

**ESTUDIO PRELIMINAR DE LA COMPOSICIÓN DE HONGOS ENDÓFITOS EN  
*Espelieta argentea* (Bonpl.) EN LA CUANCA DE LA QUEBRADA CALOSTROS  
(PNN CHINGAZA)**

**DAVID ANDRÉS GONZÁLEZ ROCHA**

**TRABAJO DE GRADO**

Presentado como requisito para optar al título de

**MICROBIÓLOGO AGRÍCOLA Y VETERINARIO**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA**

**FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS**

**MICROBIOLOGÍA AGRÍCOLA Y VETERINARIA**

**Bogotá D.C. Colombia**

**Noviembre 2012**

**ESTUDIO PRELIMINAR DE LA COMPOSICIÓN DE HONGOS ENDÓFITOS EN  
*Espelieta argentea* (Bonpl.) EN LA CUANCA DE LA QUEBRADA CALOSTROS  
(PNN CHINGAZA)**

**DAVID ANDRÉS GONZÁLEZ ROCHA**

---

INGRID SCHULER, Ph.D.  
Decana Académica  
Facultad de Ciencias

---

JANETH ARIAS PALACIOS  
Directora Carrera de Microbiología Agrícola y Veterinaria  
Facultad de Ciencias

**ESTUDIO PRELIMINAR DE LA COMPOSICIÓN DE HONGOS ENDÓFITOS EN  
*Espelieta argentea* (Bonpl.) EN LA CUANCA DE LA QUEBRADA CALOSTROS  
(PNN CHINGAZA)**

**DAVID ANDRÉS GONZÁLEZ ROCHA**

---

**AMANDA VARELA, Ph.D.  
DIRECTORA**

---

**MARIA CLEMENCIA DE LA ROTTA  
JURADO**

## **NOTA DE ADVERTENCIA**

Artículo 23 de la resolución No 13 de Julio de 194

“La Universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus trabajos de tesis. Sólo velará por que no se publique nada contrario al dogma y a la moral católica y por que las tesis no contengan ataques personales contra persona alguna, antes bien se vea en ellas el anhelo de buscar la verdad y la justicia”.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar quiero agradecer a Dios y a mi familia, por su apoyo incondicional durante toda mi carrera.

A mi directora Amanda Varela por su apoyo y paciencia para compartir sus conocimientos y experiencias.

A mis amigos por todo su apoyo durante toda mi carrera.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	7
1. INTRODUCCIÓN .....	8
2. JUSTIFICACIÓN .....	9
3. MARCO TEÓRICO .....	10
3.1 Páramos .....	10
3.2 Frailejones .....	11
3.3 Hongos .....	12
4. OBJETIVOS .....	13
4.1 General .....	13
4.2 Objetivos Específicos .....	14
5. METODOLOGÍA .....	14
5.1 Area de estudio .....	14
5.2 Muestreo .....	14
5.3 Procesamiento de las muestras .....	14
5.4 Determinación de características fisicoquímicas del suelo .....	15
5.5 Análisis estadístico .....	15
6. RESULTADOS .....	15
6.1 Identificación de hongos fitopatógenos y antagonistas .....	16
6.2 Características fisicoquímicas del suelo .....	17
7. DISCUSIÓN .....	17
8. CONCLUSIONES .....	21
9. RECOMENDACIONES .....	21
10. BIBLIOGRAFÍA .....	21

## RESUMEN

Los páramos son ecosistemas endémicos necesarios en la regulación de agua, gracias a sus componentes bióticos y abióticos. Uno de los más importantes es la presencia de frailejones que tienen la capacidad de captar y almacenar agua. En algunos estudios se ha encontrado la presencia de hongos e insectos en las poblaciones de frailejones del Parque Nacional Natural Chingaza que no hacen parte de la fauna normal del parque por lo que están aumentando de manera importante la mortalidad de estos (Medina *et al.*, 2010). Por esto se estudio si la composición de hongos entre frailejones sanos y enfermos para establecer si existe relación entre estos y la afectación, para esto se realizó un muestreo de hojas de 20 individuos enfermos y hojas de 20 individuos sanos de *Espeletia argentea* en el PNN Chingaza en donde se aislaron e identificaron los hongos endófitos de dos rangos altitudinales. Para esto se uso la técnica de desinfestación de hojas para el aislamiento de los hongos en Agar Extracto Malta (AEM) y luego los hongos fueron purificados en AEM, Agar Papa Dextrosa (PDA) y Agar Agua y posteriormente identificados por características macroscópicas y microscópicas. Para medir la similaridad entre especies en diferentes altitudes y en diferentes estados (sanos y enfermos) se usó el índice de Sorensen en donde se encontró mayor similaridad entre los rangos altitudinales (0,07) que entre estados de afectación (0,04). En este estudio se aislaron 80 colonias pertenecientes a 43 morfotipos donde 22 morfotipos se aislaron de frailejones enfermos y 21 de sanos. Se presento mayor riqueza de morfotipos en la altitud de 3000 a 3100 m.s.n.m. donde se encontraron 28 géneros lo que indica una mayor diversidad en esta altitud. La diversidad encontrada se calculo con el índice de Menhinick (4,39) lo que indico una alta diversidad de hongos en los frailejones. Para conocer si el daño en los frailejones es biótico, abiótico o por ambos factores se midieron las características fisicoquímicas de suelo (pH, humedad y de materia orgánica (%M.O.)) pero no se encontraron diferencias entre las altitudes ni entre el estado de los frailejones.

**Palabras clave:** Características fisicoquímicas, hongos endófitos, frailejón, páramo

## 1.INTRODUCCIÓN

Los páramos son ecosistemas sumamente endémicos en términos de fauna y flora, con una alta importancia ecológica debido a su capacidad de almacenar y capturar agua. Esto gracias a sus componentes bióticos como los frailejones, que pueden de captar y secuestrar el aguade rocío y a sus componentes abióticos como bajas temperaturas y la estructura del suelo que retrasan la evaporación del agua (Villegas *et al.*, 2007). El páramo de Chingaza posee unos niveles de precipitación altos comparándolos con las zonas aledañas, aproximadamente de 4000 mm<sup>3</sup> al año y un nivel de evaporación bajo. Esto sumado a la capacidad de los frailejones y de algunas especies de musgos endémicas de captar agua hacen de Chingaza una de las zonas más ricas de Colombia en términos hidrológicos. Adicional a esto, este páramo posee tres especies endémicas de frailejón que son *Espeletiaargentea*, *E. killipivar. killipiy* *E. uribei*(Villegas *et al.*, 2006).

