**UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA**

# EVALUACIÓN DEL NIVEL DE AFECTACIÓN DE FUMAGINA (*Capnodium sp*.) ASOCIADA AL CULTIVO DE PAPA SOBRE LA FLORA DEL PÁRAMO DE GUERRERO OCCIDENTAL, ZIPAQUIRÁ, COLOMBIA

POR

**CECILIA MARÍA GUERRA ROSA**

**TRABAJO PROFESIONAL SUPERVISADO**

PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE

LICENCIADA EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE




**CATACAMAS** **OLANCHO**

**ABRIL, 2018**

# EVALUACIÓN DEL NIVEL DE AFECTACIÓN DE FUMAGINA (*Capnodium sp*.) ASOCIADA AL CULTIVO DE PAPA SOBRE LA FLORA DEL PÁRAMO DE GUERRERO OCCIDENTAL, ZIPAQUIRÁ, COLOMBIA


POR

**CECILIA MARÍA GUERRA ROSA**

**MARIO EDGARDO TALAVERA, Dr**

**Asesor Principal**

**CAMILO JOSÉ GONZALEZ MARTINEZ, M.Sc.**

**Asesor adjunto**


**TRABAJO PROFESIONAL SUPERVISADO**

PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO REQUSITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

LICENCIADA EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE


**CATACAMAS** **OLANCHO**

**ABRIL, 2018**

**ACTA DESUSTENTACION DE**

**TRABAJO PROFESIONAL SUPERVIASA**

## DEDICATORIA

**A Dios,** por bendecirme con salud, paciencia y perseverancia, por ayudarme a cumplir cada una de las metas propuestas, y por tener propósitos para bien en mi vida.

**A mis padres,** Elsa Marina Rosa Valle y Juan Miguel Guerra Aguilar por educarme con valores morales, amor y temor a Dios, por el sentido de empatía hacia los demás y por siempre apoyarme en mi formación académica.

**A mis tías,** Reyna Aguilar, Gloria Rosa, Consuelo Rosa, Consuelo Moreno y especialmente a Irma Rosa Valle por siempre apoyarme en mis decisiones, por su cariño como una madre y por sus sabios consejos

**A mis abuelitas,** Blanca Aguilar y Rosa Alicia Valle Mayorga (Q.D.D.G), por su apoyo moral, sus oraciones por mi bienestar y por sus consejos.

**A la familia del programa de becas SEED,** por la oportunidad académica brindada y por siempre motivarme a superar mis límites.

## AGRADECIMIENTO

**Agradezco a Dios**, que a través de las oraciones nos concede la fortaleza y sabiduría necesaria para lograr los proyectos que nos trazamos en nuestra vida con la finalidad de enriquecer nuestros conocimientos tanto en lo personal como en lo profesional.

**Agradezco desde lo más profundo de mi ser a mi familia**, principalmente a mi madre Elsa Marina Rosa Valle, mi padre Juan Miguel Guerra Aguilar, a mi hermano Emilio José Guerra Rosa y a mi tía Irma Rosa Valle por su incondicional apoyo durante la trayectoria de mi formación académica, por inculcarme valores morales, por el apoyo emocional, económico, por confiar en mi persona y por ayudarme en mi formación profesional. Padres la educación es la mejor herencia para un hijo, los admiro por ser perseverantes ustedes son mi razón para triunfar y generar cambios positivos a la sociedad.

**Agradezco a las autoridades civiles y de formación académica de mi querida alma mater Universidad Nacional de Agricultura,** por la oportunidad brindada y por contribuir con nuestra formación como profesionales, agradezco especialmente a los docentes del departamento académico de Manejo de Recursos Naturales y Ambiente, al Dr. Mario Edgardo Talavera asesor principal, M.Sc. Ana Mireya Suazo y M.Sc. Oscar Iván Ferreira asesores secundarios, por su tiempo, apoyo y por fortalecer nuestros conocimientos a través de la docencia y por asesorarme en la Práctica Profesional Supervisada (PPS), agradezco a la coordinadora de cooperación externa Ms. Katrina Spillane por su entusiasmo, eficiencia, responsabilidad, consejos y ayuda al agilizar el proceso de intercambio para aprender de nuevas culturas y fortalecer los conocimientos académicos.

**Agradezco también a las autoridades y docentes académicos de la Corporación Universitaria Minuto de Dios,** rectoría Cundinamarca centro regional Zipaquirá, Dra. Teresa Ospia Novoa, Dra. Ana Milena Garzón y a la M.Sc. Martha Lizzy Rojas por su apoyo y por brindarme la oportunidad para realizar la PPS en tan prestigiada institución, por permitirme el intercambio cultural y enriquecer conocimientos en el ámbito académico. Especialmente agradezco al International Paramo Team, M.Sc. Camilo José Gonzales Martínez asesor adjunto, por su entusiasmo, dedicación, tiempo, apoyo incondicional, por compartir sus conocimientos, confiar en nosotros, por sus consejos sabios y por siempre mostrar su calidez humana, a los compañeros de trabajo Nhorida Lizzeth Triana, Alejandra Piedra y Elkin Leandro Orjuela por permitirme formar parte de su equipo, por su apoyo desde el inicio del trabajo de investigación, por la paciencia, confiar en mi persona, por su cariño y por la grata hospitalidad en su hermoso país.

**Agradezco a la familia Velásquez Moreno,** por su apoyo incondicional durante mi trayectoria de formación académica, por su cariño y por los consejos brindados.

**Agradezco a los compañeros,** por el apoyo, paciencia y comprensión durante los años de estudio, por el cariño y por la grata convivencia como hermanos (as).

**Agradezco a los amigos (as),** especialmente a Fanny Velásquez Moreno, Brenda Marisol Moreno, Dariana Isamel Ávila, Leonela Nicole Gudiel, Esmeralda Manchame, Riccy Aparico, Jeancarlos Martínez, Williams Alberto Gámez, Allan Joel Chacón y Francis L. Sabillon por su apoyo, consejos y motivación durante las diferentes etapas de mi formación académica.

**CONTENIDO**

**pág.**

**DEDICATORIA** ..... ii

**AGRADECIMIENTO** ..... iii

**LISTA DE CUADROS** ..... viii

**LISTA DE FIGURAS** ..... ix

**LISTA DE ANEXOS** ..... x

**LISTA DE ACRÓNIMOS** ..... xi

**GLOSARIO** ..... xii

**RESUMEN** ..... xiii

**I. INTRODUCCIÓN** ..... 1

**II. OBJETIVOS** ..... 2

2.1 General ..... 2

2.2 Específicos ..... 2

**III. REVISIÓN DE LITERATURA** ..... 3

3.1 Clasificación de los bosques en los páramos de Colombia ..... 3

3.1.1 Bosque Alto Andino ..... 3

3.1.2 Bosques sub andinos y andinos ..... 3

3.2 Páramos en Colombia ..... 4

3.3 Páramo de Guerrero ..... 4

3.4 Páramo de Sumapaz ..... 7

3.5 Vegetación del Parque Nacional Natural de Chingaza ..... 8

3.6 Taxonomía vegetal ..... 9

3.7 Degradación de la flora del ecosistema Bosque Alto Andino ..... 9

3.8 Tipos de páramos según los montos de la precipitación en Colombia ..... 10

3.9 Plantas de la región biogeográfica del páramo ..... 11

3.10 Impacto de las actividades humanas en el páramo ..... 12

3.10.1 Impacto del cultivo de papa ……..14

3.10.2 Impacto de la deforestación……...18

3.10.3 La transformación de las coberturas vegetales del páramo de Guerrero…...18

3.10.4 Cobertura vegetal del Bosque Alto Andino……...19

3.11 *Capnodium sp* en las reservas naturales del páramo de Guerrero ..... 20

3.12 Agricultura sustentable y el enfoque ecosistémico ..... 22

3.13 Revolución verde ..... 23

3.14 Indicadores de diversidad biológica..... 24

**IV. MATERIALES Y MÉTODO**..... 25

4.1 Descripción del área de estudio ..... 25

4.2 Materiales y equipo..... 26

4.3 Método ..... 26

4.3.1 Identificación taxonómica de la flora en el ecosistema……...27

4.3.2 Clasificación taxonómica de flora en los sitios de estudio……..27

4.3.3 Identificación macroscópica y microscópica del hongo en las hojas……..29

4.4 Análisis de la información ..... 30

4.5 Participación en la definición de medidas de restauración ..... 31

**V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**..... 32

5.1. Identificación de flora ..... 32

5.2 Descripción de la UI 1 ..... 33

5.2.1 Microclima……...33

5.2.2 Especies de flora en la UI 1…….34

5.2.3 Altura de las plantas y altura a la que se localizó el hongo…….34

5.3 Descripción de la UI 2 ..... 35

5.3.1 Microclima……...35
5.3.2 Especies de flora en la UI 2…….35
5.3.3 Altura total de las plantas y altura a la que se localizó el hongo…….36
5.4 Descripción de la UI 3……...….37
5.4.1 Microclima……...37
5.4.2 Especies de flora en la UI 3…….37
5.4.3 Altura de las plantas y altura a la que se localizó el hongo…….38
5.5 Descripción de la UI 4…….....39
5.5.1 Microclima……...39
5.5.2 Especies de flor en la UI 4……...39
5.5.3 Altura de las plantas y altura a la que se localizó el hongo……40
5.6. Descripción de la UI 5……...41
5.6.1 Microclima……...41
5.6.2 Especies de flora en la UI 5……..41
5.6.3 Altura total de las plantas y altura a la que se localizó el hongo……..42
5.7 Análisis estadístico descriptivo……...43
5.8 Las 10 especies más afectadas por el hongo *Capnodium sp*..……...…44
5.9. Severidad e incidencia en las 7 familias más afectadas……....47
5.10 Severidad de la afectación promedio total del hongo……..47
5.11 Incidencia promedio total del hongo……...48
5.12 Medidas de restauración…….....54
**VI. CONCLUSIONES**…….....58
**VII. RECOMENDACIONES**……59
**VIII. BIBLIOGRAFIA**..... 60
**ANEXOS** ..... 65

## LISTA DE CUADROS

**pág.**

**Cuadro 1.** Patrón de riquezas de flora de diferentes países donde existen páramos ..... 12
**Cuadro 2.** Enfermedades causadas por hongos en el cultivo de papa ..... 16
**Cuadro 3.** Tipo de cobertura vegetal y su pérdida..... 20
**Cuadro 4.** Familias y especies de flora al azar ..... 32
**Cuadro 5.** Especies tomadas al azar en el muestreo ZigZag ..... 34
**Cuadro 6.** Especies tomadas al azar en el muestreo ZigZag ..... 36
**Cuadro 7.** Especies tomadas al azar en el muestreo ZigZag ..... 38
**Cuadro 8.** Especies tomadas al azar en el muestreo ZigZag ..... 40
**Cuadro 9.** Especies tomadas al azar en el muestreo ZigZag ..... 42
**Cuadro 10.** Análisis estadístico descriptivo ..... 43
**Cuadro 11.** Familias y especies más afectadas por el hongo *Capnodium sp*. ..... 44

## LISTA DE FIGURAS

**pág.**

**Figura 1.** Ubicación geográfica de la finca El Coral en el páramo de Guerrero ..... 25
**Figura 2**. Altura de las plantas y altura que alcanza el hongo en UI 1 ..... 35
**Figura 3.** Altura de las plantas y altura que alcanza el hongo UI 2 ..... 37
**Figura 4.** Altura de las plantas y altura que alcanza el hongo UI 3 ..... 39
**Figura 5.** Altura de las plantas y altura que alcanza el hongo UI 4 ..... 41
**Figura 6.** Altura de las plantas y altura que alcanza el hongo en UI 5 ..... 43

## LISTA DE ANEXOS

**pág.**

**Anexo 1.** Severidad e incidencia de las 41 especies identificadas ..... 66
**Anexo 2.** Especies encontradas en cada UI, (*especies afectadas) ..... 68
**Anexo 3.** Registro de datos de las especies del muestreo UI 1 ..... 69
**Anexo 4.** Registro de datos de las especies del muestreo UI 2 ..... 71
**Anexo 5.** Registro de datos de las especies del muestreo UI 3 ..... 73
**Anexo 6.** Registro de datos de las especies del muestreo UI 4 ..... 75
**Anexo 7.** Registro de datos de las especies del muestreo UI 5 ..... 77
**Anexo 8.** Ficha técnica especies más afectadas, *Bomarea setacea* ..... 79
**Anexo 9.** Ficha técnica especies más afectadas, *Bucquetia glutinosa* ..... 80
**Anexo 10.** Ficha técnica especies más afectadas, *Oreopanax bogotensis* ..... 81
**Anexo 11.** Municipios que tienen jurisdicción en el páramo de Guerrero ..... 82
**Anexo 12.** Trabajando en campo, laboratorio y análisis de datos ..... 83

## LISTA DE ACRÓNIMOS

**IAVH:** Instituto Alexander Von Humboldt

**PNR:** Parque Natural Regional

**DMI:** Distrito de Manejo Integrado

**INDEREMA:** Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente

**INCORA:** Instituto Colombiano de la Reforma Agraria

## GLOSARIO

**Entomofauna:** conjunto de especies de insectos que viven en el ambiente de una región determinada.

**Formación de rosetas:** en muchas plantas de páramos las hojas se reúnen en la parte superior del tallo, formando una roseta que sirve de defensa a las yemas contra el viento y contra el agua.

**Frailejones:** plantas reguladoras de las fuentes hídricas.

**Pajonales:** lugar donde abundan las hiervas y malezas.

**Páramo:** ecosistemas de alta montaña localizados en el límite superior del bosque andino y el límite inferior de los glaciares o nieves perpetuas.

**GUERRA ROSA, CM, 2018.** Evaluación del nivel de afectación de fumagina (*Capnodium sp*.) asociada al cultivo de papa sobre la flora del Páramo de Guerrero Occidental, Zipaquirá, Colombia, Práctica Profesional Supervisada, Licenciada en Recursos Naturales y Ambiente, Catacamas Honduras. Universidad Nacional de Agricultura. 100p.

## RESUMEN

Los páramos son ecosistemas de altas montañas con vegetación propia que se adapta a las condiciones climáticas frías y altitudes entre los 3800 m.s.n.m a 4650 m.s.n.m. Uno de los páramos de mayor importancia para el departamento de Cundinamarca es el de Guerreo, complejo estratégico en el que predomina la vegetación de Asteraceae, Melastomataceae, Ericaceae y Rosaceae. Cabe mencionar que la principal función de estos ecosistemas es la regulación del ciclo hidrológico y la generación de agua. El Páramo de Guerrero está localizado en el municipio de Zipaquirá, Cogua, Tausa, Susa, Carmen de Carupa, Subachoque, Pacho y San Cayetano, siendo la zona de estudio el municipio de Zipaquirá en la finca El Coral. Este complejo tiene una extensión de 42,325 hectáreas, se encuentra entre los 3200 m.s.n.m hasta los 3800 m.s.n.m (Moreno & Ruiz, 2016). El agroecosistema de papa está generando un daño indirecto a las reservas naturales, por factores como la expansión de la frontera agrícola, reduciendo el área de vegetación nativa del ecosistema. El cultivo refleja ser el hospedero de fitopatógenos asociados a la enfermedad llamada fumagina, propagando el hongo *Capnodium sp.* en la vegetación del Páramo de Guerrero. Para evaluar el estado actual de afectación de la flora se analizaron 5 unidades de intervención (UI) dentro de la reserva natural del ecosistema, se implementó un muestreo al azar ZigZag en cada una de las UI tomando 7 muestras de plantas para la identificación macro y microscópica del hongo. Se analizaron los datos con estadística descriptiva. El promedio total de severidad es 38% y el promedio total de incidencia es 69%. De acuerdo con el análisis estadístico descriptivo de cada 7 plantas 5 muestran un alto porcentaje de severidad de daño por el hongo. Las especies más afectadas y con mayor abundancia son *Bomarea setacea* es la más afectada con el 100 % de severidad e incidencia, *Dendrophthora lindeniana* con el 64% de severidad y 80% de incidencia y la *Bucquetia glutinosa* con el 59% de severidad y 80% de incidencia y las familias más afectadas son Alstroemeriaceae, Santalaceae, Araliaceae.y Asteraceae.

**Palabras claves:** Ecosistema estratégico, generación de agua, vegetación, severidad, incidencia, daño indirecto, fotosíntesis laminar y hongo C*apnodium sp.*

# I. INTRODUCCIÓN

Los páramos son definidos como ecosistemas de alta montaña localizados en el límite superior del bosque andino y el límite inferior de los glaciares o nieves perpetuas con predominio de climas fríos. Posee características biológicas como la presencia de vegetación herbácea, pajonales y frailejones. La principal importancia del páramo es la generación de agua, esta se debe a la regulación del ciclo hidrológico, ya que su vegetación captura el agua que está en forma de vapor en la atmósfera para retenerla y transformarla en agua líquida, que se almacenará de forma subterránea (Mantilla 2004).

Los páramos han sido declarados por el ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible como uno de los ecosistemas estratégicos colombianos más importantes. Esto se debe a su capacidad para proveer bienes y servicios a la población colombiana, como lo son la regulación hídrica y la captura de carbono (Márquez 2002).

Durante las últimas siete décadas se ha observado una gran trasformación en diversos ecosistemas estratégicos que hacen parte del patrimonio natural de Colombia. Los páramos, ecosistemas únicos donde habita gran biodiversidad de fauna y flora, han sido alterados por el ser humano por la demanda de agua, alimento, la explotación de minerales y la agricultura extensiva con el cultivo de papa entre otros bienes y servicios ambientales (Rangel-Ch 2002).

Como efecto de la agricultura intensiva en el ecosistema del páramo, la vegetación refleja ser la más afectada. El cultivo de papa se relaciona de manera indirecta con la presencia de insectos que ayudan al desarrollo del hongo *Capnodium sp*. sobre la flora de las reservas naturales, daño que provoca alteraciones en el equilibrio ecológico del ecosistema y que necesita ser estudiado para la toma de medidas de manejo.

# II. OBJETIVOS

## 2.1 General

Evaluar el grado de afectación del hongo *Capnodium sp.* asociado al agroecosistema de la papa sobre la diversidad de flora en las reservas naturales del ecosistema Bosque Alto Andino del Páramo.

## 2.2 Específicos

Determinar el estado actual de afectación de la flora por efecto del asocio del hongo *Capnodium sp*. con el agroecosistema de papa.

Colaborar en la identificación taxonómica de la flora del ecosistema en los sitios de análisis en la zona de reserva y en la zona de intervención.

Participar en la definición de medidas de protección y restauración ecológica en las zonas afectadas del ecosistema.

# III. REVISIÓN DE LITERATURA

## 3.1 Clasificación de los bosques en los páramos de Colombia

### 3.1.1 Bosque Alto Andino

El bosque andino se extiende desde los 0 hasta los 3,500 msnm. Dependiendo de la altura que se desarrollan los bosques andinos se pueden clasificar sub andinos, andinos y alto andino, cada uno de los cuales se caracterizan por las plantas, animales y otros seres vivos, los bosques altos andino se caracterizan por árboles como el encenillo y el pimiento de monte, aves como los clarineros y mamíferos como las ardillas.

### 3.1.2 Bosques sub andinos y andinos

Bosques sub andinos y andinos, los árboles son de mayor altura, como la ceiba. Habita una gran diversidad de animales como venados, tigrillos, borugas, dantas, tortugas, serpientes y muchas especies de aves. Es un ambiente muy húmedo que se aprecia a la distancia como el característico manto de nubes que envuelve las cumbres de las montañas. El exceso de humedad permite que sobre las ramas de los árboles crezca una abundante variedad de epífitas como quiches, orquídeas, musgos y líquenes que los cubren por completo (Ecosistemas Colombianos 2012).

