

**ESTRUCTURA, COMPOSICIÓN Y VARIABILIDAD FUNCIONAL DE LA
VEGETACIÓN EN DOS ZONAS DE PÁRAMO EN PAMPLONA COLOMBIA**

MÓNICA ALEJANDRA OCHOA GAMBOA

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

2019

**ESTRUCTURA, COMPOSICIÓN Y VARIABILIDAD FUNCIONAL DE LA
VEGETACIÓN EN DOS ZONAS DE PÁRAMO EN PAMPLONA COLOMBIA**

MÓNICA ALEJANDRA OCHOA GAMBOA

Trabajo de grado para optar por el título de Biólogo

DIRECTOR

LUIS ROBERTO SÁNCHEZ MONTAÑO B. M.

M. SC BIOLOGÍA-SISTEMÁTICA VEGETAL

CODIRECTOR

SANDRA MILENA GELVIZ GELVEZ

DRA. CIENCIAS BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

PAMPLONA 2019

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado en primera instancia a mis padres: Jaime Alberto Ochoa Flórez y Gladys Sofía Gamboa por todo su apoyo incondicional y por todos los buenos consejos que me han dado hasta el día de hoy, por apoyarme en cada una de las cosas que me a riesgo a realizar.

A mi compañero de vida Kenny Alexander Flórez Suarez que me ha dado voz de aliento en los momentos más duros durante mis estudios universitarios, su compañía en las buenas y en las malas y su incentivo con sus buenos consejos.

A mi prima Dexcy Pinillos por ser como una hermana y estar en las buenas y en las malas a mi lado, Yelenka Por brindarme su amistad y ser una persona con muchas virtudes.

AGRADECIMIENTOS

A mi director Luis Roberto Sánchez Montaña por su asesoría en mi trabajo de grado y por ser una persona con grandes valores de los cuales he aprendido mucho en los ámbitos: personal y profesional, y a mi codirectora Sandra Milena Gelviz por su colaboración y lectura de mi tesis.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	1
Palabras clave:	2
1. INTRODUCCIÓN	3
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
2.1 PREGUNTA PROBLEMA.	6
3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.	6
4. MARCO TEÓRICO.....	9
4.1 FORMACIÓN DE LOS PÁRAMOS	12
4.2 ESTRUCTURA Y COMPOSICION EN ECOSISTEMA DE PÁRAMO	13
4.3 ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DE PÁRAMO EN COLOMBIA	15
4.4 ESTUDIOS DE ATRIBUTOS FUNCIONALES EN PLANTAS	16
5. ESTADO DEL ARTE.....	18
6. OBJETIVOS	22
6.1 OBJETIVO GENERAL.....	22
7. METODOLOGÍA.....	23
7.1 ÁREA DE ESTUDIO	23
7.2 FASE DE CAMPO	24
7.2.1 Delimitación del área de estudio.....	24
7.3 RASGOS FUNCIONALES	26
7.3.1 Medición de rasgos funcionales.....	27
7.4 FASE DE LABORATORIO.....	28
7.4.1 Herborización.....	28
8. ANÁLISIS DE DATOS.....	29
8.1 DIVERSIDAD DE PLANTAS PARA LAS DOS COMUNIDADES ECOLÓGICAS.....	29
8.1.1 Comparación florística entre localidades.....	29
8.1.2 Semejanzas florísticas entre comunidades.....	29
8.1.3 Composición y estructura de la vegetación	29
8.1.6 Curva rango abundancia	30

8.2 CARACTERIZACIÓN DE RASGOS FUNCIONALES.....	31
9. RESULTADOS.....	32
9.1 EFICIENCIA DE MUESTREO	32
9.1.1 Curva de rarefacción por cobertura de la muestra	32
9.1.2 Composición florística.....	33
9.2 ABUNDANCIAS PARA LAS 4 ZONAS DE VIDA.	41
9.3 ESTRUCTURA PARA LA VEGETACIÓN	44
9.3.1. Estructura Horizontal para coberturas y diámetros.....	44
9.3.2 Intervalos de frecuencias para diámetros.....	47
9.3.3 Estructura vertical	50
9.4 CURVA RANGO ABUNDANCIA	53
9.5 DIVERSIDAD DE COMUNIDADES	55
9.5.1 Dendrograma de similitud con base en los índices de Jaccard y Morisita-Horn.	55
9.5.2 Perfiles de diversidad.....	57
9.5.3 Abundancia y riqueza entre zonas de vida.....	58
9.5.4 Riqueza entre zonas de vida.....	60
9.6 RASGOS FUNCIONALES	61
10. ANÁLISIS DE RESULTADOS	67
10.1 ANÁLISIS DE RIQUEZA DE ESPECIES PARA LAS DOS LOCALIDADES	67
10.2 ESTRUCTURA DE COMUNIDADES	68
10.3 DIVERSIDAD DE ESPECIES PARA CADA ZONA DE VIDA	74
10.4 COMPARACIÓN DE ESPECIES ENTRE LOCALIDADES Y ZONAS DE VIDA	76
10.5 RASGOS FUNCIONALES	77
11. CONCLUSIONES.....	79
Referencias.....	80

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Mapa de ubicación del área de estudio.	24
Ilustración 2. Ilustración de las parcelas y subparcelas realizada en las dos franjas altitudinales	25
Ilustración 3 Curva de rarefacción basada en las muestras para las 4 zonas de vida: PLL: Páramo La Lejía; PLRV: Páramo La Reserva El Volcán; SPLL: Subpáramo La Lejía; SPLRV: Subpáramo La Reserva El Volcán, mediante el método Chao y Jost (2012).	32
Ilustración 4. abundancia para la zona del subpáramo La Lejía	42
Ilustración 5. Abundancia para la zona de vida Subpáramo La Reserva El Volcán.....	42
Ilustración 6. Abundancia para la zona de vida Páramo La Lejía	43
Ilustración 7. Abundancia para la zona de vida Páramo La Reserva El Volcán.....	44
Ilustración 8. (8 a, b) Cobertura del número total de individuos para cada intervalo encontrado en la Localidad la lejía y Reserva El Volcán.	45
Ilustración 9. (a, b) intervalos de frecuencia para coberturas de la zona de vida subpáramo La Lejía y	46
Ilustración 10. (a, b) Intervalos de frecuencias para coberturas de la zona de vida el páramo La lejía, páramo El Volcán.....	47
Ilustración 11. (Figura 11 a, b) Intervalos de frecuencia para diámetros localidad la Lejía y El Volcán.	48
Ilustración 12. (a, b) intervalos para diámetros en el subpáramo de la localidad La Lejía y Reserva El Volcán.....	49
Ilustración 13. (a, b) intervalos para diámetros en el páramo de la localidad La lejía y El Volcán.	50
Ilustración 14. (a, b) Intervalo de frecuencia para alturas de las localidades La Lejía y el Volcán.	51
Ilustración 15. a, b) Intervalo de frecuencias para alturas en zonas de vida Páramo La Lejía y Reserva El Volcán.....	52
Ilustración 16. (Figura 16 a, b) Intervalo de frecuencias para alturas en el Subpáramo La Lejía y El Volcán.	53
Ilustración 17. Curva de distribución de abundancia para las especies encontradas en la localidad la Lejía con sus respectivas zonas de vida: CZ: Espeletia brassicoides; HQ: Paepalanthus cf crassicaulis; EW: Hypericum juniperinum; AY: Calamagrostis effusa; DV: Gaylussa.....	54
Ilustración 18. Curva de distribución de abundancia para las especies encontradas en la localidad la Reserva con sus respectivas zonas de vida: DA: Espeletia conglomerata; AY: Calamagrostis effusa; IY: Rhynchospora ruiziana; Y: Arcytophyllum nitidum; AG: Baccharis rup	55
ilustración 19. Dendrograma de similitud construida a partir del índice de Jaccard con base en la presencia-ausencia de especies.	56
Ilustración 20. Dendrograma de similitud construido a partir del índice de Morisita-Horn especies dominantes compartidas	57

Ilustración 21. Perfiles de diversidad de dos localidades, en dos franjas altitudinales diferentes ubicadas en Norte de Santander, Colombia. Diversidad de orden 0D; diversidad de orden 1D; diversidad de orden 2D.	58
Ilustración 22. Diagrama de cajas de la abundancia por zonas de vida.	59
Ilustración 23. Diagrama de cajas de la entre zonas de vida.	60
Ilustración 24. ACP calculado con las variables utilizadas para la clasificación funcional del Subpáramo La Reserva El Volcán	62
Ilustración 25. ACP calculado con las variables utilizadas para la clasificación funcional del Subpáramo El Volcán	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 26. ACP Calculado con las variables utilizadas para la clasificación funcional del Páramo La Lejía.....	65
Ilustración 27. ACEP calculado con las variables utilizadas para la clasificación funcional del Páramo El Volcán.	66

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Familias con mayor riqueza de géneros y especies para el sector La Lejía, en la comunidad arbustal.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 2. géneros más representativos del hábitat arbustal de la localidad Lejía, con sus respectivas especies	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 3. Familias y géneros con mayor riqueza de especies para el sector la Lejía comunidad Pajonal- Frailejonal.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 4. géneros más representativos del hábitat pajonal- frailejonal con sus respectivas especies	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 5. Familias géneros con mayor riqueza de géneros y especies para el sector EL Volcán de la comunidad arbustal	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 6. Géneros más representativos del hábitat arbustal de la localidad Reserva el Volcán con sus respectivas especies.	39
Tabla 7. Familias más representativas para la comunidad Pajonal- frailejonal El Volcán...	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 8. Géneros más representativos del hábitat pajonal- frailejonal del sector la Reserva El Volcán, con sus respectivas especies.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 9. Análisis de varianza basado en Tukey de la abundancia por zonas de vida	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 10. Análisis de varianza basado en Tukey de la riqueza entre zonas de vida.....	60

RESUMEN

Los páramos son ecosistemas altamente diversos que se caracterizan por poseer condiciones ambientales particulares y por la gran variedad de servicios ecosistémicos. A pesar de la gran importancia ecológica el cambio de uso del suelo por actividades agrícolas y ganaderas ha generado la transformación total o parcial de gran parte de su distribución original.

El estudio se llevó a cabo en dos zonas de páramo ubicados en el municipio de Pamplona Colombia. Las zonas correspondientes se ubican en un páramo azonal ubicado a 2700 msnm y un páramo zonal 3400 msnm. El objetivo de este estudio fue determinar la estructura y diversidad de los dos ecosistemas de páramo y evaluar las respuestas funcionales de especies dominantes. Se realizó un muestreo en un total de 2,000 m² con 40 parcelas distribuidas en las dos zonas, con 20 parcelas para cada localidad de 12,5 X 4 m² y subdivididas en cinco subparcelas de 4 X 2,5 m² en cada parcela se registraron los individuos de hábito rasante, herbáceo, arbustivo y subarbóreo. En total se registraron 59 familias, 139 géneros y 276 especies. La familia con mayor riqueza fue Poaceae con 8 géneros y 22 especies seguido de Asteraceae con 17 géneros y 24 especies, Rubiaceae con 6 Géneros y 2 especies. Las especies con mayor abundancia en cada comunidad vegetal fueron: *Hypericum phellos*, *Pentacalia ledifolia*, *Berberis cf huertasi* y *Berberis rigidifolia*, para el Subpáramo El Volcán y Lejía; *Chaetolepis lindeniana*, *Hesperomeles ferruginea* y *Espeletia conglomerata* para el páramo El Volcán y finalmente para el Páramo La Lejía: *Monochaetum myrtoideum*, *Hesperomeles heterophylla*, *Espeletia brassicoidea*, las cuales fueron tomadas para la medición de rasgos funcionales como: Área Foliar Específica (AFE), Área Foliar (AF), Densidad de Tricomos, Densidad de madera (DM) y Contenido de Materia Seca. Se encontró correlaciones significativas entre los diferentes

rasgos funcionales, medidos, lo que indica que las especies a pesar de sus diferencias altitudinales respondieron de una manera similar.

Palabras clave:

Abundancia, Franjas altitudinales, Páramo La Lejía, Páramo El Volcán, Respuestas Funcionales

1. INTRODUCCIÓN

Colombia, posee una gran variedad de ambientes y regiones que se manifiestan por medio de su gran riqueza florística y su variada organización estructural (Gentry, 1998). Debido a las condiciones latitudinales y altitudinales en las que se encuentra ubicada espacialmente presenta variedad de climas que han contribuido a que se manifiesten variedades de pisos térmicos en donde se desarrolla una alta diversidad de especies (Van der Hammen & Rangel, 1997). Dentro de los ecosistemas de mayor importancia ecológica y económica se encuentran los páramos, los cuales están ubicados en las partes más altas de las montañas entre los 3000 a 4000 msnm (páramos zonales), pero con algunos páramos distribuidos a los 2500 msnm (páramos azonales). En Colombia, los páramos son ecosistemas estratégicos con protección especial dada la alta riqueza y endemismos. Sin embargo, los páramos azonales que se encuentran fuera del rango altitudinal no presentan ningún tipo de protección. Dentro de las actividades antrópicas que más se desarrollan en los páramos se encuentra el cambio de uso de suelo para actividades de ganadería y agricultura como la siembra de papa, fresas, y principalmente cebolla, provocando alteraciones irreversibles en esta comunidad.

Ante esta perspectiva, surge el interés de conocer si existen diferencias bióticas en la estructura, composición taxonómica y variabilidad entre los caracteres morfológicos ante la diferencia de altitudes, en un páramo azonal ubicado a 2700 m en el sector de La Lejía Vereda Fontibón y otro típico a 3400 m en la vereda Alto Grande-Pamplona, a través de la caracterización en unidades de muestreo para evaluar la riqueza, estructura y Diversidad de especies. Adicionalmente se evaluó la respuesta funcional con el fin de mejorar el conocimiento relacionado con la estructura y funcionamiento de los ecosistemas.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los andes colombianos son considerados dentro de los sitios prioritarios para la conservación a nivel mundial (Mitter-Meier et al., 1999). En el rango altitudinal superior de esta cadena montañosa se encuentra los páramos los cuales van desde los 3000 msnm hasta los 4000 msnm (Cuatrecasas, 1958). Sin embargo, existen páramo azonales que se encuentran entre los 2500 y 2800 msnm y están rodeados de remanentes de bosques andino y alto andinos.

Los páramos son ecosistemas considerados como islas biogeográficas que se catalogan por ser frágiles puesto que no han estado sometidos a disturbios permanentes (Andrade, 2002). Presentan una alta riqueza florística con unas 4000 especies de diferentes formas de vida descritas dentro de las que se encuentran 3379 especies vasculares, 1243 especies de briofitas y líquenes (Rangel, 2015). Adicionalmente, se ha enfatizado en la importancia ecológica principalmente debido a los servicios ecosistémicos que suministran dentro de los que se destaca regulación del ciclo hídrico, almacenamiento y captura de carbono y la importancia a la mitigación del cambio climático, así mismo son generadores de fuentes hídricas por la capacidad de retención de agua que poseen los suelos, esto es debido por su alta porosidad ayudando a la formación de nacimientos y quebradas (Rivera, 2011).

Los ecosistemas de páramo en Colombia se caracterizan según su precipitación que van de 600 hasta más de 3000 mm anuales (Rangel, 2000). Sin embargo, existen también páramos secos (<1200 mm), húmedos (1770 y 2350 mm) con un 89%, superhúmedos (2950 y 3500 mm) con un 5% (Díaz, Navarrete & Suárez, 2005). Las especies de plantas presentes en los páramos tienen adaptaciones morfológicas y/o fisiológicas que les permiten establecerse en zonas con condiciones climáticas extremas como altas radiaciones, precipitaciones y con variaciones de temperaturas mínimas entre 5 y 10°C y máximas entre 20 y 40°C (Cleef, 1978; Rangel et al.,

2005; Chaves, 2010). Estas fluctuaciones abióticas generan una gran variedad de respuestas fisiológicas que muchos de los ecólogos en los últimos años han tratado de evaluar enfatizando en la respuesta de las especies por medio de modificaciones en sus caracteres morfológicos, fisiológicos o fenológicos (rasgos funcionales) con el fin de entender los patrones y procesos que se dan de forma natural en los ecosistemas. El estudio sobre diferentes rasgos funcionales arroja información que determina el desempeño biológico de los organismos y respuesta bajo determinadas condiciones ambientales como por ejemplo condiciones altitudinales y procesos antrópicos (Córdova, 2015; López, 2015). Adicionalmente contribuye a entender los patrones y procesos dentro de los ecosistemas. Lo que a su vez genera información de gran importancia para realizar actividades de restauración ecológica, conservación y mitigación a distintas escalas espaciales (Enquist et al., 2015).