En la zona de amortiguación del Parque Nacional Natural Chingaza (PNN Chingaza), que protege este páramo, en el 2009 se encontró un gran deterioro en las poblaciones de tres especies de frailejones (*E. grandiflora*, *E. uribei* y *E. argentea*) en un área de 376 600 m<sup>2</sup>(Programa Nacional para la Evaluación del Estado y Afectación en los Páramos de Andes del Norte, (2009). Estos frailejones presentaban consumo del meristemo, amarillamiento y marchitamiento de las hojas y pudrición en el tallo. En un segundo muestreo tres meses después, algunos de los frailejones afectados ya se encontraban muertos y luego de un tercer muestreo el área afectada pasó a ser de 2 247 600 m<sup>2</sup>. Estos daños a los frailejones fueron asociados a larvas de un lepidóptero (*Pterophoridaesp.*) encontradas en el envés de las hojas y en el meristemo, a escarabajos del género *Dyscolus*, los cuales no pertenecen a la microfauna normal del frailejón y trituran las hojas y tallos de la planta. Por último, se identificó un hongo del género *Colletotrichum* que puede ser un saprótrofo o parásito oportunista (Programa Nacional para la Evaluación del Estado y Afectación de los Frailejones en los Páramos de Andes del Norte, 2009).

Sabiendo esto este estudio se centra en la identificar las poblaciones de hongos presentes en individuos sanos y enfermos, para determinar si las poblaciones de hongos que están pueden estar afectando a esta especie.



## 2. JUSTIFICACIÓN

Los frailejones son géneros de plantas altamente endémicas de los páramos con un crecimiento muy lento. Estos prestan servicios ecosistémicos como evitar la erosión almacenamiento y captación de agua (Pineda, 2000) y su necromasa es usada por microorganismos, insectos y artrópodos para mantener la microfauna del ecosistema (Quintero, 2010).

En los páramos el suelo se caracteriza por presentar alto contenido de materia orgánica bastante descompuesta, estar algunas veces muy cercano a la roca madre y ser suave al tacto. Estas características hacen que tenga muy poca fertilidad por lo que las plantas tienen que estar muy bien adaptadas a esas condiciones (Guhl, 1982). Se han realizado estudios en diferentes páramos en donde se han encontrado pH en el suelo varía entre 4,5 a 5 (Carrera *et al.*, 1968). Conociendo esto es necesario reconocer las características fisicoquímicas del suelo para establecer si a diferentes características se puede establecer diferencias entre las poblaciones de frailejones sanos y enfermos, ya que se ha encontrado que cambios en el pH del suelo pueden afectar el crecimiento óptimo de las plantas (Morales *et al.*, 2006).

Es importante conocer los hongos que están afectando a los frailejones ya que todavía no está claro si los hongos que están siendo los responsables esta afectación son fitopatógenos de los frailejones o simplemente son oportunistas y están tomando ventaja de las condiciones que se están dando por la presencia de *Dyscolus*sp.y *Pterophorida*esp.

Los hongos fitopatógenos alteran las funciones fisiológicas normales de la planta invadiéndola y en algunos casos produciendo toxinas (Daughtrey, 1999). Conociendo esto podemos suponer que los frailejones enfermos presentarían un menor número de especies que las plantas sanas. Se espera que sitios con suelo de pH más ácido afecten negativamente los frailejones, por lo cual habría más hongos fitopatógenos en estos. Adicionalmente en las altitudes, el cambio en la temperatura y humedad ambiental afectaría la descomposición de la materia orgánica, haciendo que se acumule y pueda disminuir la disponibilidad de nutrientes, como nitrógeno y fósforo, para los frailejones. Esto podría ser aprovechado por los hongos oportunistas, ya que en promedio la temperatura baja 1°C cada vez que se aumentan 100 m de altitud, por lo que a mayor rangos altitudinal se darían condiciones menos favorables para el crecimiento normal de los frailejones lo que podría ser aprovechado por los hongos patógenos y oportunistas (Smith *et al.*, 1991).

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1. Páramos

Los páramos andinos se ubican en el norte de la Cordillera de los Andes (Perú, Venezuela, Ecuador y Colombia) y son ecosistemas característicos del límite superior de los bosques altoandinos (entre 3200 y 3800 m.s.n.m.) (Rivera *et al.*, 2001). Los páramos andinos generalmente presentan condiciones extremas de temperatura y clima con un paisaje aparentemente uniforme, alta radiación solar, una fuerza de viento moderada y periódica, heladas nocturnas y una baja presión atmosférica. La temperatura media anual entre 3 y 10°C y una precipitación entre 650 y 2000 mm<sup>3</sup> (páramos secos o húmedos) (Rivera *et al.*, 2001). Estos factores han dado lugar a comunidades características de lento crecimiento como rosetas y arbustos, entre las más importantes. Las características de estas poblaciones es que presentan poca biomasa, descomposición lenta de materia orgánica, acumulación de necromasa alrededor de la planta y procesos de sucesión y regeneración muy lentos (Vargas *et al.*, 2004). Estas características evolutivas de las especies de páramo hace que este ecosistema sea considerado uno de los más ricos biológicamente porque aunque no existan familias endémicas, sí hay un gran número de géneros y especies (Luteyn, 1999).

Colombia alberga el 60% del total de los páramos andinos, lo que corresponde aproximadamente al 1,6% del área total del país. Entre los 34 páramos reconocidos en Colombia, los más representativos son los páramos de Chingaza, el Cocuy, Belmira y Los Picachos (Rivera *et al.*, 2001). Uno de los páramos más importantes de Colombia está protegido por el Parque Nacional Natural Chingaza. Esta zona bajo protección cuenta con un área aproximada de 77.000 ha; provee de agua a las ciudades de Bogotá, Villavicencio y municipios aledaños y alimenta algunos otros acueductos del país. El PNN Chingaza se ubica entre los departamentos de Cundinamarca y Meta entre los 800 y 4020 m.s.n.m. (Villegas *et al.*, 2007). La riqueza biológica de este páramo es muy alta, albergando 177 familias, 437 géneros y 1003 especies de plantas vasculares y no vasculares. Entre estas se han descrito 53 comunidades vegetales que se dividen entre pajonales (con mayor presencia de *Calamagrostis effusa* Kunth), frailejonales (*E. killipii* Cuatrec., *E. grandiflora* Cuatrec., *E. uribei* Cuatrec. y *E. argentea*), matorrales (los géneros más representativos son *Hypericum*, *Diplostephium* y *Pantacalia*) y, bosques achaparrados (dominados por *Escalloniomyrtelloides* L. fil.) (Vargas *et al.*, 2004).

Debido a las condiciones ambientales la flora de los páramos es de lento crecimiento, presentando un alto endemismo de géneros (Monasterio, 1980), siendo los más representativos los relacionados con las especies de frailejones. Estos están compuestos por ocho géneros y conforman la subtribu Espeletiinae (Cuatrecasas, 1976), de los que se han identificado cerca de cuarenta especies (van der Hammen, 2008). Son un grupo muy

endémico de los Andes Colombianos, Venezolanos y Ecuatorianos. En Colombia se pueden encontrar cinco géneros de frailejón (*Ruilopezia*, *Espeletia*, *Espeletiopsis*, *Linbanothamnus*, *Paramiflos* y *Tamania*), siendo *Espeletia* el más representativo (OpEPA, 2012).