También llamado selva andina y bosque de alta montaña, cumple funciones específicas como son la regulación del flujo hídrico que desciende de los páramos y la acumulación y administración de sus nutrientes. Por esto crecen árboles hasta de 15-20 metros de alto que resguardan y alimentan una amplia y muy importante variedad de especies animales (Ecosistemas Colombianos 2012).

### 3.2 Páramos en Colombia

Los páramos colombianos son ecosistemas únicos en el planeta, refugio de especies endémicas y generadores naturales de agua. Diversos fenómenos como la ganadería, la agricultura y los cambios climáticos han afectado estos frágiles ecosistemas y muchos han empezado a desaparecer (Echeverry 2015).

### 3.3 Páramo de Guerrero

El Páramo de Guerrero es un ecosistema tropical de montaña único por los servicios ambientales que presta, dentro de los que se destacan la regulación y conservación del recurso hídrico. También poseen cuerpos de agua como humedales, lagos y lagunas, siendo el recurso hídrico uno de los más importantes. El complejo de Guerrero abastece en un 70% de agua a la población de Zipaquirá, Cogua, Tausa y Bogotá. También se considera de gran relevancia por la diversidad de flora y fauna que posee. Además, es un territorio pluriétnico y cultural según la reseña histórica por su intervención y transformación (Echeverria 2015).

El complejo de Guerrero tiene una altitud mínima de 3,200 m.s.n.m y 3,800 m.s.n.m. La importancia de este ecosistema se debe a la regulación de agua que ejerce la vegetación propia de páramo, ya que por medio de sus vellosidades captura y retiene la precipitación horizontal permitiendo que se acumule agua subterránea ( Morales 2007), además es el hábitat de muchas especies de artrópodos de importancia ecológica (García 2012) .

En el caso de ecosistemas de páramo tiene una dinámica alta y permanente de interacciones socio ecológicas y físico bióticas, asociadas a los beneficios y servicios que en este bioma se generan, según sus funciones se clasifican en servicios de aprovisionamiento (alimentos, agua, madera y recursos genéticos), servicios de regulación ( agua, clima, enfermedades y la polinización), servicios culturales (espiritual, turismo y herencia cultural) y servicios de soporte (ciclos biogeoquímicos, reciclaje de nutrientes y producción primaria) (Bello 2015).

Son pocos los países que tienen el privilegio de contar con biomas tan valiosos. En el continente americano sólo Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú y Costa Rica tienen páramos tropicales, de los cuales la mayoría se ubican sobre la cordillera de los Andes en Colombia (GREENPEACE CO 2013).

## A. El Ecosistema Páramo

Los páramos se sitúan aproximadamente entre los 3,100 m.s.n.m a 4,000 m.s.n.m. Sus temperaturas son bajas y generalmente muy húmedas, debido a las frecuentes lluvias y neblinas. Es el ecosistema con mayor irradiación solar del mundo, lo que genera la flora de montaña más rica del planeta. Cuentan con un suelo cubierto de pajonales, humedales y turberas con presencia de especies particulares como los frailejones. Además, resulta ser corredor biológico para la fauna de la región (GREENPEACE CO 2013).

Colombia cuenta con 68 especies endémicas y el país es la segunda nación, después de Venezuela, en albergar mayor diversidad de frailejones. Esta planta es clave para la captura de agua que alimenta a los embalses (Redacción Medioambiente 2016).

## B. Importancia de los ecosistemas en los páramos de Colombia

Según Echeverry (2015), el 99% de los páramos se encuentran en la cordillera de los andes, en la Sierra Nevada de Santamarta y Costa Rica (también en África, Indonesia y nueva Guinea). Colombia tiene el páramo más grande del mundo, el páramo de Sumapaz.
En los páramos la vegetación puede ser abundante, tienen una fauna amplia e incluso ya desde los tiempos de las primeras civilizaciones, como el caso de los pueblos amerindios de América del Sur, las montañas que formaban parte de los páramos eran la principal fuente de agua, porque desde muchas de ellas nacían los arroyos y los ríos (Echeverry 2015).

Son ecosistemas vitales para mantener los ciclos del agua, porque permiten la transformación de la neblina en recurso hídrico que a su vez genera el nacimiento de lagos, ríos y por ende,

el abastecimiento de los embalses. Los páramos en Colombia ocupan una superficie cercana al 3% (29,000 km²) del área continental del territorio nacional. Sin embargo, representa el 50% de los páramos del mundo (Redacción Medioambiente 2016).

## C. Biodiversidad

La biodiversidad es la variabilidad al interior del mundo viviente y se expresa según niveles de organización biológica: genes, especies, poblaciones, comunidades o ecosistemas que se encuentran en una porción geográfica del territorio, es decir una localidad, una región o país. La herramienta básica para conocer la biodiversidad son los inventarios o "asiento de los bienes y cosas pertenecientes a persona o comunidad, hecho con orden y precisión" (RAE 2001).

El inventario permite conocer la representación del capital natural o biodiversidad, donde se encuentra, cuál es su estado de conservación y cuáles son las posibilidades de uso sostenible. Bajo estas consideraciones, en 1991 se inició en asocio con el INDERENA la preparación del documento básico que llevaría Colombia a la cumbre "Río 1992" sobre el estado del conocimiento de la biodiversidad (RAE 2001).

## D. Flora y fauna del Páramo de Guerrero

Según la Organización Colparques (2017) se encuentran aproximadamente 376 especies de plantas distribuidas en las unidades de páramo, sub páramo, bosque andino, matorrales y rastrojos. En este ecosistema se encuentran cuatro especies endémicas regionales de frailejón: *Espeletia chocontana, Espeletia cayetana, Espeletia barclayana*, *Espeletiopsis corymbosa y Espeletia argenteae*. Entre la riqueza de la fauna 98 especies de aves, 21 de mamiferos, 8 de anfibios y 7 de reptiles, y 1 nueva especie de rana endémica local *Eleutherodactylus susaguae* (Familia Leptodactylidae) que se encuentra sólo en el páramo de guerrero.

Colombia posee la mayor riqueza de frailejones del mundo, aproximadamente 81 especies. Estas plantas son especies claves para la conservación de los páramos y su biodiversidad. Su crecimiento se estima en 1 centímetro por año y pueden alcanzar alturas de más de 2 metros y medio (Organización Colparques 2017).

Lamentablemente los asentamientos humanos, especialmente el establecimiento de actividades productivas de índole agropecuario y la explotación minera de carbón, han venido ocasionando un severo deterioro ambiental y la destrucción o agotamiento de una parte muy importante de sus valores naturales, por lo cual se requiere en forma por demás urgente implementar medidas de conservación y restauración, para poder asegurar en el futuro la permanencia de sus bienes y servicios ambientales (Castillo 2014).

### 3.4 Páramo de Sumapaz

El Parque Nacional Natural Sumapaz abarca aproximadamente el 43% del complejo de páramos más grande del mundo, el complejo de Cruz Verde – Sumapaz, el cual según datos del Instituto Alexander von Humboldt (2012), tiene una extensión total de 333,420 ha, de las cuales solo 142.112 ha se encuentran protegidas bajo la figura de Parque Nacional Natural Sumapaz.

Una de las funciones principales de los ecosistemas que protege el parque es la regulación hídrica de las cuencas altas de los ríos Tunjuelo, Sumapaz, Blanco, Ariari, Guape, Duda y Cabrera como oferentes de servicios ecosistémicos para el Distrito Capital y los departamentos de Meta, Huila y Cundinamarca.

El Parque Nacional Natural Sumapaz es uno de los sitios de alta montaña más rico en géneros y especies de flora colombiana, posee un gran número de organismos, muchos de ellos endémicos que hacen del Parque un reservorio importante de diversidad biológica, ecológica y genética. La región del Sumapaz es considerada como uno de los grandes centros de diversidad de plantas en el mundo. En esta se encuentran representadas 148 familias, 380

géneros y 897 especies, de las cuales se encuentran alrededor de 25 géneros de flora endémica, 8% del total nacional (Instituto Alexander von Humboldt 2012).

### 3.5 Vegetación del Parque Nacional Natural de Chingaza

El Parque Nacional Natural Chingaza es considerado como un territorio sagrado, siendo una de las reservas hídricas más grandes de los Bosques Altoandino de la Cordillera Oriental, tiene alrededor de 16, 600 hectáreas extendido en 7 municipios del departamento de Cundinamarca y 4 municipios del Meta con una altura de 3,350 de m.s.n.m. Fue declarado como área protegida en 1977 y se considera el área biológica más importante del departamento de Cundinamarca, por ser una de los parques que brinda más del 70% de servicios ambientales abasteciendo el Distrito Capital de agua potable.

Este parque reúne diferentes características que lo posicionan como una de las mayores fábricas de agua en el mundo, encargado de dar origen a ríos y lagunas que proveen agua a la ciudad de Bogotá y Villavicencio. En conjunto está formado por un sistema de lagunas, Siecha un complejo de tres lagunas que rodea la sabana de Bogotá con una extensión de 7 hectáreas entre los 3,350 m.s.n.m a los 3,750 m.s.n.m, y Chingaza la más grande del parque con una extensión de 88 hectáreas ubicada sobre la base de La Serrania. En la actualidad, estas lagunas están declaradas como humedales Ramsar, áreas de importancia internacional especialmente como hábitats de aves acuáticas.

Sus ecosistemas predominantes, bosques alto andinos, subandinos y páramos, son refugios de relictos de flora y fauna. El parque es una zona de alta biodiversidad, alrededor de la laguna de Chingaza se han reportado más de 380 especies de plantas, y se cree que pueden existir más de 2,000 especies entre las cuales se encuentran especies como frailejones (*Espeletiopsis corymbosa*, *Espeletia argenteae, Espeletia chocontana*, *Espeletia cayetana*, *Espeletia barclayana y Espetettia uribel* ), Uva camarona (*Macleania ruprestri*), Romero de Páramo (*Diplostephium rosmarinifolium*), Encenillo (*Weinmannia sp*.), Senecio (*Vaccinium myrtilloides*) y el pino colombiano (*Swallenochola tessellata*) asociadas a varias

comunidades de vegetación endémica de Chingaza, y 8 especies de musgo de pantano, considerados maravillas ecológicas por su capacidad para conservar la humedad ambiental, ya que absorber hasta 40 veces su peso de agua.

### 3.6 Taxonomía vegetal

La taxonomía vegetal es la parte de la botánica que se ocupa de la clasificación u ordenación de las plantas, así como las bases, principios, métodos y normas que regulan dicha clasificación. Las plantas se ordenan en distintos grupos o categorías taxonómicas de acuerdo con las afinidades que presentan. De esta manera se va formando un sistema jerárquico de categorías taxonómicas, debido a que cada categoría está subordinada o incluida en otra más amplia, y a su vez incluye otros grupos de categoría inferior. Aunque existen un total de 24 categorías taxonómicas, las más utilizadas son: División, Clase, Orden, Familia, Género, Especie, Subespecie y Variedad (Iberoflora 2014).

Los objetivos de la taxonomía son la generación de un inventario de la flora regional, proveer de un sistema de clasificación, conseguir un sistema de clasificación coherente y útil, mostrar aspectos evolutivos entre las especies, proveer un nombre científico en latín, que es universal para cada especie, sea viviente o fósil (Iberoflora 2014).

### 3.7 Degradación de la flora del ecosistema Bosque Alto Andino

Según Aguilar (2009) la degradación del ecosistema es un problema ambiental que disminuye la capacidad de las especies de flora y fauna para subsistir. Esta degradación ocurre de diferentes formas y se manifiesta en una disminución de la riqueza de los ecosistemas, así como en su diversidad biológica y en los bienes y servicios que pudieran ofrecer, afectando especies autóctonas o migratorias.

La degradación de los ecosistemas debido a la sobreexplotación de sus recursos, aunque sirve a un propósito económico de corto, mediano y largo plazo, tiene efectos directos y negativos

sobre el bienestar social. El ecosistema mientras no se degrada, representa una fuente de riqueza tanto de flora como de fauna para la sociedad, razón por la cual se debe de conservar.

La problemática ambiental del páramo ha sido estudiada numerosas veces en Colombia. Para su protección el gobierno ha implementado planes de manejo ambiental, como el propuesto en el 2002 por el Ministerio de Medio Ambiente, el cual determinaba que la causa principal de los procesos de transformación y degradación era el cambio del uso del suelo debido a actividades sectoriales y agropecuarias.

**A. Efectos sobre los seres humanos**

El exterminio de las especies vegetales determina una disminución de la cantidad del oxígeno producido por la fotosíntesis, lo que afecta las cadenas tróficas. Los vegetales son organismos productores de materia orgánica y alimento en las comunidades biológicas; por lo mismo, la carencia de la flora incide en el desarrollo de la vida (Aguilar 2009).

**B. Las prácticas forestales y agrícolas**

La deforestación produce el exterminio de diferentes especies vegetales. Un mal manejo de la actividad agrícola también puede alterar la flora, ya que ésta necesita del suelo para vivir y su existencia está fuertemente condicionada a este recurso. Cualquier alteración que sufra el suelo, afectará inevitablemente las especies vegetales. Efectos del deterioro de la flora (Molinillo 2003).

## 3.8 Tipos de páramos según los montos de la precipitación en Colombia

Rangel-Ch (2015) con base en la caracterización de los montos anuales de precipitación en 80 estaciones climatológicas, propuso las siguientes clases de páramos en Colombia: Pluviales: monto anual de precipitación >4061 mm, localidad representativa Torre de San Francisco, macizo colombiano departamento del Putumayo. Super húmedo: monto anual de

precipitación entre 2919 mm y 3492 mm, localidad representativa, La Cumbre en el departamento de Antioquia, cordillera Central. Muy húmedos: monto anual de precipitación entre 2345 mm y 2918 mm, localidad representativa Chuza en la cordillera Oriental departamento de Cundinamarca.

Húmedos: monto anual de precipitación entre 1771 mm y 2344 mm, localidad representativa Laguna San Rafael departamento del Cauca. Semi húmedos: monto anual de precipitación entre 1197 mm y 1770 mm, localidad representativa Palacios Guasca en la cordillera Oriental departamento de Cundinamarca. Secos: monto anual de precipitación entre 623.5 mm y 1196.5 mm, localidad representativa Boquerón departamento de Tolima, cordillera Central y Berlín departamento de Santander, cordillera Oriental con 623.5 mm, probablemente uno de los valores más bajos en todo el páramo colombiano (Rangel-Ch 2015).

### 3.9 Plantas de la región biogeográfica del páramo

Los valores del número de especies en las familias más ricas en la flora paramuna en los países que abarca su distribución geográfica. El país con mayor número de especies es Colombia (3173), seguido por Ecuador (1678). El país con menor representación es Panamá con 200 especies. Las familias más ricas en especies son Asteraceae, Orchidaceae, Poaceae y Melastomataceae. El patrón de riqueza de las diez familias más ricas supera en todos los casos más del 50%, con lo cual se configura un carácter bastante distintivo para esta flora de alta montaña (Rangel-Ch 2015) (ver cuadro 1).

**Cuadro 1**. Patrón de riquezas de flora de diferentes países donde existen páramos

| | **CR** | **PA** | **CO** | **VE** | **EU** | **PE** | **Páramo global** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **72 fam.** | **54 fam.** | **118 fam.** | **95 fam.** | **92 fam.** | **103 fam.** | **127 fam.** |
| **Familias** | **Spp** | **Spp** | **Spp** | **Spp** | **Spp** | **Spp** | **Spp** |
| Asteraceae | 73 | 25 | 711 | 261 | 339 | 282 | 973 |
| Orchidaceae | 18 | 3 | 580 | 200 | 123 | 23 | 101 |
| Poaceae | 52 | 21 | 148 | 179 | 148 | 121 | 231 |
| Melastomataceae | 8 | 2 | 112 | 49 | 82 | 24 | 113 |
| Bromeliaceae | 7 | 5 | 98 | 42 | 23 | 28 | 88 |
| Ericaceae | 12 | 7 | 88 | 32 | 43 | 14 | 79 |
| Scrophulariaceae | 18 | 12 | 86 | 34 | 75 | 91 | 140 |
| Cyperaceae | 19 | 10 | 69 | 39 | 44 | 29 | 74 |
| Rubiaceae | 11 | 8 | 68 | 26 | 31 | 14 | 25 |
| Apiaceae | 16 | 10 | 73 | 29 | 34 | 23 | 62 |
| Suma de las 10 familias | 234 (56%) | 103 (51%) | 2033 (64%) | 891 (62%) | 942 (56%) | 679 (53%) | 1886 (52%) |
| Resto | 182 | 97 | 1140 | 546 | 736 | 558 | 1814 |
| Totales | 416 | 200 | 3173 | 1437 | 1678 | 1207 | 3700 |

### 3.10 Impacto de las actividades humanas en el páramo

La numerosa población asentada sobre la cordillera de los Andes ha provocado la disminución progresiva de las condiciones naturales de los ecosistemas de montaña, para adecuar las tierras a las prácticas agrícolas ganaderas. La deforestación, la ampliación de la frontera agrícola, el pastoreo y la quema son uno de los efectos más graves que tienen los páramos colombianos. Si bien la ocupación de estos biomas se ha dado desde tiempos ancestrales fue con la llegada de los españoles cuando se introdujeron diferentes prácticas de apropiación (GREENPEACE CO 2013).

Los principales cultivos, según las regiones, son la papa (*Solanum tuberosum*), el maíz (*Zea mays*), habas (*Vicia faba*), trigo (*Triticum*) y cebada (*Hordeum vulgare*). Asimismo, en las épocas de verano son refugio permanente de ganado vacuno, ovino y caprino. Este proceso de intervención humana se da en la mayoría de los páramos y de los bosques altoandinos de Colombia (GREENPEACE CO 2013).

### A. Uso de la tierra

Las actividades actuales en los páramos están encaminadas a la ganadería (frecuentemente en combinación con quemas) y los cultivos (principalmente de papa, pero también de otros productos). En ciertas zonas, estas actividades se encuentran combinadas mediante un sistema de rotación entre cultivos de papa y potreros de pastoreo. También existen otras actividades de menor extensión, como las plantaciones forestales y la minería de carbón (Molinillo 2003).

De esta manera, en un área que originalmente fue cubierta por páramo de pajonal con unos bosquetes y área de pantano, ahora se puede encontrar potreros, cultivos, una plantación forestal, pajonal quemado, pajonal en recuperación. Esto, en ciertos casos, aporta a la diversidad del paisaje y a la vez, representa la mayor amenaza a su integridad (Molinillo 2003).

### B. La contaminación por químicos

Imposibilita el crecimiento de muchas especies vegetales, porque la presencia de sustancias químicas en el suelo altera los procesos vitales de las plantas. Si se observa la vegetación en el páramo, se nota que su ubicación está restringida a los alrededores del sector urbano. No existe una gran variedad de especies, como ocurre en los sectores no urbanos, donde el hombre ha tenido un menor grado de influencia y son menores los niveles de contaminación (Rodríguez 2011).

### C. Impacto de la ganadería

Según Schmidt (1992) el impacto de la ganadería sobre el ecosistema páramo depende de muchos factores, como la mayoría de la vegetación del páramo no tiene un valor nutritivo muy alto y los animales necesitan mucha energía para su metabolismo en climas fríos, comen relativamente mucho. El resultado es que la ganadería afecta la estructura (más abierta,

menos alta) y la composición de la vegetación (más especies rastreras y hierbas exóticas, menos arbustos y hierbas endémicas).

El efecto del pastoreo sobre el suelo es por una parte, indirecto: porque el daño que causa a la vegetación tiende a desaparecer la capa vegetal, tan importante para la protección del suelo; pero también hay un efecto directo: la compactación de suelo por el pisoteo. La compactación es causada por el peso de los animales, ya que el suelo del páramo por su alto contenido de materia orgánica es suelto y suave, compactándose fácilmente (Llambi *et al*. 2013).