En ecosistemas de páramo en Colombia los estudios relacionados con la evaluación de la estructura y composición de las comunidades se centra en un único esfuerzo publicado hasta el momento en el complejo de páramos de Sumapáz-Cruz Verde, Colombia, donde se evaluó la estructura y respuesta funcional en ambientes con disturbio por actividades antrópicas como agricultura, ganadería y minería (Cortés & Sarmiento, 2013). Por consiguiente, el conocimiento sobre la estructura y composición de especies en este tipo de ecosistema requiere una mayor atención.

Adicionalmente la información referente a la respuesta funcional de las especies es aún más limitada por lo que es imperante establecer las bases que permitan entender los patrones y procesos que se desarrollan en estos ecosistemas estratégicos. En los ecosistemas ubicados en La Lejía, vereda Fontibón y La Reserva El Volcán, vereda Alto Grande, en el municipio de Pamplona han encontrado que a pesar de las diferencias altitudinales a las cuales se desarrollan

2700 msnm y 3400 msnm, presentan una composición florística similar (*Com pers* Montaña 2017). Sin embargo, a pesar de las exploraciones previas realizadas en la zona de estudio son inexistentes estudios sistematizados que permitan tener una aproximación de la heterogeneidad florística, estructural y funcional, manteniendo propiedades netas de cada ecosistema paramuno.

2.1 PREGUNTA PROBLEMA.

¿Las comunidades de matorral (Subpáramo) y de pajonal frailejonal (Páramo propiamente dicho) en dos zonas diferentes altitudinalmente, presentan los mismos patrones estructurales, florísticos y funcionales de ciertos rasgos morfológicos?

3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.

Los páramos son unos de los ecosistemas con alta riqueza y endemismos (aproximadamente 4700 especies de plantas vasculares) (Luteyn, 1999; Sklenár et al., 2005) donde aproximadamente el 60% de las especies son endémicas para este tipo de ecosistema. Tienen gran importancia ecológica como proveedores de servicios ecosistémicos de regulación como son los servicios hidrológicos, los de ciclos biogeoquímicos (equilibrio de CO₂/O₂, captura de carbono), entre otros (Andrade et al., 2002). A pesar de su importancia ecológica, diferentes agentes de disturbio (natural y/o antrópico) han generado el deterioro o transformación de los ecosistemas causando modificaciones en cuanto a la estructura y composición de las comunidades (Hofstede & Verweij, 1995).

En Colombia este tipo de ecosistema es altamente prioritario para la conservación, según lo estableció la ley 1930 del 27 de Julio de 2018 donde se reconoce como un ecosistema estratégico, por lo cual se hace prioritaria su protección, restauración y uso sostenible. Esta ley define al páramo como un ecosistema de alta montaña en el cual está dominado por asociaciones

vegetales como pajonales, frailejonales, matorrales, prados y chuscales, además de algunas formaciones de bosques bajos y arbustos, dicho lo anterior el instituto de medio ambiente también estableció un Decreto-Ley 3570 de 2011 donde propone una importante atención para el alineamiento de la delimitación de los páramos como un ecosistema prioritario. Prohibiendo el cambio de uso de suelo, actividades agrícolas y ganaderas de alto impacto justificado principalmente por los servicios ecosistémicos como la capacidad de retención, almacenamiento de agua y por ser el hábitat de especies clave para la conservación como el oso andino, el cóndor, el puma entre otros.

El ecosistema páramo de la Reserva El Volcán por su posición altitudinal se encuentra dentro de los factores ambientales típicos que determinan a este tipo de ecosistema tal como lo definió Cuatrecasas. Sin embargo, el páramo ubicado en el sector La Lejía se caracteriza por tener formaciones vegetales propias del páramo, pero se encuentra ubicado por debajo de la línea de delimitación de los páramos de la región por lo que no se encuentra bajo protección. Por esta razón, se realizan actividades de ganadería y agricultura como la siembra de papa, cebolla, fresas, provocando alteraciones irreversibles a los sistemas hidrológicos como las quebradas Chichara y La Lejía (Rivera y Rodríguez, 2011). Los estudios en el Nororiente de Colombia han sido insuficientes. Cabe destacar que las investigaciones más cercanas en el área de estudio han sido realizadas por Sánchez y Gelviz-Gelvez (2004) que describen la vegetación presente en el Municipio de Pamplona, Por Sánchez, Gelviz y Solano (2007) que caracteriza la flora y la estructura para plantas con flores en La Reserva El Volcán; y por IAvH (2015) que realiza estudios bióticos: plantas, edafofauna epígea, anfibios y aves del complejo de páramos Almorzadero y Tamá.

Con base en esto, este estudio aporta nuevos conocimientos sobre la flora del Nororiente Colombiano debido a que son zonas geográficas con información muy limitada. Para este estudio se evaluó la composición y estructura de la vegetación de dos ecosistemas de Páramo con diferencias considerables en altitud y actividades antrópicas. Adicionalmente se evaluó las respuestas funcionales de las especies más abundantes para mejorar el entendimiento de los procesos que se llevan a cabo en estos ecosistemas.

4. MARCO TEÓRICO

Los ecosistemas de bosques altoandinos y páramos poseen una gran diversidad biológica, esta diversidad está dada por dos importantes acontecimientos como el levantamiento de la cordillera de los andes y su ubicación en la línea del Ecuador, estos dos componentes generan un sin fin de condiciones ambientales que produce adaptabilidades fisiológicas, morfológicas que han interactuado a través del tiempo y de este modo permitiendo la dispersión y colonización de las especies, favoreciendo así mismo la adaptación de estos individuos a estas condiciones particulares y el desarrollo de especies endémicas (Cuesta, et all.,2012).

La estructura y la composición de la vegetación es clave para el entendimiento de las interacciones entre especies y también son las respuestas del estado en el que se encuentran los ecosistemas; la estructura de la vegetación de las especies describe por ejemplo riqueza como el número de especies presentes en un ecosistema sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas y la manera para medirla es contar con un inventario de la vegetación muestreada que nos permita conocer el número total de especies obtenidas; la abundancia describe la distribución de la cantidad de individuos por cada sub grupo o unidad taxonómica, los dominios como las especies que cumplen un papel importante dentro de la comunidad y que en algunos casos se puede estar generando una competencia interespecífica entre competidoras del mismo nicho; y por ultimo las jerarquías que describen los niveles organizacionales a nivel de individuo, población, comunidad, ecosistema, entre otras; sin embargo las especies abundantes en algunos casos no contribuyen a la función del ecosistema debido a que estas pueden generar un alto consumo de recursos, y consecuente a esto una disminución en la productividad primaria para las demás especies (Bruce, et al, 2007).

Con respecto a lo anterior, en la estructura vegetal existe una variedad de atributos a partir de la toma de datos en campo como la altura, cobertura de las copas y el diámetro a la altura del pecho, en el que hace referencia a especies leñosas. Las estructuras y composiciones se clasifican en variables categóricas cualitativas y cuantitativas en las cuales arrojan una información más detallada y precisa de la diversidad vegetal, de este modo conociendo así las especies que aportan mayor información dependiendo al objetivo de estudio al que se quiera llegar (Van der Hammen, et al, 1997). De manera análoga el crecimiento proporcional para cada especie posee una alta relación con la estructura y composición vegetal, y esta a su vez describe y determina el cambio que experimenta la vegetación y su estado de conservación, en el que a través de los años, científicos buscan conocer, entender y responder, el estado actual de los bosques, que actualmente están experimentando diferentes respuestas a factores abióticos ya sea climático, topográfico y en parte por la influencia antrópica acelerada durante los últimos tiempos y que ha generado pérdidas intrínsecas en la estructura de cualquier ecosistema, y por esta razón generando cambios irreversibles en sus dinámicas ecológicas (Restrepo, 2016). Según Junca (2008) las comunidades vegetales nunca se encuentran separadas debido a que ellas interactúan unas con otras y dichas interacciones conllevan a una estructura trófica y de flujo de energía en los diferentes niveles del sistema. Por ende, diferentes especies en un mismo hábitat encontradas dentro de un grupo, interactúan de una forma inter e intraespecífica, produciendo cambios en la estructura, composición y organización de la comunidad a la que pertenecen (Junca, 2008).

Las metodologías de la diferenciaciones estructurales y florísticas entre comunidades o asociaciones de la vegetación, requiere de observaciones por medio de salidas de campo de una

manera parcial para variables de: clima, suelo, fauna y tipos de vegetación; por eso es necesario tener previamente conocimiento de la flora y de la mano de taxónomos especialistas para un buen estudio vegetal, una vez ya conocidas las asociaciones o alianzas vegetales se seleccionan los sitios adecuados, esto se realiza por medio de levantamientos vegetales a partir de la realización de parcelas según lo requerido para el estudio y según a lo que el investigador quiera llegar o responder, el mayor número de repeticiones en los levantamientos vegetales genera información mucho más verídica y confiable (Van der Hammen, et al, 1997).

Las características estructurales y florísticas de la vegetación de los páramos están determinadas por distintas formas de vida, como herbazales que habitualmente son llamados pajonales cuando predominan las gramíneas, sin embargo, existen algunas formaciones vegetales inusuales como arbustivas con alturas que pueden alcanzar dos metros de altura; y algunas veces se encuentran aisladas (Serrano, et al, 2015). No obstante, cada forma de vida representa un crecimiento “estratégico” en la que a diario enfrentan variadas condiciones ambientales que la alta montaña tropical produce como: Las temperaturas bajas durante la noche y altas radiaciones durante el día; Los géneros con más especies en los páramos son: *Espeletia sp.*, *Pentacalia sp.*, *Diplostephium sp.*, *Senecio sp.*, *Calceolaria sp.*, *Valeriana sp.*, *Lupinus sp.*, *Hypericum sp.*, *Miconia sp.*, *Gentianella sp.*, (Llambí, et al., 2014).

4.1 FORMACIÓN DE LOS PÁRAMOS

Geológicamente el páramo es un ecosistema relativamente joven a pesar de que el levantamiento de los andes comenzó desde hace 40 millones de años, pero entre los 5 y 2.5 millones de años estas cordilleras llegaron hasta un punto de elevación máxima que allí generaron los páramos y los bosques andinos (Barrera, 2012). Durante este proceso de levantamiento de la cordillera, las plantas han pasado por procesos evolutivos, llevando a contribuir a procesos de especiación (Barrera, 2012).

La heterogeneidad presente en los ecosistemas de páramo está dada por aspectos geológicos, biogeográficos, climáticos y edáficos, generando a su vez variabilidades en la estructura y composición a nivel paisajístico o local en cada una de las comunidades reflejadas de los ecosistemas de páramo. Los páramos ubicados en la cordillera oriental colombiana se caracterizan por desarrollarse sobre volcanes activos. Por tanto, los suelos se desarrollan a partir de la intemperización de cenizas volcánicas (Barrera, 2012). Esta característica hace que los suelos posean diferentes propiedades físicas y químicas como la baja densidad, fijación de fósforo, alto PH, alta retención de humedad que está dada por la gran porosidad (Mena et al., 2003).

Los páramos están definidos como biomas, geo sistemas, eco-regiones, ecosistemas, zonas bioclimáticas, ecosistemas estratégicos y provincias biogeográficas, entre otras (Barrera, 2012). Una de las definiciones más aplicada ha sido la propuesta por Cuatrecasas quien define al páramo como un ecosistema húmedo tropical zonal caracterizado por una vegetación dominada por vegetación herbácea y arbustiva predominantemente, ubicada a partir del límite superior del bosque (Hofstede et al., 2014). Poseen mosaicos paisajísticos completamente variables y diversos dependiendo de su plano de ubicación geográfica, comenzando entre los límites

superiores de los bosques hasta el límite inferior de las nieves perpetuas, con altitudes que van desde los 3000 a 4800 msnm exceptuando a que ciertos paramos azonales se encuentran ubicados entre los 2500 a 3000msnm.

Las condiciones climáticas durante el día y la noche presentan cambios abruptos con alta radiación solar, vientos intensos y permanentes y condiciones de temperatura de hasta 4°C durante la noche y hasta 40°C durante el día. En consecuencia, las especies responden de una forma diferente según sus necesidades adaptativas (Granados et al., 2005). Cabe resaltar que estos ecosistemas poseen una alta diversidad de especies y en particular en ecosistemas de mayor altura usualmente presentan valores considerables de endemismo (Cuesta et al., 2012). Los páramos de los andes tropicales se encuentran ubicados en Perú, Ecuador, Colombia, Venezuela y Costa Rica, siendo Colombia en términos globales el que mayor extensión de paramos posee con 14,087 km², seguido de Ecuador con 13,933 Km², Perú con 11,096 Km², y por ultimo Venezuela con 2,405 Km² (Llambí, 2014). Sin duda alguna son característicos por poseer muchas funciones ecológicas y una de estas es la regulación hídrica que proporciona un almacenamiento de agua constante contribuyendo con servicios ambientales, a muchos organismos para su supervivencia (Granados et al., 2005).

4.2 ESTRUCTURA Y COMPOSICION EN ECOSISTEMA DE PÁRAMO

La diversidad y la composición florística son atributos de las comunidades que permiten su comprensión y comparación entre comunidades en función de su riqueza de especies (Cano, 2009). Aunque los métodos para evaluar la diversidad integran la riqueza, abundancia, composición y distribución espacial de sus entidades (genotipos, especies o comunidades dentro de los ecosistemas (Martín-Lótez et al., 2007). Estudios relacionados con la estructura y la

composicion de la vegetación es clave para el entendimiento de las interacciones entre especies. La estructura de la vegetación puede estimarse con base en las especies abundantes o a las especies raras *singletons* y *doubletons* (Colwell y Coddington, 1994). Sin embargo, existen limitantes relacionadas al aplicar este enfoque dentro de los que se encuentran: 1) todas las especies tienen la misma importancia, la cual se encuentra relacionada directamente con la abundancia y 2) todos los individuos son iguales de importantes sin importar su talla y peso (Magurran, 2005). Debido a las limitantes la desaparición de una especie tiene un efecto específico en la funcionalidad de un ecosistema y difícilmente predicho por estudios sobre diversidad tradicionales (Diaz y Cabildo, 2001).

Estructuralmente la vegetación de páramo se encuentra dominada por distintas formas de vida, como herbazales o pajonales con predominio de gramíneas y arbustales con predominio de arbustos de no más de 2 metros de alto (Serrano et al., 2015). No obstante, cada forma de vida representa un crecimiento “estratégico” en la que a diario enfrentan variadas condiciones ambientales en los páramos en las cuales se destaca: temperaturas bajas durante la noche y altas radiaciones durante el día. Los géneros con más especies en los páramos son: *Espeletia sp.*, *Pentacalia sp.*, *Diplostephium sp.*, *Senecio sp.*, *Calceolaria sp.*, *Valeriana sp.*, *Lupinus sp.*, *Hypericum sp.*, *Miconia sp.*, *Gentianella sp.*, (Llambí, et al., 2014).

4.3 ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DE PÁRAMO EN COLOMBIA

La alta expansión del uso de la tierra, la deforestación, el pastoreo, las quemadas y la intervención progresiva por la humanidad constituyen las primeras causas de pérdida de biodiversidad. Estas consecuencias han generado la preocupación de contar con adecuados criterios como la iniciativa que surgió en el convenio de Diversidad Biológica de 2010 de la COP 10, la definición y propuesta de las metas AICHI en el que tiene como objetivo la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios en el que se deriven (Etter et al., 2017).

Los páramos a pesar del suministro de servicios ecosistémicos y la diversidad de hábitats para distintas especies, están en alerta por su afectación al ser uno de los ecosistemas más degradados. A pesar de que nuestro país existe normativas que regula y protege las áreas de páramos, ya que actualmente más del 50% de estos territorios son intervenidos por el hombre de una manera inadecuada (Garavito, 2015). Las principales especies animales que están en alto porcentaje de amenazas son: El cóndor Andino (*Vultur gryphus*), la danta o tapir de montaña (*Tapirus pinchaque*), el oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*), los venados (*Pudu mephistophiles*, *Mazama rufina*, *M americana* y *Odocoileus virginianus*), la boruga de páramo (*Agouti taczanowskii*), la guagua (*Dinomys branickii*) y el tigrillo (*Leopardus tigrinus*) (Morales y Estévez, 2006).

