autor Galindez Chicaiza et al., (2020), menciona a Miles et al. (2012), el cual afirma que la presencia de los hongos como *Trichoderma* sp. y *Penicillium* sp., en la especie *E. grandiflora* tiene la capacidad de biocontrol de hongos como *Fusarium* sp.; por su parte, el hongo *Trichoderma* sp. es considerado un hongo benéfico en la agricultura debido a que actúan como un agente de control biológico, actúa como un

hongo antagonista el cual coloniza las raíces y estimula el crecimiento vegetal, descomponen la materia orgánica en el suelo y mejoran la salud del suelo.(Martínez et al., 2013). Por otro lado, el hongo *Penicillium* sp., también es considerado antagonista, puesto que puede competir por los nutrientes con *Fusarium* sp., limitando su espacio y crecimiento (Roselio Caselles, 2003).

En cuanto a *Trichoderma,* en un estudio desarrollado en un cultivo de berenjena en el caribe Colombino, aplicaron de manera in vitro, una cepa de *Trichoderma* TC05 como Biocontrolador de la marchitez vascular (*Fusarium* sp.), que mostró alta velocidad de crecimiento micelial de color verde, lo que permitió combatir rápido con el fitopatógeno *Fusarium* sp, (Campo-Arana et al., 2021), por otro lado, la aplicación de la cepa *Trichoderma* TC05 en campo, logró evidenciar un mejor desarrollo y crecimiento de las plantas de berenjena en cuanto a altura, por lo que se considera que el género *Trichoderma* sp., posee la capacidad de detener la esporulación y la germinación de esporas de hongos fitopatógenos (Mesa Vanegas et al., 2019).

Penicillium sp., es considerado un hongo oportunista y saprofito, es un hongo que tiene la capacidad de adaptarse a diferentes sustratos, de acuerdo con Lozano, (2021), cita un estudio de Gaitán, (2018), el cual afirma que el hongo *Penicillium* tiene la capacidad de controlar otros patógenos por su mecanismo de secretar enzimas cuando entra en contacto con material vegetal u otros sustratos, en un estudio realizado por García, (2013), el *Penicillium oxalicum*, demostró una eficacia contra *Phytophthora cactorum* en

viveros comerciales de fresas, especialmente en casos donde la incidencia de la enfermedad no fue significativamente alta.

Paecilomyces sp., es considerado un agente de biodegradación, puede servir para el control de insectos y otros patógenos (Cruz Choappa & Vieille, 2020). Suárez Contreras & Rangel Riaño, (2013), lograron identificar que el hongo *Paecilomyces* sp. es considerado como potencial antagónico para el hongo *Moniliophthora roreri* en mazorca, puesto que tiene un efecto inhibitorio en cultivos microbiológicos, ya que tiene un mecanismo de acción micoparasitismo de antibiosis, lo que demuestra que puede inhibir el crecimiento radial del patógeno, lo cual puede interferir en procesos como esporulación y germinación (Suárez Contreras & Rangel Riaño, 2013).

Beauveria sp. es un hongo entomopatógeno que actúa contra insectos y hongos, este entomopatógeno una vez entra en contacto con un insecto huésped, pueden adherirse a su cutícula (capa externa) una vez el hongo esté adentro se reproduce y crece consume al insecto y lo termina matando (Rojas, 2019), en el PNN del Chingaza se recolectaron muestras de la polilla *Oidaematophorus espeletiae* (Lepidóptera: Pterophoridae) en las hojas jóvenes del frailejón y sé aislaron junto con el hongo *Beauveria bassiana* en diferentes concentraciones 10^6 , 10^7 y 10^8 conidios/ml, se logró identificar que las larvas de polilla en el primer instar fueron infectadas 11 días después de la inoculación por el hongo, de acuerdo a los resultados de esta investigación la mortalidad de *Oidaematophorus espeletiae* hasta el día 9 y 11 en la concentración 10^8 conidios/ml la mortalidad se mantuvo en un 60%, por otro lado, las concentraciones de 10^6 , 10^7

conidios/ml, se observó una mortalidad acumulada del 50% y 25% en el día 11, lo que demuestra ser un potencial hongo (Rojas, 2019).

Asombrosamente, entre los microorganismos asociados al Frailejón, también se encuentran las bacterias, algunas de ellas fitopatógenos, otras con propiedades antagonistas y finalmente bacterias fijadoras de nitrógeno. Un estudio realizado en Laguna del Otún situada dentro del parque Nacional Natural los Nevados, por Loaiza & Toro (2021), se identificó que la mayor cantidad de bacterias las podemos encontrar en épocas de lluvia, qué en épocas secas del año, en la especie *Espeletia hartwegiana,* en la cual se evidenció la presencia de bacterias fijadoras de nitrógeno como *Azotobacter* sp.

Microorganismos fitopatógenos

Los microorganismos fitopatógenos son oportunistas que penetran la plantas por medio de heridas causadas por insectos o por acción humana, atacando y afectando cualquier órgano en la planta, causando síntomas de origen fisiológico o morfológico, como el marchitamiento, clorosis, manchas foliares, necrosis y pudriciones (Gaitán, 2018).

En una visita que se llevó a cabo en el 2009 al PNN de Chingaza, se identificaron los primeros microorganismos fitopatógenos en *Espeletia grandiflora*, *Espeletia uribei* Cuatrec y *Espeletia argentea* Bonpl, que presentaban síntomas provocados por la presencia de insectos-hongos (Medina et al., 2010a).

Los principales síntomas son entorchamiento de hojas, amarillamiento, pudrición en tallos y daños en área foliar, acompañados de larvas y otros insectos plaga como

escarabajos *Dyscolus interruptus y Dyscolus striatulus* (Coleóptera: Carabidae), que ocasionan heridas en tallo y hojas; se tomaron muestras de los síntomas y luego de un proceso de desinfección, siembra y aislamiento se identificó que el agente causal de estas afectaciones es el hongo *Colletotrichum* (Medina et al., 2010b).