**D. Impacto de quemas**

Según Laegaard (2002) la vegetación no crece más rápido después de una quema porque no existe un efecto de fertilización por las cenizas (lo que si ocurre en otros ecosistemas). Es más, la productividad de la vegetación nativa tiende a decrecer después de una quema porque los puntos de crecimiento están más expuestos a condiciones climáticas extremas. Sin embargo, el mayor efecto de la quema se da sobre la vegetación. La razón es que la quema afecta de diferente manera a las plantas, animales y suelo. Lastimosamente, son las especies típicas y valiosas del páramo (árboles como polylepis, arbustos, frailejones) las que no resisten la quema frecuente, mientras que otras especies, especialmente malezas exóticas, se ven beneficiadas por el espacio disponible.

### 3.10.1 Impacto del cultivo de papa

El cultivo de la papa llega a altitudes cada vez mayores, acercándose más a los 4,000 m.s.n.m. En parte, esta zona corresponde a cultivos de rotación, los cuales originalmente se podían dejar después de una cosecha en barbecho hasta por 10 años, pero actualmente con agroquímicos, este periodo se ha reducido significativamente, lo que no permite una regeneración apropiada de la vegetación (Morales *et al*. 2007).

Además, se ha extendido la siembra de pastos introducidos, convirtiendo la vegetación de páramo, poco a poco, en potreros. Actualmente, muchas áreas de páramo están ocupadas por los "grandes productores de papa", que compran o alquilan áreas grandes y destruyen por completo la vegetación nativa con maquinaria pesada. El desplazamiento de la agricultura a altitudes mayores está relacionado con el desarrollo de variedades de papa más resistentes a las heladas y con el aumento de la temperatura asociada al cambio climático global actual (Morales *et al*. 2007).

## A. Cultivo de la papa

El cultivo de la papa es uno de los más importantes a nivel mundial, siendo producido en más de 130 naciones, debido a que es empleado como complemento en las comidas, gracias a su buen sabor y a su alta calidad nutricional, proporciona vitamina C y potasio, y cuenta con un alto contenido proteico y bajo porcentaje de grasa, comparativamente con otros vegetales (Espinal 2016).

En Colombia la papa es producida principalmente en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Nariño y Antioquía, los cuales aportan alrededor del 91% de la producción nacional anual. Las principales zonas de cultivo del país están ubicadas entre los 2100 m.s.n.m y los 2800 m.s.n.m, con una temperatura promedio entre los 12 y los 21°C y una pendiente que varía entre 0-50%. Su comercialización en las últimas décadas ha venido en descenso, aunque la producción en términos absolutos sea alta. Durante el 2003 este cultivo ocupó el cuarto lugar de la producción agropecuaria nacional con 2,9 millones de toneladas (Espinal 2016).

## B. Las enfermedades que afectan al cultivo de la papa

Según Castro y Contreras (2011) existe una variada gama de enfermedades que afectan tanto a la planta como el tubérculo de papa. Los patógenos que provocan las numerosas patologías, por lo general están presentes en el suelo o bien, pueden ser transmitidos por la papa-semilla. Todos los agentes patógenos se multiplicarán a medida que el hospedero sea abundante y

permanente, de esta manera, en la medida que un suelo este siendo utilizado como monocultivo o se use papa-semilla de mala calidad, se aumentará el inóculo y también las pérdidas debidas a un bajo rendimiento.

Son múltiples las enfermedades y plagas insectiles que se alimentan de la planta de papa y ello va provocando un deterioro del rendimiento, calidad, sanidad, además de ser un diseminador de estas. Una sanidad adecuada al momento de enfrentar una plantación de papas es importante para obtener un producto de alta calidad. Asimismo, el saber cómo reconocer estas enfermedades e insectos que afectan el cultivo, constituye una necesidad para conseguir una prevención y control adecuado y una calidad sanitaria adecuada del producto (Castro y Contreras 2011) (ver cuadro 2).

**Cuadro 2.** Enfermedades causadas por hongos en el cultivo de papa

| **Enfermedades causadas por hongos** | **Nombre científico** |
|---|---|
| "Sarna polvorienta" o "Roña" | *Spongospora subterranea* |
| "Tizón tardío" | *Phytophthora infestans* |
| "Pudrición Rosada" | *Phytophthora erythroseptica* |
| "Tizón temprano" | *Alternaria solani* |
| "Sarna o costra plateada" | *Helminthosporium solani* |
| "Pudrición seca o Fusariosis" | *Fusarium sp.* |
| "Costra negra" y "cancro del tallo" | *Rhizoctonia solani* |
| "Carbón de la papa" | *Angiosorus solani* |
| "Fumagina" | *Capnodium citri* |

## C. Efectos en el suelo

Los cultivos ejercen el mayor impacto sobre el páramo porque para la preparación de los terrenos se arranca toda la vegetación y se remueve el suelo. Al remover el suelo, éste se seca superficialmente y muchos de los nutrientes inmovilizados en el suelo volcánico se liberan. Esto resulta en una productividad alta y en realidad, parece que los cultivos del páramo tienen mucho éxito, pero este éxito es muy relativo.

Según Poulenard (2004) después de la primera cosecha el efecto de la liberación de nutrientes termina y el suelo queda con una baja disponibilidad de nutrientes, igual que antes de la preparación del terreno. Sin embargo, por la sequía, se pierde mucha materia orgánica y con ella, la capacidad de retención de agua. Es más, los suelos que en su forma natural son retenedores de agua, al secarse cambian de estructura y se hacen repelentes de agua. Así, cuando un suelo descubierto y seco recibe un aguacero, el agua no puede entrar en el suelo, sino que se escurre superficialmente, llevando consigo las partículas de suelo seco que flotan sobre el agua.

## D. Propiedades del suelo

Las partículas secas del suelo, cambiadas en su estructura, nunca vuelven a tener su estructura original y por esto la recuperación tanto de la vegetación como del suelo demora mucho tiempo. La destrucción de la vegetación natural y la erosión de los suelos, así como la utilización de agroquímicos, influye considerablemente en las propiedades de los suelos, especialmente en la disminución de la capacidad de retención de humedad y de la calidad del agua superficial e infiltrada, así como en el incremento en la meteorización de la materia orgánica y en la pérdida de nutrientes (Poulenard 2004).

El cultivo de la papa es la actividad que mayor impacto tiene sobre el páramo y necesita de un manejo cuidadoso para ser sustentable. En un estudio que compara una cuenca de páramo natural, con solo ganadería extensiva, con una cuenca fuertemente alterada por cultivo y ganadería intensiva, se muestra que el coeficiente de escorrentía bajó en un 36%, implicando claramente una reducción en la eficiencia en el almacenamiento de agua (Buytaer 2006).

El impacto de cultivos depende mucho de la escala y ritmo de cultivo/barbecho. Si bien la perturbación de un cultivo es fuerte, la evaluación del impacto a nivel de paisaje depende mucho del tamaño de la parcela en relación al páramo en su totalidad. Evidentemente, entre más tiempo se deja la parcela en descanso, más oportunidad se da a la recuperación del ecosistema (Buytaer 2006).

### 3.10.2 Impacto de la deforestación

Según Farley (2007) en algunas áreas de páramo en Colombia (Cauca, Nariño, Cundinamarca, Boyacá) se ha tratado de sacar provecho al páramo mediante la plantación industrial de árboles. Existe ya bastante evidencia de que en la zona alto andina hay varios efectos nocivos de la forestación; uno de ellos consiste en que durante la implantación, se retira parte de la vegetación existente y se perturba el suelo, pero aún más importantes son los efectos durante el crecimiento de la plantación, especialmente en especies de rápido crecimiento que consumen mucha agua, disminuyen el rendimiento hídrico y finalmente secan el suelo, razón por la cual hay mayor descomposición y perdida de fertilidad.

En 1970 el páramo de Guerrero tenía un 50% de cobertura arbustiva, mientras que en 1990 el área total del páramo había sido reducida un 30%, convertida en pastos y cultivos; la cobertura arbustiva, que contiene una gran parte de la biodiversidad del páramo.

### 3.10.3 La transformación de las coberturas vegetales del páramo de Guerrero

De acuerdo con Rodríguez (2011) los períodos de mayor transformación se ubican entre 1950-1960, década que evidenció la ampliación de la frontera agrícola, la implementación del modelo de la llamada revolución verde, patrón de transformación de coberturas de bosque y de páramo, dando lugar a los comienzos de lo que posteriormente se consolidaría como la colonización papera del páramo y con ella la entrada de otros cultivos transitorios, como nabos, cubios, hibias y zanahoria.

El modelo de agricultura implementado, indujo desequilibrios en el ecosistema afectando no sólo el paisaje, sino además las fuentes de agua y los suelos. Los agroquímicos entraron vinculados a la producción papera, la mayor parte de agricultores aplica fungicidas, utilizando productos como Mancozeb, Fitoraz, Curzate, Dithane, Nilo y Manzate (Rodríguez 2011).

### 3.10.4 Cobertura vegetal del Bosque Alto Andino

#### A. Uso de cobertura forestal en el páramo de Guerrero

Las coberturas de bosque plantado constituidas por plantaciones de vegetación arbórea, han sido intervenidas de forma directa por el hombre con fines de manejo forestal. En esta dinámica se constituyen rodales forestales, establecidos mediante la plantación o la siembra durante el proceso de forestación o reforestación, para la producción de madera o bienes no madereros (Rodríguez 2011).

#### B. Pérdida de cobertura del bosque

El período 1950-2007 se inicia con la mayor área perdida de cobertura de bosques. Sin embargo, el bosque denso alto y denso bajo aún representan el 70% del área total de la unidad que en promedio presentan una altura del dosel superior a los 15 metros. Estas formaciones vegetales han sido intervenidas de manera selectiva, sin afectar sus características funcionales (Rodríguez 2011).

Como se observa en la tabla para este período, se registra una pérdida de 825 hectáreas de páramo, cuya cobertura vegetal está compuesta principalmente por gramíneas entremezcladas con plantas arrocetadas como los frailejones y otras especies; de las hectáreas perdidas 740 pasaron a actividades agropecuarias, continuando con el patrón de producción iniciado en el período anterior y 92 hectáreas a plantaciones forestales, realizadas por la intervención directa del hombre con el objeto de realizar manejo forestal, para la producción de madera (Rodríguez 2011).

De manera complementaria, se consolida la predicción del páramo que ha estado asociada a la introducción de pastos como la falsa poa (*Holcus lanatus*), el cual ha tenido un buen proceso de adaptación a las condiciones de páramo, a altitudes entre 2500-3200 m.s.n.m y el pasto raigrás, que se adapta mejor entre 2200-3000 m.s.n.m (Rodríguez 2011) (ver cuadro 3).

**Cuadro 3.** Tipo de cobertura vegetal y su pérdida

## 3.11 *Capnodium sp* en las reservas naturales del páramo de Guerrero

| Tipo de cobertura vegetal | 1950 | 1960 | 1988 | 1998 | 2007 |
|---|---|---|---|---|---|
| Cultivos transitorios | 4151.806 | 6493.52 | 5927.886 | 7995.762 | 8472.538 |
| Otros pastos | 4278.282 | 3531.214 | 3598.693 | 2303.603 | 1329.362 |
| Pasto falsa poa (*Holcus lanatus*) | | | 3437.237 | 1673.909 | 2108.019 |
| Pasto raigrás (*Lolium multiflorum*) | | | 2066.765 | 5832.87 | 6347.456 |
| Bosque denso alto | 4140.685 | 3740.487 | 2436.123 | 2242.472 | 1602.377 |
| Bosque denso bajo | 8722 | 8185.605 | 6274.352 | 4235.296 | 3507.918 |
| Bosque plantado | | | 907.368 | 1043.422 | 979.275 |
| Arbustal | 164.181 | 502.915 | 240.098 | 185.053 | 1203.276 |
| Chuscal | | 0.187 | 130.903 | 311.486 | 450.092 |
| Vegetación en transición | | | | | 339.945 |
| Vegetación de paramo | 6136.106 | 5337.946 | 3551.279 | 2984.995 | 2715.582 |
| Vegetación rupícola | 5881.092 | 5874.947 | 4811.172 | 4542.83 | 4131.063 |
| Tierras degradadas | | | 73.71 | 50.731 | 133.211 |
| Turberas | 27.118 | 27.118 | 2.365 | 2.206 | 8.452 |
| Laguna natural | 40.764 | 39.913 | 41.889 | 43.259 | 47.298 |
| Cuerpo de agua artificial | 780.417 | 588.598 | 822.609 | 874.552 | 936.535 |

Las plantas presentan síntomas de enfermedad cuando una o varias de sus funciones son alteradas por los organismos patógenos o por determinadas condiciones del medio ambiente. Para los procesos que caracterizan las enfermedades influye la interacción del clima, patógeno y hospedero, de lo contrario no se podría desarrollar una enfermedad (Agrios 2005).

La fumagina es una enfermedad que corresponde a varias especies de hongos, entre ellos el del género *Capnodium*, siendo este saprófito que se observa como un polvo seco negro que forma una película sobre la superficie de la hoja. Estos hongos se encuentran en todos los tipos de plantas, incluyendo pastos, plantas ornamentales, cultivo, arbustos y árboles (Chávez 2013).

Estos hongos no afectan los tejidos del vegetal. Sin embargo, tiene efectos negativos en la fotosíntesis, al bloquear directamente la luz, inhibe el intercambio gaseoso y transpiración al ocluir las estomas, por lo que infestaciones severas de fumagina retardan el crecimiento, floración, reducen el potencial productivo de la planta y demerita la estética de la misma (Mata *et al* 2013). La fumagina se encuentra asociada a la presencia de insectos secretores-chupadores de sustancias azucaradas que se depositan sobre la superficie de tallos, hojas, favoreciendo el crecimiento del hongo (Tamayo-Rebolledo 2013).

**A. Relación ambiente-hospedero-patógeno**

Urra (2005) menciona algunos insectos asociados a fumagina, los pulgones (*Macrosiphum euphorbiae*), langostinos (*Empoasca curveola*), chanchitos blancos (*Pseudococcus calceolariae*), conchuelas o escamas (*Eucalymnatus tessellatus*), moscas blancas (*Bemisia tabaci & Trialeurodes vaporariorum)*. Esta enfermedad es el conjunto de diversos hongos, por ejemplo, el *Capnodium sp*, el cual se desarrolla al formarse un micro clima en el ambiente considerando la temperatura y porcentaje de humedad relativa entre 80-90% para desarrollo, y de esta manera poder habitar y propagarse en un hospedero.

**B. Severidad**

Es una estimación visual en la que se establecen grados de infección en una determinada planta, sobre la base de la cantidad de tejido vegetal enfermo. Es subjetiva y hace referencia al porcentaje del área necrosada o enferma de una hoja o fruto (Agrios 2005).

**C. Incidencia**

Es la cantidad de individuos afectados por una determinada enfermedad respecto al total analizado, se expresa en porcentaje (Agrios 2005).

**D. Susceptibilidad del ecosistema**

Los ecosistemas alto andinos son muy frágiles y con poca resiliencia, con largo descanso (más de una década) el páramo sí recupera una parte considerable de sus especies y su fisonomía. Se han podido definir patrones claros de respuesta sucesional en las comunidades vegetales, comenzando con especies invasoras introducidas, seguidas por especies intermedias nativas que ayudan a restaurar la fertilidad del suelo. Finalmente, comienzan a dominar rosetas y arbustos característicos del páramo (Llambi 2013).

También a nivel del suelo, se ha observado recuperación de enraizamiento, colonización por micorrizas y condiciones químicas del suelo. Prácticas adicionales como la combinación de cultivos y la siembra de árboles o arbustos para la conservación de suelos, junto con una mayor utilización de cultivos andinos (tubérculos) que necesitan menos fertilizantes y químicos para su éxito, son otros elementos para disminuir el impacto de cultivos (Dehn 1995).

## 3.12 Agricultura sustentable y el enfoque ecosistémico

La agricultura sustentable es aquella que "permite mantener en el tiempo un flujo de bienes y servicios que satisfagan las necesidades socioeconómicas y culturales de la población, dentro de los límites biofísicos que establece el correcto funcionamiento de los sistemas naturales (agroecosistemas) que lo soportan" (Sarandón *et al*. 2006).

Es la actividad agropecuaria que se apoya en un sistema de producción que tenga la capacidad de mantener su productividad y ser útil a la sociedad a largo plazo, cumpliendo los requisitos de abastecer adecuadamente de alimentos a precios razonables y de ser suficientemente rentable como para competir con la agricultura convencional, además con un enfoque ecológico de preservar el potencial de los recursos naturales productivos.

El enfoque ecosistémico es una estrategia para el manejo sustentable de la tierra, el agua y los recursos vivos que promueve la conservación y el uso sostenible de una manera justa y equitativa. El enfoque ecosistémico sitúa a la gente y el uso de los ecosistemas como el punto de partida de la toma de decisiones, por esta razón este enfoque puede ser utilizado para buscar un balance apropiado entre la conservación y el uso de la diversidad biológica en áreas en donde hay múltiples usuarios de los recursos y valores naturales de especial importancia (Ecosistemas Colombianos 2012).

### 3.13 Revolución verde

A partir de los años 50 aparece un importante motor de la transformación ambiental del páramo, la implementación de las políticas de caminos vecinales, de fomento a la ganadería y a la agricultura comercial bajo el esquema de la denominada revolución verde, que extendió el uso de los agroquímicos y del tractor e hizo predominante el monocultivo de papa a través de entidades del estado como el Instituto Colombiano Agropecuario el Instituto Colombiano de la Reforma Agraria -INCORA y la Caja Agraria (Bruitago 2014).

Este conjunto de situaciones, la pérdida de capacidad productiva del suelo y el hecho de que las zonas altas y frías sean poco tolerables por las plagas del cultivo de papa, condujeron a la pérdida de las coberturas naturales del páramo y al aumento de los sistemas agropecuarios (Rodríguez 2010).

Según Bruitrago (2014) se puede señalar que en el periodo comprendido entre 1940 y 2007 la proporción de la superficie cubierta por bosques naturales (más algunas áreas cubiertas con arbustales) pasó de ser el 42.3% de la superficie total al 18.4%, situación análoga a la de la vegetación de páramo, que se redujo en el mismo periodo del 20.3% al 7.9% de la superficie total.

La proporción de la superficie cubierta por cultivos transitorios se incrementó del 9% en 1940 al 24.7% en 2007 y la de los pastos (clasificados como “Otros pastos” y “pastos

introducidos"), del 11.1% al 28.5% en dicho intervalo de tiempo. Es decir, las coberturas naturales (bosque y páramo) que antes cubrían el 62.6% de la superficie, ahora (en el año 2007) cubren tan solo el 26.3% y, los sistemas agropecuarios (cultivos transitorios y pastos) se incrementaron del 20.1% al 53.2%.

### 3.14 Indicadores de diversidad biológica

Diversos autores definen un indicador como una variable, parámetro, medida, medida estadística, valor, fracción que compara una cantidad con una medida científica o arbitraria que refleja algún atributo o signo que sirve para comunicar o dar información (Gallopin 2016). Existen indicadores de estado, presión y respuesta que aportan información valiosa para la evaluación de la sustentabilidad. Los indicadores de estado permiten informar el estado actual del sistema, los indicadores de presión indican el efecto de las prácticas de manejo que se ejercen sobre los indicadores de estado y los indicadores de respuesta son aquellas actividades que se realizan para remediar los problemas (Sarandón 2009).

El concepto de diversidad biológica o biodiversidad viene dado por las palabras bio, que significa vida y diversidad que significa variedad, diferencia y abundancia. Por tanto, la biodiversidad es aquella variedad genética que diferencia un ser vivo de otro dentro de un ecosistema (Moreno 2016). Para su evaluación se utilizan índices diseñados para evaluar la riqueza, la distribución de las especies y el grado de mezcla de éstas. Índices como el de riqueza de especies, índice de Shannon, índice de Simpson y el índice de uniformidad permiten evaluar la diversidad alfa de especies en un determinado ecosistema con la desventaja de no tomar la posición espacial de cada muestra (Cañellas 2013).