4.4 ESTUDIOS DE ATRIBUTOS FUNCIONALES EN PLANTAS

Durante los últimos años los rasgos funcionales han ganado una gran acogida y un rápido aumento en la comunidad científica en la cual se han aplicado a diversos temas ecológicos como el funcionamiento e interacción entre especies, generando a su vez diferentes respuestas ambientales (Córdova et al., 2015). Los rasgos funcionales están definidos como: rasgos morfológicos, anatómicos, bioquímicos, fisiológicos, estructurales, y fenológicos, que expresan el desempeño fenotípico de los organismos individuales en respuesta a diferentes ambientes abióticos. Estas expresiones morfológicas generan impactos sobre las propiedades de los ecosistemas que podrían afectar a corto tiempo la dinámica de los recursos del ecosistema y a largo plazo la estabilidad del ecosistema ya que estos efectos pueden reflejar adaptabilidades de los individuos como la capacidad de retención de agua en el caso de los musgos como *Sphagnum sp.*, contenido de nitrógeno de las hojas en plantas vasculares, entre otros (Díaz et al., 2013).

Los rasgos funcionales tienen una alta relación con las estructuras y composiciones en las comunidades de los ecosistemas. Para los análisis funcionales se miden los atributos más relevantes de las especies, en las que a su vez cuantifican el rendimiento que generan en cada ambiente, buscando recabar la mayor variabilidad que muestran las respuestas adaptativas de las especies (Bellwood et al., 2002). Dentro de los rasgos funcionales en plantas algunos se encuentran relacionados con mediciones en hojas como el área foliar específica (AFE); longevidad foliar (Lf), que informa las tasas de ganancia de carbón y crecimiento del individuo, relacionados con la densidad de la madera que son importantes por su relación con el transporte de agua y nutrientes, resistencia a la sequía y daño por enemigos naturales, relacionados con el crecimiento radicular que están relacionados con el transporte y almacenamiento de sustancias y

soporte mecánico de los individuos y rasgos morfológicos como el crecimiento y altura máxima en las que termina la posición de los individuos (Salgado et al., 2016).

5. ESTADO DEL ARTE

Estudios realizados en el Parque nacional Podocarpus (PNP) en Ecuador ubicado entre los 2800 y 3800 m.s.n.m.. Se evaluó la estructura y diversidad de especies. Se obtuvieron 1367 individuos pertenecientes a 66 especies, 49 géneros y 32 familias. Las especies más importantes fueron: *Tillandsia aequatorialis*, *Hypericum lancioides* y *Vaccinium floribundum*. Por otra parte, las 8 especies más representativas en base a su frecuencia cubrieron el 55.7% del total en las que fueron: *Blechnum cordatum*; *Disterigma alatermoides*; *Disterigma acuminatum*; *Thelypteris euthytrix*; *Oxalis spiralis*; *Vaccinium floribundum*; *Hypericum lancioides*; *Tillandsia aequatorialis*. Dentro de las familias con mayor número de especies para cada sitio fueron: Asteraceae, Ericaceae, Bromeliaceae, Poaceae y Metastomataceae y estas son propias de los páramos húmedos y poco intervenidos del sur de Ecuador que es una diferencia con los Páramos del Norte, que son dominados por gramíneas en forma, almohadillas o frailejones.

Las plantas vasculares destacadas con mayor cobertura fueron: *Neurolepis asymetrica*, *Tillandsia aequatorialis* e *Hypericum lancioides*, Esto explica lo que Alulima y Cajamarca (2013) y Efuiguren y Ojeda (2009), manifiestan sobre el elevado porcentaje de cobertura de las plantas vasculares refleja la riqueza florística de los páramos en el sur de Ecuador, sumado a la presencia de diferentes estratos que hacen que casi toda la superficie se encuentre cubierta por algún tipo de vegetación. *Tillandsia aequatorialis* al ser una de las más abundantes del sitio concuerda con el estudio realizado por Alulima y Cajamarca (2013) que han encontrado un incremento de especies herbáceas a partir de 3270 msnm, Mazzola et al., (2008), dice que a medida que aumenta el gradiente altitudinal, incrementa la abundancia de hierbas y disminuyen los arbustos quedando pocos individuos. Por otra parte, la abundancia de especies de *Hypericum*

lancioides, *Disterigma acuminata* responden a su ubicación en una zona de transición (ecotono) entre el bosque andino y el páramo. Este estudio se explica que la riqueza florística reportada contiene una muestra representativa de la diversidad vegetal de los páramos del PNP, integrada por 66 especies, repartidas en 49 géneros y 32 familias, registradas en 30 m², lo que demuestra la elevada diversidad de este ecosistema (Urgiles, et Al, 2018).

En otro estudio similar relacionado a la cuantificación y a su vez análisis de la diversidad y similitud florística de los páramos en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, Ecuador, se identificaron 9 zonas de muestreo, localizadas en 3 provincias, 4 cantones y 5 parroquias, y cada una de ellas con sus respectivas localidades encontrándose dentro del área protegida. un total de 20 familias, 36 géneros y 46 especies distribuidas en las 9 zonas de muestreo de la RPF Chimborazo. La familia con mayor número de especies fué Asteraceae (9), Poaceae y Geraniaceae (5); la mayoría de los géneros corresponden a una sola especie a excepción de Geranium y Lachemilla. También se registró que *Calamagrostis intermedia* tiene una presencia en las 8 de las 9 zonas de muestreo y sus coberturas en 3 zonas superan la mitad de la cobertura total y obtuvo mayores valores cuantitativos en la mayoría de las zonas muestreadas, *Phyllactis rigida* y *Erygium humile* tienen presencia en 5 de las 9 zonas, pero *Phyllactis rigida* tiene mayor cobertura. *Hypochaeris sessiliflora* tiene presencia en 4 de las 9 zonas de muestreo, pero en menor cobertura; las demás especies tienen poca representatividad de coberturas. Sin embargo, hay índices bajos para algunas zonas de muestreo, tal vez atribuido a la fuerte dominancia de *Calamagrostis intermedia*. Esto evidencia que la diversidad florística es media a baja.

Otro trabajo asociado a la composición florística de los páramos de distintos macizos montañosos de los Andes del Sur de Ecuador registró 43 familias, 120 géneros y 216 especies vasculares, donde la curva de riqueza de géneros y especies por familias respondió al modelo típico en forma de L, lo cual explica que se reúne una riqueza de una forma progresiva con los mayores valores dados para: Asteraceae, Poaceae, Cyperaceae, Ericaceae, Orchidaceae, Apiaceae, Caryophyllaceae, Gentianaceae, Scrophulariaceae, Lycopodiaceae. Siendo a su vez las familias más ricas en especies. Asteraceae y Poaceae tuvieron la mayor riqueza en géneros (Izco, et al., 2007).

Por otra parte, estudios realizados acerca de rasgos funcionales como efecto producido por los rasgos altitudinales utilizando hojas y teniendo en cuenta la relación del área, Nitrógeno de la hoja, contenido de nitrógeno como resultado encontrándose que el contenido de Masa foliar específica y N en la hoja varió con la temperatura media anual a lo largo de los gradientes de elevación de manera similar entre las especies de plantas, tanto la variación intraespecífica como la interespecífica de estos rasgos son de magnitud similar a través de gradientes de elevación dispares y extensos con mucha evolución intraespecífica en los rasgos de las hojas a lo largo de los gradientes altitudinales que podrían explicar la evolución convergente de las especies, en conclusión se observó una variación significativa que es impulsada por la plasticidad fenotípica que actúa para producir patrones funcionalmente significativos en los rasgos de las plantas (Read, et al., 2014).

Estudios hechos en el bosque húmedo tropical de tierras bajas de la Chonta, Bolivia en el que se seleccionaron cincuenta y cuatro de las especies de árboles más comunes de la comunidad, obteniendo como resultado que las especies difirieron en todos los rasgos de las

hojas analizadas como la vida útil de la hoja que varió 11 veces entre las especies , el área foliar específica 5 veces, el nitrógeno basado en la masa en 3 veces, tasa de asimilación basada en la masa 13 veces, la tasa de respiración basada en la masa 15 veces, conductancia estomática 8 veces y finalmente la eficiencia de la fotosíntesis 4 veces. Respondiendo a que el área foliar específica predice las tasas de asimilación y respiración basada en la masa, por otra parte la vida útil de la hoja predijo muchas características como los rasgos de la hoja que se asociaron al crecimiento, la supervivencia y el requerimiento de luz de la especie, Por otro lado la estrategia de inversión de la hoja variaron en un intercambio continuo de ganancias de carbono a corto plazo, contra las hojas que se encontraron a largo, De esta manera los rasgos foliares fueron buenos predictores del rendimiento de la planta tanto del sotobosque como el del bosque que varían en la estatura de los adultos y la tolerancia a la sombra (Poorter, et al., 2006)

6. OBJETIVOS

6.1 OBJETIVO GENERAL

- Determinar las respuestas funcionales en comunidades de paramo zonal y azonal a través de la composición, estructura y rasgos morfológicos en Pamplona Colombia.

6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Caracterizar la diversidad y estructura de la vegetación en plantas de páramo en dos gradientes altitudinales.
- Comparar la diversidad y estructura de la vegetación paramuna de dos gradientes altitudinales para entender cómo las plantas responden a cada ecosistema
- Evaluar los rasgos funcionales de especies claves en los dos gradientes altitudinales.

7. METODOLOGÍA

7.1 ÁREA DE ESTUDIO

El trabajo se llevó a cabo en dos zonas de páramo con diferentes altitudes: una que corresponde a un páramo ubicado en la zona denominada La Lejía, hacia la base del Cerro de Tierra Negra por la vía de Pamplona Chitagá, y se halla en la vereda Fontibón con coordenadas 7°20'17''N y 72°36'33''O, a una altitud entre 2600 a 2700 m.s.n.m.; el segundo sitio ubicado en el páramo del cerro de Oriente dentro de la Reserva El Volcán con coordenadas 7°20'33''N; 72°41'54''W. Se establecen en la vereda Alto Grande entre 3200 a 3550 msnm, ubicadas en el municipio de Pamplona hacia la vertiente oriental de la cordillera Oriental al este del macizo de Santurbán (ilustración 1).

La zona de La Lejía dispone de franjas con vegetación paramuna que luego al ascender por el macizo de Tierra Negra se observa un mosaico de diferentes tipos de vegetación como matorrales, arbustales, herbazales, esta zona está intervenida por introducción de plantas exóticas (*Pinus patula*), ganado y agricultura en especial el cultivo de papa; generando una afectación a las quebradas La Lejía y Chichira donde se benefician pobladores aledaños.

La zona la Reserva el Volcán se caracteriza por la presencia de laderas poco pronunciadas en forma de valle generando así un páramo húmedo con ningún grado de intervención humana y ganadera desde hace unos 15 años, ya que este sitio se encuentra dentro del área estratégica El Volcán.

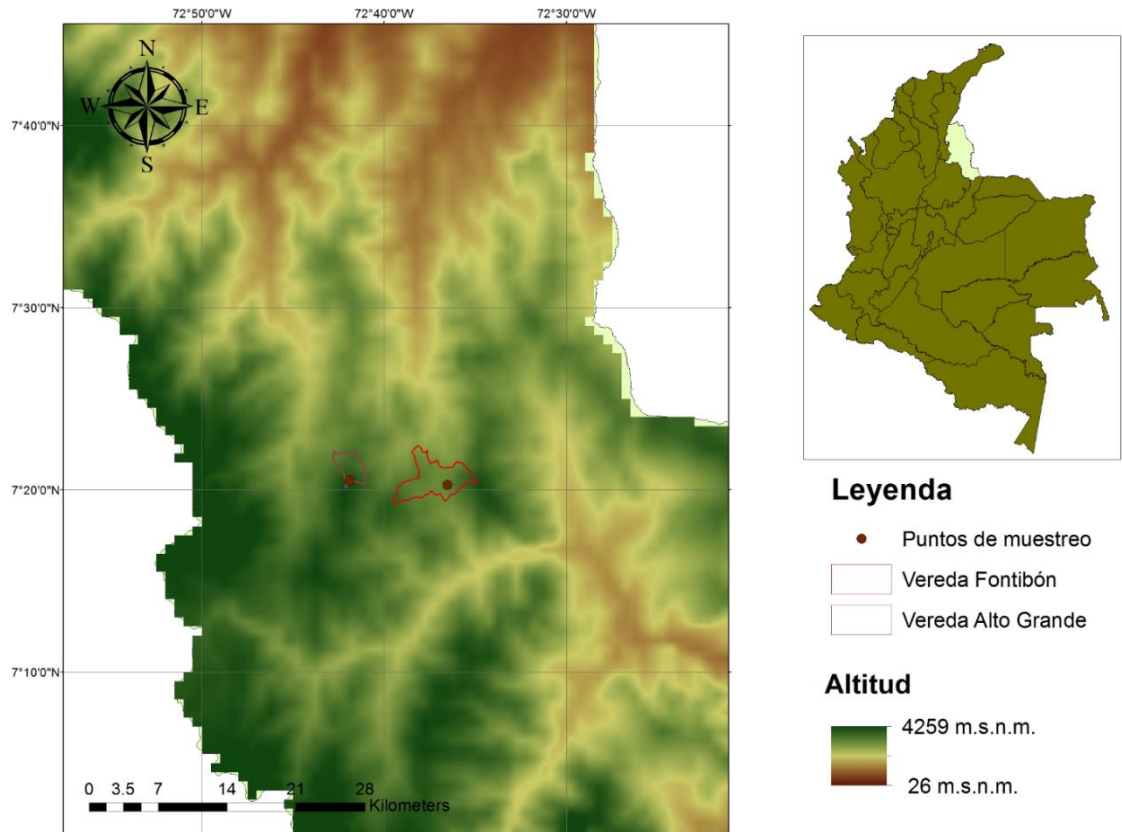


Ilustración 1 Mapa de ubicación del área de estudio.

7.2 FASE DE CAMPO

7.2.1 Delimitación del área de estudio

La toma de datos se realizó durante los meses febrero a mayo de 2018 con salidas de día por medio. Para el primer objetivo, se realizó una caracterización de la diversidad y la estructura vegetal, a partir de áreas generales de muestreo con base en observaciones a través de imágenes satelitales y recorridos previos en campo. Se ubicaron 40 parcelas distribuidas en las dos zonas, con 20 parcelas por cada localidad. Para su ubicación se tuvo en cuenta la topografía y el tamaño de las franjas de páramo; delimitando las 20 parcelas de cada sitio al mismo nivel altitudinal a lo largo de un transecto y separadas al menos una de otra por 20 m longitudinalmente. Para ciertas

parcelas no fue factible realizarlas en un solo transecto y se hicieron en varios transectos en las que no superaran 50 m de distancia altitudinal. Se levantaron parcelas de 12,5 X 4 m según Marín (2013) (Ilustración 2), a su vez, cada parcela se subdividió en cinco subparcelas de 4 X 2,5 m, consecuentemente en cada parcela se censaron todos los individuos de plantas de todos los hábitos o formas de crecimiento encontradas; en las que se clasificaron y se diferenciaron según los estratos de: Rasante (r) < 0,3; Herbáceo (h): 0.31 – 1.5 m; Arbustivo (ar): 1.51-5 m; Sub Arbóreo (Ar): 5.1-12m (Cortés, 2003). Estas plantas fueron colectadas y fueron introducidas en bolsas plásticas ziploc con sus respectivo rotulado y llevadas al Herbario Regional Catatumbo-Sarare (HECASA), de la Universidad de Pamplona.

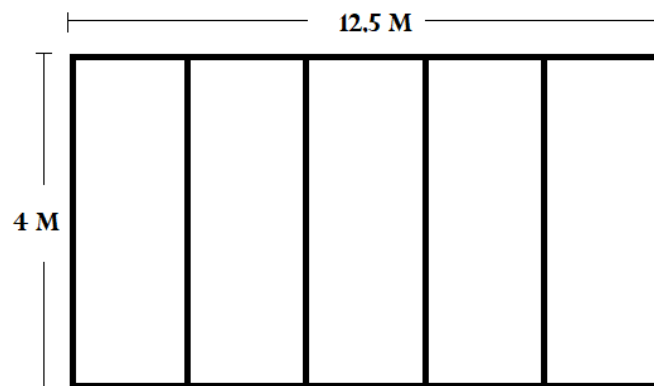


Ilustración 2. Ilustración de las parcelas y subparcelas realizada en las dos franjas altitudinales

7.3 RASGOS FUNCIONALES

Con el desarrollo de la matriz general y sus respectivas identificaciones taxonómicas para cada especie se determinaron las abundancias para las dos localidades muestreadas. La toma de datos en campo para rasgos funcionales consistió en coleccionar al azar las ramas con hojas frescas que se encontrarán expuestas completamente a la luz y si los individuos prosperaran en lugares sombreados, las ramas se coleccionaron de la parte superior; se escogieron las hojas que no presentaran daños causados por patógenos, e herbívoros o que no presentaran síntomas de enfermedad.

