



Pontificia Universidad Javeriana
Facultad de Estudios Ambientales y Rurales

Comunidades vegetales de páramo presentes en un área de restauración ecológica de bosque altoandino, Parque Forestal Embalse del Neusa (Cundinamarca-Colombia).

Autor: Alexa Yannieth Cetina Aguirre
Director: José Ignacio Barrera Cataño
Codirectora: Carolina Moreno Cárdenas

Noviembre, 2018

Tabla de contenido

INFORMACIÓN GENERAL DEL TRABAJO DE GRADO	4
Título	4
Pregunta de investigación	4
Objetivos general	4
Objetivos específicos	4
Manuscrito de acuerdo a restoration ecology	5
Resumen	6
1. INTRODUCCIÓN	7
2. METODOS	9
Área de estudio	9
Fase de campo	10
Análisis de datos	12
3. RESULTADOS	13
Composición florística	13
Formas de vida	13
Índice cuantitativo de afinidad Morisita-Horn de acuerdo a la cobertura	14
Índices de diversidad y dominancia	17
Ubicación de comunidades de páramo	17
4. DISCUSIÓN	20
5. CONCLUSIÓN	22
BIBLIOGRAFÍA	23
ANEXO 1. Manuscrito acorde a restoration ecology	27
ANEXO 2. Marco teórico extendido	28
Problema de investigación	28
Justificación	28
MARCO TEÓRICO	29
Disturbios antrópicos	29
Plantaciones forestales	29
Ensamblajes de comunidades	29
Sucesión vegetal	30
Páramo	30
Antecedentes	31

Antecedentes temáticos	31
Antecedentes de Contexto	32
BIBLIOGRAFÍA	32
ANEXO 3. MÉTODOS EXTENDIDO	35
Contexto regional del área de estudio	35
Materiales y Métodos	36
Diseño de estudio.....	36
Métodos y recolección de datos	36
Métodos de análisis.....	38
Bibliografía	38
ANEXO 4. Especies encontradas en las parcelas	39
INDICE DE FIGURAS	10
Fig 1: Mapa de área de estudio.....	10
Fig 2: Mapa de Transectos	11
Fig 3: Porcentajes de forma de vida	13
Fig 4: Dendrograma de Morisita-Horn valores de cobertura	15
Fig 5: Ubicación de las comunidades.....	19
Fig 6: Comunidades de páramo presentes en el sector Laureles	35
Fig 7: Transectos realizados en el sector Laureles	37
Fig 8: Cuadrantes para hallar el porcentaje de coberturas	37
INDICE DE TABLAS	10
Tabla 1: Grados de Afinidad de comunidades para evaluar dendrogramas	12
Tabla 2: Comunidades semejantes	15
Tabla 3: Comunidades más representativas	16
Tabla 4: Índices de diversidad.....	17
Tabla 5: Comunidades de vegetación de páramo.....	18

Información general del Trabajo de Grado

Título

Comunidades vegetales de páramo presentes en un área en restauración ecológica de bosque altoandino, Parque Forestal Embalse del Neusa (Cundinamarca-Colombia).

Pregunta de Investigación

¿Cuáles son las comunidades vegetales de páramo que se encuentran en un área post-tala en restauración ecológica de bosque altoandino?

Objetivo General

Caracterizar las comunidades vegetales de páramo que se encuentra en un área post – tala en restauración ecológica.

Objetivos específicos

- Identificar las especies vegetales de páramo presente un área de restauración de bosque alto andino.
- Reconocer composición florística, formas de vida y cobertura de las especies vegetales que conforman las comunidades de páramo que se encuentran en un área en restauración ecológica.
- Determinar la ubicación de las comunidades de páramo presentes en un área en restauración ecológica.

Manuscrito Acorde a Restoration Ecology

Comunidades vegetales de páramo presentes en un área en restauración ecológica de bosque altoandino, Parque Forestal Embalse del Neusa (Cundinamarca-Colombia).

Alexa Yannieth Cetina Aguirre

Departamento de Ecología y Territorio. Pontificia Universidad Javeriana

Email: a.cetina@javeriana.edu.co

Director

José Ignacio Barrera Cataño, Departamento de Biología, Pontificia Universidad Javeriana.

Bogotá – Colombia

Email: barreraj@javeriana.edu.co

Resumen

En un área de bosque altoandino que tuvo impactos antrópicos como la agricultura, ganadería y la más reciente plantación forestal de *Pinus patula Schiede ex Schlttdl. & Cham.* Debido a estos disturbios, el bosque altoandino no es capaz de regenerarse. La escuela de restauración ecológica (ERE) siembra especies nativas de bosque altoandino, con tratamientos de nucleación en un predio de 12.6 hectáreas del sector Laureles del Parque Forestal Embalse de Neusa. La ERE ha evidenciado que en algunas zonas del predio fueron colonizados por especies vegetales de páramo en forma de agregados. Estos agregados de especies vegetales de páramo no pertenecen a una sucesión de bosque altoandino, sino a una sucesión de páramo. Este estudio tuvo como objetivo describir dichos agregados e identificar comunidades vegetales de páramo. Para ello se ejecutaron ocho transectos de 260 metros para cubrir toda el área. A lo largo de los transectos, cada 20 m se estableció una parcela de 2m², si se encontraban comunidades vegetales de páramo. En total, se realizaron 59 parcelas donde se identificaron las especies presentes, formas de vida y su abundancia. Se identificaron tres comunidades más representativas: *Espeletia argentea*, *Paepalanthus columbiensis* y *Hypericum juniperinum*. La comunidad con más parcelas repetidas fue *Hypericum juniperinum* con catorce parcelas. Concordando con Jaimes y Sarmiento (2002) por medio del porcentaje de cobertura de las formas de vida, se reveló que la sucesión de vegetación de páramo en Laureles es una sucesión inicial. La presencia de las comunidades de páramo en el sector Laureles no va afectar la trayectoria sucesional hacia un bosque altoandino.

Palabras claves: Bosque altoandino, restauración, vegetación de páramo, agregados, comunidades vegetales de páramo.

Introducción

Colombia está compuesta por una gran diversidad de ecosistemas, cada uno con un tipo de vegetación característico. En la Región Andina, dos de los ecosistemas más importantes son el páramo y el bosque altoandino: el primero localizado entre los 3.300 a 4.800 metros sobre el nivel del mar (msnm) y el segundo desde los 2.800 hasta 3.800 msnm (Sarmiento y León 2015). Esta región ha tenido una continua influencia humana desde las épocas precolombinas (WWF. 2017). En el caso del bosque altoandino se han presentado grandes impactos por las colonizaciones irregulares de la población humana, cambios demográficos, sistemas de producción agropecuaria y plantaciones forestales de especies exóticas que han causado modificaciones importantes en el tiempo y en el espacio a dicho ecosistema (Velasco y Vargas 2008).

En el bosque altoandino donde se han abandonado estas actividades agropecuarias y forestales, se ha reportado la colonización de vegetación de páramo (Vargas 2011). Algunas de las especies de páramo poseen alta capacidad de dispersión, sin embargo, ciertas especies tienen la posibilidad de establecerse en alturas menores de 2900 msnm, esto ha generado gran controversia, porque el ecosistema de estas especies vegetales es el páramo y no el bosque altoandino (Llambí 2015). Un ejemplo de la llegada de especies de páramo a altitudes menores de los 2900 msnm y a un ecosistema de bosque altoandino, es la Reserva Forestal de Cogua, la cual está ubicada al costado oriental del páramo de Guerrero. La historia de disturbio de la reserva ha llevado a que una buena parte de sus tierras estén ocupadas con actividades agrícolas, pecuarias y a extracción

de madera. Después de 9 años de abandono estas áreas impactadas, se manifiesta la presencia de especies vegetales de páramo (Montenegro y Vargas 2008).

En el Parque Forestal embalse de Neusa, más exactamente en el sector Laureles ocurrió un proceso de transformación muy similar del territorio, ya que pasó de ser un Bosque Alto Andino a zona de producción agropecuaria y por último a una plantación de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. & Cham. A mediados de 2009, la plantación de pino fue talada debido a los graves problemas generados como incendios y caídas de árboles. A causa de esta problemática, la CAR planteó un proyecto de restauración para la recuperación de Bosque nativo (Barrera et al. 2015). Este sector está situado entre los 2.950 msnm y los 3.200 msnm. Con la tala finalizada en el año 2014, el área presentó lugares abiertos con alta radiación solar, ausencia de dosel, reducción en la humedad y cambios de temperatura entre el día y la noche, estas características hacen de estos espacios, lugares perfectos para la colonización de especies de páramo (Velasco y Vargas 2008).

La llegada de la vegetación a los lugares abiertos, tanto especies de páramo como de bosque altoandino, evidencia un proceso gradual de colonización mediado por las interacciones bióticas (grupo de especies regionales, banco de semillas, propágulos de fuentes cercanas, interacciones de especies) y abióticas (disponibilidad de nutrientes, temperatura, intensidad de luz), que ocurren después de un disturbio, a todo ello se le llama sucesión secundaria (Bueno y Llambí 2015). Después de este filtrado ambiental, las especies que lograron establecerse, se relacionan con otras, lo que origina la creación de comunidades. La interacción de las especies dentro de las comunidades puede generar procesos de facilitación como lo son la protección frente al clima o brindar recursos (Butterfield 2009 citado en Jeffers et al. 2015). Estas interacciones de diversas

especies permite dar identidad a las comunidades en términos de la forma y abundancia (Nathan et al. 2014). Las comunidades están definidas en términos de su composición, esta composición puede enfocarse en la dominancia de especies que tengan una mayor biomasa en la comunidad (Van der Hammen y Rangel 1997; Bernal 2018). En el presente trabajo, se pretende identificar los agregados vegetales de especies de páramo, por medio de las comunidades más representativas y su ubicación a lo largo del sector Laureles.