### 3.2. Frailejones

Los géneros del frailejón pertenecen a la Familia Asteraceae. En general los frailejones tienen un crecimiento de las hojas en forma de roseta, las cuales están cubiertas por una capa de pelos reflectantes, que las protegen contra radiación, impidiendo daños irreparables en la estructura de las macromoléculas tales como proteínas y ácidos nucleicos (Mora, 2002). Generalmente los frailejones están acompañados por la gramínea *Calamagrostis* en suelos bien drenados y sin intervenir; adicionalmente producen resinas para protegerse del congelamiento y son de crecimiento lento (aproximadamente 1 cm/año), debido a la delgada capa de suelo que los hace pobres en nutrientes (Suárez, 2009). Los frailejones proveen varios servicios ecosistémicos como evitar la erosión y el almacenamiento y captación de agua (Buytaert *et al.*, 2006; Villegas *et al.* 2007). Adicionalmente su resina puede ser usada como antibronquial, para el control de várices y tiene la capacidad de sintetizar trementina que es utilizada en la industria química para la fabricación de pólvora, incienso y jabonería (Pineda, 2000). Las características fisiológicas más importantes de los frailejones son sus adaptaciones a las condiciones del páramo y la disponibilidad de agua en sus procesos de transpiración, sobre todo cuando ésta agua se encuentra en estado congelado (Azocar, 1993). Estas características, junto con la presencia de un tronco grueso (en el caso de *E. grandiflora*), contribuyen al ahorro hídrico y de carbono (Mora, 2002). Adicional a esto los frailejones son rodeados por las hojas muertas formando una necromasa que actúa como barrera aislante contra las bajas temperaturas, impidiendo el congelamiento de los tejidos y un intercambio y reciclaje más eficiente de los nutrientes de las hojas maduras hacia las hojas jóvenes. Por último los frailejones tienen una médula hueca dentro del tallo que funciona como reserva de agua, lo que evita el daño en órganos durante las épocas de sequía (Quintero *et al.*, 2005).

Una de las especies de frailejones encontradas en páramo es el frailejón plateado (*E. argentea*). Como características principales forma poblaciones densas y homogéneas en páramos muy intervenidos, es más frecuente en los páramos bajos (Rivera *et al.*, 2001), no tiene órgano de sostén, posee hojas opuestas al igual que las brácteas de las inflorescencias. Las hojas y el tallo de las inflorescencias son pubescentes, lo que le dan el color plateado a la planta (Standley, 1915).

Los páramos son ecosistemas altamente amenazados por los cambios climáticos, la tala de árboles en las partes más bajas y por la transformación del paisaje en sistemas productivos. Adicionalmente se han encontrado hongos fitopatógenos en los frailejones que están

afectando sus poblaciones. Estos hongos aparentemente están asociados a escarabajos (*Dyscolus interruptus*, *D. striatus*) y polillas (*Pterophorida*esp.) que consumen las hojas de la planta (Medina *et al.*, 2009). Por otra parte, los géneros de hongos endófitos encontrados en anteriores estudios son *Acremonium*, *Fusarium*, *Gliocadium*, *Penicillium*, *Trichothecium* (Pineda, 2000), y *Colletotrichum* (Programa Nacional para la Evaluación del Estado y Afectación de los Frailejones en los Páramos de Andes del Norte, 2009). *Paecilomyces*, *Aureobasidium*, *Sordaria* y *Nigrospora*, asociando a *Paecilomyces* como posible biocontrolador de herbivoría por insectos (Cepero *et al.*, 2000). *Trichoderma* y *Epicoccum*. *Aspergillus*, *Beauveria* y *Fusarium*, estos últimos tienen la capacidad de brindarle a la planta resistencia contra hongos fitopatógenos (Cabezas *et al.*, 2011).

### 3.3. Hongos

Los microorganismos y especialmente los hongos cumplen un papel fundamental en las interacciones entre el suelo y planta; en estas asociaciones pueden llegar a ser benéficos o perjudiciales. Los hongos pueden ser parásitos y nutrirse de otros organismos vivos o saprobios y alimentarse de la materia orgánica muerta por lo que aprovechan las sustancias orgánicas en descomposición, facilitando a las raíces la absorción de nutrientes o de asociaciones con otro individuo, con el cual se prestan mutua ayuda (Herrera *et al.*, 1998). Uno de los beneficios que prestan estos microorganismos en esta asociación con las plantas es la solubilización de minerales esenciales para la planta como el fósforo, facilitando la absorción de este y colaborando con el crecimiento de las plantas (Cepeda *et al.*, 2005). Por otro lado existen hongos con la capacidad de invadir la planta y generar cierto daño; este grupo de hongos son conocidos como hongos fitopatógenos (Bautista *et al.*, 2008).

Dentro del grupo de agentes infecciosos fitopatógenos los hongos son el grupo más grande. Pueden atacar cualquier órgano de la planta siendo los síntomas más frecuentes marchitamiento, clorosis, necrosis y alteraciones en el crecimiento. Siendo los síntomas las alteraciones fisiológicas y morfológicas que causa el microorganismo en la planta y los signos las características distintivas de la enfermedad como estructuras del agente causal o productos característicos de la enfermedad como exudados (Rivera, 2007). Los hongos se pueden diseminar por viento o por vectores, lo cual ayuda a que su colonización sea muy rápida (García, 2006). Se caracterizan porque pueden penetrar el tejido vegetal por medio de aberturas naturales, enzimas, heridas (Agris, 2005). También tienen la capacidad de desarrollar estructuras especializadas como el apresorio que le ayuda a adherirse a la planta, para que luego de este se vaya formando la hifa de penetración que por procesos mecánicos o enzimáticos penetra el tejido vegetal e inicia la infección que produce un efecto negativo sobre la planta (Arauz, 1998).

En el estudio hecho por Medina *et al.*(2000)se busco identificar cual era el hongo causante de la afectación ya descrita en los frailejones. El hongo aislado *Colletotrichum*sp.Este hongo está distribuido en todo el mundo como un patógeno de plantas. En este es un hongo mitospórico, sus conidios se forman en el interior de acérvulos, son hialinos y pueden ser cilíndricos, rectos o curvados. Muchas especies de este género son causantes del grupo de enfermedades conocidas como antracnosis o deterioro en frutas, verduras y árboles de producción como fresa, mango, cebolla, papa, árbol de caucho entre otros, siendo uno de los hongos con mayor importancia en los trópicos (Pitt *et al.*, 2009).