Se coleccionaron seis especies para cada localidad; teniendo en cuenta sus dos zonas de vida, El subpáramo y páramo, se tomaron cinco individuos para cada especie, por un total de 15 individuos para cada zona de vida. Las muestras de cada planta fueron envueltas en papel húmedo e introducidas en bolsas herméticas con sus marcajes respectivos; se le adicionó CO₂ proporcionado por la exhalación y un poco de hidratación para evitar la pérdida de agua por transpiración e inmediatamente se sellaron y se realizó el mismo procedimiento para la colecta de tallos para su respectivo análisis de densidad de madera provenientes de las mismas plantas de cada especie coleccionada.

Para estas colectas se realizaron las siguientes mediciones de rasgos funcionales en el laboratorio de la Universidad de Pamplona: contenido foliar de materia seca, área foliar específica, densidad de tricomas, densidad de la madera.

7.3.1 Medición de rasgos funcionales

- *Contenido foliar de materia seca*

Es una medida que está relacionada de manera inversa con la tasa de crecimiento relativo, mostrando una relación importante con la productividad de la planta, para ello las hojas colectadas fueron llevadas, se eliminó el exceso de agua de la superficie mediante papel secante, posteriormente estas fueron pesadas en una balanza analítica (g); seguidamente estas hojas fueron secadas al horno a una temperatura de 60 °C por al menos 72h o 70°C por 48 h; retiradas inmediatamente del horno fueron pesadas, (Salgado et al., 2015).

CFMS= Peso seco de la hoja/ peso fresco de la hoja

- *Área Foliar y Área Foliar Específica*

En el laboratorio las hojas fueron colocadas en una cartulina de color blanco y junto con ella una regla a escala de 1cm, se tomaron fotografías a cada hoja de cada especie procedente de cada individuo para introducirlas al Software ImageJ, con unidades de medida en cm², posteriormente cada muestra con su respectiva rotulación fueron secadas en el horno a 60 °C por al menos 72 h o 70 °C por 48h y nuevamente se pesaron y se determinó la masa seca después de haber sido sacadas del horno. El AFE se calculó para cada hoja y se halló con la siguiente fórmula: AFE= Área foliar / peso seco de la hoja (Salgado *et al.*, 2015).

- *Densidad de Tricomas*

A partir de las láminas de los individuos previamente colectados se halló el número de tricomas, con la ayuda de un estereoscopio de aumento de 32x, contando tanto en el haz como por el envés; en uno de un 1mm²; el conteo se realizó en sitios desprovistos de nervaduras principales y se tomó hacia el centro de la hoja (Carrillo, 2014).

- *Densidad de madera*

Para este rasgo se marcaron los 12 individuos, con su respectiva localidad y hábito, en el cual se les retiró la cutícula de las maderas, luego se rehidrataron las núcleos de cada especie durante 48 horas; se sacaron y se les retiró el exceso de agua con la ayuda de toallas absorbentes, posteriormente se introdujeron en un vaso de precipitado con agua para sumergir las muestras de madera sin tocar los bordes del vaso, lo cual se realizó con una aguja de disección inserta en el trozo de madera y se determinó el volumen según el peso del agua desplazada.

Densidad de madera= Masa seca/ volumen fresco de la madera.

7.4 FASE DE LABORATORIO

7.4.1 Herborización

La colecta de plantas fueron llevadas al proceso de herborización de prensado, rotulado y secado en un horno industrial a una temperatura de 60C° durante 48 horas y por último estos ejemplares fueron determinados taxonómicamente mediante claves taxonómicas e imágenes de ejemplares de la colección virtual de distintos herbarios entre los que se destacaron: Herbario Nacional Colombiano (COL), herbario del Jardín botánico de San Luis de Missouri (MO),

herbario del museo de historia natural de París (P); del Instituto Smithsonian de Washington (US), El jardín botánico de Nueva York (NY), entre otros.

8. ANÁLISIS DE DATOS

8.1 DIVERSIDAD DE PLANTAS PARA LAS DOS COMUNIDADES ECOLÓGICAS

8.1.1 Comparación florística entre localidades

El objetivo de esta prueba fue la de estimar y comparar la riqueza de plantas para cada zona de vida de cada localidad; esta prueba permite evaluar la eficiencia y esfuerzo del muestreo.

8.1.2 Semejanzas florísticas entre comunidades

El índice de Jaccard cualifica el grado de semejanza entre las dos localidades con sus respectivas zonas de vida con base en la presencia y ausencia de las especies y a su vez relaciona el número de especies compartidas.

El índice de Morisita permite tener en cuenta la semejanza de especies entre dos muestras en la cual considera la posición de las especies sin verse afectado la riqueza de especies y el tamaño de la muestra, siendo de orden cuantitativo.

8.1.3 Composición y estructura de la vegetación

Se determinó la riqueza total de especies en las dos localidades muestreadas con sus respectivas zonas de vida; a nivel de familias, géneros y especies.

Se evaluaron parámetros estructurales de coberturas, diámetros de tallos y coberturas de copas a través de la distribución de frecuencias agrupadas por intervalo para cada variable estructural. En el caso del área basal se obtuvo a partir de la medición de la circunferencia a la altura del pecho (CAP), medida en centímetros y transformada a DAP (diámetro a la altura del pecho) mediante la siguiente ecuación:

$$DAP = CAP / \pi$$

Posteriormente al obtener dicho resultado se prosiguió a la obtención del Área basal por medio de esta ecuación:

$$\text{Área Basal} = \pi / 4 (DAP)^2$$

Seguidamente se procedió a evaluar los intervalos de clases de frecuencias con Área basal, mediante la ecuación:

$$C = (X_{\max} - X_{\min}) / m, \text{ donde}$$

$$C = \text{Amplitud de intervalo}$$

$m = 1 + 3,3 \log N$, donde N = Número de individuos y $1 + 3,3$ son constantes (Rangel & Velásquez, 1997).

Para coberturas de los ejes X y Y estas fueron transformados en un solo valor con la ayuda de la fórmula de la elipse, ya que la suma de las distancias en dos puntos fijos situados en el mismo plano es una cantidad constante y esto se muestra de la siguiente fórmula:

$$\text{Cobertura} = \Pi (X1/2) * (Y1/2)$$

Finalmente se realizaron los intervalos de frecuencia como en el caso de los diámetros y alturas.

Diversidad

8.1.6 Curva rango abundancia

La curva rango abundancia nos permitió determinar los patrones de distribución de las abundancias de las especies muestreadas en cada localidad con su respectiva zona de vida, haciéndose una ordenación jerárquica de las especies encontradas en cada unidad de muestreo; estas abundancias se representan en escala logarítmica (en base 10), mostrando gran cantidad de información en poco espacio, permitiendo segregar las muestras en: especies dominantes, abundantes y raras.

8.2 CARACTERIZACIÓN DE RASGOS FUNCIONALES.

En los análisis de rasgos funcionales se tomaron los tributos para las especies abundantes de cada zona de vida con su respectiva localidad, realizándose el análisis de componentes principales.

9. RESULTADOS.

9.1 EFICIENCIA DE MUESTREO

9.1.1 Curva de rarefacción por cobertura de la muestra

La completitud general del muestreo se basa en el número de especies que son representativas en cada zona de vida; además, la curva de rarefacción indica que no existen diferencias significativas entre el Páramo la Reserva (PLV) y el Subpáramo El Volcán (SPLV) en términos de riqueza, dado que sus intervalos de confianza se encuentran superpuestos sobre el 80% seguidos por el Páramo la Lejía (PLL) en menor medida, el Subpáramo la Lejía (SPLL) destaca en el número de especies encontradas (Ilustración 3).

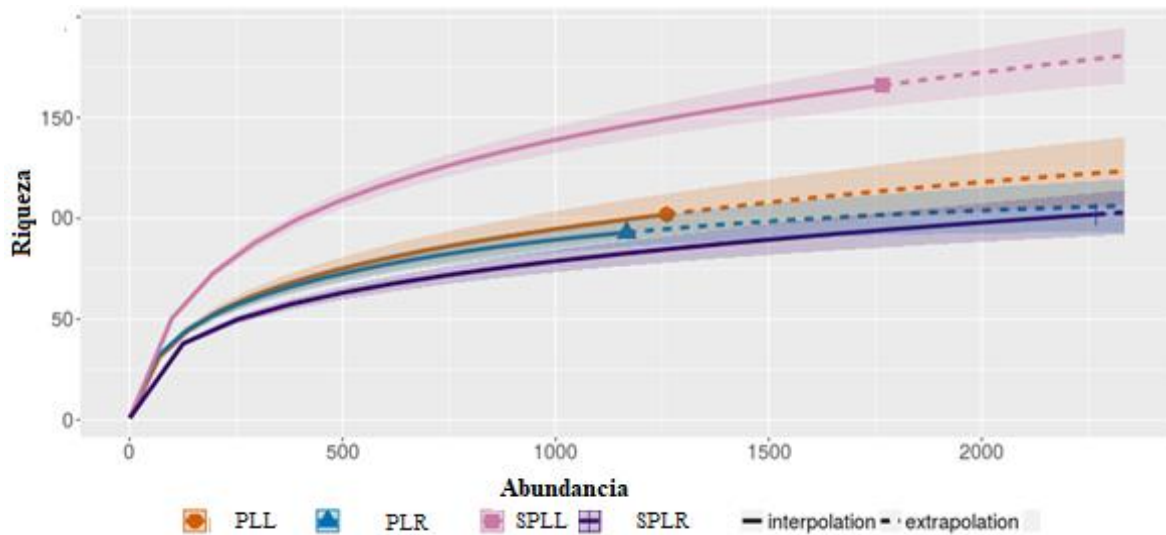


Ilustración 3 Curva de rarefacción basada en las muestras para las 4 zonas de vida: PLL: Páramo La Lejía; PLRV: Páramo La Reserva El Volcán; SPLL: Subpáramo La Lejía; SPLRV: Subpáramo La Reserva El Volcán, mediante el método Chao y Jost (2012).

En la curva rango abundancia se puede observar las especies encontradas en las diferentes zonas de vida, agrupándolas las especies en: Dominantes, abundantes y especies raras. En la ilustración 3 se observa una línea continua que indica la interpolación y una línea punteada que indica la extrapolación, La sombra muestra el intervalo de confianza del 95% para cada zona.

9.1.2 Composición florística

- Riqueza

El muestreo comprendió un total de 2,000 m² para las dos localidades La Lejía y la reserva El Volcán, con un registro de 56 familias, 136 géneros y 263 especies. para La Lejía en la cinesia de arbustal ; La familia con la mayor riqueza fue Poaceae que abarcó 17 géneros y 24 especies ; para la familia Asteraceae se encontraron 16 géneros y 24 especies; Rubiaceae con 6 géneros y 9 especies; Polypodiaceae 5 géneros y 8 especies; Ericaceae 4 géneros y 6 especies; para la familia Orchidaceae se hallaron 3 géneros y 3 especies; Bromeliaceae con 2 géneros y 5 especies; Rosaceae 2 géneros y 6 especies; Melastomataceae 2 géneros y 5 especies; Lycopodiaceae 2 generos y 3 especies; Cyperaceae 2 generos y 7 especies; Blechnaceae 1 género y 2 especies; Araliaceae 1 género y 3 especies; Primulaceae 1 género y 2 especies; Oxalidaceae 1 género y 3 especies; Symplocaceae 1 género y 2 especies; Myrtaceae 1 género y 5 especies; Hypericaceae género y 6 especies (Tabla 1)

Tabla 1 Familias con mayor riqueza de géneros y especies para el sector La Lejía, en la comunidad arbustal.

Familias	Número de géneros	Número de especies
Asteraceae	16	25
Poaceae	17	24

Rubiaceae	6	9
Polypodiaceae	5	8
Ericaceae	4	6
Orchidaceae	3	3
Bromeliaceae	2	5
Rosaceae	2	6
Melastomataceae	2	5
Lycopodiaceae	2	3
Cyperiaceae	2	7
Blechnaceae	1	2
Araliaceae	1	3
Primulaceae	1	2
Oxalidaceae	1	3
Symplocaceae	1	2
Myrtaceae	1	5
Hypericaceae	1	6

Los géneros con mayor número de especies para el hábito matorral del sector La Lejía fueron: *Ageratina* (Asteraceae) con 7 especies; *Hypericum* (Hypericaceae) con 6 especies; *Myrcianthes* (Myrtaceae) con 5 especies; *Hesperomeles* (Rosaceae) con 4 especies; *Tillandsia* (Bromeliaceae) con 3 especies. (Tabla2)

Tabla 2 Géneros más representativos del hábitat arbustal de la localidad Lejía, con sus respectivas especies.

Género	Especies
<i>Ageratina</i>	<i>Ageratina sp.</i>

<i>Ageratina</i>	<i>Ageratina sp1</i>
<i>Ageratina</i>	<i>Ageratina sp 2</i>
<i>Ageratina</i>	<i>Ageratina gracilis</i>
<i>Ageratina</i>	<i>Ageratina glyptophlebia</i>
<i>Ageratina</i>	<i>Ageratina theifolia</i>
<i>Ageratina</i>	<i>Ageratina tinifolia</i>
<i>Hypericum</i>	<i>Hypericum carinosum</i>
<i>Hypericum</i>	<i>Hypericum gleasonii</i>
<i>Hypericum</i>	<i>Hypericum juniperinum</i>
<i>Hypericum</i>	<i>Hypericum mexicanum</i>
<i>Hypericum</i>	<i>Hypericum phellos</i>
<i>Hypericum</i>	<i>Hypericum sp.</i>
<i>Myrcianthes</i>	<i>Myrcianthes leucoxyla</i>
	<i>Myrcianthes crebrifolia</i>
<i>Myrsine</i>	<i>Myrsine guianensis</i>
	<i>Myrsine coriácea</i>
	<i>Myrsine latifolia</i>
<i>Hesperomeles</i>	<i>Hesperomeles cf obtusifolia</i>
<i>Hesperomeles</i>	<i>Hesperomeles heterophylla</i>
<i>Hesperomeles</i>	<i>Hesperomeles obtusifolia</i>
<i>Hesperomeles</i>	<i>Hesperomeles sp</i>
<i>Tillandsia</i>	<i>Tillandsia sp</i>
<i>Tillandsia</i>	<i>Tillandsia biflora</i>
<i>Tillandsia</i>	<i>Tillandsia denudata</i>

Para el hábito pajonal- frailejónal del sector La Lejía se encontraron 41 familias, la familia con mayor riqueza fue Poaceae en la que se encontraron 9 Géneros y 12 especies; seguida de Asteraceae con 6 géneros y 9 especies; Cyperaceae 6 géneros y 11 especies;

Lycopodiaceae 4 géneros y 6 especies; Rosaceae 3 géneros y 5 especies; Ericaceae 3 géneros y 4 especies; Rubiaceae 3 géneros y 3 especie; Apiaceae 2 géneros y 4 especies; Bromeliaceae 2 géneros y 3 especies; Hypericaceae 1 género y 5 especies; Blechnaceae 1 género y 3 especies; Melastomataceae con 1 género y 2 especies (Tabla 3).

Tabla 3 Familias y géneros con mayor riqueza de especies para el sector la Lejía comunidad Pajonal- Frailejonal.

Familias	Número de géneros	Número de especies
Poaceae	9	12
Asteraceae	6	9
Cyperaceae	6	11
Lycopodiaceae	4	6
Rosaceae	3	5
Ericaceae	3	4
Rubiaceae	3	3
Apiaceae	2	4
Bromeliaceae	2	3
Hypericaceae	1	5
Blechnaceae	1	3
Melastomataceae	1	2

Los géneros con mayor número de especies para el hábito pajonal-frailejonal corresponden a la familia Hypericaceae del género *Hypericum* con 5 especies; familia Cyperaceae del género *Rhynchospora* con 3 especies; Blechnaceae del género *Blechnum* con 3 especies; Asteraceae del género *Ageratina* con 3 especies; Melastomataceae del género *Monochaetum* con 3 especies (Tabla 4).

Tabla 4 Géneros más representativos del hábitat pajonal- frailejona con sus respectivas especies.