Métodos

Área de estudio

El área de estudio, se localiza en el departamento de Cundinamarca entre los municipios de Cogua y Tausa, en el Parque Forestal Embalse del Neusa. El parque tiene una extensión de 3.300 hectáreas. Altitudinalmente se localiza entre los 3.000 – 3.300 msnm y se encuentra asentado sobre las formaciones geológicas Chipaque, Guadalupe, Guaduas y Bogotá. La temperatura promedio es 10 °C – 23°C, el régimen pluviométrico es bimodal en los meses de abril a mayo y octubre a noviembre con una precipitación promedio de 3.000 y 3.200 mm (García y Matallana 2016). Los ecosistemas representativos del parque son bosque altoandino y páramo (Chaparro y Chaparro 2012). El muestreo se realizó en el sector Laureles (5°9'32.88"N 73°56'27.58"O), este sector presentó un régimen de disturbio en agricultura, ganadería y plantación forestal de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. & Cham. (**Fig 1**).

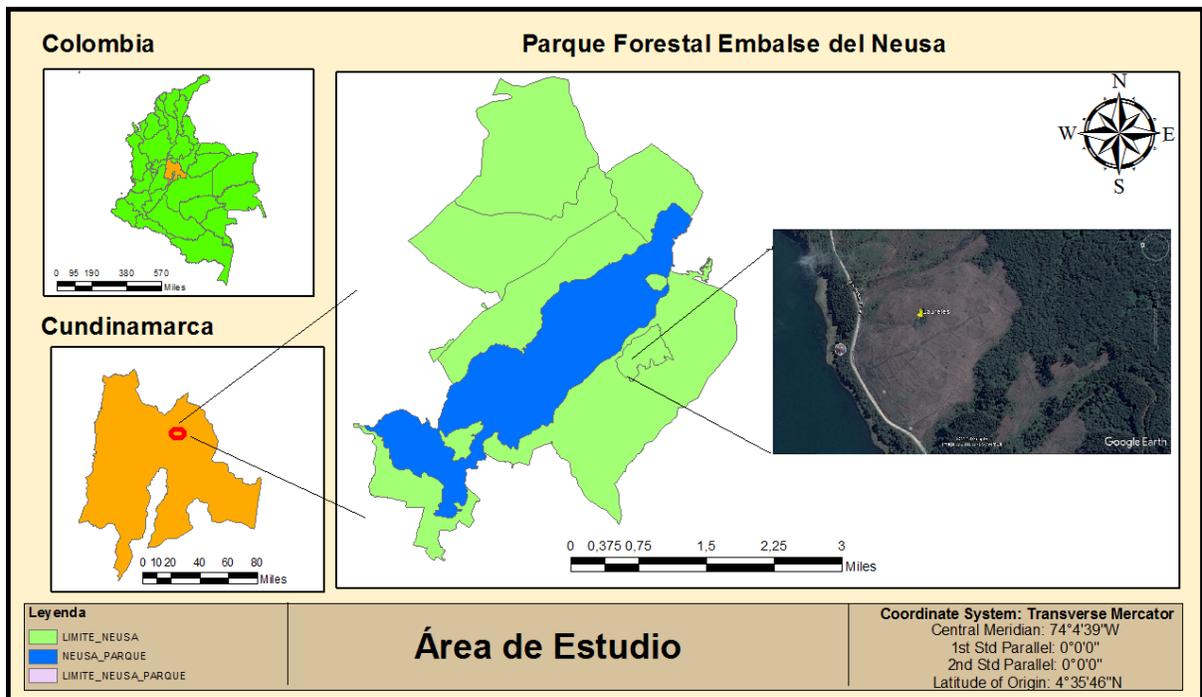


Figura 1: Área de estudio

Fase de campo

Con el fin de detectar las comunidades presentes en 12.6 ha del sector Laureles, se ejecutó un muestreo preferencial, para obtener la mayor cantidad de agregados de especies de páramo. Para demostrar lo anterior, se establecieron ocho transectos de 260m, los cuales se ubicaron en dirección oriente a occidente y de norte a sur. Entre cada transecto se dejó una distancia de 20m. A lo largo de cada transecto, se ejecutó una pausa, cada 20m, en esta pausa se recorrió 10 m al oriente y 10m al occidente. Dentro de los 20 m de ancho si no se identificaba una comunidad se continuaba, pero si se reconocía, se fijaba una parcela de 2m², (**Fig 2**). En cada parcela se obtuvo la composición de especies, posición geográfica y la cobertura (porcentaje de área cubierta) que se estimó por un cuadrante de 2m x 2m con una división de 10cm x10cm para un total de 200 cuadros (Charles y Bonham 2013). Las 59 parcelas obtenidas se

clasificaron por tipo de comunidad, teniendo en cuenta la especie dominante. En total se clasificaron 11 tipos de comunidades: 1) Heterogénea, 2) *Espeletia argétea*, 3) *Paepalanthus columbiensis*, 4) *Calamagrostis sp*, 5) *Viola humilis*, 6) *Achyrocline satureioides*, 7) *Hypericum juniperinum*, 8) *Geranium sibbaldioides*, 9) *Hypericum mexicanum*, 10) *Carex flava* y 11) *Espeletia corymbosa*. Con las especies de páramo obtenidas, no se pudieron tomar muestras de las especies vegetales de páramo, debido a que es una zona de restauración, por lo tanto la identificación taxonómica se realizó por medio de fotografías, acorde a: Marín y Parra (2015), Duarte y Parra (2015), García y colaboradores (2006). Las formas de vida identificadas para cada especie, se realizaron según Hedberg y Hedberg (1979) que las clasifica en: arbusto, arbusto esclérfilo, gramínea macolla, hierbas, rosetas acauales y rosetas caualescentes.

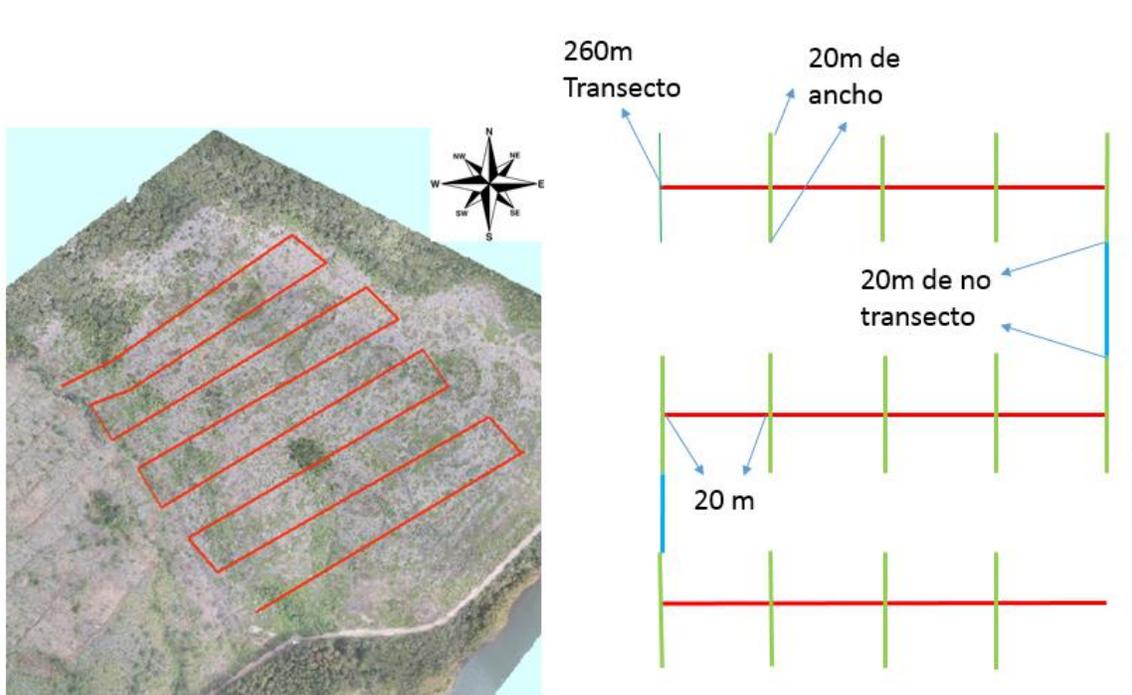


Fig 2: Mapa de transectos.

Análisis de datos

Se calculó el índice cuantitativo de afinidad Morisita-Horn para las 59 parcelas con datos de cobertura y riqueza. Estos índices están basados en grados de afinidad según Ramírez (2006) (**Tabla 1**). El dendrograma de Morisita – Horn con valores de cobertura revelaron los tres (3) clúster más representativos. Posteriormente, con los tres clúster se realizaron los análisis de diversidad y dominancia de las especies a través de índices de Shannon y Simpson. Por último, para evidenciar la ubicación de las comunidades en el sector Laureles se utilizaron las más representativas que revelaron los dendrogramas de Morisita-Horn y por medio del Arcgis 10.5 se obtuvo un mapa de Laureles con la distribución de cada comunidad (Mark y Dale 2004).

Tabla 1: Grados de Afinidad de comunidades para evaluar dendrogramas.

Afinidad	Comunidad
0 – 0.5	Diferentes
>0.5 – 0.65	Similitud dudosa
>0.65- 0.8	Semejantes
0.8	Iguales

(Ramírez, 2006)

Resultados

Composición florística

Se identificaron 32 especies, 27 géneros de 19 familias. La familia más diversa fue Compositae (7 especies), seguida por Hypericaceae (3 especies), Poaceae (3) y Rosaceae (3) (**Anexo 4**).

Forma de vida

Hierbas fue la forma de vida más representativa con un 42% de quince especies. El menor valor, rosetas acaules y rosetas caulescentes con 7 % en dos especies. (**Fig 3**).