El hongo *Colletotrichum* afecta cualquier órgano de la planta, presentando síntomas en hojas, manchas irregulares con puntos negros y en flores se observan manchas necróticas (Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de Plagas, 2023.).

González (2012), en el PNN Chingaza, más exactamente en la cuenca de la quebrada los Calostros, las plantas de frailejón especie *Espeletia argentea* presentaban síntomas de entorchamiento, clorosis, y necrosis en su lámina foliar, después de un muestreo, desinfección y aislamiento, las lesiones por clorosis se le atribuyen a los hongos *Fusarium* sp., *Fusarium graminerum, Fusarium oxysporum, Nigrospora* sp., las manchas foliares a los hongos *Alternaría* sp., *Cladosporium* sp., Marchitez a *Acremonium* sp y *Fusarium oxysporum.,* la pudrición foliar a *Botrytis* spp., y la necrosis foliar a *Alternaria* sp., *Cladosporium* sp., *Nigrospora* sp., todos estos son hongos fitopatógenos y a su vez antagonistas.

Los hongos antagonistas tienen la capacidad de ejercer control y bloqueo sobre otros microorganismos que afecten las plantas (Hernández Lauzardo et al., 2006), estos hongos son organismos biológicos que se hospedan en el interior de la planta (hojas, tallos), presentando efectos negativos, neutros y positivos que deben ser asintomáticos (González, 2012).

En el cultivo de Soja (*Glycine max*) el hongo *Fusarium* sp. desarrolla una enfermedad denominada Síndrome de la Muerte Súbita (SMS), que inicia afectando y limitando el desarrollo de raíces hasta la pudrición, otro síntoma que se observa es la clorosis con necrosis intervenal que termina con la caída de hojas, marchitez de la planta y la muerte (Fitopatología, 2016a). De acuerdo al estudio de González (2012) dentro de los hongos aislados en la Cuenca de la Quebrada Calostros, en la especie de frailejón *E. argentea*, la lesión por clorosis se les atribuye a los hongos del género *Fusarium*, como *Fusarium graminerum* y *Fusarium oxysporum*.

Por otro lado, *Fusarium graminerum* es un hongo de gran importancia en cereales, que afecta las espigas de trigo (*Triticum*), avena (*Avena sativa*), arroz (*Oryza sativa*) y cebada, causando decoloración (blanquecina) y granos arrugados con coloración blanca rosada que indica crecimiento del hongo, en plantas de maíz (*Zea maíz*) causa pudrición de tallo y de mazorca (Fitopatología, 2016b).

Por otra parte, Vásquez-Ramírez & Castaño-Zapata en el 2017, acota, que *Fusarium oxysporum* ocasiona una enfermedad conocida como marchitez vascular, que es un hongo de suelo que ingresa a la planta por contacto con las raíces, causando amarillamiento en las hojas del tercio inferior, el tallo sé torna de color oscuro en la base y al realizar un corte longitudinal al tallo podemos observar que los vasos vasculares toman una coloración parda oscura que afectan todo sistema vascular hasta causar la muerte.

Alternaría sp. en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*), presenta una sintomatología que la podemos observar en cualquier estado fenológico de la planta, en la lámina foliar se forman manchas circulares de coloración parda con anillos concéntricos, causando la defoliación total de la planta hasta su muerte (Fitopatología, 2016c).

Cladosporium sp. es un hongo saprofito que en el cultivo de frambuesa (*Rubus idaeus*) y otros cultivos los órganos florales y frutos no muestra síntomas visibles de afectación, pero cuando está en el proceso Poscosecha los síntomas son visibles por las condiciones de humedad y temperatura, formado micelio de color gris a verde oliváceo presente en frutos maduros con o sin presencia de daño físico (De la Cruz, 2002).

Botrytis spp., es una enfermedad común en Poscosecha, en el caso de la cebolla (*Allium cepa*), presentando moho gris y a medida que avanza la infección se observan puntos negros (esclerocios), el bulbo se pudre en su totalidad y se momifica (Fitopatología, 2019).

Dentro de la investigación de Ortiz (2021) se encontraron los hongos endófitos observados en la especie de frailejón *E. hartwegiana,* en este estudio se encontraron 15 géneros de hongos endófitos; *Annulohypoxylon, Biscogniauxia, Colletotrichum, Crassiparies, Cryptocoryneum, Cyphellophora, Diaporthe, Daldinia, Humicola, Hypoxylon, Hypocrea, Nemania, Nigrospora, Massarina* y *Trichoderma* (Ortiz, 2021), el autor menciona que entre los géneros, la interacción entre *Nigrospora* y *Colletotrichum* puede tener un impacto negativo en la virulencia y afectar a la especie *Espeletia hartwegiana,* puesto que dentro de este estudio utilizaron el método de las secuencias de

las regiones ITS de acuerdo con (Baldwin et al., 1995; Hamby y Zimmer, 1992 citado por Ortiz, 2021), son útiles para identificar especies de hongos endófitos debido a su conservación y tasas de evolución lentas, lo que permite hacer inferencias filogenéticas.

En el páramo de Romerales, Quindío, Colombia, se encontró la presencia de *Colletotrichum gloeosporioides,* la interacción de este hongo con el frailejón puede provocar síntomas comunes como pudrición amarga, antracnosis o chancros, que se manifiesta como necrosis en frutos, flores, nervios y tallos (González et al., 2006 citado por Ortiz, 2021).