Géneros	Especies
Hypericum	<i>H. carinosum</i>
	<i>H. gleasonii</i>
	<i>H. juniperinum</i>
	<i>H. mexicanum</i>
	<i>H. phellos</i>
Rhynchospora	<i>R. paramora</i>
	<i>R. nervosa</i>
	<i>R. ruiziana</i>
Blechnum	<i>B. auratum</i>
	<i>B. loxense</i>
	<i>B. sp</i>
Ageratina	<i>A. glyptophlebia</i>
	<i>A. gracilis</i>
	<i>A. sp.</i>
Monochaetum	<i>M. myrtoideum</i>
	<i>M. bonplandii</i>
	<i>M. sp</i>

Para el hábito Arbustal del sector El Volcán se registraron 32 familias; Las familia que mayor riqueza obtuvieron fueron: Asteraceae con 7 géneros y 14 especies; Polypodiaceae con 5 géneros y 7 especies; Poaceae 5 géneros y 6 especies; Rosaceae 4 géneros y 9 especies; Rubiaceae 3 géneros y 12 especies; Cyperaceae 3 géneros y 3 especies; Ericaceae 2 géneros y 6 especies; Melastomataceae 2 géneros y 4 especies; Orchidaceae 2 géneros y 2 especies; Hypericaceae 1 género y 2 especies; Lycopodiaceae con 1 género y 2 especies (Tabla 5).

Tabla 5 Familias géneros con mayor riqueza de géneros y especies para el sector EL Volcán de la comunidad arbustal.

Familia	Número de géneros	Número de especies
----------------	--------------------------	---------------------------

Asteraceae	7	14
Polypodiaceae	5	7
Poaceae	5	6
Rosaceae	4	9
Rubiaceae	3	12
Cyperaceae	3	3
Ericaceae	2	6
Melastomataceae	2	4
Orchidaceae	2	2
Hypericaceae	1	2
Lycopodiaceae	1	2

Los géneros con mayor número de especies para el hábito matorral de la localidad El Volcán corresponden a *Galium* con 2 especies; *Hesperomeles* con 4 especies; *Pentacalia* con 4 especies; *Ageratina* con 3 especies, *Baccharis* con 3 especies; *Gaultheria* con 4 especies (tabla 6).

Tabla 6 Géneros más representativos del hábitat arbustal de la localidad Reserva el Volcán con sus respectivas especies.

Género	Especie
<i>Galium</i>	<i>Galium obovatum</i>
<i>Galium</i>	<i>Galium hypocarpium</i>
<i>Hesperomeles</i>	<i>Hesperomeles ferruginea</i>
<i>Hesperomeles</i>	<i>Hesperomeles heterophylla</i>
<i>Hesperomeles</i>	<i>Hesperomeles latifolia</i>

Pentacalia	<i>Pentacalia abietina</i>
Pentacalia	<i>Pentacalia ledifolia</i>
Pentacalia	<i>Pentacalia pulchella</i>
Pentacalia	<i>Pentacalia vaccinioides</i>
Ageratina	<i>Gaultheria cf erecta</i>
Ageratina	<i>Ageratina glyptophlebia</i>
Ageratina	<i>Ageratina sp.</i>
Baccharis	<i>Baccharis mutisiana</i>
Baccharis	<i>Baccharis prunifolia</i>
Baccharis	<i>Baccharis rupicola</i>
Gaultheria	<i>Gaultheria anastomosans</i>
Gaultheria	<i>Gaultheria erecta</i>
Gaultheria	<i>Gaultheria myrsinoides</i>
Gaultheria	<i>Gaultheria sp.</i>

Para el hábito pajonal- frailejonal del sector la Reserva el Volcán se encontraron un total de riqueza de 32 familias; la familia con mayor riqueza fue Asteraceae con 9 géneros y 11 especies; Rosaceae con 4 géneros y 10 especies; Poaceae con 6 géneros y 9 especies; Ericaceae con 4 géneros y 8 especies; Polypodiaceae con 3 géneros y 3 especies; Hypericaceae con 1 género y 8 especies; Orobanchaceae con 2 géneros y 4 especies (tabla 7).

Tabla 7 Familias más representativas para la comunidad Pajonal- frailejona El Volcán.

Familia	Número de géneros	Número de especies
Asteraceae	9	11
Rosaceae	4	10
Poaceae	6	9
Ericaceae	4	8
Polypodiaceae	3	3
Hypericaceae	1	8
Orobanchaceae	2	4

Los géneros de mayor número de especies para el hábito pajonal-frailejona de la localidad la Reserva el volcán fueron: *Gaultheria* con 4 especies; *Hypericum* con 4 especies; *Calamagrostis* con 4 especies; *Elaphoglossum* con 4 especies; *Hesperomeles* con 3 especies; *Lycopodium* con 3 especies (tabla 8).

Tabla 8 Géneros más representativos del hábitat pajonal- frailejona del sector la Reserva El Volcán, con sus respectivas especies.

Género	Especie
<i>Gaultheria</i>	<i>Gaultheria anastomosans</i>
<i>Gaultheria</i>	<i>Gaultheria erecta</i>
<i>Gaultheria</i>	<i>Gaultheria myrsinoides</i>
<i>Gaultheria</i>	<i>Gaultheria sp.</i>
<i>Hypericum</i>	<i>Hypericum bolivarii</i>
<i>Hypericum</i>	<i>Hypericum gleasonii</i>
<i>Hypericum</i>	<i>Hypericum phellos</i>
<i>Hypericum</i>	<i>Hypericum tetrastichum</i>
<i>Calamagrostis</i>	<i>Calamagrostis bogotensis</i>
<i>Calamagrostis</i>	<i>Calamagrostis cf. planifolia</i>

<i>Calamagrostis</i>	<i>Calamagrostis densiflora</i>
<i>Calamagrostis</i>	<i>Calamagrostis effusa</i>
<i>Elaphoglossum</i>	<i>Elaphoglossum engelii</i>
<i>Elaphoglossum</i>	<i>Elaphoglossum muscosum</i>
<i>Elaphoglossum</i>	<i>Elaphoglossum sp.</i>
<i>Elaphoglossum</i>	<i>Elaphoglossum tenuiculum</i>
<i>Hesperomeles</i>	<i>Hesperomeles ferruginea</i>
<i>Hesperomeles</i>	<i>Hesperomeles heterophylla</i>
<i>Hesperomeles</i>	<i>Hesperomeles obtusifolia</i>
<i>Lycopodium</i>	<i>Lycopodium clavatum</i>
<i>Lycopodium</i>	<i>Lycopodium sp.</i>
<i>Diphasiastrum</i>	<i>Diphasiastrum thyoides</i>

9.2 ABUNDANCIAS PARA LAS 4 ZONAS DE VIDA.

Se calcularon las abundancias para cada comunidad teniendo en cuenta todos los diferentes hábitos de crecimiento. Las especies con mayor abundancia para el Subpáramo La Lejía fueron *Berberis rigidifolia* con 136 individuos que corresponde al 7,70% ; *Pentacalia ledifolia* con 126 individuos al 7,13%; *Monochaetum myrtoideum* con 96 individuos al 5,43%; *Myrsine latifolia* con 71 individuos al 4,02%; *Pteridium aquilinum* con 66 individuos al 3,74% (Ilustración 4).

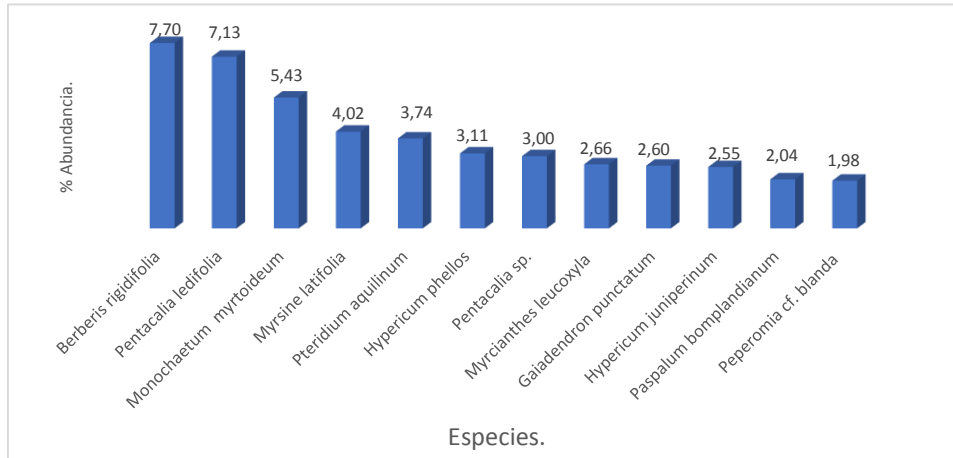


Figura 4. abundancia para la zona del subpáramo La Lejía

Las especies con mayor abundancia para el Subpáramo La Reserva El Volcán que corresponde: *Gaultheria anastomosans* con 299 individuos al 13% ; *Chaetolepis lindeniana* con 292 individuos al 13% ; *Hypericum phellos* con 216 individuos al 10%; *Pentacalia abietina* con 91 individuos al 0,4% ; *Arcytophyllum nitidum* con 85 individuos al 0,4 % (Figura 5).

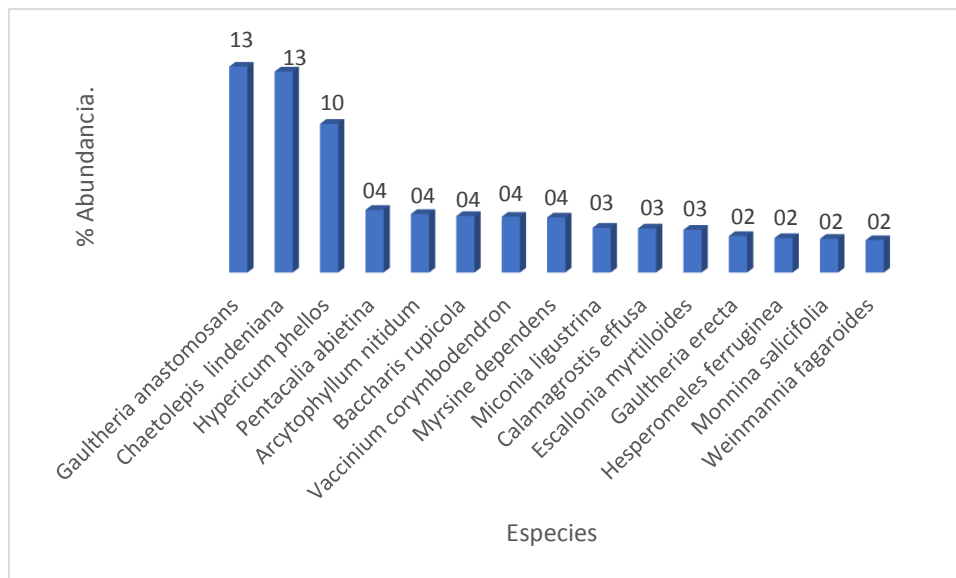
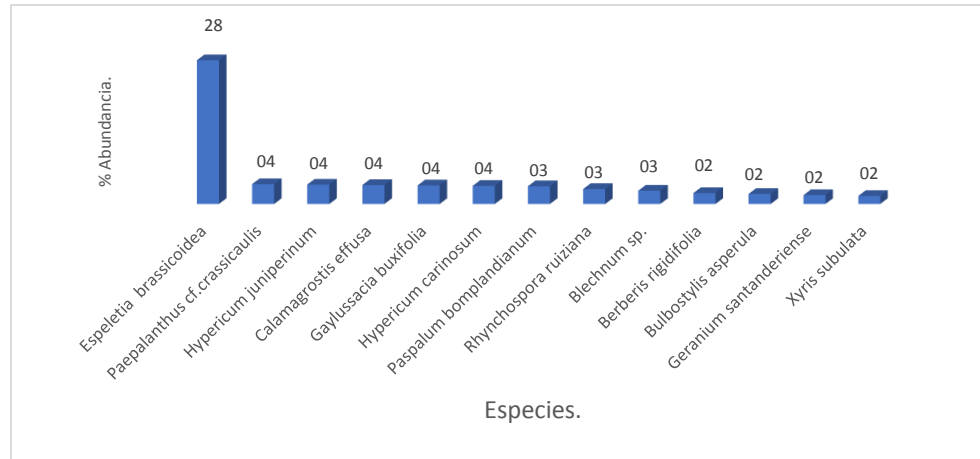


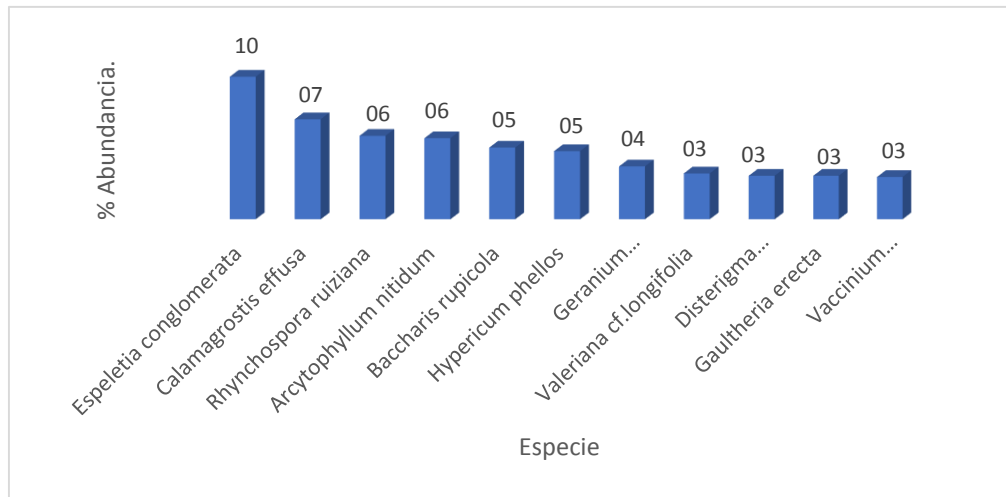
Figura 5. Abundancia para la zona de vida Subpáramo La Reserva El Volcán

Las especies con mayor abundancia en el Páramo La Lejía corresponden a *Espeletia brassicoidea* con 356 individuos al 28%; *Paepalanthus cf. crassicaulis* con 49 individuos al 0,4%; *Hypericum juniperinum* con 48 individuos al 0,4 %; *Calamagrostis effusa* con 47 individuos al 0,4% (Figura 6).



IFigura 6. Abundancia para la zona de vida Páramo La Lejía

Las especies con mayor abundancia para el Páramo La Reserva El Volcán corresponde a: *Espeletia conglomerata* con 121 individuos al 10%; *Calamagrostis effusa* con 85 individuos al 0,7%; *Rhynchospora ruiziana* con 71 individuos al 0,6%; *Arcytophyllum nitidum* con 69 individuos al 0,6% (Ilustración 7)



IFigura 7. Abundancia para la zona de vida Páramo La Reserva El Volcán

9.3 ESTRUCTURA PARA LA VEGETACIÓN

9.3.1. Estructura Horizontal para coberturas y diámetros.

- Intervalos de frecuencia para coberturas

Para las comunidades de La Lejía se encontró un total de 765 individuos, cuyas copas variaron de $0,0039 \text{ m}^2$ a $0,16 \text{ m}^2$ en la cual se muestra que el primer intervalo de frecuencia va de $0,0039$ a $0,42 \text{ m}^2$ con 661 números de individuos a un porcentaje de 86,41%, seguido del segundo intervalo que va de $0,43$ a $0,85 \text{ m}^2$ con 85 individuos al 11,11% , para el tercer intervalo que va de $0,86$ a $0,12 \text{ m}^2$ con 9 individuos al 1,18%, para el cuarto intervalo que va de $0,13$ a $0,16 \text{ m}^2$ con 7 individuos al 0,92% (figura 8a).

Para las comunidades de La Reserva El volcán se encontraron un total de 860 individuos, en la que muestra una mayor tendencia en el primer intervalo que va de $0,0000047$ a $0,67 \text{ m}^2$ con 786 especies con 91,40%, seguido del segundo intervalo que va de $0,68$ a $1,31 \text{ m}^2$ con 33 especies

con 3,84%, tercer intervalo que va de 1,32 a 1,97 m² con 20 individuos con 2,33%, cuarto intervalo que va de 1,98 a 2,62 m² con 7 individuos con 0,81% (figura 8b).

(a) Localidad La Lejía

(b) Localidad El Volcán



Figura 8. (8 a, b) Cobertura del número total de individuos para cada intervalo encontrado en la Localidad la lejía y Reserva El Volcán.

- Coberturas por tipos de vegetación de cada localidad

En el subpáramo La Lejía se encontraron un total de 409 individuos, cuyos intervalos de distribución de frecuencias para la cobertura tuvieron el siguiente comportamiento: en el primer intervalo de 0,00392 a 0,46m² con 372 individuos que corresponden al 90,95%, mientras que el segundo intervalo de 0,46 a 0,92m² contó con 20 individuos, representando el 4,89%, el tercero con intervalos de 0,92 a 1,39 m², incluyó 8 individuos, representando el 1,96% (figura 9 a).