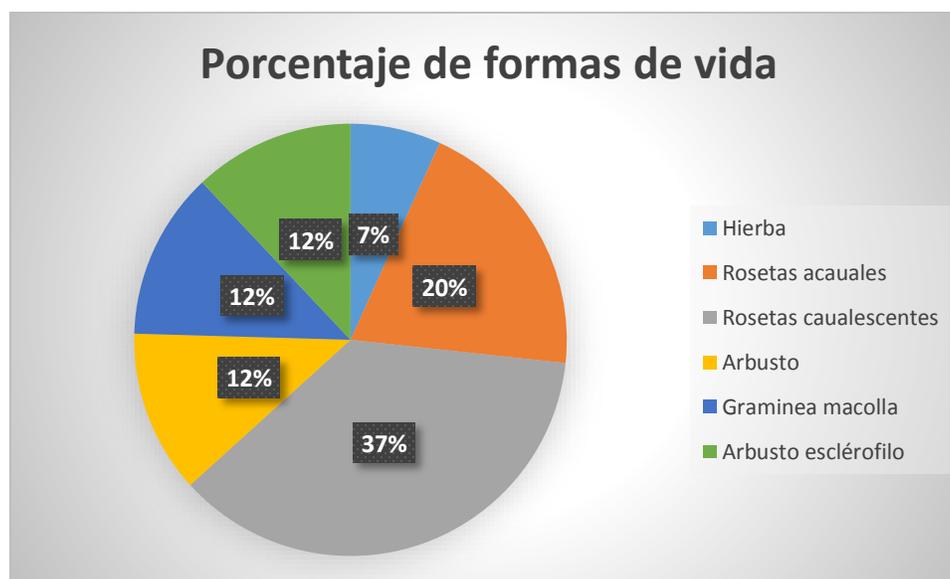


Fig 3: Porcentajes de formas de vida.

Índice cuantitativo de afinidad Mosirita-Horn de acuerdo con la Cobertura

El dendrograma de Morisita - Horn con las 59 parcelas y los datos de cobertura, evidenció 9 clúster en el corte de 0.45, de acuerdo con Ramírez (2006) este grado de similitud es diferente (**Fig 4**). De los nueve clúster se seleccionaron solo tres, esta selección se obtuvo de acuerdo a cuatro criterios: 1) Los clústers tienen que estar representados por una especie que tenga altos valores de cobertura. 2) Los clústers tienen más de 4 muestras compartidas. 3) Los clústers se componen de más del 50% de especies compartidas. 4) Los clústers poseen al menos una especie compartida por todas las muestras como: 1) *E. argentea* con el 50% de especies compartidas y se agrupan once muestras. 2) *H. juniperinum* con el 70% de especies semejantes y se unen catorce muestras. 3) *P. columbiensis* con el 50% de especies compartidas y se agrupan doce muestras. Los clúster que no se tuvieron en cuenta por tener menos muestras semejantes y menos del 50% de especies compartidas son: 10) *Carex flava* comparten 60% especies, pero solo agrupa dos muestras, 6) *Hypericum mexicanum* y 11) *Espeletia corymbosa* asemejan el 40% y solo une tres muestras, 3) *Achyrocline satureoides* comparten el 30% de especies, pero solo agrupa tres muestras, 1) *Calamagrostis sp* comparten el 20% de especies y tiene dos muestras agrupadas, 8) *Puya sp*, 9) *Holcus lanatus*, 12) *Rhynchospora macrochaeta*, 13) *Carex pichinchensis*, 14) *Geranium sibbaldioides* solo tiene una muestra (**Tabla 2**). Por medio de los clústers más importantes como el 1, 2 y 3, se definieron como comunidades debido a la composición, cobertura y a las interacciones con varias especies (**Tabla3**) (Van der Hammen y Rangel 1997; Bernal 2018).

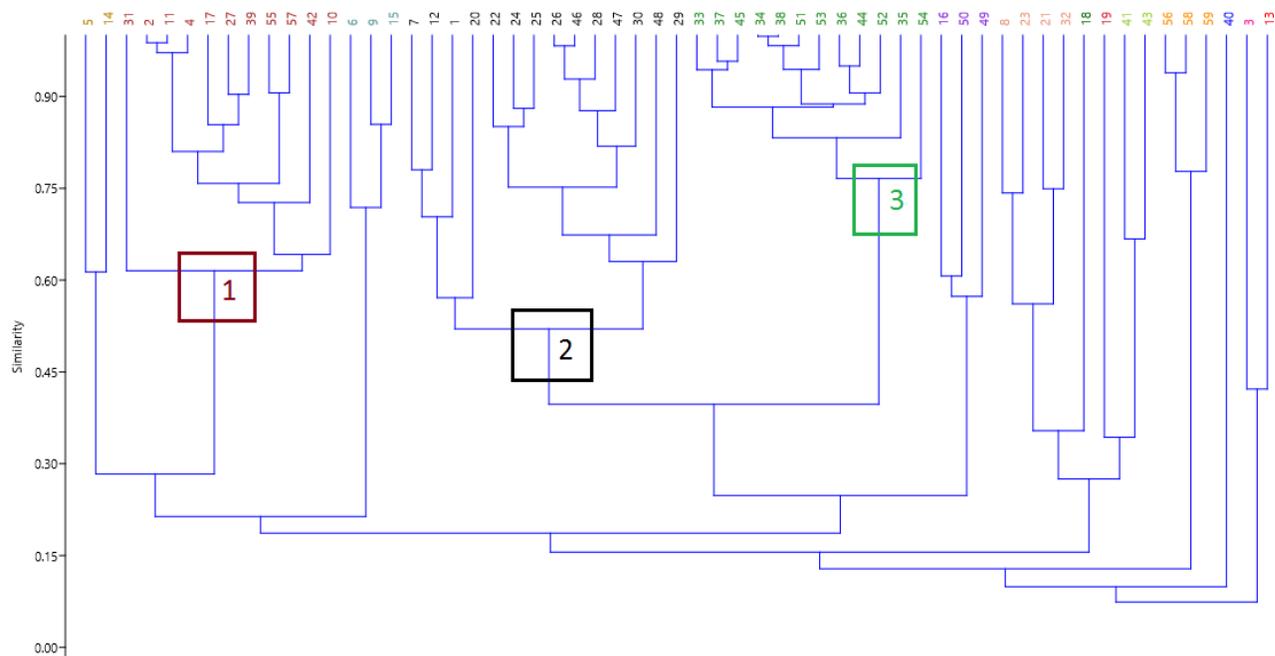


Fig 4: Dendrograma de Morisita Horn con valores de cobertura. Se escogió el grado de afinidad de 0.45 y podemos evidenciar 9 clúster.

Tabla 2: Comunidades semejantes

Comunidades	Especies compartidas	Especies no compartidas
<i>Espeletia argentea</i>	<i>Espeletia argentea</i> <i>Hypericum juniperinum</i> <i>Carex flava</i>	<i>Hypericum mexicanum</i> <i>Espeletia corymbosa</i> <i>Oxalis corniculata</i>
<i>Hypericum juniperinum</i>	<i>Hypericum juniperinum</i> <i>Paepalanthus columbiensis</i> <i>Carex flava</i> <i>Geranium sibbaldioides</i>	<i>Hypericum strictum</i> <i>Digitalis purpurea</i> <i>Carex pichinchensis</i>
<i>Paepalanthus columbiensis</i>	<i>Paepalanthus columbiensis</i> <i>Carex flava</i> <i>Hypericum mexicanum</i>	<i>Solanum nigrum</i> <i>Salvia palifolia</i> <i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>

Tabla 3: Comunidades más representativas.

Clúster	Comunidades	Muestras	Coberturas altas	Especies compartidas
1	<i>Espeletia argentea</i>	11	168	3 especies - 50%
3	<i>Paepalanthus columbiensis</i>	12	140	3 especies – 50%
2	<i>Hypericum juniperinum</i>	14	82	4 especies – 70%

Las once comunidades elegidas en el muestreo por los altos valores de frecuencia y abundancia son: 1) Heterogénea, 2) *Espeletia argentea*, 3) *Paepalanthus columbiensis*, 4) *Calamagrostis sp*, 5) *Viola humilis*, 6) *Achyrocline saturoioides*, 7) *Hypericum juniperinum*, 8) *Geranium sibbaldioides*, 9) *Hypericum mexicanum*, 10) *Carex flava*, 11) *Espeletia corymbosa*. Comparadas las once comunidades con los 9 clústers, el índice de Morista- Horn con valores de cobertura comparten 8 comunidades, las comunidades más parecidas en un 80% en términos de parcelas agrupadas son: *E. argentea*, *A. saturoioides*, *P. columbiensis* y *E. corymbosa*.

Índices de diversidad y dominancia

De acuerdo con el dendrograma de Morisita- Horn con valores de cobertura, los clúster hallados por este dendrograma que presentaron mayor afinidad, se les realizó los índices de diversidad: 1) *Espeletia argentea*, 2) *Hypericum juniperinum* y 3) *Paepalanthus columbiensis*. Los índices para estos tres clúster fueron: Shannon la diversidad dio $\alpha = 1.60$ y según el índice de dominancia $D = 0.66$, lo que quiere decir una baja diversidad y una alta dominancia (**Tabla 4**).

Tabla 4: Índice de diversidad.

Índice de diversidad	Comunidad <i>Espeletia argentea</i>	Comunidad <i>Hypericum juniperinum</i>	Comunidad <i>Paepalanthus columbiensis</i>
Shannon	1.60	1.358	1.383
Simpson	0.66	0.6578	0.624

Ubicación de comunidades de páramo

De las nueve comunidades arrojadas por el índice de Morisita – Horn, la comunidad que tuvo mayor número de parcelas fue: *Hypericum juniperinum* (14 parcelas) y las menores con *Calamagrostis sp* y *Carex flava* con 2 parcelas (**Tabla 5**). La ubicación de las comunidades más representativas se revela en la (**Fig 6**).