Dentro de los diferentes patógenos encontrados dentro de la investigación de Ortiz (2021), otro hongo de gran importancia en la especie *Espeletia hartwegiana,* es el hongo *Nigrospora,* puesto que fue el género de hongos más amplio dentro de las hojas del frailejón, el autor menciona a Riveros (2010), el cual afirma que este hongo tiene una notable habilidad para colonizar diferentes entornos, adaptándose a variaciones climáticas, las esporas se dispersan estratégicamente, permitiéndoles alejarse de los frailejones y encontrar nuevos hospederos durante migraciones altitudinales.

Adicionalmente, se encontraron hongos que pertenecen a la familia Xylariaceae y división Ascomycota (*Annulohypoxylon, Daldinia., Hypoxylon., Biscogniauxia* y *Nemania*), el cual menciona que los géneros que pertenecen a este grupo pueden considerarse amenazadores y con condiciones del clima favorable, pueden causar pudrición en la madera y necrosis en los tejidos (Ortiz, 2021), el hongo *Daldinia* según Prieto (2017) citado por Ortiz (2021), la afectación de este hongo puede asociarse con

síntomas de clorosis en las hojas y el género *Daldinia concentrica* puede controlar nematodos fitopatógenos que dañan las plantas. (Nakashima et al, 2007 citado por Ortiz, 2021).

Dentro de esta investigación se puede observar que existen hongos protectores y dañinos dentro de las plantas de frailejón y que su comportamiento puede ser variable de acuerdo a las condiciones climáticas en las que se encuentren estas plantas.

Técnicas de identificación de microorganismos

En los diferentes documentos analizados se encontraron diversas técnicas para identificar microorganismos beneficiosos y fitopatógenos en plantas de Frailejón, o vegetación paramuna (Ver tabla 2.).

Trabajo	Referencia	Objetivo	Metodología
Registro de daño a los frailejones (Asteraceae: *Espeletia* spp.) Por insectos y hongos patógenos en el PNN Chingaza (Colombia) (Medina et al., 2010c).	(Medina et al., 2010c).	Identificación de agente causal de afectaciones en frailejones con síntomas de entorchamiento, clorosis, y necrosis en su lámina foliar (Medina et al., 2010c).	Al material vegetal infectado, se le realizó un proceso de desinfección con etanol al 70%, hipoclorito de sodio al 0,05%, adicionalmente dos lavadas con agua estéril destilada, para luego sembrar el material afectado en Agar, extracto de malta con ampicilina al 1%, incubado durante 8 a una temperatura de 15 °C (Medina et al., 2010c).
Estudio Preliminar De La Composición De Hongos Endófitos En *Espeletia nargentea* (Bonpl.) En La Cuenca De La Quebrada Calostros (Pnn Chingaza) (Rocha, 2012).	(Rocha, 2012).	Identificación de hongos que pueden afectar a esta especie de frailejón (Rocha, 2012).	Se realiza desinfección al material infectado y sano con etano a una concentración del 70% esto por un tiempo de 2 minutos, pasado los 2 minutos el material vegetal se sumerge en hipoclorito de sodio al 0,5% por 2 minutos, por último, el material vegetal se introduce en agua destilada estéril durante 3 minutos y se realiza la siembra en Agar Extracto de Malta y se incubaron por 20 días a una temperatura de 12 °C (Capirote al.,2000; Cabezas et al.,2011 citado por Rocha, 2012). Luego se realizó una segunda siembra de los hongos ya crecidos por medio de la técnica de punción central en Agar de Extracto de Malta

			a una temperatura de 25 °C hasta el tiempo que se desarrollaran las estructuras reproductivas. Para la identificación, el autor utilizó las claves taxonómicas de Barnett y Hunter (1998), Domsch y Gams (1980) y Nelson et al. (1983) y se utilizó el índice de Mehinick y el cuantitativo para calcular la diversidad de morfotipos y la similitud entre las poblaciones de hongos de Espeletia sp. entre afectados y sanos (Brower et al., 1998 citado por Rocha, 2012).
Comparación entre la altura de la planta y las bacterias fijadoras de nitrógeno no simbióticas asociadas a la rizosfera de frailejón (*Espeletia Hartwegiana*.) en dos épocas climáticas (Loaiza & Toro, 2021).	(Loaiza & Toro, 2021).	Conocer las bacterias a simbióticas fijadoras de nitrógeno en la rizosfera del frailejón (Espeletia h.) en la laguna del Otún	**Fase de laboratorio** Se tomaron muestras del suelo, estas se suspendieron en agua peptona da para concentrar las bacterias. Luego, se preparó un medio selectivo sin nitrógeno para el crecimiento de bacterias que solo pueden utilizar nitrógeno del aire, el medio de cultivo debe carecer de nitrógeno por lo que las bacterias pueden crecer utilizando el nitrógeno presente en el aire dentro del recipiente. (Lara, Villalba, & Oviedo, 2007) citado por (Loaiza & Toro, 2021) **Recuento de microorganismos** Después de incubar las muestras en el medio LGI, se contaron las bacterias fijadoras de nitrógeno por caja de Petri. Luego, se seleccionaron bacterias con características diferentes y se aislaron en agar nutritivo para su análisis morfológico y biológico mediante microscopio. Este proceso se realizó en dos épocas climáticas diferentes. **Descripción de los microorganismos** Luego se describió la morfología de las colonias bacterianas, incluyendo la pigmentación, forma de elevación, borde, tamaño, La metodología que se usó para las tinciones de GRAM fueron las descritas en el manual de Borges (2000), esto con el fin de describir la morfología y clasificar las bacterias como grampositivas o gramnegativas.
Metagenomics Next Generation Sequencing (mNGS) : An Exciting Tool for Early and Accurate Diagnostic of Fungal Pathogens in Plants (Gökdemir et al., 2022).	(Gökdemir et al., 2022).	Conocer cómo se aplica la tecnología mNGS para detectar hongos patógenos en plantas, incluyendo técnicas como el metacódigo de barras. (Gökdemir et al., 2022).	**Aplicaciones de laboratorio húmedo** Muestreo metagenómico Plantas vivas y altamente infectadas. Para la identificación entre que estrés abiótico produce la infección, se realizan técnicas de observación. Las condiciones ambientales que se deben tener en cuenta para la conservación de las muestras recogidas, un ambiente frío 4°C en el refrigerador (el almacenamiento no debe ser prolongado porque se corre el riesgo de