Para el subpáramo El Volcán se encontraron 667 individuos, en la que muestra una alta cantidad de individuos para el primer intervalo que va de 0,00785 a 0,686 m² con 606 individuos, equivalentes al 90,85%, el segundo va de 0,686 a 1,36 m² con 34 individuos que corresponden al 5,10%, y para el tercer intervalo que va de 1,37-2,04 m² con 8 individuos al 1,20 % respectivamente (figura 9 b).

(a) Subpáramo La Lejía

(b) Subpáramo El Volcán

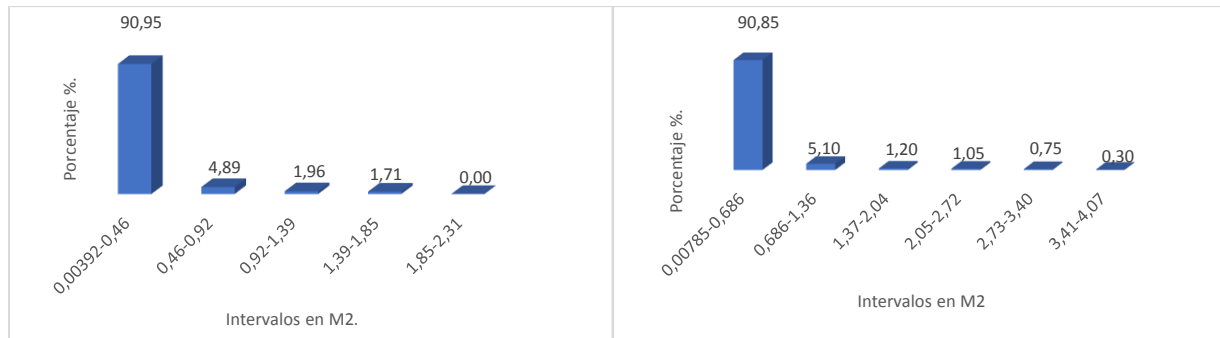
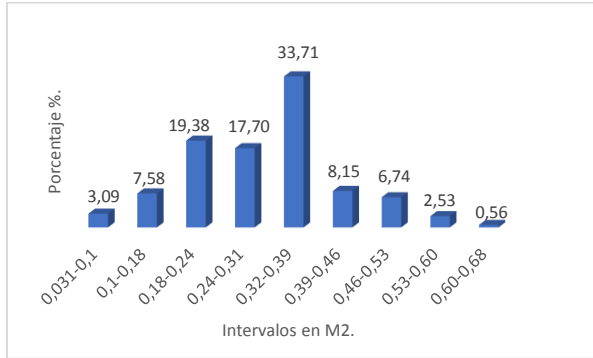


Figura 9. (a, b) intervalos de frecuencia para coberturas de la zona de vida subpáramo La Lejía y...

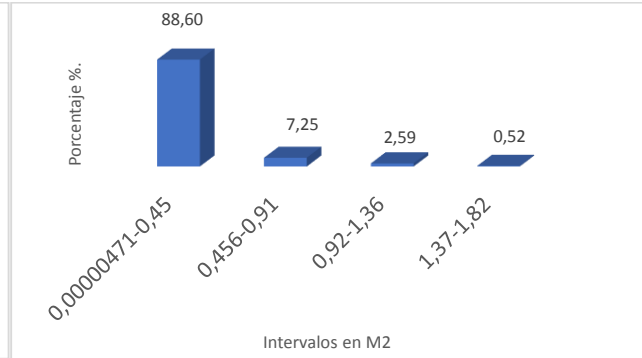
Para el páramo La Lejía se encontraron un total de 356 individuos, en la que muestra una alta tendencia para el quinto intervalo que va de 0,320 a 0,39 m² con 129 individuos al 33,71%, seguido para el tercer intervalo que va de 0,18 a 0,24 m² con 69 individuos al 19,38%, cuarto intervalo que va de 0,24 a 0,31 con 63 individuos al 17,70%, el sexto intervalo que estuvo entre 0,39- 0,46 m², dispuso de 29 individuos al 8,15% (figura 10 a).

Para el páramo de la localidad el volcán se encontraron un total de 193 individuos, en la que muestra una alta tendencia para el primer intervalo que va de 0,00000471 a 0,45 m² con 171 individuos al 88,60%, el segundo intervalo que va de 0,456 a 0,91 m² con 14 individuos al 7,25%, tercer intervalo que va de 0,92 a 1,36 m² con 5 individuos al 2,59% (figura 10 b).

(a) Páramo La Lejía



(b) Páramo El Volcán



10. (a, b) Intervalos de frecuencias para coberturas de la zona de vida el páramo La lejía, páramo El Volcán

9.3.2 Intervalos de frecuencias para diámetros

- Localidad La Lejía

Para la comunidad de La Lejía se encontraron un total de 438 individuos en la que muestra para el primer intervalo que va de 0,179 a 0,00616 m² con 434 individuos, mientras que el segundo intervalo que va de 0,00616 a 0,0123 m² con 2 individuos, y por último el cuarto intervalo que va de 0,0184 a 0,0246 m² con un solo individuo (figura 11a).

- Localidad El Volcán

Para la comunidad El volcán se encontró un total de 719 individuos en la que muestra para el primer intervalo que va de 0,0000716 a 0,0170 m² fue de 703 individuos, en el segundo intervalo de 0,0171 a 0,0341m² con 13 individuos (figura 11b).

(a) Localidad La Lejía

(b) Localidad El Volcán

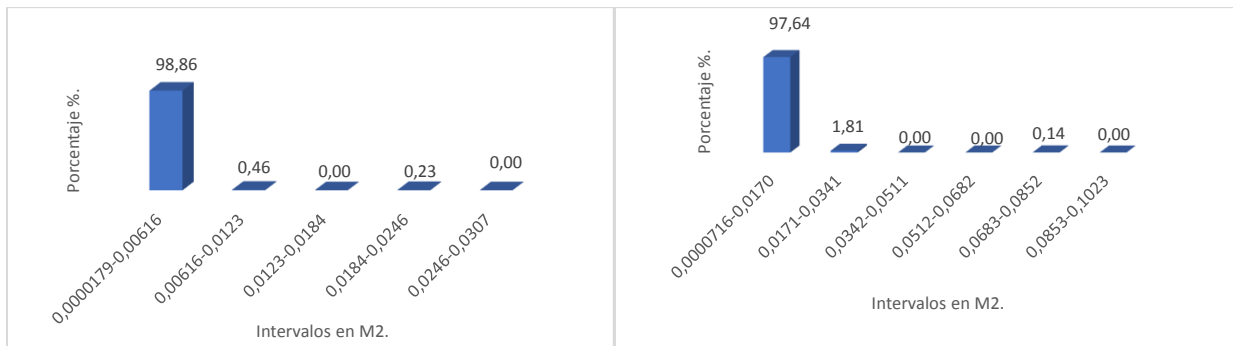


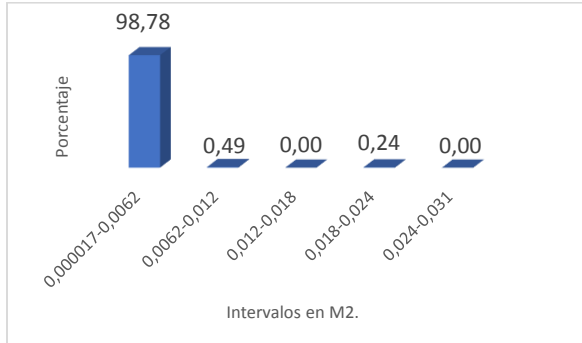
Figura 11. (Figura 11 a, b) Intervalos de frecuencia para diámetros localidad la Lejía y El Volcán.

- *Diámetros para cada zona de vida de cada localidad.*

Para el subpáramo La Lejía se encontró un total de 409 individuos en la que muestra que para el primer intervalo que va de 0,00001790 a 0,00627m2 alcanzó un porcentaje de 98.78% de individuos, mientras que para el segundo que va de 0,00628 a 0,01243 m², con 2 individuos equivalentes al 0,49% (figura 12a).

Para el subpáramo de El Volcán se encontraron un total de 656 individuos en la que muestra para el primer intervalo que va de 0,0000716 a 0,01403 m² 643 individuos con un porcentaje de 98,02%, el segundo intervalo que va de 0,01404 a 0,02800 m² obtuvo 8 individuos que representan el 1,22% (figura 12b).

(a) Subpáramo La Lejía



(b) Subpáramo La Reserva El Volcán

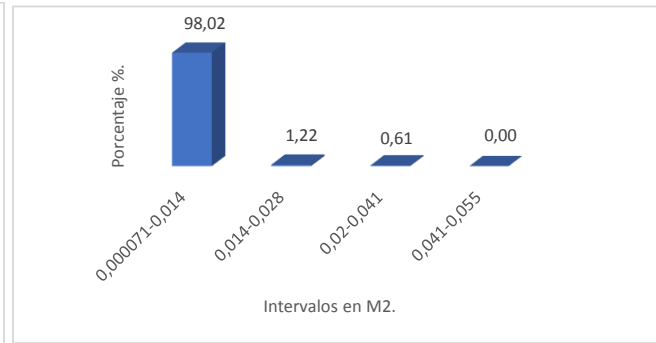


Figura 12. (a, b) intervalos para diámetros en el subpáramo de la localidad La Lejía y Reserva El Volcán.

Para el páramo La Lejía se encontró un total de 29 individuos, distribuyéndose en a el primer intervalo que va de 0,0001611 a 0,0003628 m², 15 individuos con un porcentaje de 51,72%, segundo intervalo que va de 0,0003629 a 0,0005645 m² con 8 individuos, representando el 27,59%, luego el tercer intervalo que va de 0,0005646 a 0,0007662 m² con 4 individuos o el 13,79% (Ilustración 13a).

Para el páramo de El Volcán se encontró un total de 64 individuos en el que dispone para el primer intervalo que va de 0,0000716 a 0,000789 m² a 56 individuos cuyo porcentaje fue de 87,50%, el segundo intervalo que va de 0,000789 a 0,001451 con 3 individuos o el 4,69%; tercer intervalo que va de 0,001452-0,002113 con 2 individuos o el 3,13% (Ilustración 13b).

(a) Páramo La Lejía

(b) Páramo El Volcán

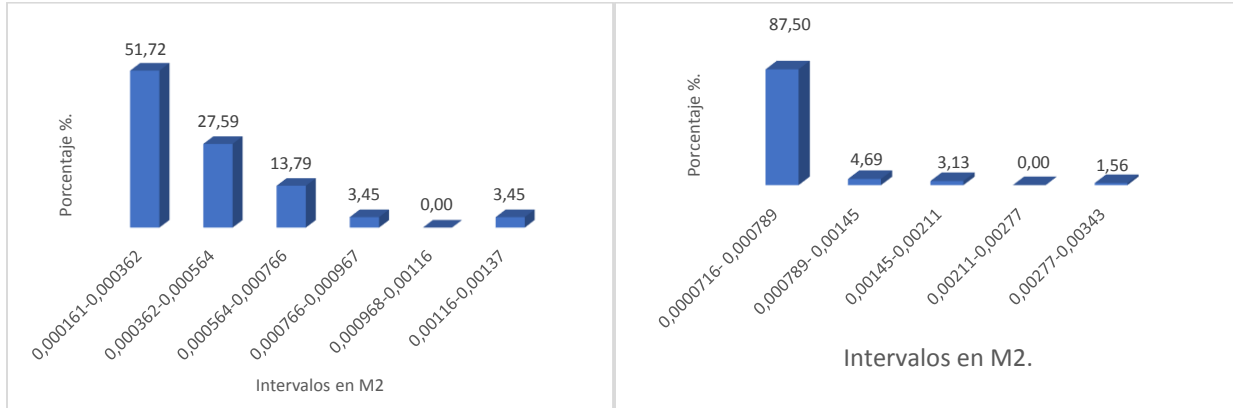


Figura 13. (a, b) intervalos para diámetros en el páramo de la localidad La Lejía y El Volcán.

9.3.3 Estructura vertical

- Intervalos de frecuencias para alturas en las dos localidades

Para La Lejía se encontraron 954 individuos en la que muestra un mayor número de individuos para el tercer intervalo que va de 1 a 1,34 m de altura con 361 individuos que corresponden a un porcentaje de 37,84%, le siguió el cuarto intervalo de 1,35 a 1,68 m con 202 individuos o el 21,17% , luego el segundo intervalo que va de 0,64 a 0,99 m con 196 individuos o el 20,55%, posteriormente el quinto intervalo que va de 1,69 a 2,03m con 102 individuos al 10,69% y por último , el de valor más bajo que va de 0,3- 0,64 m con 63 individuos o el 6,60 % (figura 14 a)

Para la localidad El volcán se registraron un total de 1340 individuos en la que muestra para el tercer intervalo que va de 0,9463 a 1,3769 m con 521 individuos fue la de mayor porcentaje (38,88%); luego estuvo el cuarto intervalo que va de 1,3770-1,8975 m conformado por 381 individuos o el 28,43%; continuó el segundo intervalo de 0,51556-0,9462 m con 205 individuos o el 15,30% (figura 14b).

Para la localidad El volcán se registraron un total de 1340 individuos en la que muestra para el tercer intervalo que va de 0,9463 a 1,3769 m con 521 individuos fue la de mayor porcentaje de 38,88% ; luego estuvo el cuarto intervalo que va de 1,3770-1,8975 m conformado por 381 individuos o el 28,43%; continuó el segundo intervalo de 0,51556-0,9462 m con 205 individuos o el 15,30% (figura 14b).

(a) Localidad La Lejía

(b) Localidad El Volcán

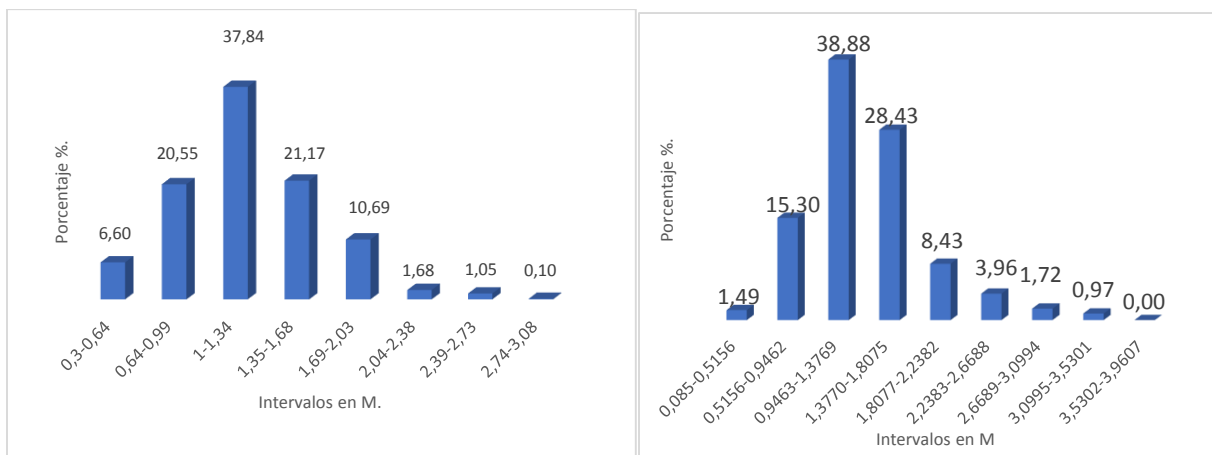


Figura 14. (a, b) Intervalo de frecuencia para alturas de las localidades La Lejía y el Volcán.

- *Intervalos de altura para cada zona de vida*

Para el Páramo de La Lejía se halló un total de 384 individuos, en donde el cuarto intervalo que va de 0,989-1,216 m incluyó 108 individuos con porcentaje de 28,13%, el tercer intervalo que va de 0,759-0,987 m consistió de 68 individuos que representan el 17,71% ; el quinto intervalo que va de 1,217-1,445 m de 64 individuos tuvo el 16,67% , en tanto que el segundo intervalo que va de 0,530-0,758 m abarcó 46 individuos o el 11,98% (figura 15a).

Para el Páramo El Volcán se encontró un total de 209 individuos, en el cual el tercer intervalo que va de 0,995 a 1,367m tuvo 63 individuos con un porcentaje de 30,14 % , el cuarto

intervalo que va de 1,368 a 1,739 m incluyó e 64 individuos con el 25,84%; mientras que para el segundo intervalo que va de 0,623 a 0,994 m hubieron 27 individuos o el 17,70% (figura 15b).