A diferencia de los fitopatógenos los hongos antagonistas son simbioses que viven dentro de las hojas o tallos, y pueden tener efectos positivos, neutros o negativos sobre la planta estos efectos deben ser asintomáticos. Uno de estos efectos puede ser la producción de toxinas que son perjudiciales para los herbívoros (Starret *al.*, 2008). Se ha encontrado que la riqueza de hongos endófitos es mayor en especies de plantas de ciclo anual. Se han encontrado al menos 100 especies de endófitos en frailejones con capacidades de inhibir hongos fitopatógenos herbívoros(Cabezas *et al.*, 2011) En general la colonización de los hongos endófitos es muy parecida. La penetración se da cuando la espora germina y penetra por un estoma; una vez dentro del tejido la hifa se divide y empieza a crecer entre los espacios extracelulares del tejido vegetal. Cuando el endófito ya ha colonizado empieza a sintetizar sustancias benéficas para la planta y recibe protección y carbohidratos (Menéndez *et al.*, 1997). Se ha encontrado que algunos endófitos no pueden crecer en medio de cultivo o pierden su capacidad de reproducirse ya que se adaptaron generación tras generación a crecer en las condiciones que les proporcionan los tejidos vegetales (Deacon, 2006).

Por otra parte la riqueza de especies de hongos que puede albergar una planta puede variar de acuerdo a su condición nutricional, características ambientales y el entorno biológico. La riqueza hace referencia al número de especies que se encuentra en cierto ambiente, la composición son los genes, las especies, hábitats, comunidades, funciones biológicas y fisiológicas de un ambiente (Granado, 2000). Por último el ensamblaje es la relación entre especies relacionadas filogenéticamente en una comunidad (Sánchez *et al.*, 2007), lo que implica que en la mayoría de los estudios en ecología de grupos, este el nivel de abordaje y lo también en el caso de los hongos de los frailejones.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo general**

Determinar cambios en la composición de hongos endófitos de hojas sanas y enfermas de *Espeletiaargentea* en el páramo de Chingaza.

## 4.2. Objetivos específicos

- Determinar la riqueza de géneros encontrados en las hojas de las plantas sanas y enfermas de *Espeletia argentea*.
- Determinar los géneros de hongos que componen las poblaciones de endófitos en hojas de plantas sanas y enfermas presentes en *Espeletia argentea*.
- Determinar si existe relación entre algunas características fisicoquímicas del suelo y los géneros encontrados en las plantas de *Espeletia argentea*.

## 5. METODOLOGÍA

**5.1. Área de estudio.** El estudio se realizó en el Parque Nacional Natural Chingaza ubicado entre los departamentos de Cundinamarca y Meta en la cuenca de la quebrada Calostros 4°40'N, 73°48'W, esta tiene un área de 1315 ha. Los suelos del páramo son histosoles, de textura enteramente orgánica, con un pH 4,3-4,9 y baja disponibilidad de fósforo (Vargas *et al.*, 2002). La cuenca presenta una temperatura media anual de entre 5 y 11°C con un régimen de lluvias unimodal entre junio y julio. Se encuentra entre 2400-3500 m.s.n.m. (PNN, 2000).

**5.2. Muestreo.** El muestreo se realizó en cinco parcelas de 10x10m, en dos rangos altitudinales (3000–3100 y 3100-3200). Se recolectaron dos hojas de individuos sin síntomas de la enfermedad de cada parcela y dos hojas de dos individuos con síntomas de la afección. Los síntomas fueron entorchamiento en las hojas, herbovoría, clorosis, manchas, necrosis y pudrición foliar. Estas fueron almacenadas en bolsas plásticas cierre de cremallera a 4°C hasta el momento del procesamiento en el Laboratorio de Ecología de Suelos y Hongos Tropicales (LESYHT) de la PUJ. Adicionalmente de cada frailejón muestreado se tomó una muestra de suelo de aproximadamente 100 g, que fue almacenada a 4°C hasta el momento de su procesamiento en el laboratorio de LESYHT de la PUJ.

### 5.3. Procesamiento de muestras

Se realizaron cortes a las hojas de aproximadamente 5x2 cm, luego se hizo una desinfección con etanol al 70% por 2 min. Posteriormente las hojas se sumergieron en hipoclorito al 0,5% por 2 min y se realizó un lavado en agua destilada por un minuto tres veces. Por último bajo condiciones de esterilidad se cortaron las hojas en pequeños pedazos

de 2x4mm y se sembraron 5 en cada caja de Petri, en Agar Extracto de Malta. Para las hojas enfermas se tomaron los pedazos que presentaran tejido sano y con afectación. Estas se incubaron a 12°C por 20 días. Luego los hongos crecidos se sembraron por punción central en Agar Extracto de Malta a 25°C hasta que presentaran estructuras reproductivas (Cepero *et al.*, 2000; Cabezas *et al.*, 2011). Para su identificación se utilizaron las claves de Barnett y Hunter (1998), Domsch y Gams (1980) y Nelson *et al.* (1983). Para calcular la diversidad de morfotipos se utilizó el índice de Mehinick, para medir la similitud entre las poblaciones de hongos de frailejones sanos y enfermos se usó el índice cuantitativo de Sorensen (Brower *et al.*, 1997).

**5.4. Determinación de características fisicoquímicas del suelo.** Se midió el pH, la materia orgánica y la humedad. El pH se midió por el método propuesto por Cavazos (1992). Este consiste en pesar 10 g de suelo que se mezclarán con 10 ml de agua neutralizada, se homogenizó en un agitador orbital por 5 min, luego con electrodos se midió el pH. Para el porcentaje de materia orgánica se usó la metodología propuesta por Faithfull en 2000, que consiste en introducir 10 g de suelo en bolsas de papel. Estas son llevadas a un horno de secado a 80°C por 48 h, luego el suelo se pesó y este fue el peso seco 1 (PS1). Posteriormente el suelo se llevó a 550°C por 2 h y luego de que se enfrió se pesó nuevamente para obtener el peso seco 2 (PS2), luego se usó la fórmula de pérdida de peso por ignición (PPI) =  $(1 - (PS2/PS1)) * 100$ , para determinar el porcentaje de materia orgánica.

**5.5. Análisis estadísticos.** Se utilizó inicialmente una estadística descriptiva en el programa SPSS 20, para establecer las características principales de las características fisicoquímicas del suelo. Luego se utilizó una prueba de ShapiroWilk y la de Levene para establecer si los datos tenían o no tienen una distribución normal, y si sus varianzas son homogéneas, respectivamente. Luego se utilizó la prueba de ANOVA de doble vía para establecer si existía interacción entre las características fisicoquímicas con la altitud y el estado de afectación de los frailejones (Álvarez, 1995). Para establecer la relación entre las características fisicoquímicas de suelo y la frecuencia de hongos encontrados se usó la prueba de correlación de Pearson con un nivel de confianza del 95% (Álvarez, 1995).