# IV. MATERIALES Y MÉTODO

## 4.1 Descripción del área de estudio

El presente trabajo se realizó en la Finca El Coral ubicada en el Complejo de Guerrero, en los límites noroccidentales del municipio de Zipaquirá, departamento de Cundinamarca. Los municipios fronterizos son Pacho al occidente y Cogua al oriente. La altura máxima de la finca es de 3387 m.s.n.m y la más baja de 3270 m.s.n.m, por lo que su relieve es montañoso. Sus coordenadas son 5,151777 N, -74,04956 OE. Clima tipo bimodal periodos húmedos y secos, la temporada de lluvia inicia en abril hasta noviembre, y la temporada seca inicia en diciembre hasta septiembre. La temperatura oscila entre los 11 °C, 0 °C y puede llegar hasta -5 °C, y la precipitación media anual es de 2400 mm (CLIMATE-DATA.ORG 2016).

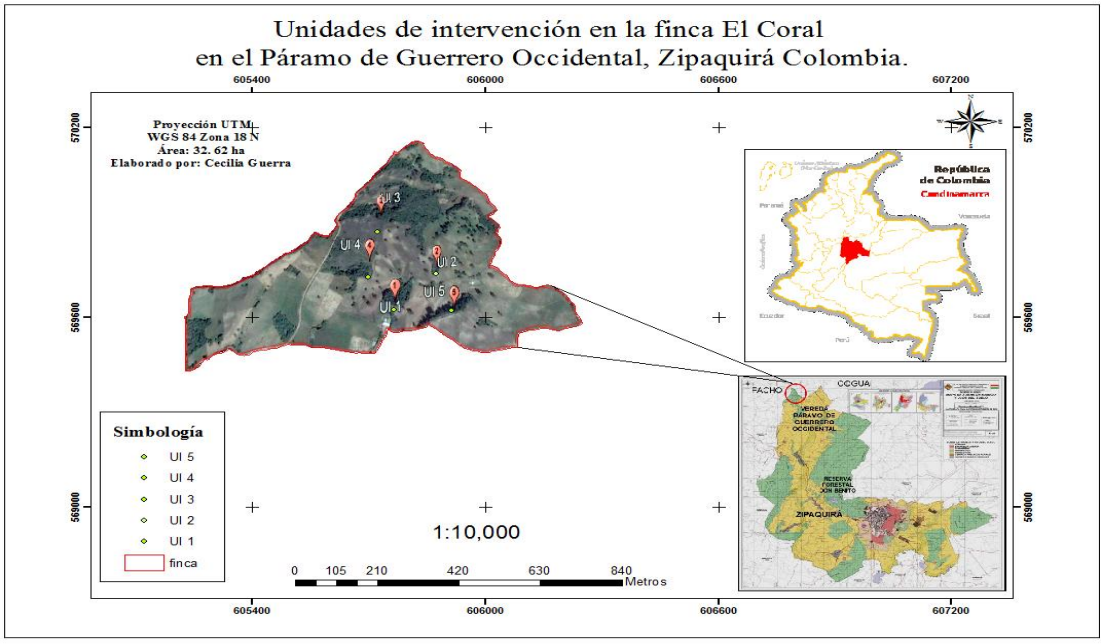



**Figura 1.** Ubicación geográfica de la finca El Coral en el páramo de Guerrero

La imagen superior derecha representa el departamento de Cundinamarca en el mapa del país de Colombia, la imagen inferior derecha representa el municipio de Zipaquirá donde se ubica el Complejo de Guerrero, el circulo color rojo señala la ubicación de la finca El Coral en la vereda Páramo de Guerreo Occidental y la imagen de la izquierda muestra la localización geográfica del área de estudio a nivel municipal y la ubicación de las 5 unidades de intervención (UI). Fuente ArcGis 10.1® y la Alcaldia de Zipaquirá 2017 (ver anexo 11).

Las zonas de reserva abarcan solamente un área aproximada de 9 hectáreas, lo que significa que existe una alta área de flora y fauna propiamente de páramo respecto a fincas aledañas donde existen pocas áreas de reservas naturales o vegetación introducida como pinos, eucalipto o retamo espinoso.

### 4.2 Materiales y equipo

Para la evaluación de la degradación del Ecosistema Bosque Alto Andino, se recolectó la información haciendo uso de los siguientes materiales y equipo: GPS, libreta de campo, lápiz, calculadora, computadora marca Dell®, cámara fotográfica, microscopio, placas petri, reglas graduadas en centímetros, cintas métricas, calibrador, cortador de ramas, cabuya, navaja, guía de campo para identificar la flora del páramo (clave taxonómica).

### 4.3 Método

EL método utilizado en la investigación es muestreo al azar ZigZag, toma de muestras de manera aleatoria.

### 4.3.1 Identificación taxonómica de la flora en el ecosistema

#### A. Zona de estudio y elección de unidades de intervención

La finca se seleccionó de tal forma que presentó características económicas, ambientales y sociales diversas (Bello y Cubillos 2015).

### 4.3.2 Clasificación taxonómica de flora en los sitios de estudio

#### A. Muestreo de biodiversidad

Con la finalidad de evaluar la zona productora de papa y determinar el estado actual de afectación de la flora en las reservas del ecosistema Bosque Alto Andino del páramo de Guerrero por efectos del hongo *Capnodium sp*, se procedió con la identificación de las especies en cada unidad de intervención.

Inicialmente se realizó una fase de documentación, en la que se construyó un compendio de estudios previos realizados en el área de estudio. Luego se hicieron visitas a la zona de estudio para realizar los siguientes:

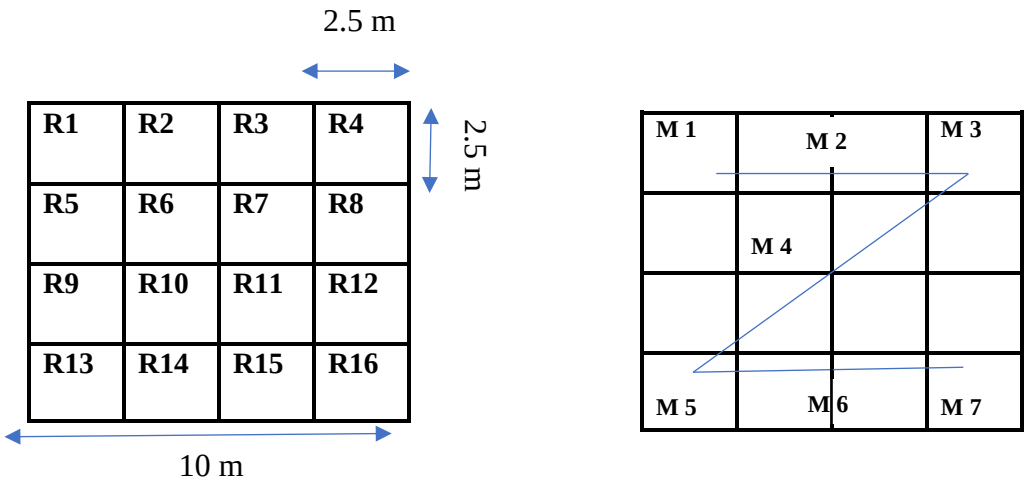
- **Levantamiento topográfico**

Por medio de sistemas de información geográfica y equipos GPS, se determinó el área total de la finca y el área de cada reserva nativa. Adicionalmente, se georreferenció cada una de las unidades de intervención seleccionadas.

- **Delimitación de áreas de muestreo**

Inicialmente se realizó una recolección de la vegetación a nivel de la zona de estudio como referencia florística. Para la identificación taxonómica y levantamiento de flora se

establecieron 5 unidades de intervención (UI), dentro de la propiedad de la finca El Coral, estas unidades de análisis comprenden un área de 10 m * 10 m delimitados por una cuerda o grilla en las reservas nativas de flora. Para facilitar la identificación y toma de datos de las plantas se dividió cada una de las unidades de intervención en 16 subunidades nombrándolas Reservas (R).




**B. Identificación taxonómica de flora**

Para el muestreo de flora se realizó un conteo *in situ* y un registro fotográfico de las muestras vegetales agrupándolas por morfoespecies que son un grupo de individuos que se consideran pertenecientes a una misma especie sólo por criterios morfológicos (Chaves-Hernández, 2010). Se clasificaron taxonómicamente hasta género y/o especie por medio de claves taxonómicas, guías ilustradas y consulta a los herbarios nacionales de Colombia (Calderón-Sáenz *et al*. 2006).

Para la identificación de la flora se consideró que las plantas, arbustos y árboles estuvieran dentro de la unidad de intervención, y con respecto a las características se seleccionaron las plantas que alcanzaron una altura mayor a 1.5 m.

En cada una de las unidades de intervención se realizó un conteo de especies de plantas, tomando la medida del diámetro en centímetros a la altura del pecho con un calibrador, se

midió la altura total en metros y el porcentaje de afectación macroscópica del hongo *Capnodium sp*. en cada una /un de las plantas, arbustos y árboles, reportando su presencia en hojas, tallo o en toda la planta incluyendo su ubicación en altura en metros desde el nivel del suelo hasta donde fue posible.

### 4.3.3 Identificación macroscópica y microscópica del hongo en las hojas

Las muestras de flora se trasladaron al laboratorio de ciencias básicas de UNIMINUTO Centro Regional Zipaquirá, para identificar las especies por medio de claves taxonómicas y guías ilustradas (Chaves-Hernández *et al.* 2010), luego se procedió con la identificación microscópica del hongo presente en las hojas de cada una de las plantas seleccionadas al azar para el muestreo ZigZag, tomando 7 muestras de plantas por cada unidad de intervención (UI), siendo un total de 35 muestras.

Para la identificación microscópica del hongo en las hojas de las plantas los montajes fueron directos, observándose en 10x, 40x y 100x, se consideró la imagen en 100x para ilustración e identificación del hongo.

**A. Identificación de insectos**

Las muestras de entomofauna fueron trasladadas al laboratorio de ciencias básicas de UNIMINUTO Centro Regional Zipaquirá, para identificar las especies por medio de claves taxonómicas y guías ilustradas (Triplehorn *et al.* 2005) desde orden a familia.

**B. Determinar severidad e incidencia**

Se debe determinar el porcentaje de severidad e incidencia del hongo (*Capnodium sp*.) por unidad de intervención, especie y promedio total de la investigación.

## 4.4 Análisis de la información

Según el método del muestreo al azar, cuando las 7 plantas seleccionadas presentaban macroscópicamente y microscópicamente el hongo *Capnodium sp*. la unidad de intervención se consideró infectada en un 100%, igual para el área de análisis ($100m^2$).

7 plantas infectadas= 100% de incidencia de *Capnodium sp*. en la unidad de intervención y el 100% de la presencia del hongo *Capnodium sp*.= $100m^2$ infectados del área de análisis.
El comportamiento del hongo en las plantas se representó en gráficos, mostrando la altura de las plantas, y la altura a la cual se encontraba el hongo, desde la superficie del suelo hasta su alcance. Los datos que demuestran la presencia de *Capnodium sp*. en la flora de cada una de las unidades de intervención se muestran en una tabla con imágenes macroscópicas y microscópicas en 100x.

### A. Análisis estadístico descriptivo

La estadística descriptiva es una rama de la matemática que nos permite analizar, mostrar y representar datos a través del análisis, estos pueden ser cuantitativos o cualitativos. Las principales medidas son, media, mediana y moda.

La media es la medida de posición central más utilizada y la más conocida. La media de las observaciones $X_1$, $X_2$, $X_n$ es el promedio aritmético, se define como la suma de todos los valores observados, dividido por el número total de muestras. Función para calcular la media aritmética (Domínguez 2006).

$$X = \frac{\sum_{i=1}^{n} X\,i}{n}$$

**Fórmula 1**

La mediana de un conjunto de observaciones, es el valor para el cual cuando todas las observaciones se ordenan de manera creciente (ascendente), la mitad de éstas es menor que este valor y la otra mitad mayor (Domínguez 2006).

La moda de un conjunto de observaciones es el valor de la observación que ocurre con mayor frecuencia en el conjunto. La moda muestra hacia qué valor tienden los datos a agruparse (Domínguez 2006)

### 4.5 Participación en la definición de medidas de restauración

Se participó con las comunidades campesinas locales en el proceso para el desarrollo e implementación de alternativas de producción sostenible que minimicen los impactos sobre los ecosistemas de alta montaña de la región. En este proceso se capacitó a los pobladores locales en la orientación de proyectos producción orgánica.

# V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 5.1. Identificación de flora

En un periodo de tiempo de tres meses (septiembre a diciembre del 2017), se registraron 321 individuos entre plantas, arbustos y árboles en las diferentes unidades de intervención (UI); se encontraron 20 familias y 41 especies en total (ver anexo 1).

En el muestreo al azar se identificaron 14 familias que corresponde a 17 especies (ver cuadro 4).

**Cuadro 4.** Familias y especies de flora al azar

| **Familia** | **Especie** | **Nombre Común** |
|---|---|---|
| Alstroemeriaceae | *Bomarea setacea* | Rompe platos |
| Araliaceae | *Oreopanax bogotensis* | Higuerón |
| Polygalaceae | *Monnina aestuans* | |
| Melastomataceae | -*Miconia summa*<br>- *Monochaetum myrtoideum* | -Nigüito<br><br>-Angelito |
| Cunoniaceae | -*Weinmannia tomentosa*<br>-*Weinmannia rollottii* | -Encenillo<br>-Encenillo blanco |
| Asteraceae | -*Diplostephium rosmarinifolium*<br>- *Espeletiopsis corymbosa* | -Romero de Páramo<br><br>- Frailejón |
| Elaeocarpaceae | *Vallea stipularis* | Raque |
| Clethraceae | *Clethra fimbriata* | Manzano |
| Ericaceae | *Gaultheria sclerophylla* | Uva camarona |
| Loranthaceae | *Gaiadendron punctatum* | Tagua |
| Winteraceae | *Drymis granadensis* | Ají o canelo de Páramo |
| Asteraceae | *Pentacalia ledifolia* | |
| Santalaceae | *Dendrophthora lindeniana* | Suelda |
| Onagraceae | *Fushcia petiolaris* | |

En la unidad de intervención número 1 (UI 1), se recolectaron los datos de 43 plantas de 16 especies diferentes. En su mayoría predominan tres especies *Bomarea setacea*, *Oreopanax bogotensis* y *Miconia summa* (ver anexo 2).

En la unidad de intervención número 2 (UI 2), se recolectaron los datos de 49 plantas de 10 especies diferentes. En su mayoría predominan tres especies *Weinmannia tomentosa*, *Vallea stipularis* y *Diplostephium rosmarinifolium.*

En la unidad de intervención número 3 (UI 3), se recolectaron los datos de 105 plantas de 13 especies diferentes. En su mayoría predominan tres especies *Gaiadendron punctatum*, *Myrsine depedens* y *Macleania rupestris.*

En la unidad de intervención número 4 (UI 4), se recolectaron los datos de 83 plantas de 7 especies diferentes. En su mayoría predominan dos especies de frailejón, *Espeletiopsis corymbosa* y *Espeletia argentae.*

En la unidad de intervención número 5 (UI 5), se recolectaron los datos de 41 plantas de 11 especies diferentes, en su mayoría predominan *Miconia summa y Oreopanax bogotensis.*

## 5.2 Descripción de la UI 1

### 5.2.1 Microclima

En el estrato de vegetación predominan árboles con una altura promedio entre los 4-7 metros, lo cual ayuda a formar un microclima ideal para el desarrollo de una enfermedad, pero en su mayoría son arbustos entre los 1.5-2 metros. La temperatura varía entre los 5-9° C, la humedad relativa es de 90%, la altitud es de 3320 m.s.n.m. y en total se identificaron 16 especies de las cuales todas estaban infectadas por fumagina.

### 5.2.2 Especies de flora en la UI 1

Se recolectaron los datos de altura total de las plantas y altura donde se localizó el hongo *Capnodium sp*. en cada una de las plantas. Se procedió a la identificación microscópica del hongo, la cual mostró que las 7 plantas de las 7 muestras están infectadas en su totalidad con del hongo (ver cuadro 5).

**Cuadro 5.** Especies tomadas al azar en el muestreo ZigZag

| Código de especies | Nombre Científico | Altura total (m) | Altura fumagina (m) | Severidad/ Especie | Porcentaje de incidencia y severidad del hongo |
|---|---|---|---|---|---|
| R1 XXV-1 | *Bomarea setacea* | 1.9 | 1.9 | 100 | 7 plantas de 7= 100% incidencia de fumagina<br><br>Severidad: 75%<br>UI 1 con fumagina (100%) = total 100m$^2$ / 100m$^2$<br><br>Rojo= Plantas con fumagina<br>Negro= Plantas sin fumagina |
| R3 XXV-1 | *Bomarea setacea* | 3.4 | 3.4 | 100 | |
| R4 XV-1 | *Oreopanax bogotensis* | 1.9 | 1.3 | 70 | |
| R6 XXVI-2 | *Monnina aestuans* | 1.5 | 1.4 | 95 | |
| R 10 X-2 | *Miconia summa* | 2.5 | 0.5 | 30 | |
| R 10 X-1 | *Miconia summa* | 2 | 0.4 | 30 | |
| R16 XV-1 | *Oreopanax bogotensis* | 1.40 | 1.40 | 100 | |

**5.2.3** Altura de las plantas y altura a la que se localizó el hongo

En la figura 2 se muestra la altura total de las 7 plantas tomadas en el muestreo al azar de la unidad de intervención #1 y altura a la cual se localizó el hongo *Capnodium sp*. desde la superficie del suelo hasta donde fue posible en cada una de las plantas.

De acuerdo con el muestreo de flora en la unidad de intervención 1 y con los análisis macroscópicos y microscópicos, la infección del hongo *Capnodium sp*. es del 100 % de incidencia y un 75% de severidad (ver anexo 3).

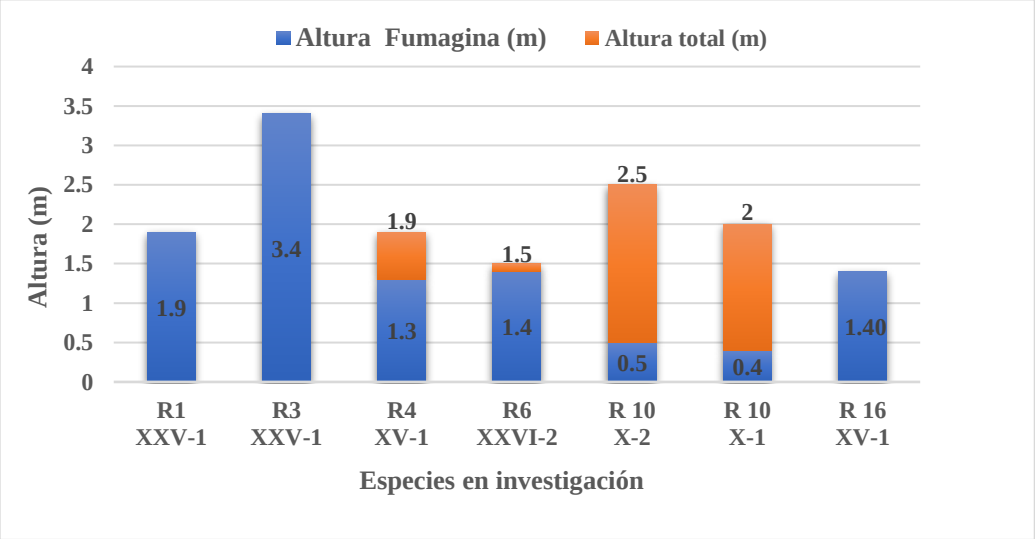



**Figura 2**. Altura de las plantas y altura que alcanza el hongo en UI 1

### 5.3 Descripción de la UI 2

#### 5.3.1 Microclima

En el estrato de vegetación predominan arbustos con una altura promedio entre los 4-5 metros, pero en su mayoría son plantas entre los 0.90-1.5 metros. La temperatura varía entre los 5-9° C, la humedad relativa es de 60%, la altitud es de 3315 m.s.n.m. y en total se identificaron 10 especies de las cuales 6 estaban infectadas por fumagina.