			contaminación de ADN de otros organismos que influye en el análisis metagenómico. La extracción de los ácidos se realiza en un ambiente aséptico y utilizando kits comerciales o procedimiento manual estándar (este no es muy recomendado por posible contaminación ambiental; en algunas ocasiones se recurre a métodos de cultivo tradicionales para identificar la enfermedad. **Preparación de la Biblioteca**, es un método complejo, se utilizan kit de precisión (Jiang et al., 2022 citado por Gökdemir et al., 2022). Esta biblioteca se construye utilizando cantidades mínimas del ácido nucleico microbiano (ADN o ARN). (Gökdemir et al., 2022). **Secuenciación,** los métodos más utilizados, la secuenciación Ilumina, la secuenciación de nanoporos y la pirosecuenciación Roche/454. (Gökdemir et al., 2022) **Análisis de datos bioinformáticos.** El objetivo es extraer lecturas de secuencia corta, incluido el genoma de la planta, se realiza una comparación con un genoma de referencia, la base de datos preferida NCBI. Las lecturas de secuencias grandes se combinan de novo con algoritmos únicos desarrollados para metagenómica en grupos, estas uniones se pueden hacer por el software Meta Velvet y Meta-IDBA. (Peng et al., 2011 citado por Gökdemir et al., 2022)
Characterization of cellulases and antagonistic activities in fungal endophytes isolated from *Espeletia* spp. (Cabezas Olave, 2011).	(Cabezas Olave, 2011).	El objetivo de este trabajo fue encontrar endófitos fúngicos que produzcan celulasas activas que puedan ser utilizadas en el proceso de sacarificación del racimo de frutos vacíos de palma aceitera (OPEFB) y actividad antagonista contra *P. infestans*.	**Recolección de hongos e identificación taxonómica** Se aislaron 609 endófitos, de la especie de frailejón *Espeletia* sp. En el Páramo Cruz Verde, se seleccionaron y activaron 100 hongos de una colección. Se realizaron caracterizaciones morfológicas empleando observación microscópica y se identificaron utilizando claves taxonómicas y descripciones macroscópicas de las colonias. **Ensayos antimicrobianos** Se realizó un cribado preliminar de endófitos para evaluar su capacidad de suprimir el crecimiento del patógeno Phytophthora infestans. Los ensayos se realizaron por medio del método In Vitro, con siembra en Agar Papa Dextrosa (PDA), para evaluar la inhibición del crecimiento micelial. También se hicieron análisis microscópicos y se empleó el filtrado de cultivo para evaluar la inhibición del crecimiento del patógeno. Se realizaron

			análisis estadísticos para encontrar diferencias significativas de los efectos antagonistas, secciones delgadas de la interacción entre el endófito y el patógeno y se observaron microscópicamente. También se utilizó el filtrado de cultivo por la metodología de (Campanile, Russell et al. 2007) citado por (Cabezas Olave, 2011) para evaluar la inhibición del crecimiento de *P. infestans*. Se registró el crecimiento radial **Ensayo enzimático** Después de seleccionar los hongos con actividad celulítica en agar sólido con CMC y rojo Congo, se cultivaron en medio Fríes modificado durante 20 días. Se extrajeron muestras a intervalos regulares, se filtró el sobrenadante y se utilizaron los extractos enzimáticos crudos filtrados. Se realizaron ensayos enzimáticos para medir la actividad de CMCasa, β-glucosidasa y celobiohidrolasa, metodologías descritas por (Ghose1987), (Miller, 1959) y citado por (Cabezas Olave, 2011) así como la actividad total en papel de filtro (FPA). Luego se llevó a cabo la purificación parcial de las celulasas mediante precipitación con sulfato amónico, desalado por diálisis y cromatografía de exclusión molecular. Las muestras concentradas fueron analizadas para cuantificar las proteínas y la actividad celulítica. (Cabezas Olave, 2011) **Identificación molecular** Las cepas fúngicas con actividad antagonista o celulítica se identificaron mediante análisis de secuencias de ADN total obtenido por extracción y amplificación mediante PCR. Las secuencias resultantes se compararon utilizando el programa GenBank BLAST para determinar su similitud con otras secuencias conocidas.
Diversidad de hongos endófitos asociados al frailejón (*Espeletia hartwegiana*) en un marco de cambio climático, páramo de Romerales, Quindío, Colombia (Ortiz, 2021).	(Ortiz, 2021).	Caracterizar la diversidad de hongos endófitos presentes en los frailejones de la especie *Espeletia hartwegiana* en el páramo de Romerales, tomando en cuenta su relación con el cambio climático. (Ortiz, 2021).	**Colecta del material vegetal.** Se muestrearon 15 plantas de forma aleatoria, de cada planta se tomaron 15 hojas. **Aislamientos fúngicos a partir del material vegetal.** Este proceso se realizó en la cámara de flujo laminar. El material vegetal se lavó para eliminar residuo y de cada hoja se tomaron 4 trozos de 0.5 a 1.0 cm aproximadamente, este material se sumergió en 90% de etanol por 1 minuto, posterior a esto en hipoclorito de sodio (NaClO) al 4% por 1 minuto, seguido a esto en etanol al 70% de concentración por 1 un minuto y para finalizar se procedió a lavar con agua destilada. El material vegetal se sembró en