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Identificación de hongos endófitos

Se lograron aislar 42 morfotipos de hongos, de los cuales se identificaron 5 morfotipos hasta especie, 30 hasta género, 4 hasta clase y uno fue clasificado como micelio estéril. Los hongos restantes presentaron contaminación o lento crecimiento por lo que no presentaron

estructuras de reproducción y fue imposible su identificación por medio de características macroscópicas y microscópicas. De estos 22 se clasificaron como potencialmente fitopatógenos, 21 fueron clasificados como posibles antagonistas, 2 morfotipos fueron encontrados tanto en plantas sanas como enfermas (*Penicillium* 2 y *Acremonium* sp) y 3 morfotipos fueron encontrados en ambas altitudes (*Penicillium* 2, Morfotipo 56 y *Cladosporium* 3). Se encontraron 22 géneros diferentes de hongos, el género más frecuente fue *Cladosporium* con 10 morfotipos seguido de *Fusarium* con 5 y *Penicillium* con 4. Se aislaron 83 colonias las cuales 34 pertenecían a *Penicillium* 2, 3 a *Wallemia* sp. y a *Fusarium* 3, 2 a *Acremonium* sp. Morfotipo 56, *Cladosporium* 3 y 9. El resto de los hongos identificados mostrados en la **Tabla 1** sólo se aislaron una vez.

**Tabla 1:** Géneros de hongos potencialmente fitopatógenos y antagonistas aislados de hojas sin y con sintomatología en *E. argentea*, en los dos rangos altitudinales muestreados.

ALTITUD (m.s.n.m.)	GÉNERO DE HONGO EN PLANTAS SIN SINTOMATOLOGIA	GÉNERO DE HONGO EN PLANTAS CON SINTOMATOLOGIA
3000-3100	<i>Penicillium</i> sp. 2	Morfotipo 2 N.I.*
	Morfotipo 26 N.I.	<i>Botrytis</i> sp.
	Morfotipo 44 N.I.	<i>Cladosporium</i> sp. 1
	<i>Wallemia</i> sp.	<i>Alternaria</i> 1
	Morfotipo 46 N.I.	Basidiomycete
	<i>Cladosporium</i> sp. 9	<i>Fusarium</i> sp. 2
	<i>Cladosporium</i> sp. 10	<i>Penicillium</i> sp. 1
	<i>Paecilomyces</i> sp.	Morfotipo 34 (N.I.)
	Morfotipo 60 N.I.	<i>Fusarium graminearum</i>
	<i>Fusarium</i> sp. 3	<i>Fusarium oxysporum</i>
	<i>Nigrospora</i> sp. 3	<i>Fusarium oxysporum</i>
	<i>Penicillium</i> sp. 3	<i>Cladosporium</i> sp. 3
	<i>Penicillium</i> sp. 4	<i>Cladosporium</i> sp. 4
		<i>Cladosporium</i> sp. 5
	<i>Cladosporium</i> sp. 6	
3100-3200	<i>Cladosporium</i> sp. 7	Oomycete 1
	Myceliasterilia	Oomycete 2
	<i>Cladosporium</i> sp. 8	<i>Fusarium</i> sp. 1
	<i>Nigrospora</i> sp. 2	<i>Cladosporium</i> 2
	Basidiomycete	<i>Nigrospora</i> 1
	Morfotipo 56 N.I.	
	<i>Alternaria</i> sp. 2	
<i>Cladosporium</i> sp. 11		
<b>*N.I.: Morfotipo no identificado</b>		



En la comparación de especies entre estado del frailejón se encontró un índice de Sorensen cuantitativo de 0,04 y en la comparación entre altitudes se encontró un índice de 0,07. El índice de riqueza de Menhinick fue de 4,39.

## 6.2. Características fisicoquímicas del suelo

No se encontraron diferencias significativas entre las características fisicoquímicas de las altitudes y los estados de afectación (Tabla 3).

**Tabla 3:** Promedio de las características fisicoquímicas de suelo de rizosfera en *E. argentea* en la cuenca de la Quebrada Calostros, en dos rangos altitudinales.

	Estado		Rango Altitudinal	
	Sanos	Enfermos	Altitud 3000-3100	Altitud 3100-3200
<b>pH</b>	4.66 ± 0.31	4.64 ± 0.29	4.7 ± 0.29	4.6 ± 0.30
<b>Humedad</b>	64.1 ± 7.66	62.9 ± 6,68	62.7 ± 8.32	64.4 ± 6.19
<b>Materia orgánica</b>	49.8 ± 11.43	47.02 ± 13.62	47.9 ± 10.98	49.1 ± 13.64
<b>± : Desviación estándar</b>				

Se encontró que tanto el pH, la humedad y la materia orgánica no eran distintos entre los estados de afectación ( $F=0,58, 0,02, 0,28; P= 0,46, 0,87, 0,59$  respectivamente), ni entre los dos rangos altitudinales ( $F=1,79, 1,21, 0,54; P= 0,18, 0,27, 0,46$ ), ni existió una interacción entre la altitud y la afectación de los frailejones ( $F= 2,25, 0,1, 0,18; P= 0,14, 0,74, 0,41$ ).

Tampoco se encontró que una relación entre la frecuencia de hongos y las características fisicoquímicas del suelo, pero sí una relación media entre las variables humedad y porcentaje de materia orgánica (Correlación= 0,445),

## 7. DISCUSIÓN

En este estudio se aislaron 43 morfotipos de hongos, 24 de ellos de plantas enfermas. Los únicos hongos identificados que no habían sido reportado como hongos endófitos en frailejones fueron *Wallemiasp* y *Alternariasp*. Los géneros no identificados deben ser identificados con técnicas moleculares debido a que se ha encontrado que los hongos endófitos pueden llegar a perder su capacidad de generar estructuras de reproducción (Starret *al.*, 2008).

Los síntomas encontrados en las plantas fueron entorchamiento, clorosis y necrosis en las hojas, por lo que estos síntomas pueden ser atribuidos a los géneros presentados en la tabla 2.

**Tabla 2:** Géneros de hongos aislados de *E. argentea* asociados a la sintomatología presentada en la Cuenca de la Quebrada Calostros.

Síntoma	Género de Hongo
Clorosis	<i>Fusarium</i> sp.
	<i>Fusarium graminearum</i>
	<i>Fusarium oxysporum</i>
Manchas Foliares	<i>Nigrospora</i> sp.
	<i>Alternaria</i> sp.
	<i>Cladosporium</i> sp.
Necrosis Foliar	<i>Alternaria</i> sp.
	<i>Cladosporium</i> sp.
	<i>Nigrospora</i> sp.
Marchitez	<i>Fusarium oxysporum</i>
	<i>Acremonium</i> sp.
Pudrición foliar	<i>Botrytis</i> sp.