#### 5.3.2 Especies de flora en la UI 2

Se recolectaron los datos de altura total y altura donde se localizó el hongo (*Capnodium sp*.) en cada una de las plantas. Se procedió a la identificación microscópica del hongo, la cual mostró que 4 plantas de las 7 muestras están infectadas con del hongo (ver cuadro 6).

**Cuadro 6.** Especies tomadas al azar en el muestreo ZigZag

| Código de especies | Nombre Científico | Altura total (m) | Altura fumagina (m) | Severidad/ especie | Porcentaje de incidencia y severidad del hongo |
|---|---|---|---|---|---|
| R5 I-2 | *Weinmannia tomentosa* | 4 | 1.70 | 45 | 4 plantas de 7= 57.1% incidencia de fumagina<br><br>Severidad: 30%<br>UI 2 con fumagina (57.1%) = total 57.1$m^2$ / 100 $m^2$<br><br>Rojo= fumagina<br>Negro= sin fumagina |
| R3 IV-2 | *Diplostephium rosmarinifolium* | 1.70 | 0 | 0 | |
| R4 VIII-3 | *Vallea Stipularis* | 2.50 | 0 | 0 | |
| R6 IV-1 | *Diplostephium rosmarinifolium* | 2.2 | 0.5 | 25 | |
| R9 III-1 | *Espeletiopsis corymbosa* | 1.80 | 1.26 | 70 | |
| R15 V-2 | *Clethra fimbriata* | 1.5 | 1 | 70 | |
| R16 II-1 | *Monochaetum myrtoideum* | 4.1 | 0 | 0 | |

**5.3.3** Altura total de las plantas y altura a la que se localizó el hongo

En la figura 3 se muestra la altura total de las 7 plantas tomadas en el muestreo al azar de la unidad de intervención 2 y altura a la cual se localizó el hongo *Capnodium sp*. desde la superficie del suelo hasta donde fue posible en cada una de las plantas.

De acuerdo con el muestreo de flora en la unidad de intervención 2, la infección del hongo (*Capnodium sp*.) es del 57.1 % de incidencia y un 30% de severidad (ver anexo 4).

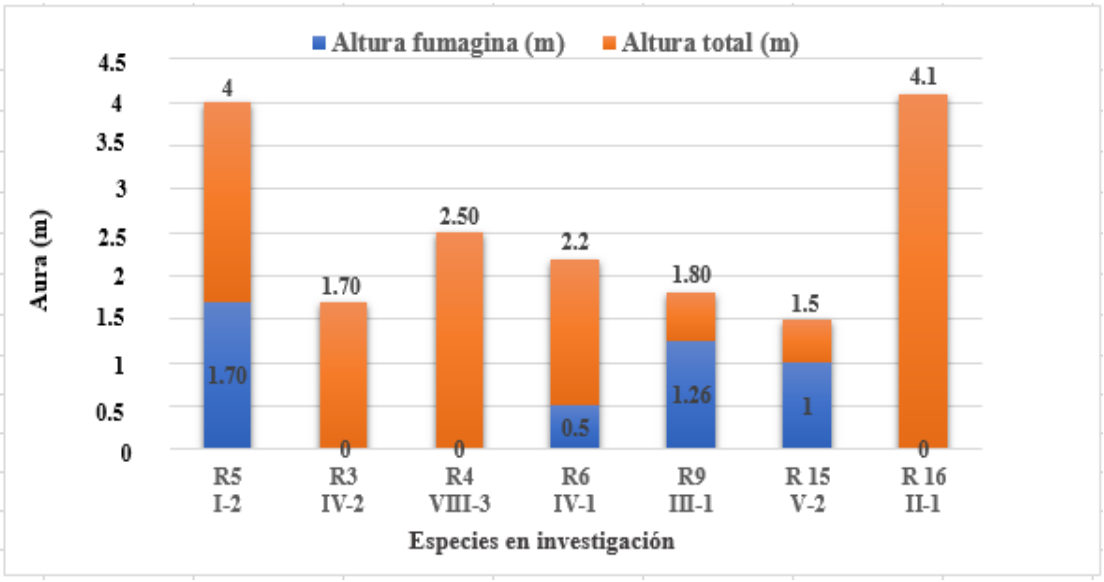



**Figura 3.** Altura de las plantas y altura que alcanza el hongo UI 2

### 5.4 Descripción de la UI 3

#### 5.4.1 Microclima

En el estrato de vegetación predominan arboles con una altura promedio entre los 4-6 metros, lo cual ayuda a formar un microclima ideal para el desarrollo de una enfermedad, pero en su mayoría son arbustos entre los 0.90-2 metros. La temperatura varía entre los 5-9° C, la humedad relativa es de 90%, la altitud es de 3320 m.s.n.m. y en total se identificaron 13 especies de las cuales 6 estaban infectadas por fumagina.

#### 5.4.2 Especies de flora en la UI 3

Se recolectaron los datos de altura total y altura donde se localizó el hongo (*Capnodium sp*.) en cada una de las plantas. Se procedió a la identificación microscópica del hongo, la cual mostró que 6 plantas de las 7 muestras están infectadas con del hongo (ver cuadro 7).

**Cuadro 7.** Especies tomadas al azar en el muestreo ZigZag

| Código de especies | Nombre Cientifico | Altura total (m) | Altura fumagina (m) | Severidad/ especie | Porcentaje de incidencia y severidad del hongo |
|---|---|---|---|---|---|
| R1 XXXV-1 | *Gaultheria sclerophylla* | 2 | 1 | 50 | 6 plantas de 7= 85.7% incidencia de fumagina<br>Severidad: 34.28%<br>UI 3 con fumagina (85.7%) = total 85.7$m^2$/ 100 $m^2$<br>Rojo= fumagina<br>Negro= sin fumagina |
| R2 II-1 | *Monochaetum myrtoideum* | 2.5 | 2.5 | 100 | |
| R4 XXXVI-4 | *Gaiadendron punctatum* | 1.6 | 0.4 | 30 | |
| R6 XXXV-1 | *Gaultheria sclerophylla* | 3.2 | 0.64 | 20 | |
| R10 XXXV-1 | *Gaultheria sclerophylla* | 2.3 | 0.69 | 30 | |
| R13 XXXIX-1 | *Drimys granadensis* | 1.8 | 0.18 | 10 | |
| R16 XXXVI-4 | *Gaiadendron punctatum* | 7 | 0 | 0 | |

**5.4.3** Altura de las plantas y altura a la que se localizó el hongo

Altura total de las 7 plantas seleccionadas en el muestreo al azar de la unidad de intervención 3 y altura a la cual se localizó el hongo (*Capnodium sp*.) desde la superficie del suelo hasta donde fue posible en cada una de las plantas.

De acuerdo con el muestreo de flora en la unidad de intervención 3, la infección del hongo (*Capnodium sp*.) es del 85.7 % de incidencia y un 34.28% de severidad (ver anexo 5).

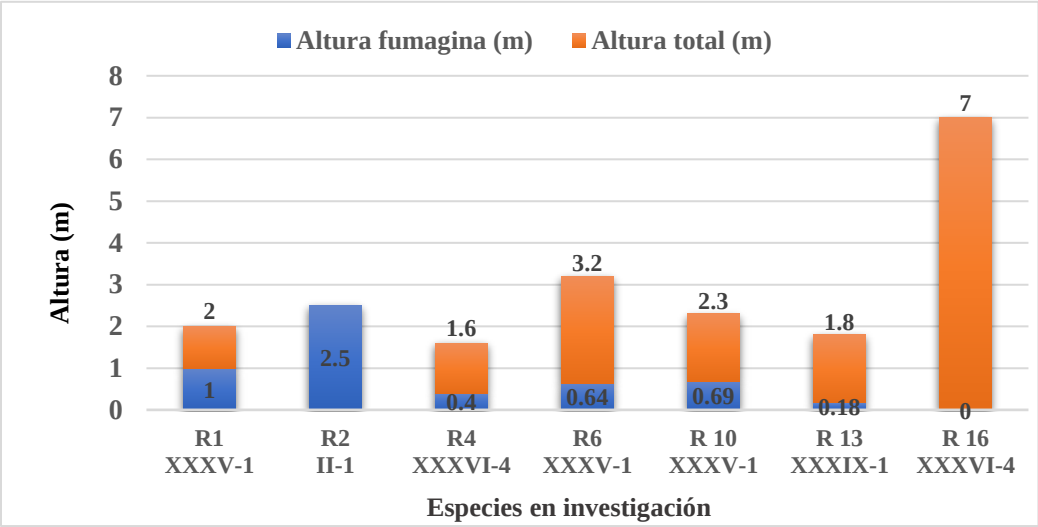



**Figura 4.** Altura de las plantas y altura que alcanza el hongo UI 3

### 5.5 Descripción de la UI 4

#### 5.5.1 Microclima

En el estrato de vegetación predominan arbustos con una altura promedio entre los 2-3 metros, pero en su mayoría son plantas entre los 0.90-1.5 metros. La temperatura varía entre los 5-9° C, la humedad relativa es de 60%, la altitud es de 3355 m.s.n.m. y en total se identificaron 7 especies de las cuales 3 están infectadas.

#### 5.5.2 Especies de flor en la UI 4

Se recolectaron los datos de altura total y altura donde se localizó el hongo *Capnodium sp*. en cada una de las plantas. Se procedió a la identificación microscópica del hongo, la cual mostró que 4 plantas de las 7 muestras están infectadas con del hongo (ver cuadro 8).

**Cuadro 8.** Especies tomadas al azar en el muestreo ZigZag

| Código de especies | Especie | Altura total (m) | Altura fumagina (m) | Severidad/ Especie | Porcentaje de incidencia y severidad del hongo |
|---|---|---|---|---|---|
| R1 XXVIII-1 | *Pentacalia ledifolia* | 4 | 3 | 80 | 4 plantas de 7= 57.1% incidencia de fumagina<br>Severidad: 30%<br>UI 4 con fumagina (57.1%) = total 57.1m$^2$/ 100 m$^2$<br>Rojo= fumagina<br>Negro= sin fumagina |
| R3 III-4 | *Espeletiopsis corymbosa* | 1.5 | 0 | 0 | |
| R4 III-1 | *Espeletiopsis corymbosa* | 0.8 | 0 | 0 | |
| R6 III-5 | *Espeletiopsis corymbosa* | 1 | 0.70 | 30 | |
| R13 III-5 | *Espeletiopsis corymbosa* | 1.07 | 0 | 0 | |
| R14 III-3 | *Espeletiopsis corymbosa* | 1.36 | 1 | 40 | |
| R16 XXVIII-1 | *Pentacalia ledifolia* | 5 | 3 | 60 | |

**5.5.3** Altura de las plantas y altura a la que se localizó el hongo

En la figura 5 la altura total de las 7 plantas seleccionadas en el muestreo al azar de la unidad de intervención 4 y altura a la cual se localizó el hongo *Capnodium sp*. desde la superficie del suelo hasta donde fue posible en cada una de las plantas.

De acuerdo con el muestreo de flora en la unidad de intervención 4, la infección del hongo *Capnodium sp*. es del 57.1 % de incidencia y un 30% de severidad (ver anexo 6).

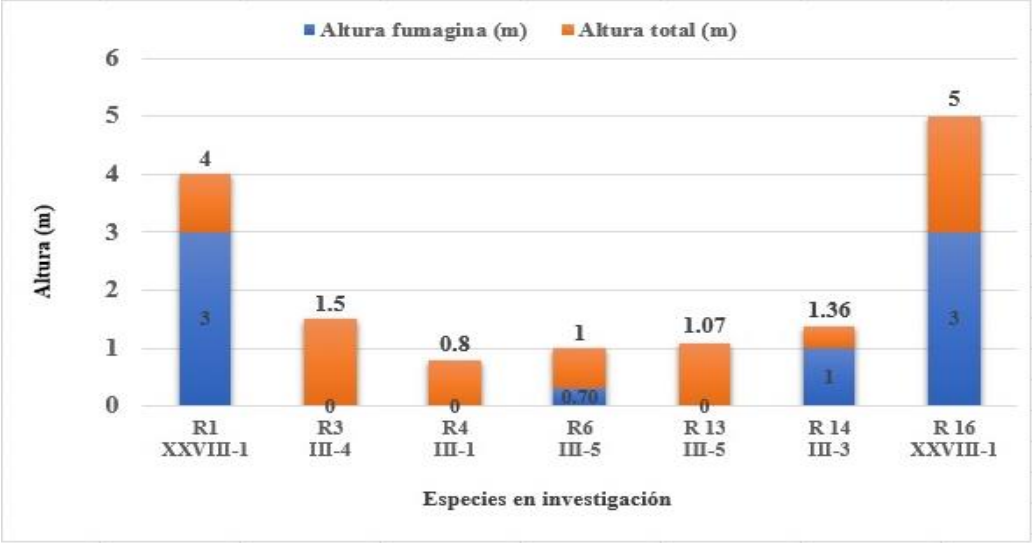



**Figura 5.** Altura de las plantas y altura que alcanza el hongo UI 4

### 5.6. Descripción de la UI 5

#### 5.6.1 Microclima

En el estrato de vegetación predominan arbustos con una altura promedio entre los 4-5 metros, pero en su mayoría son plantas entre los 1-1.5 metros. La temperatura varía entre los 5-9° C, la humedad relativa es de 50%, la altitud es de 3355 m.s.n.m. y en total se identificaron 11 especies de las cuales 5 estaban infectadas.

#### 5.6.2 Especies de flora en la UI 5

Se recolectaron los datos de altura total y altura donde se localizó el hongo *Capnodium sp*. en cada una de las plantas. Se procedió a la identificación microscópica del hongo, la cual mostró que 3 plantas de las 7 muestras están infectadas con del hongo (ver cuadro 9).

**Cuadro 9.** Especies tomadas al azar en el muestreo ZigZag

| Código de especies | Nombre Científico | Altura total (m) | Altura fumagina (m) | Severidad/ especie | Incidencia (%) del hongo |
|---|---|---|---|---|---|
| R1 XXXII-1 | *Dendrophthora lindeniana* | 3 | 1.70 | 60 | 3 plantas de 7= 42.8% incidencia de fumagina<br>Severidad: 23%<br>UI 5 con fumagina (42.8%) = total 42.8$m^2$/ 100 $m^2$<br>Rojo= fumagina<br>Negro= sin fumagina |
| R2 XXXIII-1 | *Weinmannia rollottii* | 6 | 4.2 | 70 | |
| R4 XXI-2 | *Fushcia petiolaris* | 6 | 0 | 0 | |
| R6 X-1 | *Miconia summa* | 4 | 0 | 0 | |
| R13 X-1 | *Miconia summa* | 5 | 0 | 0 | |
| R15 X-1 | *Miconia summa* | 8 | 0 | 0 | |
| R16 XV-3 | *Orepanax bogotensis* | 2.60 | 0.78 | 30 | |

**5.6.3** Altura total de las plantas y altura a la que se localizó el hongo

En la figura 6 se muestra la altura total de las 7 plantas seleccionadas en el muestreo al azar de la unidad de intervención 5 y altura a la cual se localizó el hongo *Capnodium sp*. desde la superficie del suelo hasta donde fue posible en cada una de las plantas.

De acuerdo con el muestreo de flora en la unidad de intervención 4, la infección del hongo *Capnodium sp*. es del 42.8 % de incidencia y un 23% de severidad (ver anexo 7).

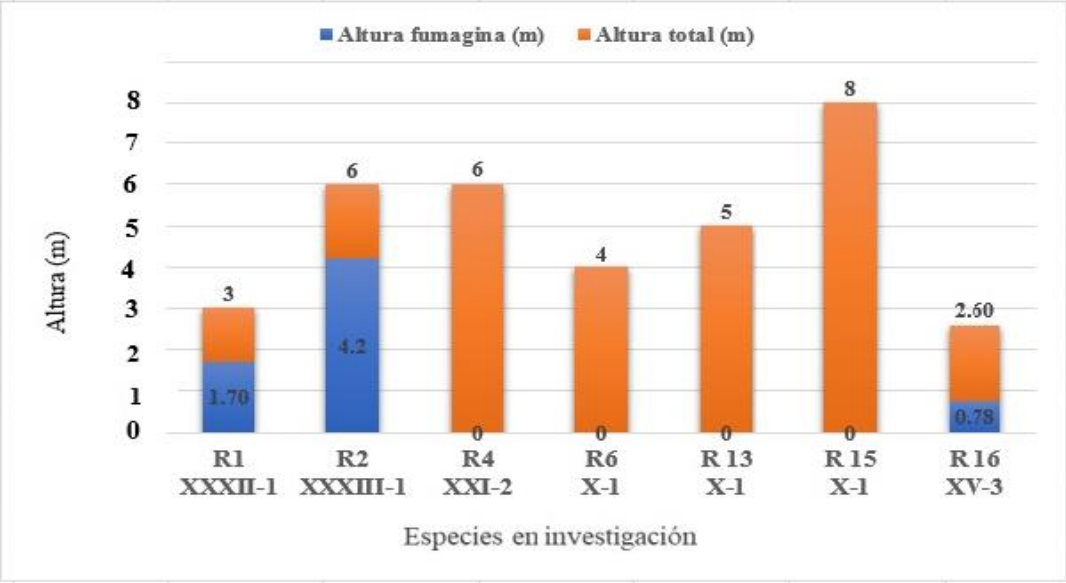



**Figura 6.** Altura de las plantas y altura que alcanza el hongo en UI 5

### 5.7 Análisis estadístico descriptivo

De acuerdo con el análisis realizado la media es 4.8, lo que equivale a 5 (borde color azul), la mediana 4 y la moda 4 (borde color naranja) (ver cuadro 10).

**Cuadro 10.** Análisis estadístico descriptivo

| Unidad de intervención | Número de muestras | Plantas infectadas | Datos ordénanos de menor a mayor |
|---|---|---|---|
| 1 | 7 | 7 | 3 |
| 2 | 7 | 4 | 4 |
| 3 | 7 | 6 | 4 |
| 4 | 7 | 4 | 6 |
| 5 | 7 | 3 | 7 |
| | | **Media** | **4.8≈ 5** |

Significa que de cada 7 plantas del ecosistema Bosque Alto Andino del páramo de Guerrero, 5 plantas están infectadas con el hongo *Capnodium sp.*

**Fórmula 1.** Valor de la media.

$$X = \frac{\sum_{i=1}^{n} X i}{n}$$

$$X = \frac{3+4+4+6+7}{5} = \frac{24}{5} = 4.8 \approx 5$$

De acuerdo con la comparación de los datos obtenidos de la flora en las diferentes unidades de intervención (UI), las especies más afectadas por el hongo (*Capnodium sp*.) son *Bomarea setacea, Dendrophthora lindeniana y Bucquetia glutinosa* (ver anexo 8, 9 y 10).

Según el muestreo de la flora en cada una de las unidades de intervención (UI), la UI 1 es la más afectada por el hongo, presentando un 100% de incidencia, la UI 3 un 85.7%, la UI 2 y la UI 4 presentaron un 57.1% y la UI 5 un 42.8%.

### 5.8 Las 10 especies más afectadas por el hongo *Capnodium sp.*

En el siguiente cuadro se enumeran las 10 especies más afectadas por *Capnodium sp* y con mayor abundancia en las 5 unidades de intervención, mostrando los niveles de severidad e incidencia (ver cuadro 11).