			cajas Petri con Agar Papa Dextrosa (PDA), en cada caja se colocaron 4 trozos de cada hoja y se incubaron a una temperatura de 25°C. Pasadas 3 semanas se revisó el crecimiento micelial y se realizó una nueva siembra repicando el micelio para obtener un cultivo sin contaminación por otros agentes, una vez desarrollado, se corta la punta de la hifa con un bisturí esterilizado a calor y un estereoscopio para identificar la hifa a cortar; luego realizar un nuevo cultivo de esta hifa en PDA formando un cuadro de 3 milímetro cuadrados, el aislamiento duro de 3 a 5 semanas para que las hifas se desarrollarán (Ortiz, 2021). **Extracción del ADN.** Para este paso, se aplicó el protocolo de extracción de Raeder y Broda (1985) cita por (Ortiz, 2021), se realizó un barrido tomando solo micelio con un asa microbiológica y se colocó en tubos estériles de Eppendorf con capacidad de 2 ml y se adicionó 1ml de buffer de extracción (Tris-HCl 1 M, pH 7.8, EDTA 0.5 M, Ph 8, SDS 10% w/v, NaCl) y agua destilada en cada tubo, seguido a esto, se adicionó 800 ul etanol a 70%, fenol 500 ul de y se mezcló. Luego se agregó 300 ul de cloroformo y se mezcló nuevamente, esta mezcla se centrifugó por un tiempo de 60 minutos a 10.000 rpm, la cantidad de sobrenadante total que se obtuvo colocó en un nuevo tubo Eppendorf esté debidamente esterilizado con capacidad de 1.5 ml y se le agregó 400 ul de cloroformo, se procedió a centrifugar por 10 minutos a 10.000 rpm, de la sobrenadante resultante se transfiere a un nuevo tubo Eppendorf estéril de 1.5ml 500 ul y luego se agregó 50 ul de NaAC y se agitó hasta homogeneizar la mezcla, luego esta mezcla se refrigeró a una temperatura 4°C durante toda la noche (Ortiz, 2021). Pasada la noche se tomaron muestras de los tubos, se centrifugaron a 10.000 rpm por 30 minutos, luego de la centrifugada se removió el etanol y se adicionó nuevamente etanol al 70% a cada tubo y se centrifugó a 10.000 rpm por 5 minutos, seguido a esto se retira el etanol y se dejó secar el pellet de ADN, ya evaporado totalmente, el pellet se introdujo en 100 ul de agua grado molecular o Sabax con 5 ul de RNAsa, ya por último se conservan a una temperatura 37 °C por 30 minutos y para el envío la temperatura adecuada debe ser -20 °C (Raeder y Broda 1985 citado por Ortiz, 2021) **Bioinformática-Metagenómica Fúngica.** Ya con las secuencias se realizó el embalaje de las

			secuencias en contigs y scaffolds, en el programa CLC Main Workbench 8 (Nicola et al, 2013 citado por Ortiz, 2021) **Secuenciamiento.** En total se encontraron en las hojas 35 hongos endófitos que fueron secuenciadas por la Universidad de Ruhr de Bochum (Alemania), obteniendo 70 secuencias (Ortiz, 2021). **Análisis Filogenético.** Los árboles filogenéticos de Máxima Parsimonia (MP) se construyeron usando PAUP v.4.0b10 (Swofford, 2003 citado por Ortiz, 2021) y para el análisis Máxima Verosimilitud o ML, se aplicó el JmodelTest (Darriba et al, 2012), realizando en el programa PhyML v. 3.0 (Guindon y Gascuel 2003 citado por Ortiz, 2021)
Caracterización de microorganismos endófitos y fitopatógenos asociados a las plantas del género *Puya* del Páramo Chingaza (Alba C, 2023).	(Alba C, 2023).	Caracterizar microorganismos endófitos y fitopatógenos en plantas del género Puya del páramo de Chingaza mediante técnicas de macro y micro distribución. (Alba C, 2023).	**Muestreo del material vegetal** Se recolectaron las hojas de la planta Puya en diferentes áreas de la planta sin signos de enfermedad, se recopilaron 30 microorganismos endófitos y posibles fitopatógenos que se almacenaron en bolsas de papel, para su traslado al laboratorio de la Universidad de Cundinamarca se envió en una nevera de icopor (Alba C, 2023). **Desinfección material vegetal** Para la desinfección de material vegetal recolectado se usó una solución de Etanol al 70%, luego en hipoclorito de sodio (NaOCl) del 1% al 3% por un tiempo determinado, Además, se pasa un trozo de tejido vegetal por el mechero y luego se incuba a 24°C, según Muñoz (2020) citado por (Alba C, 2023) **siembra medio de cultivo** Se debe tomar pequeños fragmentos de la hoja, con lesiones se dispone a sembrarse en un medio de cultivo desinfectado (Alba C, 2023) **Aislamiento, purificación de microorganismos endófitos y fitopatógenos** En el caso de los microorganismos endófitos se toma una muestra de las hojas, se desinfecta, se siembran en agar (PDA) y luego en agar de extracto de agua, de acuerdo con Alba (2023) cita a Serrato, (2019) el cual menciona que utilizar agar de levadura, agar extracto de malta y harina de maíz, los morfotipos obtenidos pueden ser analizados y caracterizados en condiciones controladas para estudiar su crecimiento y desarrollo en dicho medio. Este enfoque experimental permitirá una mejor comprensión del microbiota presente en las muestras y cómo se adapta a las condiciones específicas del medio PDA.

			Identificación de microorganismos fitopatógenos y endófitos Una vez se realiza el muestreo en campo y sembradas en laboratorio y una vez aisladas se inicia la identificación para determinar si es saprófito o patógeno, observar si tienen micelio o esporas las, para el caso de bacterias se procede a examinar las colonias de bacterias mediante observación macroscópica y la técnica de tinción de Gram, como se menciona en el estudio de (Muñoz et al. 2020 citado por Alba C, 2023).