Para determinar la ubicación, se eligió las comunidades arrojadas por el índice de Morisita – Horn, como la comunidad *H. juniperinum* con catorce parcelas, estas parcelas estuvieron ubicadas en la parte superior del bosque. La comunidad *P. columbiensis* con

doce parcelas, se encuentra en la parte media, inferior del sector Laureles cerca de la carretera hacia el occidente. La comunidad *E. argentea* tiene once parcelas de las cuales se localizan en la parte superior oriental del sector Laureles. Finalmente las comunidades que no fueron elegidas por tener menos de cuatro parcelas son: *A. satureoides*, *E. corymbosa*, *H. mexicanum*, *V. humilis*, *C. flava*, *Puya sp*, *H. lanatus*, *C. pichinchensis*, *G. sibbaldioides* y *Calamagrostis sp*.

Tabla 5: Comunidades de vegetación de páramo

Comunidades	Número de Parcelas
<i>Hypericum juniperinum</i>	14 parcelas
<i>Paepalanthus columbiensis</i>	12 parcelas
<i>Espeletia argentea</i>	11 parcelas
<i>Viola humilis</i>	4 parcelas
<i>Achyrocline satureioides</i>	3 parcelas
<i>Hypericum mexicanum</i>	3 parcelas
<i>Espeletia corymbosa</i>	3 parcelas
<i>Calamagrostis sp</i>	2 parcelas
<i>Carex flava</i>	2 parcelas

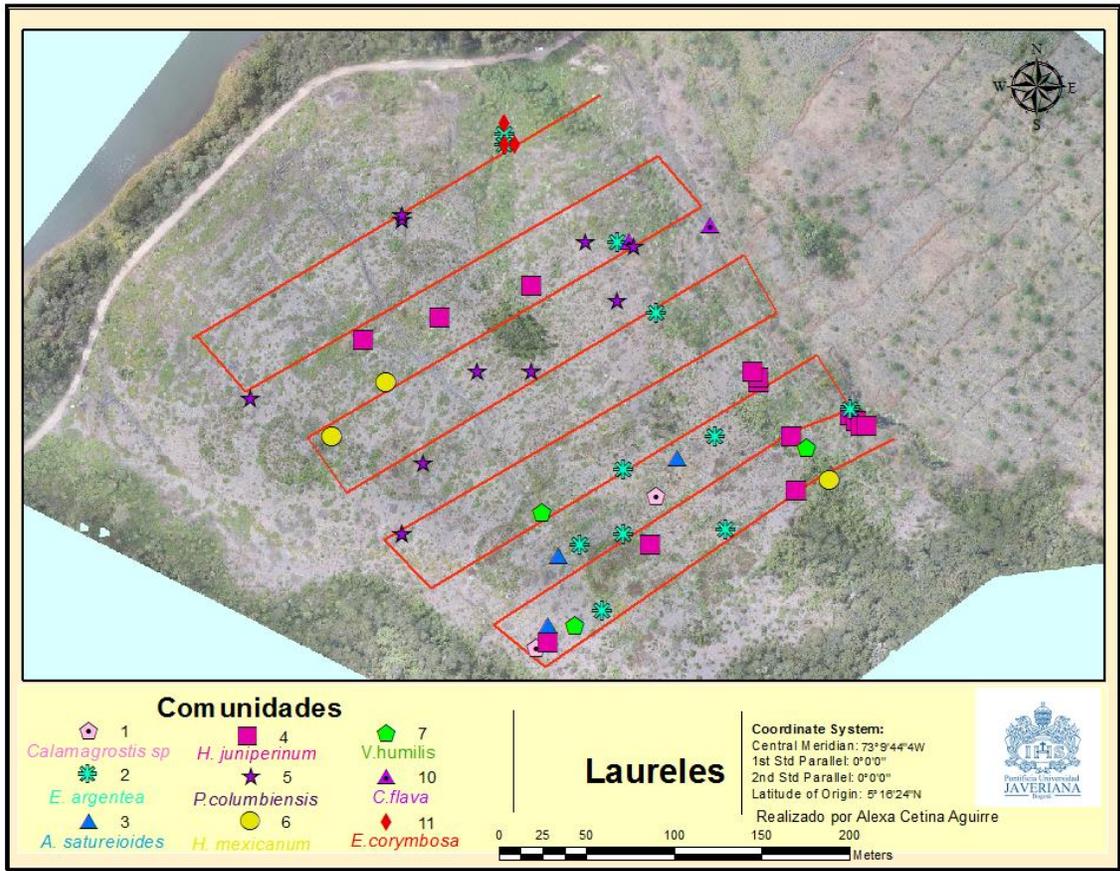


Fig 5: Ubicación de las comunidades.

Discusión

En las comunidades seleccionadas en el presente trabajo, las familias más representativas fueron: Compositae, Hypericaceae, Cyperaceae y Poaceae. La familia Compositae está conformada por especies que se caracterizan por ser dispersadas gracias al viento y por ello pueden trasladarse a largas distancias (Vargas y Pérez 2014). En esta familia se encuentran especies como *E. argentea* y *E. corymbosa*. Debido a la forma de las hojas en forma de roseta y las hojas muertas permite el establecimiento de otras especies como artrópodos y herpetos, estas plantas son importantes porque en un proceso de restauración brindan microecosistemas para otras especies (Rivera 2001).

En el caso de la familia Hypericaceae los arbustos tiene gran potencial regenerativo, lo que quiere decir que ante un disturbio en su hábitat tiene la capacidad de renovarse (Crockett et al. 2010). Las familias como Cyperaceae y Poaceae tienen un rápido crecimiento y son dispersadas por el viento (Vargas 1997). Las especies de esta familia como las macollas tienen una buena capacidad de captar humedad que genera mayor actividad para los microorganismos descomponedores. Esto ocasiona la liberación de nutrientes lentamente al suelo (Rivera 2001).

Las especies: *Hypochaeris radicata*, *Paepalanthus columbiensis*, *Rumex acetosella*, *Lachemilla sp*, *Geranium sibbaldioides*, y las de la familia Cyperaceae son pioneras en áreas disturbadas con un banco de semillas pseudo-persistente, lo que se deduce que las semillas de estas especies se dispersan todo el año (Vargas y Pérez 2014).

Las especies: *Espeletia argentea* y *Hypericum juniperinum* son bioindicadoras de suelos altamente perturbados, debido a que estas, se instauran en lugares que han tenido algún

tipo de perturbación antrópica como agricultura, quema, ganadería y tala de bosque altoandino (Hernández 1997; Crockett et al. 2010).

En las tres comunidades seleccionadas por el índice de Morisita – Horn con valores de cobertura, se encontró que comparten una especie llamada *Carex flava*, esta especie pertenece a la familia Cyperaceae. Esta familia le aporta al predio en restauración biomasa que sirve de refugio y alimento para los organismos que se encuentran en esta área (Jiménez 2017).

La forma de vida más predominante en las comunidades seleccionadas fueron las hierbas, de acuerdo con la investigación de Jaimes y Sarmiento (2002) realizada en una área de páramo disturbada por actividades agrícolas, en donde plantean un modelo sucesional basando en los tipos de formas de vida y según este modelo propuesto en el sector Laureles después de tres años de la tala se encuentra en una sucesión inicial.

Por otra parte, la presencia de estas especies pioneras probablemente no afecten la trayectoria sucesional hacia el bosque altoandino, ya que en las zonas aledañas a estas se encuentran especies tardías de bosque altoandino que fueron plantadas en las estrategias restauración y también que se han ido colonizando desde el bosque, probablemente estas especies tardías reemplacen a la vegetación pionera que de acuerdo con Chazdon (2014), estas plantas tardías de bosque pueden generar una cantidad de sombra intolerable para la vegetación pionera que finalmente serán reemplazada.

La vegetación de páramo hallada proporciona al sector laureles acumulación de materia orgánica, atrae también dispersores de semillas, ocasionando mecanismos facilitadores para las especies de sucesión tardía de bosque altoandino (Chazdon et al. 2014). Esta

vegetación de páramo presente en el sector Laureles concuerda con las altitudes de la zona de transición de bosque alto andino – páramo, por lo que especies de subpáramo y páramo propiamente dicho pueden colonizar (Vargas y Pérez 2014). La mayoría de la vegetación hallada son especies heliófilas y con alta capacidad de colonización de áreas disturbadas (Hernández 1997). La presencia de vegetación de páramo se puede explicar desde sus requerimientos ambientales de suelos de páramo con: bajos contenido de calcio y magnesio, pH ácido y alto contenido de materia orgánica (Vásquez y Buitrago 2011). En el sector Laureles, se reportó un bajo contenido de calcio (Ca = 0.08 kg/mol) y magnesio (cmol(+)/kg) 0.15, pH muy ácido = 3.85, alto de carbono orgánico 27.11 % y aluminio 10.61 kg/mol (Barrera et al. 2015). Lo que se interpreta que el sector Laureles tiene condiciones físico químicas muy similares a las del suelo de páramo.

Conclusión

Las especies más importantes fueron *E. argentea*, *H. junipericum*, *P. columbiensis*, *A. satuireioides*, *H. mexicanum*, *Calamagrostis sp* y *Ericaceae sp*, debido a su abundancia. En la etapa sucesional que evidenciaron estas especies de páramo a través de las de las formas de vida fue una sucesión secundaria inicial. La ubicación más repetitiva en términos de parcelas fue la comunidad *H.juniperinum*. Esta vegetación de páramo proporciona disponibilidad de nutrientes necesarios para la llegada de especies de sucesión tardía de bosque alto andino. Las comunidades de páramo presentes en el sector Laureles no van afectar la trayectoria sucesional hacia un bosque altoandino.