**Cuadro 11.** Familias y especies más afectadas por el hongo *Capnodium sp.*

| **Familia** | **Especie** | **Severidad (%)** | **Incidencia (%)** |
|---|---|---|---|
| Alstroemeriaceae | *Bomarea setacea* | 100 | 100 |
| Santalaceae | *Dendrophthora lindeniana* | 64 | 80 |
| Melastomataceae | *Bucquetia glutinosa* | 59 | 80 |
| Araliaceae | *Oreopanax bogotensis* | 48 | 79 |
| Ericaceae | *Macleania rupestri* | 37 | 80 |
| Polygalaceae | *Monnina aestuans* | 36 | 63 |
| Melastomataceae | *Axinaea macrophylla* | 35 | 50 |
| Asteraceae | *Espeletiopsis corymbosa* | 31 | 51 |
| Asteraceae | *Espeletia argenteae* | 27 | 55 |
| Asteraceae | *Diplostephium rosmarinifolium* | 13 | 55 |

De acuerdo al análisis comparativo del porcentaje de severidad e incidencia de las 10 especies más afectadas, la *Bomarea setacea* presenta un 100 % de severidad e incidencia, *Dendrophthora lindeniana* un el 64% de severidad y 80% de incidencia, y la *Bucquetia glutinosa* un el 59% de severidad y 80% de incidencia, procediendo las especies de mayor abundancia, *Oreopanax bogotensis* un el 48% de severidad y 79% de incidencia, *Macleania ruprestri* un el 37% de severidad y 80% de incidencia. La *Espeletiopsis corymbosa* un el 31% de severidad y 51% de incidencia, considerándola como la especie más importante del ecosistema por su función ecológica. Esas son las especies más afectadas, en relación al resto que presentan un porcentaje menos severo de afectación en severidad e incidencia (ver figura 7).

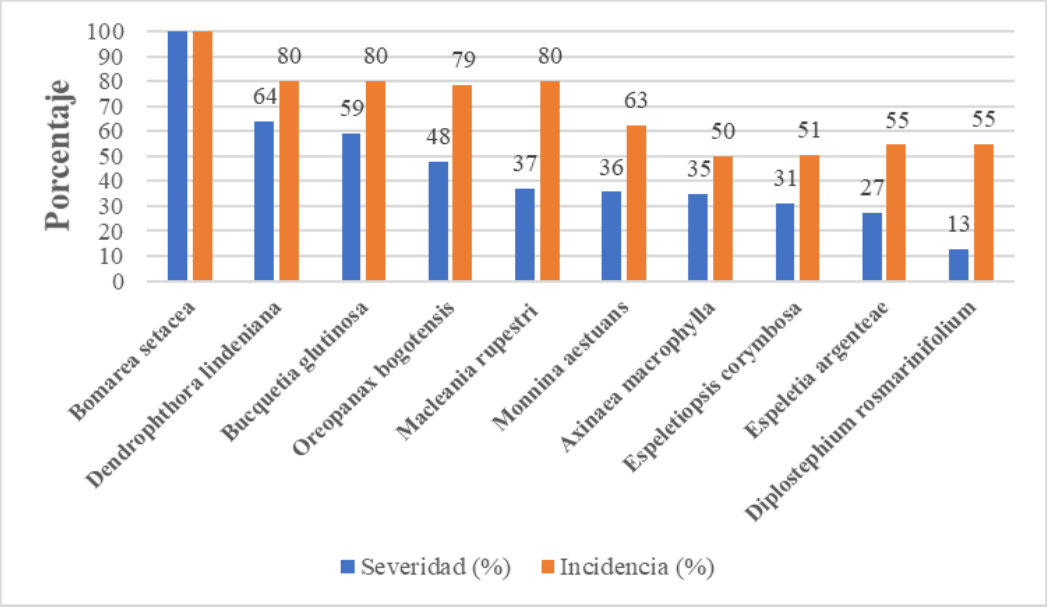



**Figura 7.** Especies más afectadas y de mayor abundancia en el Páramo de Guerrero

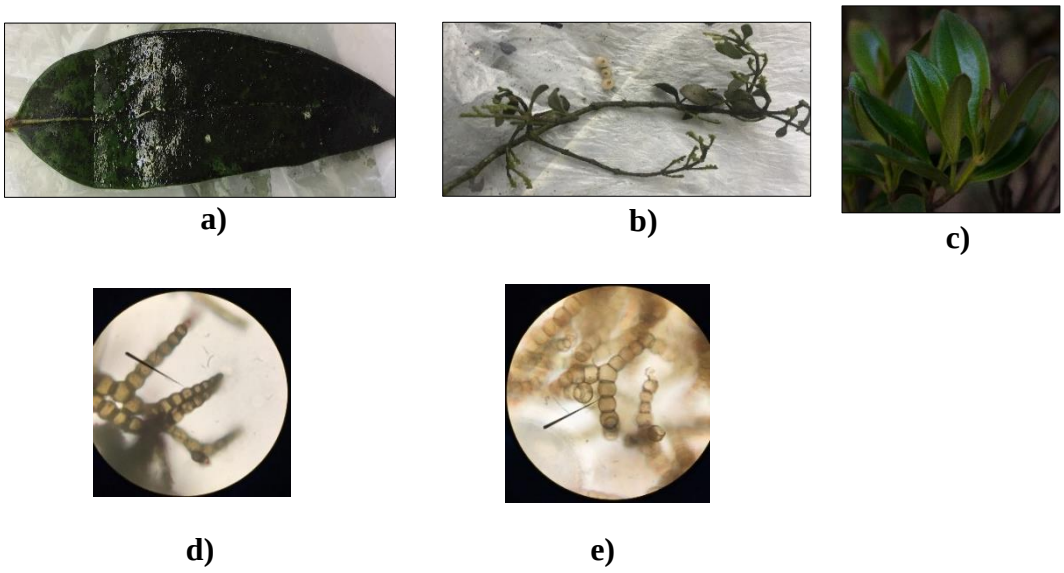



**Figura 8.** Observación macroscópica y microscópica de las especies con mayor porcentaje de severidad e incidencia del hongo *Capnodium sp*., fotografía a *Bomarea setacea,* fotografía b *Dendrophthora lindeniana,* fotografía c *Bucquetia glutinosa*, fotografía d y e hongo *Capnodium sp.*

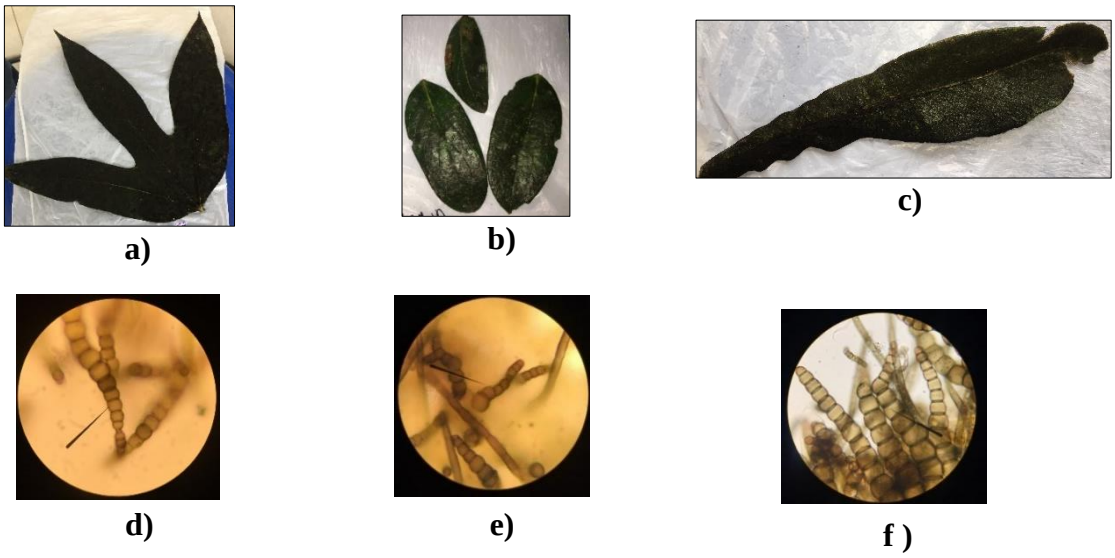



**Figura 9.** Especies procedentes a las más afectadas con mayor abundancia e importancia ecológica, fotografía a *Oreopanax bogotensis*, fotografía b *Macleania rupestri*, fotografía c *Espeletiopsis corymbosa* , fotográfica d,e y f hongo *Capnodium sp.*

### 5.9. Severidad e incidencia en las 7 familias más afectadas

De acuerdo al análisis comparativo, la familia Alstroemericaceae presentó el porcentaje más alto de severidad e incidencia con 100 %, en segundo lugar, Santalaceae con 64% de severidad y 80% de incidencia, y en tercer lugar Araliaceae con 47.8% de severidad y 78.5% de incidencia, y Asteraceae con 20.1% de severidad y 77.7% de incidencia (ver figura 10).

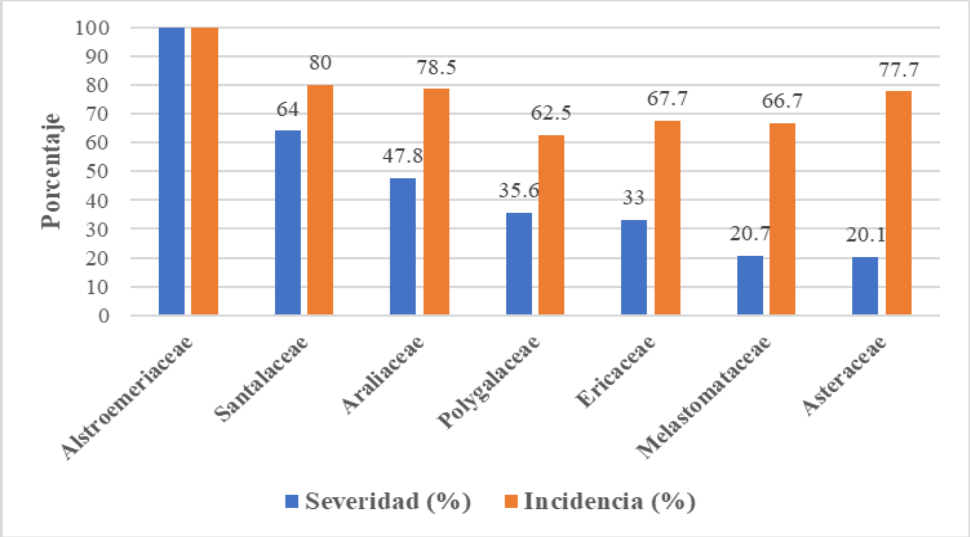



**Figura 10.** Familias más afectadas por el hongo *Capnodium sp*.

### 5.10 Severidad de la afectación promedio total del hongo

El porcentaje de severidad representa el tejido vegetal dañado promedio de las plantas. La flora del Páramo de Guerrero muestra un 38%, el cuál se considera un porcentaje alto, como se aprecia en la figura 11.

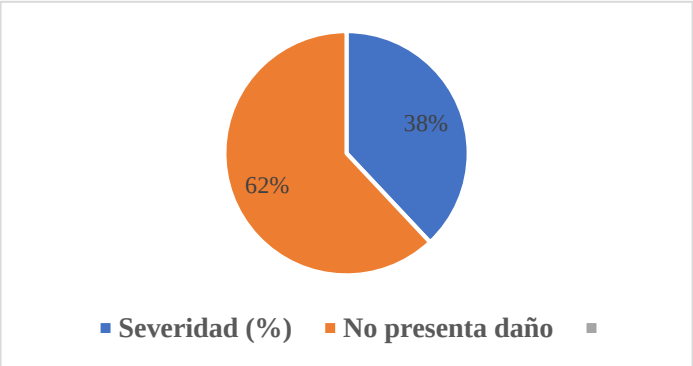



**Figura 11.** Severidad de la enfermedad en la flora

### 5.11 Incidencia promedio total del hongo

El porcentaje de incidencia representa el promedio del número de plantas afectadas del total. La flora del Páramo de Guerrero muestra un 69%, el cuál se considera un porcentaje medio, como se aprecia en la figura 12.

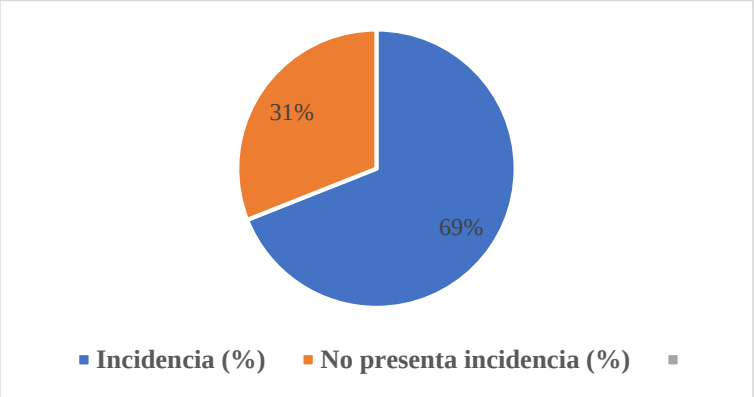



**Figura 12.** Incidencia de la flora

Los aspectos ambientales, sociales y culturales del páramo de Guerrero han sido poco estudiados en las distintas investigaciones y trabajos desarrollados durante el transcurso de estos últimos años. Cabe resaltar que este es el primer estudio en determinar el estado actual

de afectación de la flora del ecosistema de alta montaña del Páramo de Guerrero por efecto del hongo *Capnodium sp*. A continuación, se discuten los resultados obtenidos de la investigación con revisión literaria relacionada a la temática.

Agrios (2005) en su libro de Fitopatología define la fumagina como un crecimiento micelial superficial y de color negro que forma una película o costra en las hojas o tallos de las plantas. Estos hongos se encuentran en todos los tipos de vegetación, incluyendo pastos, plantas de ornato, de cultivo, arbustos y árboles. Son más abundantes en climas cálidos y húmedos, el mismo micelio produce las células sexuales que dan como resultado la estructura invernante y la producción del asca y las ascosporas para la siguiente época del año.

Estos hongos con o sin la presencia de ascosporas pueden iniciar infecciones primarias. Después de haber producido infección forman micelio, conidióforos y conidios, los cuales dan origen a las generaciones sucesivas de infecciones secundarias (ver imagen a). De acuerdo a la investigación realizada se identificó macroscópicamente la enfermedad Fumagina en *Orepanax bogotensis* una de las especies identificadas en las unidades de intervención (ver imagen b).



**a)**

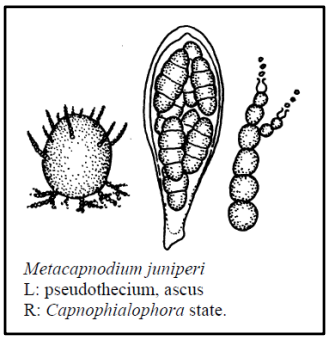


**b)**

Fotografia “a” fumagina en las hojas de un arbusto ornamental (Agrios 2005), fotografía “b” identificación macroscópica de fumagina, *Orepanax bogotensis.*

Agrios (2005) en el libro de claves de fitopatologia de hongos, realizó diversos estudios en la identificación microscópica de hongos en plantas, identificando el *Metacapnodium*

*juniperi* en uno de sus estudios (ver imagen a). En esta investigación se encontró un hongo en la especie *Pentacalia ledifolia* con características similares al hongo identificado por Agrios (ver imagen b).






**a)** **b)**

Fotografía "a" recorte del libro de claves de fitopatologia de hongos (Agrios 2005), fotografía "b", foto microscópica (100x) especie *Pentacalia ledifolia*.

Agrios (2005) menciona que los patógenos difieren entre sí en base al tipo de planta que atacan, a los órganos y tejidos que infectan y a la edad del mismo órgano o tejidos de una misma planta sobre la que puedan desarrollarse. Algunos patógenos son específicos de una especie particular o de cierto género de plantas, mientras que otros tienen un rango más amplio que incluye a muchos grupos taxonómicos de plantas superiores. Algunos patógenos sólo se desarrollan en las raíces, otros sobre los tallos y algunos de ellos crecen principalmente sobre las hojas, frutos carnosos o en hortaliza (ver imagen a). De acuerdo con el estudio realizado se determinó que el hongo *Capnodium Sp.* afecta más las hojas y tallos de la planta, afectando un total de 41 especies de 20 familias, identificadas en las 5 unidades de intervención (ver imagen b y c).



**a)** **b)** **c)**

Fotografía “a” hongo (*Capnodium Sp.)* en hoja (Agrios 2005), fotografía “b” hongo (*Capnodium Sp*.) en hoja y tallo *Bomarea setacea* y fotografía “c” hongo (*Capnodium Sp.)* en hoja *Espeletiosis corymbosa*.

Urra (2005) menciona algunos insectos asociados a fumagina, los pulgones (*Macrosiphum euphorbiae*), langostinos (*Empoasca curveola*), chanchitos blancos (*Pseudococcus calceolariae*), conchuelas o escamas (*Eucalymnatus tessellatus*), moscas blancas (*Bemisia tabaci & Trialeurodes vaporariorum),* y principalmente los ascomicetos (ver imagen a). Agrios (2005), menciona que la presencia de las fumagina en las plantas casi no tiene importancia alguna sobre su desarrollo normal, pero cabe mencionar que indica la presencia de insectos y que puede ser una señal de algún problema significativo que pudieran ocasionar los áfidos o escamas.

De acuerdo a lo reportado en el estudio de Desarrollo de indicadores de sustentabilidad ecológica a partir del análisis de biodiversidad de un agroecosistema en Páramo de Guerrero, Zipaquirá, se identificaron y relacionaron insectos que contribuyen a la propagación del hongo (*Capnodium sp.)* como la mosca blanca (*Bemisia tabaci & Trialeurodes vaporariorum),* coccidos *(Eucalymnatus tessellatus*), (Orjuela & Triana 2017) (ver imagen b y c).



**a)**



**b)**



**c)**

Fotografía “a” conchuela *Eucalymnatus tessellatus* asociado al hongo *Capnodium Sp.* (Urra 2005), fotografía “b” conchuela asociado al hongo *Capnodium Sp.* (Orjuela & Triana 2017) y fotografía “c” mosca blanca *Bemisia tabaci* asociada al hongo *Capnodium Sp*. en UI 1 (Orjuela & Triana 2017).

Al inicio este hongo causa un daño indirecto en la planta porque no afecta en si el tejido vegetal, pero con el tiempo altera o inhibe el metabolismo de las células hospedantes debido a la secreción de toxinas, enzimas o sustancias reguladoras del crecimiento, limita el proceso de la fotosíntesis laminar, el bloqueo de la translocación de los nutrientes minerales, alimentos, y aguas a través de los tejidos conductores, este si se considera un daño directo.

**Cultivo de papa**

Las demandas sociales expresan su preocupación por el impacto de los plaguicidas en el ambiente y la salud humana, debido al control de insectos en la agricultura. Por ello surge el manejo orgánico como alternativa en la producción de alimentos, para manejo de árboles ornamentales, cultivos y conservación de la flora en ecosistemas de reserva natural, libres de contaminantes químicos al implementar el uso de insumos naturales (Rebolledo 2013) (ver imagen a).

La relación del agroecosistema de papa con las reservas naturales o unidades de intervención es indirecta, porque solo se considera como hospedero de insectos asociados al hongo *Capnodium sp*. El cultivo de papa es uno de los que presenta la mayor demanda de fungicidas e insecticidas para el control de sus problemas fitosanitarios. La corta rotación en las grandes

áreas sembradas, entre otros factores, han contribuido a la diseminación y establecimiento de plagas y enfermedades, situación que se agrava debido a la poca información técnica que tienen muchos productores, para el oportuno reconocimiento y adecuado manejo de estos problemas fitosanitarios (Rebolledo 2013) (ver imagen b).