Fuente: Elaboración propia: Adaptado de anteriores investigaciones

Conclusiones

Los frailejones son plantas de vital importancia para la regulación del agua y la vida de seres vivos que habitan estos ecosistemas, pero en ellos encontramos microorganismos fitopatógenos (hongos, bacterias, virus) que en su gran mayoría son oportunista y que afectan cualquier órgano de la planta, debilitando y quebrantando su sistema de defensa y causando su muerte; aunque existen algunos de estos microorganismos que son benéficos, que actúan como antagonista sobre otros y que facilitan la absorción de nutrientes en las plantas. Sin embargo, los microorganismos benéficos parecen no ser suficiente para el control de aquellos microorganismos fitopatógenos, por ende, son una fuerte amenaza para la conservación de las especies existentes y se requieren plantear estrategias de manejo in situ.

Las herramientas más utilizadas para explorar fitopatógenos y organismos benéficos en frailejones son el análisis de secuencias de ADN, cultivos microbiológicos y pruebas de patogenicidad, pero de estas, la más importante o la que está al alcance de los investigadores son los cultivos microbiológicos, debido su fácil acceso. Estas

herramientas permiten identificar y caracterizar los microorganismos asociados a los frailejones, tanto aquellos que pueden causar enfermedades como aquellos que pueden protegerlos.

A pesar de los avances en la investigación, aún quedan estudios por realizar para identificar y comprender el comportamiento de los microorganismos específicos del frailejón, se hace necesario continuar investigando y desarrollando estrategias para la identificación de estos con el fin de evaluar su potencial patogénico o benéfico, para proteger y promover la conservación de las especies de frailejón.

Agradecimientos

Expresamos agradecimiento al Docente Danny Daniel Cubillos Pedraza, por confiar en nuestras capacidades profesionales y darnos la oportunidad de realizar esta recopilación de información que tiene una gran importancia para el desarrollo del trabajo de investigación en proceso acerca de los Frailejones. Finalmente, extendemos agradecimientos a la Docente Diana Nataly Duque Gamboa por la contribución en la estructuración, revisión y sugerencias para que el documento cumpliera con la finalidad.

Referencias

Aguirre, M. D. D. (2021). *Modelación de la distribución actual de las micorrizas del páramo colombiano*. Edu.co. https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/53025/25291.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Alba C, L. Y. (2023). *Caracterización de microorganismos endófitos y fitopatógenos asociados a las plantas del género Puya del Páramo Chingaza*. Universidad de Cundinamarca, Extensión Facatativá.

Brower, J. E., Zar, J. H., & Von Ende, C. N. (1998). *Field and Laboratory methods for general ecology*. McGraw-Hill Education. https://books.google.com.co/books/about/Field_and_Laboratory_Methods_for_General.html?id=YpsoAQAAMAAJ&redir_esc=y

Cabezas Olave, L. F. (2011). *Characterization of cellulases and antagonistic activities in fungal endophytes isolated from Espeletia spp* [Uniandes]. https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/11425

Campo-Arana, Cardona-Ayala, Manjarres-Cogollo, & Rossi-Tordecilla. (2021). *Trichoderma spp. Biocontrolador de marchitez vascular (Fusarium spp.) de la berenjena en el Caribe colombiano* Trichoderma spp. vascular wilt biocontroller (Fusarium spp.) of eggplant in the Colombian Caribbean*. https://doi.org/10.18684/bsaa.v19.n2.2021.1363Vol

Cano, M. A. (2011). *Interacción de microorganismos benéficos en plantas: micorrizas, Trichoderma spp. Y pseudomonas spp. Una revisión*. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica 14 (2): 15 - 31*.

CAR (Corporación autónoma regional de Cundinamarca). (2018). *Plan de conservación y manejo de las especies de frailejones*. Obtenido de

https://sie.car.gov.co/bitstream/handle/20.500.11786/37855/2018-Plan_Manejo_Frailejones.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CAR (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca). (2020). *Catálogo De Frailejones Presentes En La Jurisdicción CAR*. Obtenido de https://www.car.gov.co/uploads/files/60637e9de20cf.pdf

Cárdenas, M. F., Tobón, C., Rock, B. N., & del Valle, J. I. (2018). Ecophysiology of frailejones (Espeletia spp.), and its contribution to the hydrological functioning of páramo ecosystems. *Plant Ecology*, *219*(2), 185–198. https://doi.org/10.1007/s11258-017-0787-x

Correa, C. E. (2021, diciembre 11). *"Tenemos el 50 % de los páramos del mundo": Ministro de Ambiente en el Día de las Montañas*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://www.minambiente.gov.co/tenemos-el-50-de-los-paramos-del-mundo-ministro-de-ambiente-en-el-dia-de-las-montanas/.

Cortés-Duque, J., Sarmiento Pinzón, C. E., & IAvH. (2013). *Visión socioecosistémica de los páramos y la alta montaña colombiana: memorias del proceso de definición de criterios para la delimitación de páramos*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

Cruz Choappa, R., & Vieille, P. (2020). El género Paecilomyces bainier. *Revista Chilena de Infectologia: Organo Oficial de La Sociedad Chilena de*

Infectologia, *37*(3), 263–264. https://doi.org/10.4067/s0716-10182020000300263

De la Cruz, M. (2002). *Pudriciones en frutos de Frambuesa*. *Tierra adentro*, *N° 43*(2002). https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/5907/NR27791.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Díazgranados Cadelo, M., & Castellanos Castro, C. (2017). *Conversatorio Sobre Frailejones De Colombia: Revisión del Estado de Conservación y Amenaza*. Org.co. Recuperado 19 de noviembre de 2023, de http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/34987/Conversatorio%20sobre%20frailejones%20de%20Colombia_Estado%20de%20conservaci%C3%B3n%20y%20amenaza%20%281%29.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Diazgranados M. (2015). *Una mirada biológica a los páramos circundantes a la Sabana de Bogotá.* En: Guhl E, (ed) Los páramos circundantes a la Sabana de Bogotá. Bogota, Colombia: Jardín Botánico de Bogotá, 175–205.