Bibliografía

- Barrera, J., Basto, S., Rubio, J., Moreno, C., Santos, D., Tulande. E. (2015). Restauración ecológica de áreas post-tala de especies exóticas en el parque forestal embalse de Neusa y caracterización de especies invasoras en la jurisdicción CAR (Cundinamarca - Colombia). Convenio de asociación No. 01219. Cutler, N. A.
- Bernal, M. (2018). La academia de Colombia de ciencias exactas Físicas y Naturales y la fundación de desarrollo y ambiente. FUNDA.
- Bueno, A y Llambí L. (2015). Facilitation and edge effects influence vegetation generation in old-fields at the tropical Andean forest line. 18. 613-623.
- Crockett. S, Eberhardt. M, Kunert. O, Schuhly. W. (2010). Especies de *Hypericum* en los páramos de América Central y del Sur: un enfoque especial sobre *H. irazuense* kuntze ex N. Robson. Europe PMC funders group.
- Chaparro, J., Chaparro, N. (2012). Beneficios del Ecosistema Páramo, organizaciones y políticas de conservación. Aproximaciones al páramo El consuelo del municipio de Cerinza, Boyacá. Desarrollo, Economía y Sociedad Vol.1- Núm. 1, Enero – Diciembre.
- Charles, D y Bonham. (2013). Measurements for terrestrial vegetation. Second Edition. Wiley – Blackwell.
- Chazdon, R. (2014). Second growth: The promise of tropical forest regeneration in an age of deforestation. The University of Chicago press. Chicago and London.

- Duarte, B y Parra, S. (2015). Plantas del páramo y sus usos para el buen vivir: páramos de Guerrero y Rabanal. En: Instituto Alexander von Humboldt (Ed). Buen vivir y usos de biodiversidad vegetal en comunidades campesinas de los páramos de Guerrero y Rabanal. (Vol. II, 60 p.). Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- García, L y Matallana, W. (2016). Recopilación del estado actual y usos del agua del embalse del Neusa, Cundinamarca. Universidad distrital francisco José de caldas. Facultad de medio ambiente y servicios naturales. Bogotá.
- García, N., Vargas, O., Figueroa, Y. (2006). Los cerros de Bogotá y su flora. El acueducto de Bogotá, sus reservas y su gestión ambiental.
- Hernández, C. (1997). Comentarios preliminares sobre la paramización en los andes de Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales. 42-47.
- Hedberg, I. y O. Hedberg. 1979. Tropical-alpine life-forms of vascular plants. *Oikos* 33: 297-307.
- Jaimes, V., y Sarmiento, L. (2002). Recovery of paramo vegetation after agriculture disturbance in the Eastern Colombia Cordillera *Ecotropicos* 15 (1): 61- 74.
- Jefferes, E., Michael, B., Bonsall, C., Froyd, S., Brooks and Willis, K. (2015). The relative importance of biotic and abiotic processes for structuring plant communities through time. *Journal of Ecology*. 103, 459-472.
- Jiménez, M, P. (2017). Keep cool and Carex on. The plant press. Department of botany and the U.S. National Herbarium. Smithsonian. National Museum of natural History.

- Llambí, L. (2015). Estructura, diversidad y dinámica de la vegetación en el ecotono bosque – páramo: revisión de la evidencia de la cordillera de Mérida. Acta biológica Colombia, Vol 20. Pag 5-19. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología.
- Marín, C., y Parra, S. (2015). Bitácora de flora: Guía visual de plantas de páramos en Colombia. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Mark, R., y Dale. (2004). Point patterns. Spatial pattern analysis in plant ecology. Cambridge studies in ecology. Canada.
- Montenegro, A., y Vargas, O. (2008). Caracterización de bordes de bosque altoandino e implicaciones para la restauración ecológica en la reserva forestal de Cogua (Colombia). Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia.
- Nathan J, Kraft, David, D y Ackerly (2014). Assembly of plant Communities. Ecology and the environment. The plant sciences 8.
- Ramírez, A. (2006). Ecología: Métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades. Editorial Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.
- Rivera, O., D. (2001). Páramos de Colombia. Bogotá: Colección Ecológica del Banco.
- Sarmiento, C., y León, O. (2015). Transición bosque-páramo. Bases conceptuales y métodos para su identificación en los Andes colombianos. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 156 págs.
- Orlando, R., Petter, D., Lowly, C., Aguilar, M. (1997). Tipos de vegetación en

Colombia. En Van der Hammen y Rangel Orlando. Recuento historico tareas futuras.Colombia diversidad biotica II.Instituto de ciencias naturales. Univerisidad Nacional de Colombia.

- Vargas, O. (1997). Un modelo de sucesión - regeneración de los páramos después de quemas. Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia.Caldasia 19, pg 331–345.
- Vargas, O. (2011). Restauración ecológica. Biodiversidad y Conservación. Acta biológica de Colombia. Grupo de restauración ecológica. Departamento de biología, Universidad Nacional de Caolombia. Pg 221- 246.
- Vargas, O., y Pérez, M., V. (2014). Semillas de plantas de páramo:ecología y métodos de germinación aplicados a la restauración ecológica.Grupo de Restauración Ecológica. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Vásquez, A y Buitrago, C. (2011). El gran libro de los páramos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Proyecto Páramo Andino. Bogotá, D. C. Colombia. 208 pp.
- Velasco, P., y Vargas, O. (2008). Problemática de los bosques altoandinos. Grupo de restauración Ecológica.
- WWF-Colombia (2017). Colombia Viva: un país megadiverso de cara al futuro. Informe 2017. Cali: WWF-Colombia.

Anexos requeridos por la modalidad de Trabajo de grado

ANEXO 1. Manuscrito de acuerdo con restoration ecology

Preparación de manuscritos

Estructure su manuscrito siguiendo las secciones a continuación y consulte las publicaciones recientes de la revista y la Guía de estilo de restauración ecológica para obtener más información y orientación.

Título: hacer uso de la optimización del Search Engine (SEO) ; haga una breve descripción del trabajo e incorpore una frase clave relacionada con su tema; incluya palabras útiles para indexar y recuperar información dentro de los primeros 65 caracteres.

Cabeza para correr: provea un título abreviado (de 3 a 6 palabras).

Autores y direcciones: identifique claramente el autor correspondiente y la dirección de correo electrónico correspondiente; para cada autor, proporcione la dirección completa con código postal o postal y la dirección actual, si corresponde.

Resumen: (<250 palabras; <100 palabras para los Artículos de respuesta y comunicación breve) enuncia los objetivos, los métodos, los resultados principales y las principales conclusiones del trabajo. Usa SEO ; incorpore términos de búsqueda científica populares (p . ej., Google Trends , herramienta de palabras clave de Adwords de Google) que otro investigador pueda buscar para encontrar su artículo; repita sus palabras y frases clave populares 3 a 4 veces en todo el resumen de manera natural y contextual (tenga en cuenta que la repetición excesiva puede resultar en que los motores de búsqueda desindexen tu artículo).

Palabras clave: utilice SEO para enumerar alfabéticamente de 5 a 8 palabras clave útiles para la indexación y recuperación de información. Incluya las palabras y frases clave que repitió en el resumen, pero no duplique las palabras en el título.

Texto principal: Investigación, contratiempos y sorpresas, y artículos técnicos deben organizarse como: Introducción, Métodos, Resultados, Discusión - otros tipos de artículos pueden usar una estructura más flexible. Considere el uso de subtítulos para mejorar la legibilidad y el flujo; incorpore sus palabras y frases clave populares en estos subtítulos, según corresponda. Cita únicamente las referencias más pertinentes.

Agradecimientos: otorgue brevemente crédito a otras personas que hayan hecho una contribución al estudio y enumere todos los números de donaciones relevantes.

Literatura citada: siga los ejemplos a continuación a fondo. Solo incluye artículos que han sido publicados o están 'en prensa'. La citación de tesis, informes e información basada en la web solo es aceptable cuando no hay otra fuente de información disponible y se deben proporcionar las URL.

Ilustraciones: deben incluirse al final del documento principal, después de las referencias: primeras tablas, luego leyendas y figuras. Todas las ilustraciones, incluidas las letras, deben ser capaces de realizar reducciones del 66 al 50% sin pérdida de claridad o legibilidad. Las tablas, figuras y leyendas deben ser despejadas y autoexplicativas. Todas las abreviaturas y términos exclusivos de su artículo deben definirse en el título; No es necesario definir notaciones estadísticas comunes. Incluya significación estadística directamente en tablas y figuras siempre que sea posible. Visita las instrucciones sobre cómo preparar las ilustraciones para más detalle.

Anexo 2. Marco teórico extendido

Problema de investigación

En Colombia dos de los ecosistemas andinos más importantes son el páramo y el bosque altoandino, el primero localizado entre los 3.300 a 4.800 metros sobre el nivel del mar (msnm) y el segundo desde los 2.800 hasta 3.800 msnm (Sarmiento et al. 2015). El bosque altoandino se han presentado grandes impactos, por medio de las colonizaciones irregulares de la población humana, cambios demográficos, sistemas de producción agropecuaria y plantaciones forestales de especies exóticas que han causado modificaciones importantes en el tiempo y en el espacio a los ecosistemas andinos (WWF 2017). Estas transformaciones antrópicas que han causado cambio del uso del suelo como agricultura, ganadería y plantaciones forestales (Velasco y Vargas 2008). En el bosque altoandino donde se han abandonado estas actividades agropecuarias y forestales, se han reportado la colonización de vegetación de páramo (Hernández 1997). Han originado la llegada de especies de páramo como es el caso del sector Laureles en el Parque forestal embalse de Neusa (Echeverry 2018). El sector Laureles se ubica entre desde los 2900 a 3200 msnm y según Hernández (1997) algunas especies de páramo pueden ocupar áreas desde los 3000 msnm o menores altitudes. Sin embargo las sucesiones secundarias de bosque altoandino se han desarrollado con especies de este mismo ecosistema, pero lo que no se sabía era que naturalmente especies de páramo podrían colonizar áreas disturbadas de bosque altoandino (Barrera et al. 2015). El establecimiento de vegetación de páramo se debe a que en este sector Laureles encuentran espacios desprovistos de vegetación con una alta radiación solar y cambios de temperatura drásticos (Velasco y Vargas 2008).