Por estudios anteriores se puede establecer que *Penicillium* sp. y *Paecilomyces* sp. y algunas especies de *Fusarium* pueden estar confiriendo resistencia a los frailejones y tendrían potencial para ser utilizados como controladores biológicos como producción de metabolitos secundarios contra insectos u otros hongos y competencia entre géneros que impide una colonización de los hongos fitopatógenos (Cepero, 2000; Cabezas *et al.*, 2011).

*Wallemia* sp. es un género que se asocia a ambientes secos ya que es un hongo xerófilico que tiene la capacidad de descomponer alimentos con alto contenido de sales y en estado de deshidratación (Zalaret *et al.*, 2005).. Este el primer reporte de este hongo en frailejón.

Se ha encontrado que el género *Cladosporium* puede ser fitopatógeno o antagonista. Cuando se encuentra como fitopatógeno tiene una capacidad limitada para invadir hojas y frutos, generalmente invade entrando por los estomas de la planta y genera muerte celular; pero en condiciones favorables tiene la capacidad de invadir hojas sanas por medio de una penetración directa de las células epiteliales. Aunque generalmente no causa grandes daños en la planta puede causar manchas foliares en numerosas especies cultivadas, y se ha encontrado que puede causar pudrición en la espiga del trigo (Smith *et al.*, 1988). Cuando *Cladosporium* se encuentra como endófito puede defender a las plantas frente ataques de insectos. Este hongo se ha aislado de semillas de café donde también se ha encontrado en el pedúnculo y la corona del café (Vega *et al.*, 2008).

*Penicillium* es un género que puede producir pudrición de los frutos postcosecha. En trabajos anteriores como el de Cabezas *et al.* (2011) se demostró que la presencia de este hongo como endófito en *E. grandiflora* podía generar acción antagonista contra otros hongos como *Phytophthora infestans*. Cepero (2000) encontró que la presencia de

*Penicillium* en las hojas le podría generar cierta resistencia a los frailejones contra insectos, Latifet *et al.* (2011) encontró que ciertas especies de *Penicillium* podían brindarle resistencia a estrés hídrico a plantas de soya y Figueredo (1997) lo asocio como antagonista frente a *Alternariasolani*.

*Fusarium* es un género ubicuo del suelo; muchas especies son saprotróficas o patógenos oportunistas. Los patógenos se dividen en dos grupos: unos son causantes de pudrición de tallo y raíz y los otros son causantes de la marchitez vascular (todos estos variantes de *F. oxysporum*) (Smith *et al.*, 1991)

La presencia de *F. oxysporum* indica que los frailejones se encuentran debilitados ya que el mecanismo de infección de este hongo solo es efectivo cuando puede penetrar por heridas o por tejido debilitado, este es uno de las especies más importantes en la agricultura debido la capacidad de afectar gran variedad de cultivos de interés comercial como apio, pepino, papa, tabaco y frutales. Este hongo tiene la capacidad de invadir los vasos conductores, esto genera una marchitez y entorchamiento en las hojas que termina con una muerte progresiva de la planta. El hecho de que haya sido aislado en este estudio indica que el estado de infección era muy avanzado ya que la infección ya se había diseminado hasta las hojas (Garcés *et al.*, 2001). Este es un género habitante normal de suelo que una vez que se establece puede permanecer años inactivo debido a la formación de clamidosporas (Smith *et al.*, 1991). La otra especie de *Fusarium* identificada fue *F. graminearum* este un hongo de distribución cosmopolita, es uno de los principales patógenos de maíz, este causa debilitamiento y en casos extremos pudrición de la raíz (Davariet *al.* 2012) y no ha sido reportado como endófito en ninguna especie de planta.

En el estudio realizado por Cabezas *et al* (2011) no se le atribuyo a *Fusarium* spp. Ninguna actividad como endófito en frailejones, aunque se conoce que puede brindarle resistencia a otras especies de plantas contra ciertos patógenos como nematodos (Pocasangreet *al.*, 2000). Por lo que sería recomendable realizar pruebas de antagonismo con este género para establecer si tiene potencial como controlador biológico. .

*Nigrosporaspp.* ha sido reportado como fitopatógenos en planta, es el agente causal del manchado de la panícula en el arroz. Este hongo ataca las semillas disminuyendo su calidad, resistencia a estrés y viabilidad (INIAP, 2007). También fue recientemente asociado a clorosis y necrosis foliar en ahuyama (Ortiz *et al.*, 2011) Se han encontrado especies de *Nigrospora* como habitantes epífitos y endófitos de *E. grandiflora* con y sin sintomatología de herbivoría y no se ha relacionado con ningún beneficio hacia la planta (Cepero, 2000; Cabezas *et al.*, 2011).

Este es el primer reporte de *Alternariaspp.* como endófito de frailejón aunque ya ha sido reportado como endófito en rosa en donde se asoció a resistencia frente a patógenos (Salgado *et al.*, 2005). *Alternariaspp.* es un hongo patógeno de solanáceas, tabaco y rosas. Es un

hongo ubicuo del suelo. Pueden ocasionar manchas foliares que con el tiempo se convierten en manchas necróticas en hojas llegando a ser tan numerosas que pueden desprender las hojas. También puede generar necrosis en el pie del tallo y en flores. En algunas especies su mecanismo de transmisión puede ser por semilla por lo que su control puede llegar a ser muy difícil (Smith *et al.*, 1991).

*Acremonium* spp. ya se había reportado por Pineda (2000) como hongo endófito de frailejones, aunque al encontrarse en ambos estados (sanos y enfermos), se puede suponer que este género se comporta como patógeno latente en esta especie de frailejón. *Acremonium* sp. es un hongo saprófito de suelo, puede encontrarse en la rizosfera. También se ha encontrado que este género tiene la capacidad de generar pudrición del tallo en el maíz (Smith *et al.*, 1991) y marchitez en las hojas de sandía debido a la pudrición radicular (Armengol *et al.*, 1999).

*Botrytis* spp. es un patógeno reconocido mundialmente por la pudrición de frutas y vegetales almacenados, aunque tiene también la capacidad de generar pudrición en hojas tallo e inflorescencias destruyéndolos por completo. Su colonización generalmente comienza en tejidos necrosados por el ataque de otros hongos o insectos la cual puede acelerarse si se dan condiciones de humedad alta (Smith *et al.*, 1991).

Las especies de *Paecilomyces* han sido reportadas como endófitos y epifitos que confieren gran resistencia a la planta frente al ataque de insectos (Vidal *et al.*, 1998) y Cepero (2000) lo asocia con la resistencia que le confiere este a la planta cuando se encuentra en las hojas del frailejón por lo que podría ser una buena opción para utilizarlo como controlador biológico en esta afectación.