(a) Páramo La Lejía

(b) Páramo El Volcán.

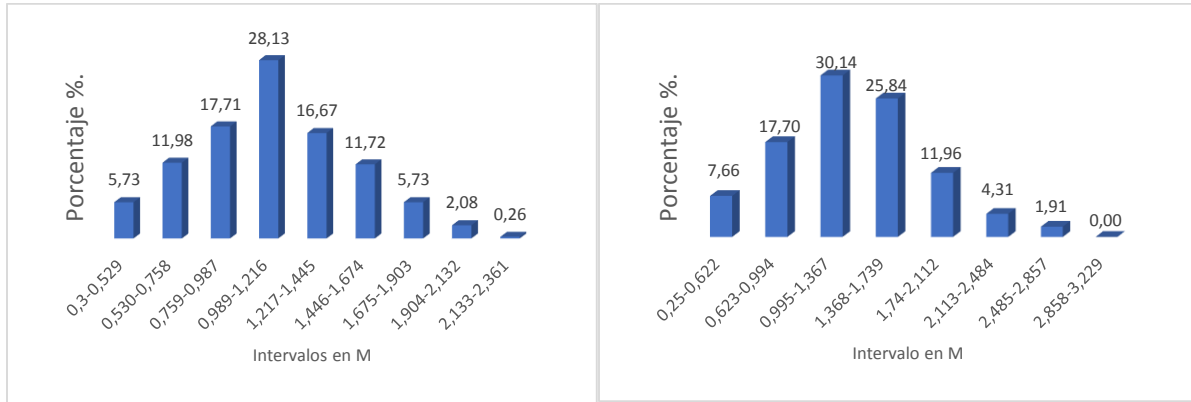
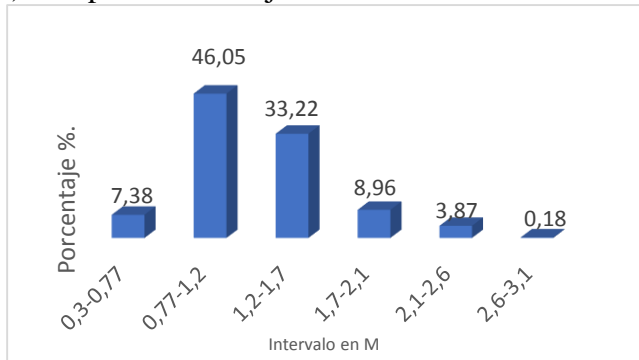


Ilustración 15. a, b) Intervalo de frecuencias para alturas en zonas de vida Páramo La Lejía y Reserva El Volcán.

Para el subpáramo la Lejía se encontró un total de 569 individuos, en el que el segundo intervalo que va de 0,772 a 1,24 m abarcó el mayor número de individuos con 262 que equivalen al 46,05%; el tercer intervalo con 189 individuos o el 33,22%; y el cuarto intervalo con 51 individuos correspondiendo al 8,96% (figura 16 a).

Para el Subpáramo El Volcán se encontró un total de 1161 individuos, en la que el tercer intervalo que va de 0,963 a 1,400 m dispuso del mayor número de individuos con 520 que representan el 44,79%; para el cuarto intervalo que va de 1,401 a 1,839 m se contabilizaron 257 individuos o el 22,14%; el segundo intervalo que va de 0,524-0,962 m con 186 individuos o el 16,02% (figura 16 b).

(a) Subpáramo La Lejía



(b) Subpáramo El Volcán.

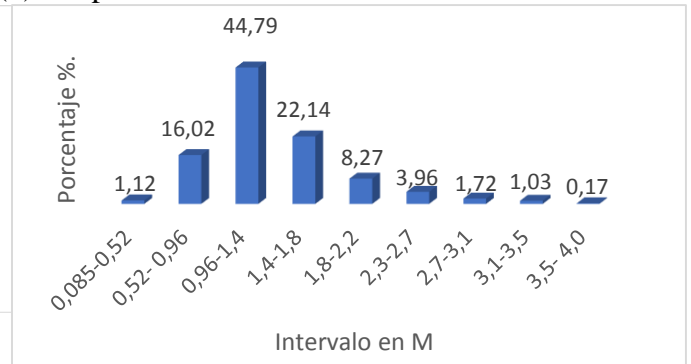


Ilustración 16. (Figura 16 a, b) Intervalo de frecuencias para alturas en el Subpáramo La Lejía y El Volcán.

9.4 CURVA RANGO ABUNDANCIA

Se construyeron curvas de rango abundancia con el fin de observar la distribución de las abundancias de las especies raras, comunes y dominantes encontradas en cada zona de vida, debido a la alta cantidad de especies con un valor bajo en sus abundancias, la curva se elaboró en cada caso con las 25 especies con mayor abundancia (dominantes) con el propósito de una mejor interpretación de la gráfica.

En el Páramo La Lejía la especie *Espeletia brassicoidea* (CZ) es la más representativa con una dominancia marcada sobre sus sucesoras *Paepalanthus cf. crassicaulis* (HQ) y *Hypericum juniperinum* (EW) las cuales, a su vez, no se diferencian significativamente de las abundancias de las especies restantes. En el subpáramo La Lejía a una misma altitud, no se mantiene el mismo patrón de distribución, se observa un recambio en el establecimiento de las especies dominantes donde la especie con una mayor abundancia fue *Berberis rigidifolia* (AM) sin destacar en el grupo en términos de los valores de sus abundancias; en éste sentido el recambio de especies permite ver la existencia de un factor limitante a raíz de los factores ambientales que determinan la presencia o ausencia de especies y por tanto la variabilidad de la composición entre los sitios (Trujillo, et al. 2017); ya que las especies *Espeletia brassicoidea*

(CZ), *Paepalanthus cf. Crassicaulis* (HQ), *Hypericum juniperinum* (EW), *Calamagrostis effusa* (AY) y *Gaylussacia buxifolia* (DV) son las principales especies dominantes del páramo desaparecen en el subpáramo, y la especie ubicada en el puesto décimo del páramo *Berberis rigidifolia* (AM) se ubica como la más dominante en el subpáramo (ver figura 17).

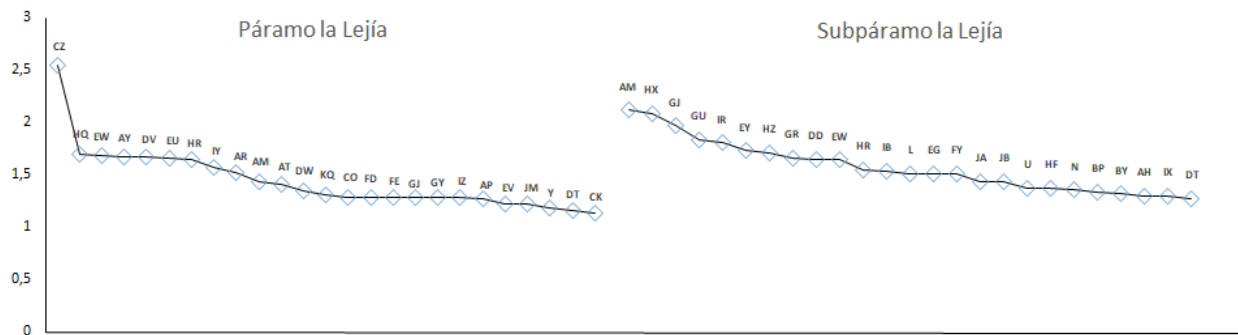


Figura 17. Curva de distribución de abundancia para las especies encontradas en la localidad la Lejía con sus respectivas zonas de vida: CZ: *Espeletia brassicoides*; HQ: *Paepalanthus cf. crassicaulis*; EW: *Hypericum juniperinum*; AY: *Calamagrostis effusa*; DV: *Gaylussacia*

En el Páramo El Volcán la distribución de las abundancias permite ver una dominancia no tan marcada de la especie *Espeletia conglomerata* (DA) sobre el grupo; en el subpáramo El Volcán se muestra un patrón en el que *Espeletia conglomerata* (DA) desaparece; y la especie *Gaultheria anastomosans* (DR) ubicada en el puesto 15 en el páramo El Volcán pasa a ser la dominante en el subpáramo El Volcán, seguida por *Chaetolepis lindeniana* (BQ) 21, *Hypericum phellos* (EY) 6 con valores de abundancia por encima de los valores máximos encontrados en el páramo (figura 18).

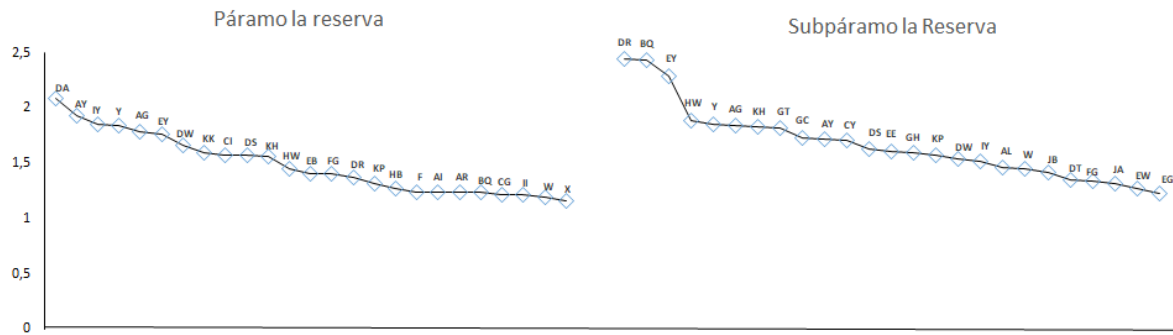


Figura 18. Curva de distribución de abundancia para las especies encontradas en la localidad la Reserva con sus respectivas zonas de vida: DA: *Espeletia conglomerata*; AY: *Calamagrostis effusa*; IY: *Rhynchospora ruiziana*; Y: *Arcytophyllum nitidum*; AG: *Baccharis rup*

9.5 DIVERSIDAD DE COMUNIDADES

9.5.1 Dendrograma de similitud con base en los índices de Jaccard y Morisita-Horn.

De acuerdo al coeficiente de similitud de Jaccard el conjunto de datos (dos localidades) comparte el 18% de las especies registradas. Teniendo en cuenta las zonas de vida por localidad, en la localidad de la Lejía SPLL y PLL comparten el 30% de las especies registradas para dicha localidad, mientras, PLV y SPLV mantienen el mismo valor de similitud de 30% (figura 19).

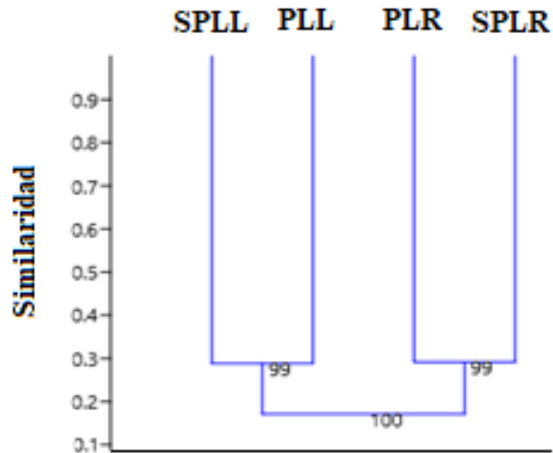


Figura 19. Dendrograma de similitud construida a partir del índice de Jaccard con base en la presencia-ausencia de especies.

El Dendrograma construido con base en el índice de Morisita-Horn mostró que en las 4 zonas de vida poseen una semejanza florística de un 13%, sin embargo para el páramo La Lejía tiene una semejanza a un 10% en las especies de los 3 zonas de vida; para el subpáramo La Lejía comparten un 13% y el otro 87% son especies diferentes.

Con base en el índice de similitud de Morisita-Horn, las dos localidades estudiadas comparten el 10% de las especies dominantes; las zonas de vida de la localidad de la Reserva comparten el 46% de las especies dominantes, por otra parte, para la localidad de la Lejía la similitud de sus especies dominantes es baja (10%) para el caso del SPLL, éste comparte el 15% de las especies dominantes encontradas en la localidad de la Reserva (figura 20).

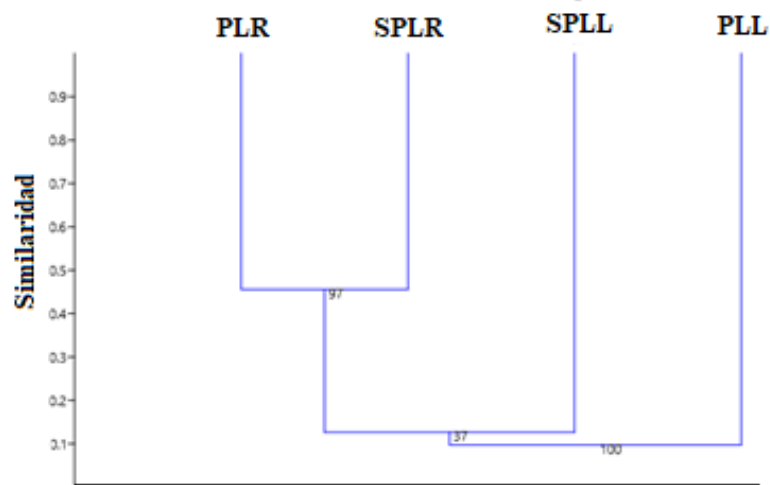


Figura 20. Dendrograma de similitud construido a partir del índice de Morisita-Horn especies dominantes compartidas

9.5.2 Perfiles de diversidad

La diversidad de orden cero (0D) presenta al SPLL como el área con mayor riqueza en el estudio con 166 especies, seguido por el PLL y el SPLV ambos con un valor de 102, por último, el sitio que presentó la menor riqueza de especies fue el PLV con 93 especies. En la diversidad de orden uno (1D) se encontró al SPLL como el sitio con mayor número efectivo de especies abundantes con un valor de 67.8, seguido por el PLV con 40, SPLV con 31.2 y PLL con 30.4; finalmente, la diversidad de orden dos (2D) tuvo el mayor valor en el SPLL con 38.2 especies efectivas dominantes, seguido por el PLV con 25.5, SPLV con 17.6, terminando con el PLL con un número efectivo de especies dominantes de 10.6 (figura 21).

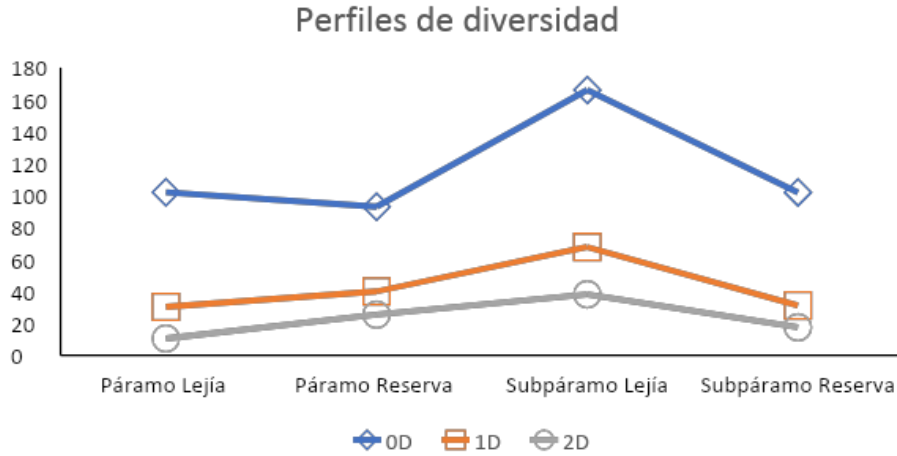


Figura 21. Perfiles de diversidad de dos localidades, en dos franjas altitudinales diferentes ubicadas en Norte de Santander, Colombia. Diversidad de orden 0D; diversidad de orden 1D; diversidad de orden 2D.

9.5.3 Abundancia y riqueza entre zonas de vida

De acuerdo con los valores de abundancia encontrados entre las zonas de vida no hay diferencias significativas (tabla 9) para las tres comunidades, entre el Páramo La Lejía, Subpáramo La Lejía y Páramo La Reserva El Volcán, a diferencia del Subpáramo La Reserva El Volcán (figura 22).