Justificación:

El establecimiento de estas especies vegetales de páramo, generan acumulación de materia orgánica, atraen animales dispersores de semillas y ayudan a la producción de suelo (Facelli y Pickett 1991 citado en Bueno y Llambí 2015). La colonización de especies de páramo refleja un sucesión secundaria inicial, la cual proporciona mecanismos facilitadores para las especies de sucesión tardía de bosque altoandino (Chazdon et al. 2014). Debido a que este ensamble de vegetación de páramo permite comprender la ubicación de las especies de páramo en forma de agregados y estos agregados de especies de páramo que se evidencia de forma natural, podrán ser replicados como arreglos florísticos en otras áreas de bosque alto andino. No se han reportado investigaciones de especies de páramo en áreas disturbadas de bosque alto andino, por lo que este trabajo se desarrolló, para determinar los agregados de comunidades de páramo y la ubicación de estas comunidades.

Marco Teórico

Disturbio Antrópicos

Es la alteración de la estructura de una población, comunidad o ecosistema, la cual afecta su estabilidad ocasionando cambios en los recursos, disponibilidad del sustrato o el entorno físico (White y Pickett 1985, citado en Corrado et al. 2016). Los disturbios pueden ser biológicos o por el ser humano, este último es debido a la obtención de recursos naturales (Hofstede 2002). Un ejemplo de la definición de disturbio anteriormente dada, es la de la región andina que se originó por la llegada de una gran población que trajo consigo la disminución del bosque alto andino en 5,3 millones de hectáreas en el período entre 1990 -2015. Esta disminución se debe al cambio de uso del suelo, como por ejemplo plantaciones forestales, agricultura y ganadería como los principales usos del suelo en esta región (WWF 2017). Debido al cambio de cobertura de Bosque alto andino por agricultura y pastoreo, según (Linares y Vargas 2008) esta transformación causa aumento de temperatura del suelo dado que estas coberturas, presentan alta radiación solar, generando una disminución en nutrientes, pH, compactación del suelo, pérdida de materia orgánica y afectación a la capacidad de infiltración. Estos disturbios ocasionan también pérdida de hábitat y fragmentación. El ecosistema andino es uno de los más fragmentados en Colombia esto genera grandes reducciones de bosques y la interrupción de flujos de energía y ciclos de materia (Linares y Vargas 2008).

Plantaciones forestales

Las actividades forestales en Colombia se evidenciaron desde el año 1998, debido al plan verde que tenía como objetivo fomentar la reforestación de áreas degradadas. Las especies más frecuentes para plantaciones forestales en Colombia son *Pinus patula*, *Pinus radiata*, *Pinus oocarpa* y *Pinus caribaea*, *Acacia spp*, *Cupressus lusitancia*, *Fraxinus chinensis* y *Eucalyptus spp* (Donald et al. 2013). En la región andina esta actividad es usual en la transición bosque alto andino – páramo en altitudes aproximadas entre 3000 – 4000 msnm, debido a que son zonas hay menos competencia por tierras agrícolas (Hofstede et al. 2002). Los impactos de estas plantaciones forestales son erosión, absorción de gran cantidad de agua, lo que puede generar desecación en el área plantada (Aguilar y Arrau 1995) Otro impacto evidente en las plantaciones forestales de *Pinus patula* son la acumulación de acículas en el suelo, estas son resistentes a la descomposición de microorganismos, lo que provoca la inmovilización de nutrientes, cambiando el proceso de descomposición y formación de suelo; también esta plantación tiene altos contenidos de resinas y fenoles lo que genera gran cantidad de material inflamable, lo que puede ocasionar incendios (Vargas 2011).

3.4 Ensamble de Comunidades

Es un proceso que inicia con la dispersión de semillas desde su lugar de nacimiento hacia donde se establecerán las especies de plantas, esta dispersión se puede llevar a cabo por el viento (especies anemócoras) o por animales (epizoocoria o zoocoria) (Nathan et al. 2014). El establecimiento de las semillas está regido por características abióticas (temperatura, radiación, humedad) y bióticas (interacciones de especies como la competencia, depredación y mutualismo) (Zuluaga 2015). Después de este filtrado

ambiental, las especies que lograron establecer, se relacionan con otras especies, lo que origina la creación de comunidades. La interacción de las especies dentro de las comunidades puede generar procesos de facilitación como lo son protección frente al clima o brindar recursos (Butterfield 2009 citado en Jeffers et al. 2015). Estas interacciones de diversas especies permite dar identidad a las comunidades en términos de la forma y abundancia de las especies (Nathan et al. 2014). Las comunidades están definidas en términos de su composición, esta composición puede enfocarse por las jerarquías de asociaciones de fidelidad de especies o en la dominancia de especies que tengas una mayor biomasa en la comunidad (Van der Hammen y Rangel 1997; Bernal 2018).

3.2 Sucesión vegetal

Es un proceso gradual de las comunidades de plantas que se origina después de una perturbación, esto ocurre a través del tiempo. Este proceso continuo, modifica el establecimiento de las plantas, debido a las condiciones bióticas y abióticas, que se encuentran en su entorno (Michael y Crawley 1997). La sucesión puede tener una trayectoria direccional o lineal, la cual culmina en un clímax según (Clements 1919 citado en Lawrence y Roger 2003), también puede ser estocástica y con varios clímax de acuerdo con (Gleason 1917). La dirección de la trayectoria depende la historia de disturbios en la zona en donde se encuentre (Norman y Christensen 2014). Las primeras etapas de sucesión son la primaria y secundaria.

La sucesión primaria o mejor conocida como pionera, colonizan especies tolerantes a la radiación solar, las formas de vida más abundante que se ubican en esta etapa son hierbas o arbustos. Estas especies solo duran los primeros años, por que más adelante surgen especies de dosel, logrando cambiar su ambiente, por lo que ocasiona que migren a otras áreas abiertas (Chazdon et al. 2014). La sucesión secundaria es el reemplazo de plantas pequeñas de vida corta por plantas grandes de vida larga, también la sucesión secundaria está compuesta por los bancos de semillas enterrados en el suelo y por la lluvia de semillas. No obstante, el banco de semillas es más sencillo desarrollarse en áreas con una intensidad baja de disturbio. En el caso de la lluvia de semillas, la posibilidad de colonizar es baja para especies donde la fuente de semillas es muy distante (Manuel et al. 2002). El final de la sucesión es el desarrollo lento de los árboles para que puedan llegar a su madurez, en esta etapa no se observa especies pioneras (Chazdon et al. 2014).

3.3 Páramo:

Es un ecosistema de alta montaña, ubicado entre el límite superior del bosque alto andino y límite inferior con los glaciares o nieves perpetuas, en el cual domina vegetación herbácea y pajonales (Sarmiento 2013). Este ecosistema se sitúa en la alta montaña, se localiza aproximadamente entre los 3.300 y 4.800 msnm (Sarmiento y León 2015). Las temperaturas en el páramo, varían en el día con una fuerte radiación solar con temperaturas de hasta 30°C y la noche con un intenso frío con temperaturas que puede llegar a los 0°C (Vásquez 2011). Debido a los cambios ambientales tan drásticos que se observan en este ecosistema, podemos observar distintos tipos de estrés a los cuales se somete la vegetación de páramo: estrés térmico, estrés mecánico y el estrés hídrico (Sarmiento y León 2015). A causa de estos distintos tipos de estrés, la vegetación de

páramo reflejan una adaptación importante como son las plantas en forma de roseta, arbustos achaparrados, arbustos rastreros, la mayoría de estas plantas presenta áreas foliares reducidas, hojas suculentas, con presencia de pubescencia densa; la gran mayoría de hojas de especies vegetales, tiene distintas formas y tamaños (Cabrera y Ramírez 2014). Las plantas de páramo tienen distintas formas de crecimiento como son en hierbas, rosetas acaules, rosetas caulescentes, arbustos, bejucos, palmas y árboles (Marín y Parra 2015). La dispersión de plantas de páramo se da principalmente por animales (zoocoria), las partes de superpáramo domina la dispersión por viento (anemocoria), adaptaciones para la dispersión por animales (epizoocoria) y por agua (hidrocoria) (Rangel 2000). Debido a los cambios altitudinales de este ecosistema y el cambio de vegetación a lo largo de los gradientes altitudinales, se decidió plantear una subdivisión del páramo como el superpáramo dominado por pajonales, páramo propiamente dicho en su mayoría contiene arbustos - pajonales y subpáramo contiene herbáceas, arbustos y árboles (Morales et al. 2007). El subpáramo se encuentra con la transición entre el bosque alto andino y el páramo (ZTBP), esta unión de los dos ecosistemas genera una gran diversidad de especies y brinda importantes servicios ecosistémicos (Chaparro y Chaparro 2012).

Antecedentes

Antecedentes temáticos

Como antecedentes temáticos acerca de la llegada de especies de páramo en áreas que han tenido una historia de disturbio en zonas de transición de bosque - páramo (ZTBP). El estudio de Montenegro y Vargas (2008) evidencia que en la reserva forestal de Cogua (Colombia) constituida por el ecosistema de bosque alto andino. Realizaron un estudio de regeneración natural de especies de bosque altoandino en zonas con una historia de disturbio de agricultura y ganadería. En las áreas donde hallaron vegetación de páramo presentan abandono de seis y nueve años, estos lugares no presentan regeneración avanzada.