El índice Sorensen nos indicó que la similitud en la composición de géneros encontrados entre altitudes y entre estado del frailejón es demasiado baja (0,14 y 0,09 respectivamente), esto nos indica no solo que no es un solo género el que está afectando a los frailejones sino que los hongos que los están afectando probablemente son oportunistas asociados a la herbívoría (Smith *et al.*, 1991). El índice de diversidad de Menhinick encontrado fue de 4,39 esto nos indica una riqueza muy alta de hongos endófitos en frailejones (Browner *et al.*, 1997) y que *E. argentea* es un nicho para gran diversidad de hongos.

Los datos de pH, porcentaje de humedad y porcentaje materia orgánica fueron los esperados para el páramo de Chingaza (Vargas *et al.*, 2004). Respecto a la humedad en el páramo de Chingaza es alto debido a su posición orográfica y la intensidad de las precipitaciones (Ramgel, 2000). Con relación al porcentaje de M.O. en los páramos es debido a que los suelos del páramo son histosoles de textura enteramente orgánica (Vargas *et al.*, 2002). El pH del páramo de Chingaza varía de 4 a 4,5 (Vargas *et al.*, 2004).

No se encontró relación alguna entre las características fisicoquímicas del suelo con la altitud, el estado del frailejón ni la frecuencia de aparición de los géneros de hongos

encontrados por lo que esta afectación no puede ser relacionada con características abióticas sino bióticas, Al conocer esto y el comportamiento de los hongos encontrados se infiere que existe una relación directa entre la herbívoría y los hongos (sin descartar la posibilidad de que también estén presentes bacterias y nematodos fitopatógenos), con la afectación que están presentando los frailejones.

## 8. CONCLUSIONES

La similitud de morfotipos entre altitudes y entre estado del frailejón es muy baja, por lo que se pudo demostrar que las poblaciones de hongos cambian mucho entre frailejones sanos y enfermos.

Se encontró que los géneros con mayor probabilidad de estar asociados a la afectación, se encontraban en la hojas de las plantas enfermas.

Se lograron aislar especies de *Paecilomyces*, *Penicillium* y *Cladosporium*, que por estudios previos podrían ser usados como biocontroladores de otros hongos e insectos.

Las características fisicoquímicas del suelo lo pudieron ser relacionadas con el estado de afectación o con la altitud por lo que se sugiere que la afectación esta siendo causada por factores bióticos.

## 9. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar la identificación de los hongos hasta especie con pruebas moleculares, realizar pruebas de patogenicidad en especies cercanas filogenéticamente a *E. argentea* con los hongos que se establecieron como posibles causantes de la afectación, realizar pruebas de antagonismo entre fitopatógenos y antagonistas para establecer posibles biocontroladores y estudiar más a fondo las características fisicoquímicas del suelo.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Agrios, G. 2005. Plant pathology. Elsevier. 5ta Edición . San Diego. Estados Unidos. 388-403 p.
- Álvarez R. 1995. Estadística multivalente y no paramétrica. Díaz de Santos. Madrid, España. p 23-34.
- Ardauz L. 1998. Fitopatología un enfoque ecológico. Ed Universidad de Costa Rica. 1ra ed. San José, Costa Rica. p. 103-112.

- Armengol J, Sales R, García J. 1999. Evolución de los daños causados por *Acremonium cucurbitacearum* en raíz de melón en sus primeros estados de desarrollo. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas. 25. 265-277.
- Azocar A, Rada F. 1993. Ecofisiología de plantas de la alta montaña Andina. En: CIELAT. Respuestas ecofisiológicas de plantas de ecosistemas tropicales. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela. p. 82-110.
- Barnett H, Hunter B. 1998. Illustrated genera of imperfect fungi. The American Phytopathological Society. Estados Unidos. 218 p.
- Bautista, J., García, R., Pérez, J., Zavaleta, E., Montes, R., Ferrera, R. 2008. Inducción de supresividad a fitopatógenos del suelo. Un enfoque holístico al control biológico. Interciencia 33(2): 96-102 p.
- Brower J, Zar J, Ende C. 1997. Field and laboratory methods for general ecology. McGraw-Hill. U.S.A. 273 p.
- Buytaert, W., Célleri, R., De Bièvre, B., Cisneros, F., Wyseure, G., Deckers, J., & Hofstede, R. 2006. Human impact on the hydrology of the Andean paramos. Earth-Science Reviews 79: 53-72.
- Cabezas L, Medina L, Bahamon I, Cardenas M, Bernal A, Gonzalez A, Restrepo S. Characterization of cellulases and antagonistic activities in fungal endophytes isolated from *Espeletia spp.* 2011. Trabajo de grado de maestría. Departamento de Ciencias Biológicas. Uniandes. Bogotá Colombia. 39 p
- Carrera E, Pichott J, Alexander E. 1968. Estudio de clasificación de los suelos de la cuenca alta del Río Bogotá para fines agrícolas. Instituto Geográfico Agustín Codazzi 4(1). p 1-200.
- Cavazos T. 1992. Manual de prácticas de física de suelos. Ed Trillas. México D.F, México. p 63-65.
- Cepero M. 2000. Estudio preliminar de biodiversidad de microhongos de la población de *Espeletia grandiflora* en el paramo de Cruz Verde. Departamento de ciencias biológicas. Universidad de los Andes. Bogotá. Colombia. 21
- Cuatrecasas J. 1976. A new subtribe in the Heliantheae (Compositae) Espeletiinae. Phytologia 35(1): 43-61.
- Daughtrey M. Plagas y enfermedades de las plantas en maceta con flores. Ed Mundi-Prensa. Madrid, España. p 9-12.

- Davari M, Diepeningen D, Babai A, Arzanlou M, Javad M, van der Lee T, Hoog S. 2012. Rapid identification of *Fusariumgraminearum* species complex using Rolling Cycle Amplification (RCA). *Journal of Microbiological Methods*. 89 (1): 63-70.
- Deacon J. *Fungal Biology*. 2006. Blackwell Publishing. 4ta ed. Oxford, United Kingdom. p 298.
- Domsch K, Gams W. 1980. *Compendium of soil fungi*. Academic press. Londres. Inglaterra. 646p
- Faithfull N. 2005. *Métodos de análisis químico agrícola, manual práctico*. Ed Acribia S.A. Zaragoza, España. p 85-86.
- Figueredo M. 1997. Evaluación de la actividad antimicrobiana de los extractos y fracciones obtenidos a partir de *Espeletiamurilloi* Cuatr. y *Espeletiopsis guacharaca* (Díaz) Cuatr. Trabajo de pregrado. Facultad de Ciencias Básicas. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. 83 p.
- Garcés M, Orozco M, Bautista G, Valencia H. 2001. *Fusarium oxysporum* el hongo que nos falta conocer. *Acta biología colombiana*. 6 (1): 7-25
- García V. 2006. *Introducción a la microbiología*. EUNED. 2da ed. San José, Costa Rica. p 103-115.
- Granado C. *Ecología de comunidades*. EGONDI. Sevilla, España. p 63-66.
- Guhl E. 1982. Los páramos circundantes de la sabana de Bogotá. *Jardín botánico José Celestino Mutis*. Bogotá, Colombia. p 58-64.
- Herrera A. 2000. *La clasificación numérica y su aplicación a la ecología*. INTEC. 1ra ed. Santo Domingo, República Dominicana. p 30-31.
- Herrera, T., Ulloa, M. 1998. *El reino de los hongos, micología básica y aplicada*. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 550 p.
- IDEAM – Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, <http://www.pronosticosyalertas.gov.co/jsp/index.jsf>. Consultado 2 de marzo 2012.
- INIAP – Instituto Nacional Autonomo de Investigaciones Agropecuarias. 2007. *Manual* 66. Guayas. Ecuador. 112-114.
- Latif A, Hamayun M, Kim Y, Kang S, Lee I. 2011. Ameliorative symbiosis of endophyte (*Penicillium funiculosum*LHL06) under salt stress elevated plant growth of *Glycine max* L. *Plant Physiology and Biochemistry*. 49 (8): 852-861.