Díazgranados, M., & Castellanos Castro, C. (2021). *Frailejones en peligro*. http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/35925

Diazgranados, M., & Castellanos-Castro, C. (2021). Frailejones en peligro. *ResearchGate*, *1*. https://www.researchgate.net/publication/358405623_Frailejones_en_peligro

Fitopatología, H. V. (2016a, marzo 2). *Síndrome de la muerte súbita (SMS) de la Soja (Fusarium spp)*. Herbario Virtual Fitopatología. https://herbariofitopatologia.agro.uba.ar/?page_id=630

Fitopatología, H. V. (2016b, marzo 1). *Fusariosis de la espiga del trigo (Fusarium graminearum)*. Herbario Virtual Fitopatología. https://herbariofitopatologia.agro.uba.ar/?page_id=222

Fitopatología, H. V. (2016c, marzo 1). *Tizón temprano del Tomate (Alternaria spp.)*. Herbario Virtual Fitopatología. https://herbariofitopatologia.agro.uba.ar/?page_id=459

Fitopatología, H. V. (2019, noviembre 6). *Podredumbre del cuello de la cebolla (Botrytis spp)*. Herbario Virtual Fitopatología. https://herbariofitopatologia.agro.uba.ar/?page_id=9175

Gaitán, M. A. (2018). *Identificación de hongos asociados a lesiones de frailejones (Espeletia spp.) en páramos de Cundinamarca*. Obtenido de https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/39200

Galindez Chicaiza, E., Universidad de Nariño, Lagos-Mora, L. E., Castillo-Belalcázar, G., Salazar-González, C., Betancourth-García, C., Universidad de Nariño, Universidad de Nariño, Universidad de Nariño, & Universidad de Nariño. (2020). Hongos detectados en la entomofauna asociada a Espeletia pycnophylla. *Revista Udca Actualidad & Divulgacion Cientifica*, *23*(2). https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n2.2020.1497

García, G. V. (2013). *"Mejora de la eficacia de Penicillium oxalicum como agente de biocontrol en enfermedades de plantas hortícolas*. Upm.es. https://oa.upm.es/22581/1/GEMA_ISABEL_VAZQUEZ_GARCIA.pdf

Gökdemir, F. Ş., İşeri, Ö. D., Sharma, A., Achar, P. N., & Eyidoğan, F. (2022). Metagenomics next generation sequencing (mNGS) : An exciting tool for early and accurate diagnostic of fungal pathogens in plants. *Journal of Fungi (Basel, Switzerland)*, *8*(11), 1195. https://doi.org/10.3390/jof8111195

González, D. A. (2012). *Estudio preliminar de la composición de hongos endófitos en espelietiaargentea (bonpl.) en la Cuenca de la quebrada Calostros (PNN Chingaza)*. Recuperado de: https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/11770

Hernández Lauzardo, A. N., Bautista Baños, S., & del Valle Miguel Gerardo y Hernández Rodríguez Annia, V. (2006). *Uso de Microorganismos Antagonistas en el Control de Enfermedades Postcosecha en Frutos. Revista Mexicana*, *Remex. Fitopatol vol.25 no1* (Texcoco 2007). https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61225109

Humboldt, I. (2021). *Colombia cierra el 2021 con nueva especie de frailejón*. http://humboldt.org.co/es/boletines-y-comunicados/item/1705-con-nuevo-hallazgo-colombia-cierra-el-2021-con-91-especies-de-frailejones

Kaur, A., Sharma, R., Mishra, P., Sinhababu, A., & Chakravarty, R. (2022). Visual research discovery using connected papers: A use case of blockchain in libraries. *The Serials Librarian*, *83*(2), 186–196. https://doi.org/10.1080/0361526x.2022.2142722

Loaiza, N., & Toro, D. R. (2021). *Comparación Entre La Altura De La Planta Y Las Bacterias Fijadoras De Nitrógeno No Simbióticas Asociadas A La Rizosfera De Frailejón (Espeletia Hartwegiana.) En Dos Épocas Climáticas. PNNN.*

Edu.co. https://repositorio.ucaldas.edu.co/bitstream/handle/ucaldas/17140/Natalia_LoaizaPosada_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Lozano, S. L. B. (2021). *COMUNIDADES FÚNGICAS PRESENTES EN LA NECROMASA DE Espeletia grandiflora Y EN LAS PLANTAS ACOMPAÑANTES EN EL PÁRAMO DE OCETÁ, BOYACÁ, COLOMBIA*. Edu.co. https://repositorio.unbosque.edu.co/handle/20.500.12495/6732

Luteyn, J. L. (1999). *Paramos : A checklist of plant diversity, geographical distribution and botanical literature*. Icimod.org. https://lib.icimod.org/record/10268

Manuela, L., Torres, E., Tomás, R., Sicard, E. L., Agrario, M., Avellaneda-Torres, L. M., Torres Rojas, E., & Tomás, E. L. (2015). *Alternativas ante el conflicto entre autoridades ambientales y habitantes de áreas protegidas en páramos colombianos*. Org.ar. http://www.scielo.org.ar/pdf/magr/v16n31/v16n31a10.pdf

Martínez, B., Infante, D., & Reyes, Y. (2013). Trichoderma spp. Y su función en el control de plagas en los cultivos. *Revista de proteccion vegetal*, *28*(1), 1–11. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=s1010-27522013000100001&script=sci_arttext