Además esta zona se ubica en una cima de una montaña donde se manifiestan fuertes vientos, bajas temperaturas y un microambiente seco. Otro estudio que reporta la llegada de especies de páramo es el de Duque (2008), el cual indica que en áreas donde se halló un régimen de disturbio de incendios y cambio de uso del suelo por actividades agrícolas con un abandono de 33 años, no se originó indicios de regeneración de bosque altoandino si no presencia de vegetación de páramo.

En cuanto a la composición florística de especies de páramo. Avella et al (2014), comparte que en el páramo de monquentiva Cundinamarca (Colombia), en espacios que fueron alterados por acciones antrópicas como quema y pastoreos de hace 15 años se observó especies como *Arcytophyllum nitidum*, *Espeletia argentea* y *Geranium sibbaldioides*. También en el trabajo de Premauer y Vargas (2004) en el páramo de bambú en el Parque Nacional Natural Chingaza, trabajaron en una finca donde se desarrollaba quemadas para uso pecuario. En este predio evidenciaron sitios con disturbios bajos en cual hallaron especies como *Hypericum juniperinum*, *Geranium sibbaldioides* y *Rhynchospora macrochaeta*.

Antecedentes de contexto:

En cuanto al área de estudio el sector Laureles, Barrera et al. (2015) cuenta el régimen de disturbio por agricultura, ganadería y el más reciente el cual fue la tala de *Pinus patula Schiede ex Schltdl. & Cham.* Esta plantación de *Pinus patula Schiede ex Schltdl. & Cham.* duró 8 meses, la tala se realizó en 2009 aproximadamente 9 años. El sector Laureles quedó con espacios cubiertos de acículas y otras zonas con suelo descubierto. También en este mismo sector se desarrolla un proceso de restauración como alternativa para la regeneración del Bosque nativo, por medio de la recuperación del suelo y el establecimiento de plantas nativas. Este proceso se desarrolla con la siembra de especies nativas, se elabora con una estrategia de nucleación a través de la implementación de agregados, controles sin plantación y zonas abiertas, que permitan acelerar la regeneración natural en toda el área (Barrera et al. 2015).

Bibliografía

- Avella. A., Torres. S., Gómez, W., Pardo, M. (2014). Los páramos y bosques altoandino del pantano de Monquentiva o pantano de Martos (Guatavita, Cundinamarca, Colombia): caracterización ecológica y estado de conservación. *Biota Colombiana*. 15.
- Aguilar, J. G., y Arrau, A, I. (1995). Impacto del manejo de plantaciones sobre el ambiente físico, 16(2), 3–12. Corrado.B, Gianluca.P, Giuliano.F (2016). An introduction to disturbance ecology. A road map for wildlife management and conservation. *Environmental science*. Springer International publishing switzerland.
- Echeverri, L, A (2018). Impacto del Clareo del Helecho Marranero *Pteridium aquilinum* (L). Kuhn sobre el reclutamiento de Plántulas Nativas en el Parque forestal Embalse del Neusa, Cundinamarca. Pontificia Universidad Javeriana.
- Barrera. J., Contreras, S., Garzón, N., Moreno, C. Tulande, E (2015). Manual para la restauración ecológica de los ecosistemas disturbados del distrito capital. Pontificia Universidad Javeriana.
- Bernal, J. (2018). La academia de Colombia de ciencias exactas Físicas y Naturales y la fundación de desarrollo y ambiente. FUNDA.
- Bueno, Andrea y Llambí, L. (2015). Facilitation and edge effects influence vegetation generation in old-fields at the tropical Andean forest line. 18. 613-623.
- Cabrera, M y Ramirez, W. (2014). Restauración ecológica de los páramos de Colombia. Transformación y herramientas para su conservación. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C. Colombia. 296 pp.
- Corrado. B, Poeta. G, Fanelli. G. (2016). An Introduction to disturbance Ecology. A road map for wildlife management and conservation. Springer.
- Chaparro, J., Chaparro, N. (2012). Beneficios del Ecosistema Páramo, organizaciones y políticas de conservación. Aproximaciones al páramo El consuelo del municipio de Cerinza, Boyacá. *Desarrollo, Economía y Sociedad* Vol.1- Núm. 1, Enero – Diciembre.

- Chazdon, Ro. L. (2014). Second growth: The promise of tropical forest regeneration in an age of deforestation. The University of Chicago press. Chicago and London. Chapter 4-7.
- Donald, L., Grebner. P., Bettinger, J, P, Sirvt (2013). Forest regions of the word. Introduction forestry and natural resources. Elsevier Inc.
- Duque, S. (2008). Formación de un corredor de hábitat de un bosque montano alto en un mosaico de páramo en el norte de Ecuador. *Ecología aplicada*. 7(1-2).
- Hernández, C. (1997). Comentarios preliminares sobre la paramización en los andes de Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales. 42-47.
- Hofstede, R., Groenendijk, J. P., Coppus, R., Fehse, C y Sevink, J. (2002). Impact of Pine Plantations on Soils and Vegetation in the Ecuadorian High Andes, 22(2), 159–167.
- Jefferes, E., Michael, B., Bonsall, C., Froyd, S., Brooks and Willis, K. (2015). The relative importance of biotic and abiotic processes for structuring plant communities through time. *Journal of Ecology*. 103, 459-472.
- Lawrence, W y Roger, M. (2003). Primary succession and ecosystem rehabilitation. Cambridge university
- Linares, V, P y Vargas, O. (2008). Problemática de los bosques altoandinos. Estrategias para la restauración ecológica del bosque altoandino.
- Marín, C y Parra, S (2015). Bitácora de flora: Guía visual de plantas en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. 360p.
- Manuel, R, Guariguata, G y Kattan (2002). *Ecología de Bosques Neotropicales*. Libro Universitario Regional.
- Michael, J y Crawley. (1997). *Plant ecology*. Department of biology, imperial college of science, technology and medicine silwood park, Ascot, Berks. Second edition.
- Montenegro, A y Vargas, O. (2008). Atributos vitales de especies leñosas en bordes altoandino de la Reserva Forestal de Cagua (Colombia). Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia.
- Morales, M., Otero, J., Van der Hammen, T., Torres, A., Cadena. C., Rodríguez. N. (2007) Atlas de páramos de Colombia Tomo II. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. 208p.
- Nathan J, Kraft, David, D y Ackerly (2014). Assembly of plant Communities. *Ecology and the environment*. The plant sciences 8.
- Norman, L y Christensen, Jr. (2014). An historical perspective on forest succession and its relevance to ecosystem restoration and conservation practice in North America. *Forest Ecology and Management*. 330: 312-322.
- Premauer, J y Vargas, O. (2004). Patrones de diversidad en vegetación pastoreada y quemada en un páramo húmedo (Parque Nacional Natural Chingaza, Colombia). *Ecotropicos*. 17(1-2):52-66.
- Rangel-Ch, O, J. (2000). Colombia Diversidad Biótica III. La región de vida paramuna Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de ciencias. Instituto de Ciencias Naturales.
- Rangel. O., Petter. D., Lowly, C., Aguilar, M. (1997). Tipos de vegetación en Colombia. En Van der Hammen y Rangel Orlando. Recuento historico tareas

futuras. Colombia diversidad biotica II. Instituto de ciencias naturales. Univerisidad Nacional de Colombia.

- Sarmiento, C., C. Cadena, M. Sarmiento, J. Zapata y O. León. (2013). Aportes a la conversación estratégica de los páramos de Colombia: Actualización de la cartografía de los complejos de páramo a escala 1:100.000. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. Colombia.
- Sarmiento, P, E. y León, M, O. (2015) Transición bosque-páramo: Bases conceptuales y métodos para su identificación en los Andes Colombianos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C.
- Vargas, O. (2011). Restauración ecológica. Biodiversidad y Conservación. Acta biológica de Colombia. Grupo de restauración ecológica. Departamento de biología, Universidad Nacional de Caolombia. Pg 221- 246.
- Vásquez, A., Buitrago, A. (2011) El gran libro de los páramos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Proyecto Páramo Andino. Bogotá, D.C. Colombia. 208 pp.
- Velasco, P y Vargas, O. (2008). Problemática de los bosques altoandinos. Grupo de restauración Ecológica.
- WWF-Colombia (2017). Colombia Viva: un país megadiverso de cara al futuro. Informe 2017. Cali: WWF-Colombia.
- Zuluaga, C., Jaime, G (2015). How ecological communities are structured a review on ecological assembly rules. Revista EIA (Escuela de ingeniería de Antioquía). Pp 27-53. Envigado – Colombia.

Anexo 3. Métodos extendidos

Contexto regional del área de estudio

El área de estudio, se localiza en Cundinamarca entre los municipios de Cogua y Tausa, en el parque forestal embalse del Neusa - sector Laureles $5^{\circ}9'32.88''N$ $73^{\circ}56'27.58''O$. El parque cuenta con 3.300 hectáreas, se ubica a una altura promedio de los 3.000 – 3.300 msnm (Garcia y Matallana 2016).

Con respecto al contexto biofísico, los ecosistemas representativos del Parque Forestal embalse del Neusa son Bosque Alto Andino el área de estudio llamado sector laureles, se encuentra un bosque alto andino con altitudes aproximadas de 2,900 a 3.100 msnm con presencia de especies de páramo (**Fig 6**) (Barrera et al. 2015). Otro ecosistema de gran importancia que se ubica en el parque es el páramo, este ecosistema se ubica alrededor de los 3.300 a 4.800 msnm (Sarmiento y León 2015). El páramo de Neusa se halla en el complejo de guerreo, el cual comprende el sistema de páramos del norte de Cundinamarca, más exactamente en el municipio de Cogua, en el cual se ubica en el parque forestal embalse del Neusa (Morales et al. 2007)



(Duarte, 2017)



Fig 6: Comunidades de páramo presentes en el sector Laureles.