- Luteyn J. 1999. Páramos. *Memoirs of the New York Botanical garden*. 84: 1-278
- Medina M, Varela A, Martínez C. 2010. Registro de daño a los frailejones (Asteraceae: Espeletiaspp.) por insectos y hongos patógenos en el PNN Chingaza (Colombia). *Cespedesia* 72: 67-70
- Menéndez A, Bertoni M, Cabral D. 1997. Endófitos fúngicos en *Juncusimbricatus* var. *chamissonis*: identificación de los patrones de colonización. *Revista Iberoamericana de Micología* 14: 125-128.
- Monasterio, M. 1980. Los Páramos Andinos como región natural. Características biogeográficas generales y afinidad con otras regiones andinas. *Estudios Ecológicos en los Páramos Andinos*. Ed de la Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. p 15-27.
- Mora, L. 2002. El ciclo climático circadiano, los cambios intempestivos del clima durante el fotoperiodo y las respuestas adaptativas de las plantas del páramo. En: I Congreso Mundial de Páramos. Simposio: Cambio climático y su potencial impacto en los páramos. Bogotá, D.C., Colombia. 132-143.
- Morales N, Arévalo K, Ortega J, Briceño B, Andrade C, Morales E. 2006. El pH y la fuente nitrogenada como moduladores de crecimiento de la micrófita *Lemmasp*. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Zulia* 23(1), 67-69.
- Nelson P, Toussoun A, Marasas W. 1983. *Fusarium* species an illustrated manual for identification. The Pennsylvania State University Press. Pensilvania. Estados Unidos. 192 p
- OpEPA – Organización para la Educación y Protección Ambiental. <http://www.opepa.org>. Consultado 16 de Febrero de 2012.
- PNN – Parques Naturales Nacionales. <http://www.parquesnacionales.gov.co>. Consultado 10 de Abril de 2012.
- Pineda V. 2000. Flora fúngica presente en las hojas de la planta *Espeletia killipii* y su capacidad de transformar el ácido kaur-9 (11)16-dien-19-oico. Trabajo de grado de maestría. Facultad de Ciencias Básicas. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. 87.
- Pitt J, Hocking A. 2009. *Fungi and food spoilage*. Springer. 3ra ed. 81-82
- Pocasangre R, Sikora R, Vilich V, Schuster P. 2000. Encuesta sobre hongos endofíticos del banano de América Central y el cribado para el control biológico del nematodo barrenador (*Radopholus similis*). *Infomusa* 9 (1): 3-6.



Pontificia Universidad Javeriana, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Universidad de la Amazonía, Parques Nacionales Naturales, Instituto Alexander von Humboldt, Sociedad Colombiana de Entomología. 2009. Programa Nacional para la Evaluación del Estado y Afectación de los Frailejones en los Paramos de Andes del Norte. Bogotá. Colombia 1-9.

Quintero N. 2010. Insectos asociados a la necromasa del frailejón (*Espeletia hartwegiana* Cuatrec) en un páramo de Villamaría, Caldas. *Agronomía* 18(1): 59-68.

Rivera, D., Torres, D., Montes, S. 2001. Páramos de Colombia. Banco del Occidente, Bogotá D.C., Colombia. p 187.

Rivera G. 2007. Conceptos introductorios a la fitopatología. Edición Universidad Estatal a Distancia. San José. Costa Rica. 8-19.

Sánchez G. Rojas A. Tópicos en sistemática biogeografía, ecología y conservación de mamíferos. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 1ra ed. Pachuca, México. p 82.

Starr C. Taggart R. Biología. Cengage Learning. Décimoprimer ed. México D.F. México. P. 397-399.

Salgado C., Cepero M. 2005. Aislamiento de hongos endófitos en rosa (*Rosa hybrida*) en Bogotá, Colombia. *Revista Iberoamericana de Micología* 22: 99-101.

Smith I, Dunez J, Lelliott L, Phillips D, Archer S. 1988. Manual de enfermedades de las plantas. Mundi-Prensa. Bilbao, España. 397-412.

Suárez D. 2008. Formación de un corredor de hábitat de un bosque montano alto en un mosaico de paramo en el norte de Ecuador. *Ecología aplicada*. 7(1): 10-15.

Standley P. 1915. The genus *Espeletia*. *American Journal of Botany* 2(9): 468-486.

Turner D, Rosales F. 2003. Banana root system: towards a better understanding for its productive management. Unibap. San José, Costa Rica. 174-175.

Van der Hammen, T., Pérez, A., Pinto, P. 2008. Studies on tropical Andean ecosystems. In: Cramer, J (editor). Fifth edition. University of Michigan. Michigan, United States. 5: 600 p.

Vargas O. Premauer J, Cárdenas C. 2002. Efecto del pastoreo sobre la estructura de la vegetación en un páramo húmedo de Colombia. *Ecotropicos* 15(1): 35-50.

Vargas O. Pedraza P. 2004. Parque Nacional Natural Chingaza. Gente Nueva Editorial. 1ra ed. 14-67. Bogotá. 197.

Vega F, Posada F, Aime C, Pava M, Infante F, Rehner F. 2008. Entomopathogenic fungal endophytes. *Biological Control*. 46 (1): 72-85.

Villegas, B., Sesana, L. 2007. Colombia Natural Parks. Villegas Asociados, S.A. Bogotá D.C., Colombia. P. 448-450.

Zolar P, Hoog S, Schroers H, Frank J, Gunde N. 2005. Taxonomy phylogeny of the xerophilic genus *Wallemia* (Wallemiomycetes and Wallemiales, cl. et ord. nov.). *Antonie van Leeuwenhoek*. 87 (4): 311-328.