Medina, M. M., Varela, A., & Martínez, y. C. (2010a). *Registro de daño a los frailejones (Asteraceae: Espeletia spp.) Por insectos y hongos patógenos en el PNN Chingaza (Colombia)*. gov.co. https://sidap.cvc.gov.co/sites/default/files/2018-12/CESPEDESIA%20Vol%2032%20No%2090-91%202010%20Pag%2067-70_0.pdf

Medina, M. M., Varela, A., & Martínez, y. C. (2010b). *Registro de daño a los frailejones (Asteraceae: Espeletia spp.) Por insectos y hongos patógenos en el PNN Chingaza (Colombia)*. gov.co. https://sidap.cvc.gov.co/sites/default/files/2018-12/CESPEDESIA%20Vol%2032%20No%2090-91%202010%20Pag%2067-70_0.pdf

Medina, M. M., Varela, A., & Martínez, y. C. (2010c). *Registro de daño a los frailejones (Asteraceae: Espeletia spp.) Por insectos y hongos patógenos en el PNN Chingaza (Colombia)*. gov.co. https://sidap.cvc.gov.co/sites/default/files/2018-12/CESPEDESIA%20Vol%2032%20No%2090-91%202010%20Pag%2067-70_0.pdf

Mesa Vanegas, A. M., Marín Pavas, D. A., & Calle Osorno, J. (2019). Metabolitos secundarios en Trichoderma spp. Y sus aplicaciones biotecnológicas agrícolas. *Actualidades Biológicas*, *41*(111), 1–13. https://doi.org/10.17533/udea.acbi.v41n111a02

MINAMBIENTE. (2001). *Ecosistemas de Alta Montaña y Páramo*. Gov.co. https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistematicos/ecosistemas-estrategicos/paramos

MINAMBIENTE. (2022). *Los páramos de Colombia tienen más de 31.000 nuevos frailejones*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://www.minambiente.gov.co/bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistemicos/los-paramos-de-colombia-tienen-mas-de-31-000-nuevos-frailejones/

Muñoz, F. A., & Pérez, E. H. (2017). *CONFLICTOS DE USO DE SUELO EN LA FRONTERA AGRÍCOLA Y ÁREAS DEL PARAMO DEL MUNICIPIO DE TOTORÓ, CAUCA*. Unirioja.es. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7831503

Ortiz, C. A. (2021). *Diversidad de hongos endófitos asociados al frailejón (Espeletia hartwegiana) en un marco de cambio climático, páramo de Romerales, Quindío, Colombia* [Universidad Andina Simón Bolívar S]. http://hdl.handle.net/10644/8194

Peñalosa, P. P., Julio, B., & Rosselli, P. F. (2004). *Chisacá, un recorrido por los páramos andinos*. https://www.researchgate.net/profile/Julio-Betancur/publication/266328313_CHISACA_UN_RECORRIDO_POR_LOS_PARAMOS_ANDINOS/links/5522ab240cf2f9c13053e718/CHISACA-UN-RECORRIDO-POR-LOS-PARAMOS-ANDINOS.pdf

Pinzón, C. E. S., Vargas, C. E. C., Giraldo, M. V. S., & Jiménez, J. A. Z. (2013). *Aportes a la conservación estratégica de los páramos de Colombia:*

actualización de la cartografía de los complejos de páramo a escala 1:100.000. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Rangel Ibáñez, D., & Zafra, G. (2022). Diversidad microbiana asociada a Espeletia spp. En ecosistemas de alta montaña. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, *20*(2), 129–141. https://doi.org/10.18684/rbsaa.v20.n2.2022.1640

Rocha, D. A. G. (2012). *Estudio preliminar de la composición de hongos endófitos en Espelietia argentea (Bonpl.) en la Cuenca de la Quebrada Calostros (PNN Chingaza) [Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Ciencias Básicas Microbiología Agrícola y Veterinaria]*. https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/11770/GonzalezRochaDavidAndres2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rojas, R. A. B. (2019). *Evaluación de Beauveria bassiana en el control biológico de larvas de la polilla Oidaematophorus espeletiae*. Edu.co. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1062&context=biologia

Roselio Caselles, J. L. (2003). *Capacidad antagonista de Penicillium oxalicum Curie & Thom y Trichoderma harzianum Rifai frente a diferentes agentes*

fitopatógenos. Estudios eco fisiológicos. Upv.es. https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/2905/tesisUPV1934.pdf

Sánchez-Fernández, R. E., Sánchez-Ortiz, B. L., Sandoval-Espinosa, Y. K. M., Ulloa-Benítez, Á., Armendáriz-Guillén, B., García-Méndez, M. C., & Macías-Rubalcava, M. L. (2013). Hongos endófitos: fuente potencial de metabolitos secundarios bioactivos con utilidad en agricultura y medicina. *Tip revista especializada en ciencias químico-biológicas*, *16*(2), 132–146. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-888X2013000200006

SiB, C. (2022). *Lo que dicen los datos sobre los frailejones*. https://biodiversidad.co/post/2022/datos-frailejon-biodiversidad-colombia/

Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de Plagas. (2023). *Colletotrichum gloeosporioides*. Gob.ar. Recuperado 21 de agosto de 2023, de https://www.sinavimo.gob.ar/plaga/colletotrichum-gloeosporioides

Suárez Contreras Liliana Yanet & Rangel Riaño Alba Luz. (2013). *Aislamiento de microorganismos para control biológico de Moniliophthora roreri*. Org.co. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169930016012

Tanya Morocho, M., & Leiva-Mora, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro agrícola*, *46*(2), 93–103.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000200093

Vásquez Cerón, A., & Buitrago Castro, A. C. (2011). *El gran libro de los páramos*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Vásquez-Ramírez, L. M. z., & Castaño-Zapata, J. (2017). Vista de Manejo integrado de la marchitez vascular del tomate [Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici (SACC.) W.C. Snyder & H.N. Hansen]: una revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica 20 (2):363-374.* https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/394/336