**a)** **b)**

Fotografía “a” agroecosistema de papa como hospedero de mosca blanca (Rebolledo 2013), fotografía “b” mosca blanca en plantas de la UI 1.

En el índice del valor de importancia se consideran tres parámetros, abundancia, frecuencia y dominancia, cada uno se expresa en porcentajes. Según al estudio realizado en el páramo de Guerrero se consideran de mayor importancia tres especies de flora, *Espeletiopsis corymbosa* (frailejón), *Weinmannia tomentosa* ( Encenillo) y *Gaiadendron punctatum* (Tagua) (Gúzman 2017). De acuerdo con el resultado de la investigación se considera la *Espeletiopsis corymbosa* (frailejón), como una de las especies más afectadas por el hongo *Capnodium sp.*, con el análisis estadístico descriptivo se determinó que 3 de cada 6 frailejones están infectados, siendo esta especie la más importante del ecosistema del Páramo de Guerrero por su función ecológica.

## A. Impactos del proyecto (a nivel de la institución)

La investigación contribuirá a la formación de profesionales en la línea de Ingeniería Agroecológica de la Universidad UNIMINUTO, y a la carrera de Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Nacional de Agricultura, en conceptos aplicados de ecología, gestión ambiental, botánica, economía ecológica y desarrollo rural campesino generando campos de investigación más competitivos promoviendo el desarrollo sustentable.

**B. Pertinencia social**

Con el análisis de afectación del estado actual de la flora en el Páramo de Guerrero se generaron estrategias adecuadas por parte de los agricultores y entidades gubernamentales. Estos aportes contribuirán a que el agricultor, productor y a que los habitantes del área de estudio y el Páramo de Guerrero diversifiquen las actividades que promuevan su calidad de vida, su remuneración económica y la conservación del ecosistema.

**C. Aporte al sector**

Contribuir al desarrollo de una herramienta apropiada para evaluar la sustentabilidad actual del agroecosistema, permitiendo al agricultor e identidades gubernamentales la toma de decisiones apropiadas en la zona de estudio y la región de Páramo de Guerrero, generando desarrollo en términos de calidad de vida de los habitantes, productores y campesinos garantizando los recursos naturales para las generaciones futuras y promoviendo la identidad cultural asociada a la protección del ecosistema.

También se participó en la elaboración de un artículo científico y un artículo de revisión acerca de las investigaciones que se realizaron en Páramo de Guerrero. Además de esto, se obtendrá un libro con el título: La Huella del Guerrero, Catálogo de flora del Páramo de Guerrero Occidental de Zipaquirá, Cundinamarca.

## 5.12 Medidas de restauración

De acuerdo con el IAvH (2006) para el año 2000 el complejo de páramos de Guerrero poseía el 40% de su extensión en ecosistemas naturales. Es importante destacar que, en la actualidad, este complejo no evidencia una transición gradual entre el bosque andino y el páramo, ya que las coberturas de bosque altoandino y subpáramo están mínimamente representadas.

Esta situación podría deberse a los significativos grados de intervención que registra este complejo. Los usos del suelo que, en mayor medida, han llevado a que el complejo de Guerrero presente 27.683 ha en ecosistemas transformados, son aquellos asociados a los pastos y los cultivos, los cuales se distribuyen en la totalidad de los municipios con jurisdicción en el complejo.

Los insectos asociados a la enfermedad fumagina presentes en el ecosistema afectan el cultivo, generando problemas para los productores y generan la necesidad de uso de insumos de síntesis química para su control, así mismo, la afectación a la vegetación del páramo en relación al proceso fotosintético y alteraciones por presencia de estos insectos en el ecosistema, afectando el páramo en cuestiones inherentes a su importancia ecológica y sus beneficios que le brindan al productor en términos de controladores biológicos a partir de la entomofauna propia del ecosistema de páramo, por el desequilibrio ecológico mencionado se recomendó disminuir la dosis o evitar por completo la aplicación de agroquímicos.

Como medida de control y contingencia, es necesario establecer jornadas de limpieza para remover el hongo del tejido vegetal de las planta. Se destaca que no es recomendable el uso de agro insumos, insecticida, por cuestiones de alteración mayor de especies de insectos propios del páramo y adicional a su actividad controladora posterior en las zonas productivas.

A partir de esta relación ecosistema del páramo – productor es necesario implementar desde la agroecología mecanismos de producción de diversificación de cultivos que permitan mejorar las relaciones ecológicas desde la aplicación de principios de uso de especies de gran diversidad entomológica asociada, esto propenderá a la diversificación de productos agrícolas y mejoramiento de las condiciones fitosanitarias como se ha visto en ecosistemas de alta montaña con productos como la quinua, cebolla, mora, freijoa, tubérculos andinos y algunas pasifloras como la curuba, entre otras que han permitido establecer relaciones ecológicas y productivas muy beneficiosas.

El encontrar la posibilidad de diversificar la producción agrícola permite establecer relaciones biológicas entre planta y polinizador que evitan la proliferación y garantizan un control de insectos asociados a la fumagina, lo que conlleva a un menor uso de insumos de síntesis química y por ende la generación, almacenamiento y disposición final de envases que son considerados residuos peligrosos. Estos residuos generan impactos ambientales de gran importancia debido a la inadecuada manipulación y ausencia de políticas en cuanto a estos.

Los resultados de esta investigación deben ser entregados a las autoridades ambientales competentes para la zona de estudio, como la alcaldía del Municipio de Zipaquirá, a través de la Secretaria de Medio Ambiente, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR, sede Zipaquirá y la Gobernación de Cundinamarca en su secretaria de ambiente. Esto con el fin de informar a las autoridades de la situación que se presenta con respecto a la fumagina y sus implicaciones en términos de la salud ambiental del ecosistema de Páramo, para generar una alerta, políticas de tratamiento y mecanismos de prevención respecto a la infección de la enfermedad fumagina en la vegetación.

Es necesario generar mecanismos de concientización de la comunidad del páramo (charlas, talleres, capacitaciones), en especial a los productores, ya que la relación entre la producción y la salud del ecosistema es fundamental para garantizar la estabilidad económica de la población que se beneficia de forma directa del ecosistema, es por esta razón que la población debe participar de forma directa en la formulación de planes de contingencia que permitan tratar la infección por fumagina y establecer el compromiso y los métodos de prevención para que no se propague por el Páramo de Guerrero. La concientización ambiental es la clave para lograr resultados a nivel local, regional y nacional.

Como recomendación final es pertinente que se generen estudios en los diferentes municipios que forman parte del Complejo de Guerrero con el fin de establecer el nivel de afectación del páramo en su totalidad y lograr identificar el porcentaje de afectación. Lo anterior permitirá

tomar medidas a mayor escala y conocer la necesidad de generar alarmas fitosanitarias del ecosistema y medidas de contingencia inmediatas.

Esta infección de fumagina debe ser considerada un tema de interés de los diferentes sectores involucrados, puesto que la afectación puede conllevar a la pérdida de biodiversidad del páramo y por ende un déficit en el servicio ecosistémico que el páramo brinda a productores, habitantes y comunidades de las cuencas hidrográficas más baja.

# VI. CONCLUSIONES

De acuerdo con la severidad e incidencia las especies más afectadas por el hongo *Capnodium sp.* son *Bomarea setacea*, *Dendropthora lindeniana*, *Bucquetia glutinosa*, siendo estas las de mayor abundancia en las reservas naturales, y las más importantes por su función ecológica son *Oreopanax bogotensis*, *Macleania ruprestri* y *Espeletiopsis corymbosa*. Y las familias más afectadas son Alstroemericaceae, Santalaceae, Araliaceae y Asteraceae.

El porcentaje promedio de las especies afectadas es de 40-50% de severidad y 60-70% de incidencia, y el porcentaje promedio total del estudio es el 38% de severidad y 69% de incidencia, representando un porcentaje severo en el tejido vegetal de las plantas y un porcentaje muy severo en el número de plantas afectadas.

Los resultados de las muestras macroscópicas coinciden con los resultados microscópicos obtenidos en laboratorio. La enfermedad que afecta a las plantas de las reservas naturales del ecosistema del Páramo de Guerrero es la fumagina, causada por el hongo *Capnodium sp*, y de acuerdo con las claves de hongos de Agrios este puede ser *Metapnodium juniperi.*

La influencia del agroecosistema de papa genera un daño indirecto a las reservas naturales, siendo este un hospedero de insectos vectores asociados al hongo *Capnodium sp.*

# VII. RECOMENDACIONES

Elaborar un plan de manejo de protección y restauración del ecosistema con la participación de autoridades locales y personas civiles del municipio de Zipaquirá, por el alto porcentaje de afectación del hongo *Capnodium sp*. en la flora de las reservas naturales del Páramo de Guerrero.

Es necesario la rotación de cultivos para disminuir la población de insectos vectores que ayudan a la propagación del hongo, debido a que los insectos en su mayoría tienen preferencia por ciertos cultivos y especies de flora, siendo estos los hospedantes.

Es necesario sembrar barreras vivas entre el cultivo y las reservas naturales, para que estas sirvan como hospederos de los insectos, y así disminuir el daño en la vegetación nativa del ecosistema.

Programar limpiezas fitosanitarias para contrarrestar el daño del hongo, priorizando las medidas de restauración con las especies de flora más afectadas.

Reducir las aplicaciones de agroquímicos en los cultivos, debido a que también se eliminan insectos benéficos que ayudarían a contrarrestar el hongo.

Podar los arbustos y árboles con mayor porcentaje de severidad, o podar los árboles más altos para que entren los rayos solares y puede disminuir el porcentaje de humedad relativa, evitando forman un microclima ideal para el desarrollo de enfermedades.

# VIII. BIBLIOGRAFIA


Aguilar Arias, AJ. 2009. Contaminación de Flora y Fauna (en línea). Consultado 8 Ago. 2017. Disponible en http://contaminaciondeflorayfauna.blogspot.com/

Agrios, G.N 2005. Fitopatología de las plantas. Consultado el 7 Nov. 2017

Bello, GN; Cubillos, LG. 2015. Interacción de servicios ecosistémicos y manejo del sistema productivo papa variedad pastusa suprema (*Solanum tuberosum subes. Andígena*) en la vereda Páramo de Guerrero del municipio de Zipaquirá. Corporación Universitaria Minuto de Dios (en línea). CO. Consultado 6 Ene. 2018. 8-10.

Bruitrago Soto, CE. 2014. Sostenibilidad del Páramo de Guerrero. Una aproximación desde la emergía. M.Sc. Thesis. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia.

Castiblanco Rozo, C. 2013. La valoración económica ambiental: Curso Instrumentos Económicos y Pago por Servicios Ambientales. Cali, CO. 48 p.

Castro Urrutia, I; Contreras Méndez, A. 2011. Manejo de plagas y enfermedades en el cultivo de la papa (en línea). Enfermedades causadas por hongos en el cultivo de la papa. Consultado 14 Ago. 2017. Disponible en https://agriskmanagementforum.org/sites/agriskmanagementforum.org/files/Documents/Manejodeplagasyenfermedades.pdf

Chaves; Hernández, PA. 2010. Inventario florístico preliminar de plantas angiospermas presentes en el ecosistema de paramo del parque nacional natural el cocuy, boyacá. Pontificia Universidad Javeriana. CO. Consultado 8 Ago. 2017. 8-10.

CLIMATE-DATA.ORG.2017.Consultado 7 Sep 2017. Disponible en https://es.Climate-data.org/location/3785

Del Río, M; Montes, F; Montero, G; Cañellas, I. 2003. Revisión : Índices de diversidad estructural en masas forestales. Investigaciones Agrarias: Sistemas Y Recursos Forestales (en línea). Consultado 19 Dic. 2017. Disponible en INIA, 12(1), 159–176. http://doi.org/10.5424

Echeverry, A. 2015. La importancia de los Páramos en Colombia (en línea). Vol 13(13). Consultado 01 Mar 2018. Disponible en http://andreeche.blogspot.com/2015/03/laimportancia-de-los-paramos-en.html

Ecosistemas Colombianos, CO. 2012. Biomas del Páramo de Guerrero (en línea). Consultado 8 Ago. 2017. Disponible en http://ecosistemas7c.blogspot.com/p/bioma-paramo.html?view=magazine

GREENPEACE Colombia, CO. 2013. Páramos en peligro (en línea) Zipaquirá, CO. Consultado 02 Ago. 2017. Disponible en http://www.greenpeace.org/colombia/Global/colombia/images/2013/paramos/12/Informe%20P%C3%A1ramos%20en%20peligro.pdf

Iberoflora, CO. 2014. Taxonomía vegetal (en línea). Consultado 9 Ago. 2017. Disponible en https://iberoflora.jimdo.com/plantas-vasculares/taxonom%C3%ADa-vegetal/

Lascano Castillo,E. 2014. Ecosistema Páramo de Guerrero (en línea). Caminando Cumbres y Paramos de los Andes. Vol. 41 (18). Consultado 8 Ago. Disponible en http://www.nevados.org/index.php/es/

León; Sicard, TE. 2014. Perspectiva Ambiental de la Agroecología. La ciencia de los agroecosistemas. (T. E. León-Sicard, Ed.). Bogotá, CO. Kimpres Ltda. Consultado 8 Mar. 2018. 8-10.

Mantilla, A. 2004. Estudio de Antecedentes. Zonas de Páramos. Bogotá, CO. Ene. 2018. Consultado 9 Ago. 2017. 3-4.

Márquez, G. 2002. Educación para la gestión ambiental: una experiencia con los funcionarios del Sistema Nacional Ambiental en la Sierra Nevada de Santa Martha. Ecosistemas Estratégicos, Bienestar y Desarrollo, Bogota, CO. Consultado 8 Ago. 2017. 3-4.

Morales, M; Otero, J; Van der Hammen, T; Torres, A; Cadena, C; Pedraza, C; Cárdenas, L. 2007. Atlas de Páramos de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (1st ed., Vol. 1). Bogotá, CO: Grey Comercializadora Ltda. Consultado 9 Feb. 2018. 8-10.

Moreno, R.R., Ruiz, A. J., Sanchéz, T., Vásquez, A & Buitrago, A. 2016. Universidad Distrital Francisco José De Caldas Facultad De Medio Ambiente Y Recursos Naturales Tecnología En Gestión Ambiental Y Servicios Públicos (Recopilación Documental del Estado Actual del Ecosistema Alto andino Páramo de Guerrero, núm.1-3) Bogotá. D.C

MinAmbiente, CO. 2017. Parques Nacionales Naturales de Colombia (en línea). Bogotá, CO. Consultado 5 Ago. 2017. Disponible en http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/es/parques-nacionales/parque-nacional-natural-sumapaz/

Morales *et al*; Poulenard; Buytaer; Dehn; Llambi, EC. 1995-2013. Los Páramos Andinos (en linea). Quioto, EC. Consultado 02 Ago. 2017. Disponible en https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2014-025.pdf

Nohra León Rodríguez, I. 2011. El Páramo De Guerrero: Conflictos Entre Conservación Y Reprivatización De Su Economía (en línea). Geográfica de América Central no. Consultado 02 de Ago. 2017. Disponible en file:///C:/Users/PC/Downloads/2533-5766-1-SM.pdf

Organización Colparques, CO. 1997-2017. Páramo de Guerreo (en línea). Zipaquirá, CO. Consultado 02 de Ago. 2017. Disponible en http://www.colparques.net/GUERRERO

Odum, E. 1984. Propierties of agroecosystems. In: Lowrance R, Stinner y GJ House (eds) 1984. Agricultural Ecosystems: Unifying concepts. 5-11 p.

Rangel-Ch, O. 2015. La biodiversidad de Colombia: significado y distribución regional (en línea). Scielo vol. 39(151). Bogotá, CO. Consultado 07 Feb. 2018. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-39082015000200005#t7

Rangel-Ch, O. 2000. Colombia Diversidad Biótica III La región de vida paramuna (en línea). Igarss 2014, (1), 1–5. Consultado 7 Ago. 2017. Disponible en http://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2

Redacción Medioambiente, Col. 2016. Cinco razones para cuidar los páramos (en línea). Zipaquirá, CO. Consultado 01 Ago. 2017. Disponible en http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16505013

Rebolledo, A., Pérez, A. L., Peralta, N. Diaz, A & Diaz, Gabriel 2013. CONTROL DE FUMAGINA (*Capnodium mangiferae* Cooke & Brown) CON BIOFUNGICIDAS EN HOJAS Y FRUTOS DE MANGO “MANILA”: Tropical and Subtropical Agroecosystems (16 (2013): 355 – 362), 355-356.

Santiago J. Sarandón; Claudia C. Flores. 2009. Evaluación de la Sustentabilidad en Agroecosistemas una propuesta metodológica (en linea). Agroecología no. 4. Consultado 02 de Ago. 2017. Disponible en http://revistas.um.es/agroecologia/article/view/117131/110801

Sarandón, SJ; Flores, CC. 2009. Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: Una propuesta metodológica (en línea). Agroecología, 4, 19–28. Consultado 7 Ago. 2017. Disponible en Retrieved from http://revistas.um.es/agroecologia/article/view/117131

Serra, G; Trumper, EV. 2010. Cálculo del Nivel de Daño Económico del barrenador del tallo (Diatraea saccharalis) en maíz. Agrolluvia, vol. 1 (6). ISSN 1668-9410. 1- 4.