Las actividades principales productivas en áreas adyacentes al embalse son, la agricultura (papa), la ganadería y la minería. Cogua presenta una superficie cultivada de papa de 935 ha, de ganadería de 14.500 ha y explotación minera subterránea es de 17 ha (Morales et al. 2007). Las actividades desarrolladas dentro del embalse de Neusa fue la construcción del mismo que se ejecutó en 1950- 1951, que tuvo como finalidad regular el caudal del río Bogotá, utilizando el agua para el acueducto de la planta de Tibitoc y la generación de energía eléctrica. Para 1961 ya se encuentra 248 ha de plantaciones forestales de Pino (*Pinus radiata*, *Pinus patula*), Eucalipto (*Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus grandis*) Ciprés (*Cupressus lusitanica*) y Acacia (*Acacia decurrens*, *Acacia melanoxylon*) (Bohórquez-fandiño, 2014; García y Matallana 2016).

Materiales y Métodos

Diseño de estudio

Para este trabajo, el tipo de muestreo que se empleo fue preferencial, el cual permitía detectar variaciones espaciales (Ramírez 1995). Se realizaron ocho transectos 260 m en forma línea recta con intervalos de no transecto de 20m cada uno, los cuales iniciaron desde la parte superior cerca del bosque y hacia la parte inferior a la carretera, este recorrido se hizo de norte a sur, este trayecto de 260m se ejecutó con un decámetro (**Fig 6**) (Mostacedo y Freericken 2000). A lo largo de cada transecto, se ejecutó una pausa cada 20m, en esta pausa se recorrió 10 m alado derecho y 10m alado izquierdo. Con el fin de detectar las comunidades presentes en 12.6 ha del sector Laureles. Dentro de cada transecta, se fijó una parcela pequeña de 2m² hecha de tubos de PBC, esta parcela se ubicaba donde se hallara la comunidad. En cada parcela se obtuvo la composición de especies, la frecuencia, cobertura y la posición geográfica; la cobertura se estimó por un cuadrante 2m² con una cuadrícula de 200 y cada cuadrícula tenía 10cm² (Ramírez 2006). Para este cuadrante se utilizó tubos de PBC e hilo grueso para los cuadrantes pequeños (**Fig 7**).

Métodos de Recolección de datos

En la fase de campo, se registró la vegetación presente, se tomó el nombre de la especie, frecuencia y la cobertura. Esto se realizó con formatos los cuales tenían el número (#) de transecto, # de parcela, Especies, Frecuencia, Cobertura, coordenadas geográficas y foto (Sarmiento y león 2015).

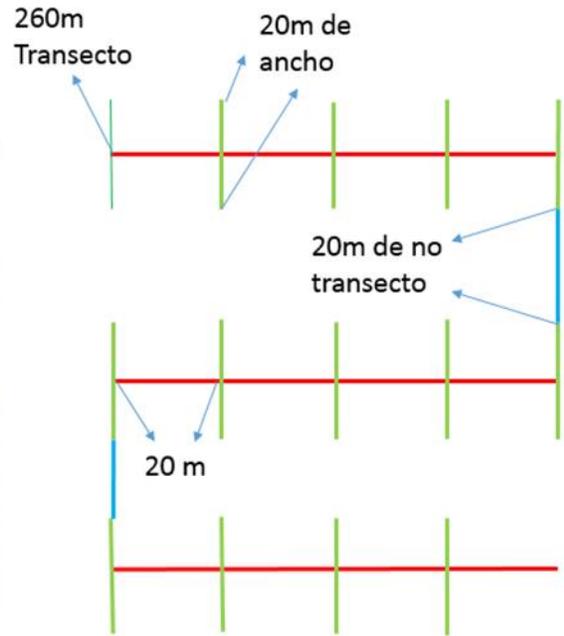
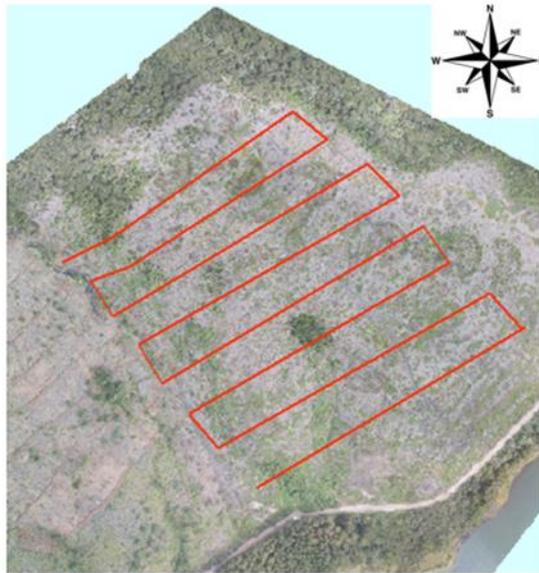


Fig7: Transectos realizados en el sector Laureles.



Fig 8: Cuadrante para hallar el porcentaje de coberturas.

Métodos de análisis de datos

Con las 59 parcelas obtenidas en campo, se desarrolló un índice cuantitativo de afinidad de Mosirita Horn. Estos índices unieron las muestras que tenían una mayor similaridad en términos de cobertura de las especies de cada muestra. Luego de los clusters hallados, se ejecutó, los índices de diversidad y la dominancia de especies de páramo, para esto se realizó los índices de diversidad Shannon y Simpson. Todos los análisis se realizaron con el Programa estadístico PAST. Para evidenciar la ubicación de las especies vegetales de páramo en el área Laureles se utilizaron las comunidades más representativas del índice de Moririta Horn. Por último se realizó un mapa con las coordenadas de cada cuadrante por medio del programa Arcgis 10.5.

Bibliografía

- Barrera. J., Contreras, S., Garzón. N., Moreno, C. (2014). Manual para la restauración ecológica de los ecosistemas disturbados del distrito capital. Pontificia Universidad Javeriana.
- García, L y Matallana, W. (2016). Recopilación del estado actual y usos del agua del embase del Neusa, Cundinamarca. Universidad distrital francisco José de caldas. Facultad de medio ambiente y servicios naturales. Bogotá.
- Ramirez, B, P (1995). Principios y métodos en ecología vegetal. Universidad del Cauca. Facultad de ciencia naturales, exactas y de la educación departamento de biología.
- Ramírez, G, A (2006). Ecología. Métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades. 273pg. Bogotá. Editorial Pontificia Universidad Javeriana.
- Sarmiento, P, E y L, M, O. (2015) Transición bosque-páramo: Bases conceptuales y métodos para su identificación en los Andes Colombianos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C.
- Morales, M., Otero, J., Van der Hammen, T., Torres, A., Cadena. C., Rodríguez. N. (2007) Atlas de páramos de Colombia Tomo II. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. 208p.
- Mostacedo, B y Fredericksen. (2000). Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en Ecología Vegetal.

Anexo 4

Especies encontradas en las parcelas

Familia	Genero	Nombre científico	Formas de vida	Ecosistema
Apiaceae	<i>Niphogeton</i>	<i>Niphogeton ternata</i>	Hierba	Páramo
Bromeliaceae	<i>Puya</i>	<i>Puya sp</i>	Rosetas acuales	
Compositae	<i>Espeletia</i>	<i>Espeletia argentea</i>	Roseta caulescente	Bosque altoandino
	<i>Hypochaeris</i>	<i>Hypochaeris radicata</i>	Hierba	
	<i>Achyrocline</i>	<i>Achyrocline saturoioides</i>	Arbusto	Páramo
	<i>Espeletia</i>	<i>Espeletia corymbosa</i>	Roseta caulescente	
	<i>Asteraceae</i>	<i>Asteraceae sp</i>	Hierba	
Cyperaceae	<i>Carex</i>	<i>Carex flava</i>	Gramínea macolla	Páramo
		<i>Carex pichinchensis</i>		
	<i>Rhynchospora</i>	<i>Rhynchospora macrochaeta</i>		
Ericaceae	<i>Ericaceae</i>	<i>Ericaceae</i>	Arbusto	Bosque altoandino
Eriocaulaceae	<i>Paepalanthus</i>	<i>Paepalanthus columbiensis</i>	Roseta acuales	Páramo
Gentianaceae	<i>Geranium</i>	<i>Geranium sibbaldioides</i>	Hierba	
Hypericaceae	<i>Hypericum</i>	<i>Hypericum juniperinum</i>	Arbusto esclerófilo	
		<i>Hypericum mexicanum</i>		
		<i>Hypericum strictum</i>		
Iridaceae	<i>Orthrosanthus</i>	<i>Orthrosanthus chimboracensis</i>	Hierba	Bosque altoandino
Lamiaceae	<i>Salvia</i>	<i>Salvia palifolia</i>		
Oxalidaceae	<i>Oxalis</i>	<i>Oxalis corniculara</i>		
Phytolaccaceae	<i>Phytolaca</i>	<i>Phytolaca bogotenis,</i>		
Plantaginaceae	<i>Digitalis</i>	<i>Digitalis purpurea</i>		
Poaceae	<i>Calamagrostis</i>	<i>Calamagrostis sp</i>	Gramínea macolla	Páramo
	<i>Festuca</i>	<i>Festuca sp</i>		
	<i>Holcus</i>	<i>Holcus lanatus,</i>	Hierba	
Polygonaceae	<i>Muehlenbeckia</i>	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	Arbusto	Bosque altoandino
	<i>Rumex</i>	<i>Rumex acetosella,</i>	Hierba	Páramo
Rosaceae	<i>Lachemilla</i>	<i>Lachemilla sp</i>		
	<i>Rubus</i>	<i>Rubus floribundus</i> <i>Rubus bogotensis</i>	Arbusto	Bosque altoandino
Rubiaceae	<i>Arcytophyllum</i>	<i>Arcytophyllum nitidum</i>	Hierba	Páramo
Solanaceae	<i>Solanum</i>	<i>Solanum nigrum</i>		Bosque altoandino
Violaceae	<i>Viola</i>	<i>Viola humilis</i>		Páramo