# ANEXOS

**Anexo 1.** Severidad e incidencia de las 41 especies identificadas

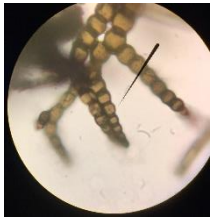
| Código | Familia | Nombre científico | Nombre común | Severidad (%) | Incidencia (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| XXV-Sp10 | Alstroemeriaceae | *Bomarea setacea* | Rompe platos/Anturio | 100 | 100 |
| XV | Araliaceae | *Oreopanax bogotensis* | Higuerón | 47.86 | 78.57 |
| III | Asteraceae | *Espeletiopsis corymbosa* | Frailejón | 31.23 | 50.57 |
| IV | | *Diplostephium rosmarinifolium* | Romero de Páramo | 12.63 | 54.55 |
| XI | | *Espeletia argenteae* | Frailejón blanco | 27.2 | 54.5 |
| XIII | | *Diplostephium spp.* | Romero de Páramo | 0 | 0 |
| XIV | | *Gynoxys hirsuta* | | 20 | 100 |
| XVIII-Sp3 | | *Baccharis prunifolia* | | 10 | 100 |
| XXVIII-Sp13 | | *Pentacalia ledifolia* | | 60 | 100 |
| XXIX-Sp14 | | *Baccharis macrantha* | | 0 | 0 |
| XXXIV-Sp19 | | *Pentacalia andicola* | | 20 | 100 |
| XXIII-Sp8 | Campanulaceae | *Centropogon ferrugineus* | | 100 | 100 |
| XXVII-Sp12 | Chloranthaceae | *Hedyosmum bonplandianum* | Canelo/granizo | 80 | 100 |
| V | Clethraceae | *Clethra fimbriata* | Manzano | 21.67 | 33.73 |
| I | Cunoniaceae | *Weinmannia tomentosa* | Encenillo | 3.07 | 12.90 |
| XXXIII-Sp18 | | *Weinmannia rollottii* | Encenillo blanco | 35 | 50 |
| VIII | Elaeocarpaceae | *Vallea stipularis* | Raque | 0 | 0 |
| XVII-Sp2 | Ericaceae | *Gaultheria sclerophylla* | | 90 | 100 |
| XIX-Sp4 | | *Pernettya postrata* | | 70 | 100 |
| XXXV | | *Macleania rupestri* | Uva camarona | 37 | 80 |
| XXXVII-Sp21 | | *Pernettya hirta* | | 0 | 0 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| XXXVIII | | *Hesperomeles mortiño* | | 1.42 | 14.20 |
| XLI | | *Vaccinium floribundum* | Mortiño/Agraz | 0 | 0 |
| XX-Sp5 | Escalloniaceae | *Escallonia myrtilloides* | | 26.6 | 66.67 |
| XL-Sp22 | Fabaceae | *Lupinus bogotensis* | | 0 | 0 |
| XXX-Sp15 | Hypericaceae | *Hypericum goyanessi* | | 0 | 0 |
| XXXI-Sp16 | | *Hypericum mexicanum* | | 0 | 0 |
| XXXVI-Sp20 | Loranthaceae | *Gaiadendron punctatum* | Tagua | 13.17 | 31.25 |
| II | Melastomataceae | *Monochaetum myrtoideum* | Angelito | 25 | 25 |
| VII | | *Miconia latifolia* | | 0 | 0 |
| IX | | *Brachyotum strigosum* | Moradito/Zarcilejo morado | 0 | 0 |
| X | | *Miconia summa* | Nigüito | 5.29 | 17.65 |
| XXII-Sp7 | | *Bucquetia glutinosa* | | 59 | 80 |
| XXIV-Sp9 | | *Axinaea macrophylla* | Niguito rosado | 35 | 50 |
| XXI-Sp6 | Onagraceae | *Fushcia petiolaris* | | 14 | 60 |
| XXVI-Sp11 | Polygalaceae | *Monnina aestuans* | | 35.63 | 62.5 |
| VI | Primulaceae | *Myrsine depedens* | Parece café/Maiz tostado | 0 | 0 |
| XII | Rosaceae | *Hesperomeles goudotiana* | Mortiño | 20 | 28.57 |
| XVI-Sp1 | | *Rubus nubigenus* | | 10 | 100 |
| XXXIX | Winteraceae | *Drymis granadensis* | Ají o canelo de Páramo | 10 | 100 |
| XXXII-Sp17 | Santalaceae | *Dendrophthora lindeniana* | Suelda | 64 | 80 |

**Anexo 2.** Especies encontradas en cada UI, (*especies afectadas)

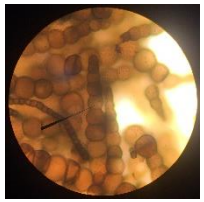
| | **Especies UI 1** |
|---|---|
| N° | **Nombre científico** |
| 1 | **Miconia summa* |
| 2 | **Gynoxys hirsuta* |
| 3 | **Oreopanax bogotensis* |
| 4 | **Rubus nubigenus* |
| 5 | **Gaultheria sclerophylla* |
| 6 | **Baccharis prunifolia* |
| 7 | **Pernettya postrata* |
| 8 | **Escallonia myrtilloides* |
| 9 | **Fushcia petiolaris* |
| 10 | **Bucquetia glutinosa* |
| 11 | **Centropogon ferrugineus* |
| 12 | **Axinaea macrophylla* |
| 13 | **Bomarea setacea* |
| 14 | **Monnina aestuans* |
| 15 | **Hedyosmum bonplandianum* |
| 16 | **Pentacalia ledifolia* |
| | |
| | **Especies UI 2** |
| 1 | **Weinmannia tomentosa* |
| 2 | **Monochaetum myrtoideum* |
| 3 | **Espeletiopsis corymbosa* |
| 4 | **Diplostephium rosmarinifolium* |
| 5 | **Clethra fimbriata* |
| 6 | *Myrsine depedens* |
| 7 | *Miconia latifolia* |
| 8 | *Vallea stipularis* |
| 9 | *Brachyotum strigosum* |
| 10 | **Miconia summa* |
| | |
| | **Especies UI 3** |
| 1 | *Miconia summa* |
| 2 | **Monochaetum myrtoideum* |
| 3 | *Weinmannia tomentosa* |
| 4 | *Clethra fimbriata* |
| 5 | **Macleania rupestri* |
| 6 | **Gaiadendron punctatum* |
| 7 | **Drymis granadensis* |
| 8 | *Myrsine depedens* |
| 9 | **Hesperomeles goudotiana* |
| 10 | *Pernettya hirta* |
| 11 | **Hesperomeles mortiño* |
| 12 | *Lupinus bogotensis* |
| 13 | *Vaccinium floribundum* |
| | |
| | **Especies UI 4** |
| 1 | *Weinmannia tomentosa* |
| 2 | **Espeletiopsis corymbosa* |
| 3 | *Miconia latifolia* |
| 4 | **Espeletia argenteae* |
| 5 | *Hesperomeles goudotiana* |
| 6 | *Diplostephium spp.* |
| 7 | **Pentacalia ledifolia* |
| | |
| | **Especies UI 5** |
| 1 | *Weinmannia tomentosa* |
| 2 | *Miconia summa* |
| 3 | **Oreopanax bogotensis* |
| 4 | *Fushcia petiolaris* |
| 5 | **Monnina aestuans* |
| 6 | *Baccharis macrantha* |
| 7 | *Hypericum goyanessi* |
| 8 | *Hypericum mexicanum* |
| 9 | **Dendrophthora lindeniana* |
| 10 | **Weinmannia rollottii* |
| 11 | **Pentacalia andicola* |

**Anexo 3.** Registro de datos de las especies del muestreo UI 1

| Nº | UI 1 | Código | Especie | Altura total (m) | Diámetro (cm) | Afectación macroscópica | Foto macroscópica | Fumagina % | Altura fumagina (m) | Foto microscópica (100x) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | R1 | XXV-1 | *Bomarea setacea* | 1.9 | 0.90 | Presente |  | 100% | 1.9 |  |
| 2 | R3 | XXV-1 | *Bomarea setacea* | 3.4 | 1.5 | Presente |  | 100% | 3.4 |  |
| 3 | R4 | XV-1 | *Oreopanax bogotensis* | 1.9 | 0.7 | Presente |  | 70% | 1.3 |  |

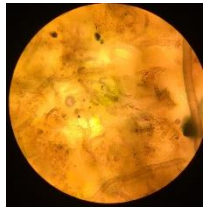
| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | R6 | XXVI-2 | *Miconnia aestuans* | 1.5 | 2.8 | Presente |  | 95% | 1.4 |  |
| 5 | R10 | X-2 | *Miconia summa* | 2.5 | 2.05 | Presente |  | 20% | 0.5 |  |
| 6 | R10 | X-1 | *Miconia summa* | 2 | 2.8 | Presente |  | 20% | 0.4 |  |
| 7 | R16 | XV-1 | *Oreopanax bogotensis* | 1.40 | 1.1 | Presente |  | 100% | 1.40 |  |

**Anexo 4.** Registro de datos de las especies del muestreo UI 2

| Nº | UI 2 | Código | Especie | Altura total (m) | Diámetro (cm) | Afectación macroscópica | Foto macroscópica | Fumagina % | Altura fumagina (m) | Foto microscópica (100x) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | R5 | I-2 | *Weinmannia tomentosa* | 4 | 3.025 | Presente |  | 60% | 1.70 |  |
| **2** | R3 | IV-2 | *Diplostephium rosmarinifolium* | 1.70 | 1.2 | Ausente | | 0% | 0 | |
| **3** | R4 | VIII-3 | *Vallea Stipularis* | 2.50 | 1.7 | Ausente | | 0% | 0 | |

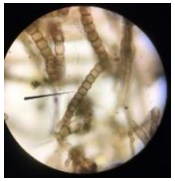
| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **4** | R6 | IV-1 | *Diplostephium rosmarinifolium* | 2.2 | 1.63 | Presente |  | 25% | 0.5 |  |
| **5** | R9 | III-1 | *Espeletiopsis corymbosa* | 1.80 | 25 | Presente |  | 70% | 1.26 |  |
| **6** | R15 | V-2 | *Cletra fimbriata* | 1.5 | 1.5 | Presente |  | 68% | 1 |  |
| **7** | R16 | II-1 | *Monochaetum myrtoideum* | 4.1 | 3.93 | Ausente | | 0% | 0 | |

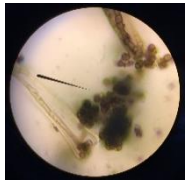
**Anexo 5.** Registro de datos de las especies del muestreo UI 3

| N° | UI 3 | Código | Especie | Altura total (m) | Diámetro (cm) | Afectación macroscópica | Foto macroscópica | Fumagina % | Altura fumagina (m) | Foto microscópica (100x) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | R1 | XXXV-1 | *Macleania rupestris* | 2 | 5.2 | Presente |  | 10% | 1 |  |
| **2** | R2 | II-1 | *Monochaetum myrtoideum* | 2.5 | 3.76 | Presente |  | 100% | 2.5 |  |
| **3** | R4 | XXXVI-4 | *Gaiadendron punctatum* | 1.60 | 1.45 | Presente |  | 25% | 0.4 |  |

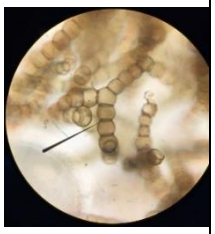
| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **4** | R6 | XXXV-1 | *Macleania rupestris* | 3.20 | 3.2 | Presente |  | 20% | 0.64 |  |
| **5** | R10 | XXXV-1 | *Macleania rupestris* | 2.3 | 1.8 | Presente |  | 30% | 0.69 |  |
| **6** | R13 | XXXIX-1 | *Drimys granadensis* | 1.8 | 1.1 | Presente |  | 10% | 0.18 |  |
| **7** | R16 | XXXVI-4 | *Gaiadendron punctatum* | 7 | 8.4 | Ausente | | 0% | 0 | |

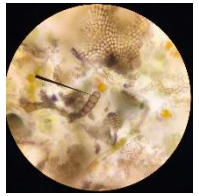
**Anexo 6.** Registro de datos de las especies del muestreo UI 4

| Nº | UI 4 | Código | Especie | Altura total (m) | Diámetro (cm) | Afectación macroscópica | Foto macroscópica | Fumagina % | Altura fumagina (m) | Foto microscópica (100x) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | R1 | XXVIII-1 | *Pentacalia ledifolia* | 4 | 20 | Presente |  | 80% | 3 |  |
| **2** | R3 | III-4 | *Espeletiopsis corymbosa* | 1.5 | 0 | Ausente | | 0% | 0 | |
| **3** | R4 | III-1 | *Espeletiopsis corymbosa* | 0.80 | 0 | Ausente | | 0% | 0 | |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **4** | R6 | III-5 | *Espeletiopsis corymbosa* | 1.0 | 0 | Presente |  | 30% | 0.3 |  |
| **5** | R13 | III-5 | *Espeletiopsis corymbosa* | 1.07 | 0 | Ausente | | 0% | 0 | |
| **6** | R14 | III-3 | *Espeletiopsis corymbosa* | 1.36 | 0 | Presente |  | 40% | 0.54 |  |
| **7** | R16 | XXVIII-1 | *Pentacalia ledifolia* | 5 | 30 | Presente |  | 60% | 3 |  |

**Anexo 7.** Registro de datos de las especies del muestreo UI 5

| N° | UI 5 | Código | Especie | Altura total (m) | Diámetro (cm) | Afectación macroscópica | Foto macroscópica | Fumagina % | Altura fumagina (m) | Foto microscópica (100x) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | R1 | XXXII-1 | *Dendrophthora lindeniana* | 3 | 8.15 | Presente |  | 80% | 1.70 |  |
| **2** | R2 | XXXIII-1 | *Weinmannia rollottii* | 6 | 21 | Presente |  | 70% | 4.2 |  |
| **3** | R4 | XXI-2 | *Fushcia petiolaris* | 6 | 11.2 | Ausente | | 0 | 0 | |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **4** | | X-1 | *Miconia summa* | 4 | 4.8 | Ausente | | 0 | 0 | |
| **5** | R13 | X-1 | *Miconia summa* | 5 | 5 | Ausente | | 0 | 0 | |
| **6** | R15 | X-1 | *Miconia summa* | 8 | 8 | Ausente | | 0 | 0 | |
| **7** | R16 | XV-3 | *Orepanax bogotensis* | 2.60 | 2.60 | Presente |  | 30% | 0.78 |  |

**Anexo 8.** Ficha técnica especies más afectadas, *Bomarea setacea*

Otros nombres: Pecas, Chimpamplena y Tetón

Nombre científico: *Bomarea setacea* (Ruiz & Pav.) Herb.

Familia: Alstroemeriaceae

Distribución geográfica:

En Colombia se encuentra reportada en los departamentos de Cundinamarca, Norte de Santander, Putumayo, Santander, Tolima, Boyacá, Antioquia, Huila, Risaralda, Meta, Valle del Cauca, Cauca, Chocó, Distrito Capital, Sucre.



Altura reportada en Colombia: 1700 m.s.n.m. – 3800 m.s.n.m.

Características generales:

Trepadora de hasta 2.5 m de largo, que crece en zonas abiertas de las tierras frías y páramos de los Andes, con tallos y hojas vellosas, hojas simples, alternas, terminadas en punta, base ancha y redondeada y pecíolos retorcidos, vistosos racimos colgantes, con flores dispuestas radialmente a manera de una sombrilla, flores en forma de embudo, rosadas o rojo pálido y verdes con puntos morados en la punta de los pétalos, y frutos carnosos, casi esféricos, de unos 4 cm de diámetro, que contienen numerosas semillas esféricas, rodeadas de una cubierta carnosa de color anaranjado.

Usos: Sin uso económico conocido.

Estado de conservación: Preocupación menor. Icono: LC color verde

Habito de crecimiento: bejuco (trepadora)

Entomofauna relacionada: Díptera, Hemíptera, Hymenoptera, Thysanoptera.

**Anexo 9.** Ficha técnica especies más afectadas, *Bucquetia glutinosa*

Otros nombres: Angelito, Ayuela, Charne Saltón, Chispeador, Guayabo, Quebraolla, Quebrollo, Quebraollo, Saltón, Siete Cueros, Tuno.

Nombre científico: *Bucquetia glutinosa* (L. f.) DC.

Familia: Melastomataceae

Distribución geográfica:

En Colombia se encuentra reportada en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Distrito Capital, Meta, Santander, Casanare, Norte de Santander.



Altura reportada en Colombia: 2600 m.s.n.m. – 4104 m.s.n.m.

Características generales:

Arbusto de hasta 5 m de altura, tallo no firme y se desprende en escamas alargadas de color rojizo. Hojas de 4 cm de largo por 2 cm de ancho, opuestas, dispuestas en forma de cruz, brillantes, borde entero, nervaduras pronunciadas y curvas. Flores de color rosado, con cuatro pétalos separados entre sí, y están agrupadas en inflorescencias terminales en forma de panículas. Frutos de 1 cm de largo, capsulares, de color verde, con dehiscencia por poros apicales.

Usos: Maderable.

Estado de conservación: Preocupación menor. Icono LC- color verde.

Habito de crecimiento: Árbol.

Entomofauna relacionada: Díptera, Hemíptera, Hymenoptera, Lepidóptera, Trombidiformes.

**Anexo 10.** Ficha técnica especies más afectadas, *Oreopanax bogotensis*

Otros nombres: Higuerón, Amarillo, Higuerillo y Mano de Oso

Nombre científico: *Oreopanax bogotensis* Cuatrec.

Familia: Araliaceae

Distribución geográfica

En Colombia se encuentra reportada en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Santander, Cauca, Caldas, Distrito Capital, Meta.



Altura reportada en Colombia: 2050 m.s.n.m. – 3670 m.s.n.m.

Características generales:

Alcanza 12 m de altura y tiene follaje de textura gruesa, presenta 2 tipos de hojas; las jóvenes son enteras y elípticas, las adultas son anchas y trilobuladas, gruesas y la parte inferior es anaranjada. Flores en umbelas, de color blanco y estambres alargados. Frutos en baya de 1 cm de diámetro que van dispuesto en un agregado o piña de 4 x 3 cm. Florece de Marzo a Junio y fructifica de Julio a Septiembre.

Usos: Maderable (palos de paleta), Comestible (murciélagos), Ornamental (jardines y parques).

Estado de conservación: Preocupación Menor. Icono LC color verde

Habito de crecimiento: Árbol

Entomofauna relacionada: Díptera, Hymenoptera, Hemíptera, Lepidóptera, Trombidiformes.

**Anexo 11.** Municipios que tienen jurisdicción en el páramo de Guerrero

| SITUACIÓN | Localidades | Municipios | Total hectáreas | % de área por municipio |
|---|---|---|---|---|
| **País** | Cerros Socota, Santuario y Colorado | Carmen de Carupa | 9944 | 23.493 |
| Colombia | Paramos Napa, Alto y Guarga | Tausa | 9495 | 22.434 |
| **División** | Paramo Laguna Verde los Altos de la Mina | Zipaquirá | 6568 | 15.518 |
| Cundinamarca | Paramo El muchacho | Subachoque | 5011 | 11.84 |
| **Ecorregión** | Paramo cuchilla El Tablazo | Cogüa | 3324 | 7.853 |
| Bosque Alto Andino | | Pacho | 2406 | 5.686 |
| **LEGISLACION** | | Susa | 2137 | 5.048 |
| Declarado como Parque Natural Regional (PNR) y Distrito de Manejo Integrado (DMI). | | San Cayetano | 1637 | 3.868 |
| | | Supatá | 395 | 0.933 |
| | | Sutatausa | 343 | 0.81 |
| | | Simijaca | 306 | 0.723 |
| | | Tabio | 273 | 0.646 |
| | | Ubaté | 242 | 0.572 |
| | | Fúquene | 115 | 0.272 |
| | | Cucunubá | 88 | 0.208 |
| | | Buenavista | 41 | 0.097 |
| | | **Total, Guerrero** | **42,325** | **100** |

(IAVH 2013)

**Anexo 12.** Trabajando en campo, laboratorio y análisis de datos

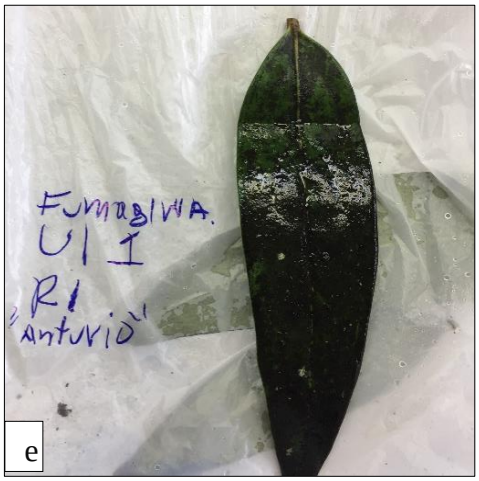
| Imagen | Descripción |
|---|---|
|  a | Fotografía a,identificación taxonómica de la flora en las unidades de intervención (UI)/análisis. Finca el Coral, Páramo de Guerrero, con el equipo de investigación. |
|  b | Fotografía b, toma de datos de plantas, arbustos y árboles (altura m, diámetro cm, porcentaje de severidad del daño, con el equipo de investigación. |
|  c | Fotografía c, cultivo de papa en el Páramo de Guerrero, propiedad privada finca El Coral. Deforestación de la flora nativa por introducir la agricultura. |

**Descripción**



d

Fotografía d, expansión agrícola por cultivo de papa, en las reservas naturales del Páramo.




e

Fotografía e, muestra para analizar la presencia del hongo (*Capnodium sp.*) en microscopio.



f

Fotografía f, identificación microscópica del hongo (*Capnodium sp.*), en las plantas del muestreo en las unidades de intervención.

**Descripción**



g

Fotografía g, charla de concientización a las familias productoras de papa en el Páramo de Guerrero, bodega donde almacenan el producto.



h

Fotografía h, comparando ecosistemas de vida, Parque Nacional Natural Chingaza (PNNC) y Páramo de Guerrero.



i

Fotografía i, reunión con el encargado de la UMA de Zipaquirá, redactando recomendaciones para contrarrestar el daño en el ecosistema del Páramo de Guerrero.