En cuanto a los valores de riqueza encontrados entre las comunidades con sus respectivas localidades no existen diferencias significativas (tabla 10), para las tres comunidades excepto, En el Subpáramo La Lejía lo cual demuestra que hay una mayor riqueza (figura 23)

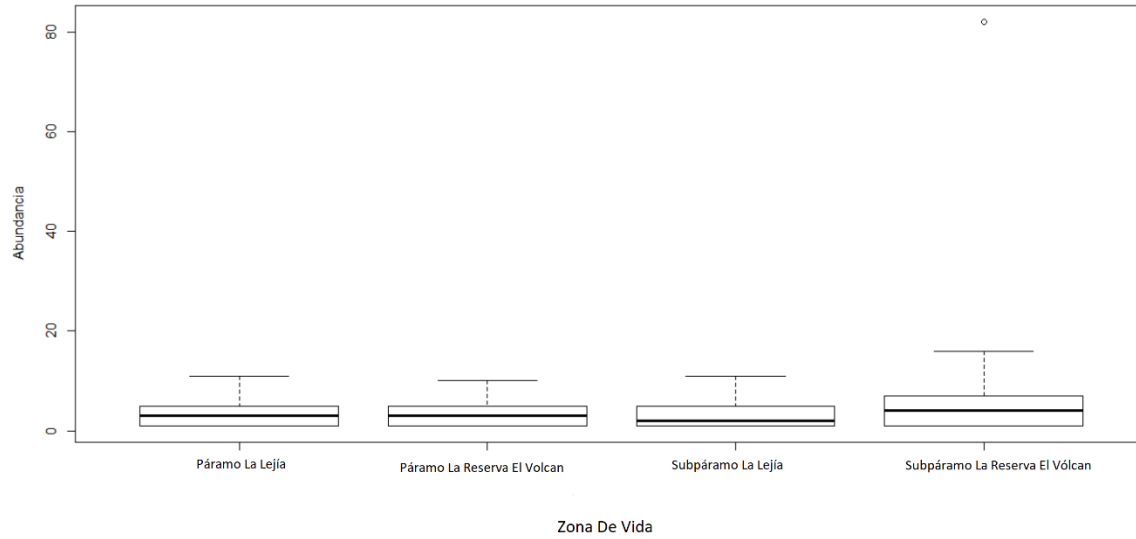


Ilustración 22. Diagrama de cajas de la abundancia por zonas de vida.

Tabla 9 Análisis de varianza basado en Tukey de la abundancia por zonas de vida

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1684,51	3	561,50	13,68	<0,0001
Zonas de vida	1684,51	3	561,50	13,68	<0,0001
Error	58164,72	1417	41,05		
Total	59849,23	1420			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,24911

Error: 41,0478 gl: 1417

Zonas de vida	Medias	n	E.E.	
Páramo-Volcan	3,69	325	0,36	A
Subpáramo- La Lejía	4,00	440	0,31	A
Páramo-La Lejía	4,14	304	0,37	A
Subpáramo-Volcan	6,44	352	0,34	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

9.5.4 Riqueza entre zonas de vida

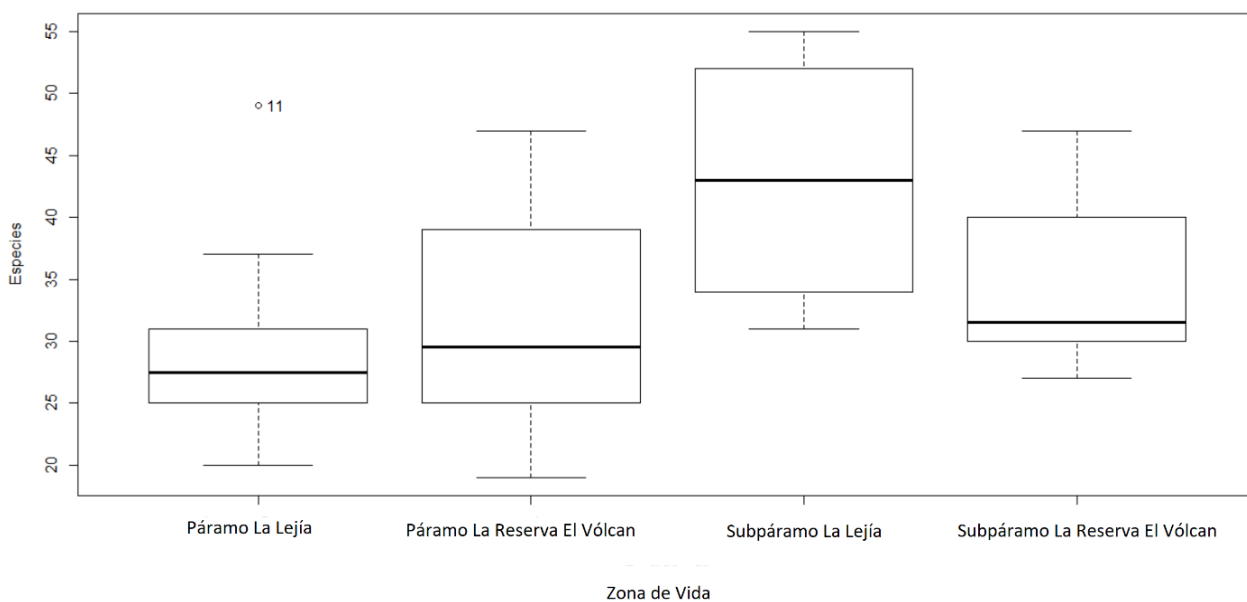


Figura 23. Diagrama de cajas de la entre zonas de vida.

Tabla 1. Análisis de varianza basado en Tukey de la riqueza entre zonas de vida.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Riqueza	40	0,28	0,22	25,23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1061,00	3	353,67	4,61	0,0078
Zona de vida	1061,00	3	353,67	4,61	0,0078
Error	2759,40	36	76,65		
Total	3820,40	39			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=10,54494

Zona de vida	Medias	n	E.E.	
Páramo-La Lejía	29,50	10	2,77	A
Páramo-Volcan	31,80	10	2,77	A
Subpáramo-Volcan	34,40	10	2,77	A B
Subpáramo-La Lejía	43,10	10	2,77	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

9.6 RASGOS FUNCIONALES

Teniendo en cuenta las especies con mayores abundancias para cada zona de vida y la toma de datos para los rasgos funcionales, el análisis de componentes principales permitió establecer que el componente 1 explica (tabla 11 y 12) la mayor parte de la varianza, con un 37,46% para Subpáramo La lejía y 44,28% Subpáramo El Volcán, en el que se observa la máxima correlación con el Area foliar (AF) y Area Foliar Específica (AFE) de *Berberis rigidifolia* y *Berberis cf. huertasii*, respectivamente, donde esta última especie responde con una alta dispersión en los valores entre los individuos (Figura 24 y 26). Cabe resaltar que para las dos mismas especies se obtuvo una relación para la densidad de madera en donde se muestra componente cuatro respectivamente (Figura 25 y 27). Por otra parte, para el componente 1 de la comunidad La Lejía las la densidad de tricomas y el contenido foliar de materia seca (CFMS) tuvo relación con *Pentacalia ledifolia*, y finalmente la densidad de la madera con *Hypericum phellos*.

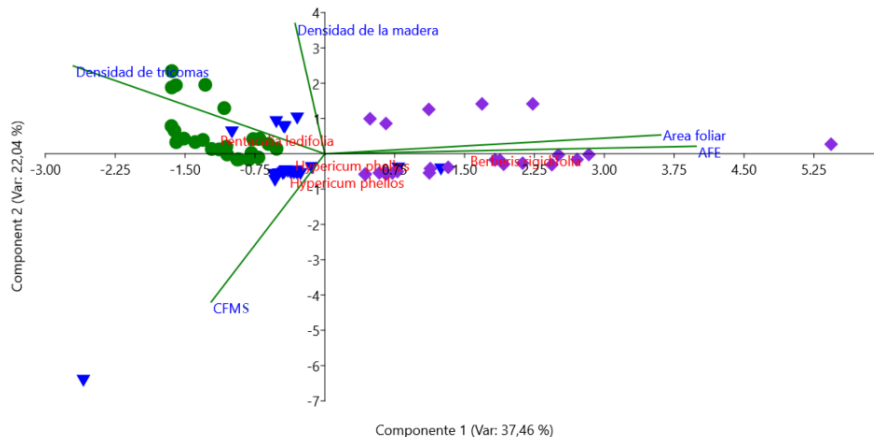


Figura 24. ACP calculado con las variables utilizadas para la clasificación funcional del Subpáramo La Lejía

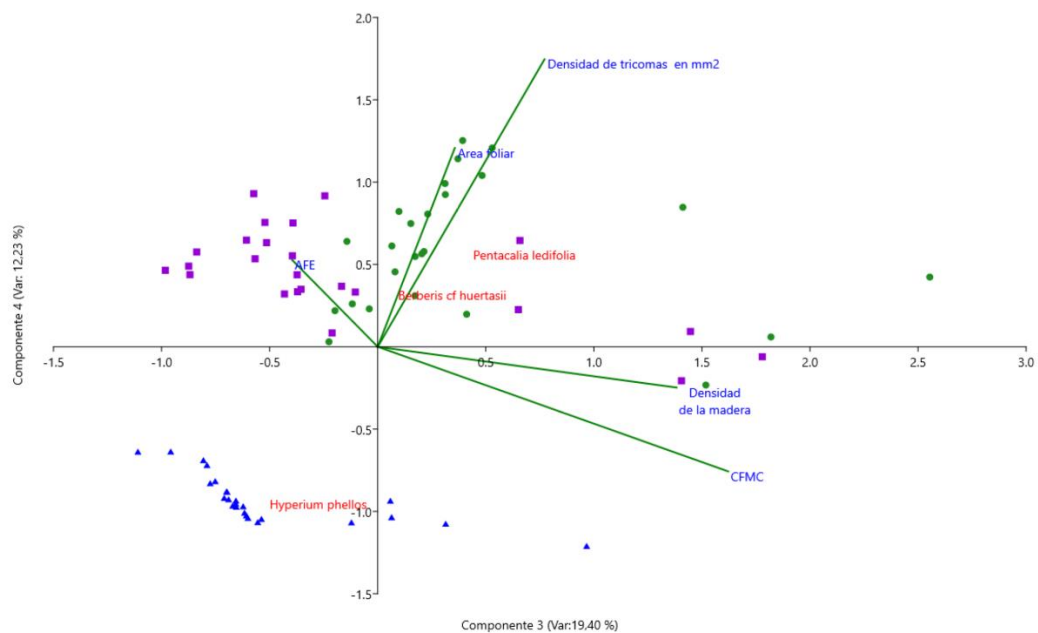


Figura 25 ACP calculado con las variables utilizadas para la clasificación funcional del subpáramo La Lejía.

Tabla 11 Porcentajes de varianza para ACP del subpáramo La Lejía

PC	Eigenvalue	% variance
1	1.87322	37.464
2	1.10205	22.041
3	0.957378	19.148
4	0.717117	14.342
5	0.350229	7.0046

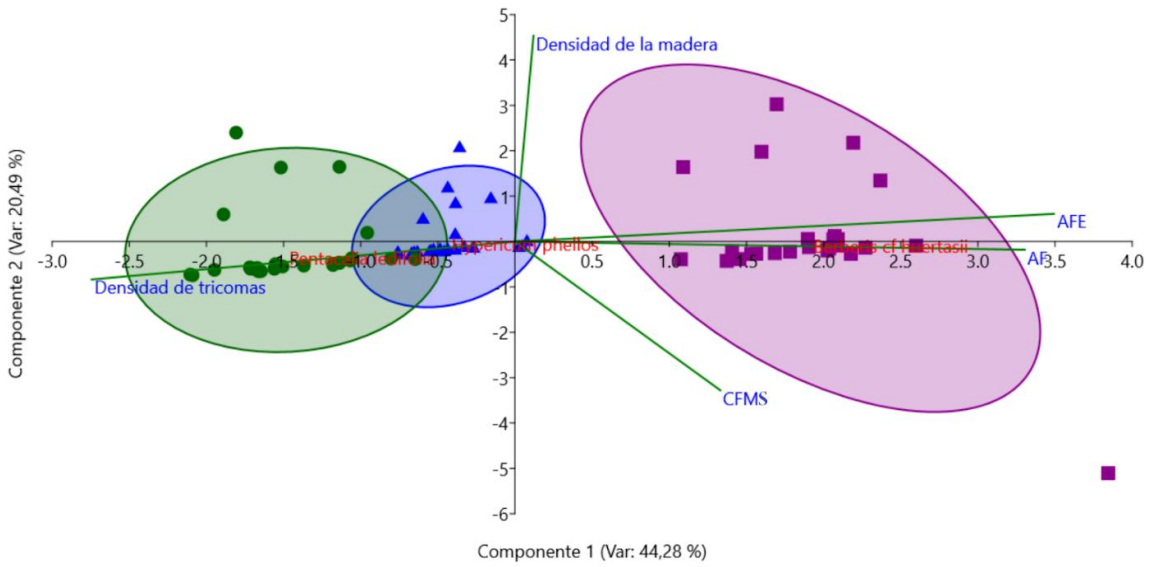


Figura 26 ACP calculado con las variables utilizadas para la clasificación funcional del Subpáramo El Volcán.

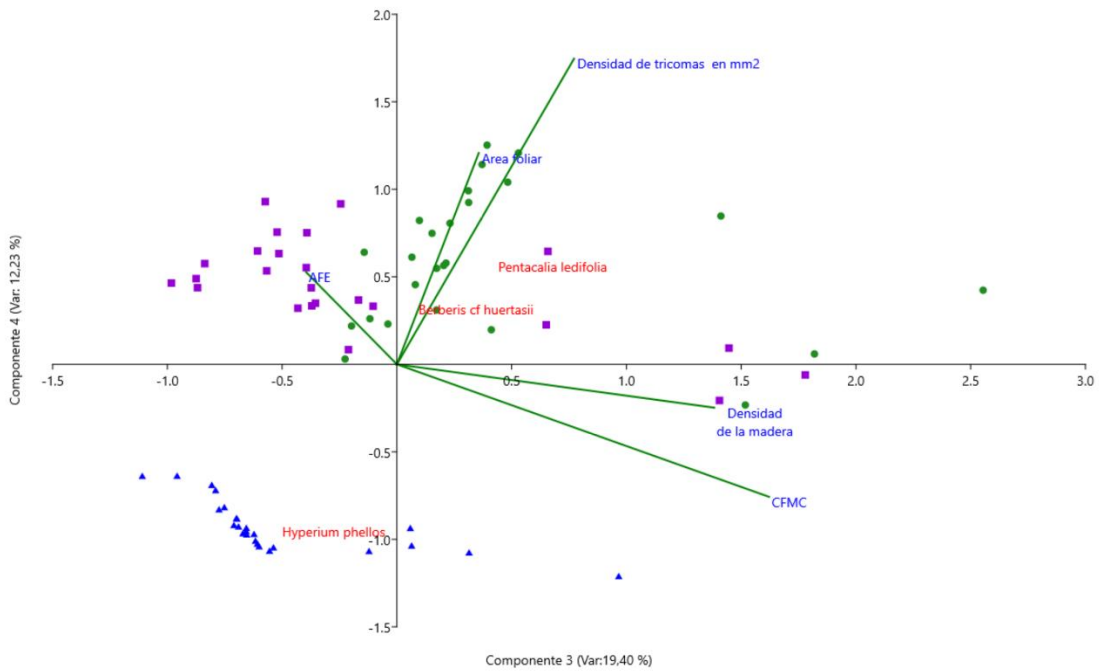


Figura 27 ACP calculado con las variables utilizadas para la clasificación funcional del subpáramo El Volcán.

Tabla 12 Porcentajes de varianza para ACP del subpáramo La Lejía.

PC	Eigenvalue	% variance
1	2.21413	44.283
2	1.02455	20.491
3	0.969986	19.4
4	0.611202	12.224
5	0.180136	3.6027

El ACP de las dos zonas de vida páramo La Lejía y El Volcán respondieron con correlaciones para la Densidad de tricomas y Area Foliar, ubicados en el componente 1 (tabla 13 y 14) que se explica con una varianza de 56,57 % para el páramo La Lejía y de 53,18% para el páramo El Volcán en las especies *Espeletia brassicodea* y *Espeletia conglomerata* respectivamente; pero con diferentes grados de dispersión en los individuos de la primera especie ya nombrada (figura 26 y 27). Por otra parte, en el componente 2 para el páramo La Lejía se ubicó la variable AFE relacionada a *Monochaetum myrtoideum*, y por otra parte el CFMS y densidad de la madera para *Hesperomeles heterophylla*. Para el páramo El Volcán se encontró que el CFMS y densidad de la madera se relacionan con las especies *Chaetolepis lindeniana* y *Hesperomeles ferruginea* sin relación alguna para el AFE.

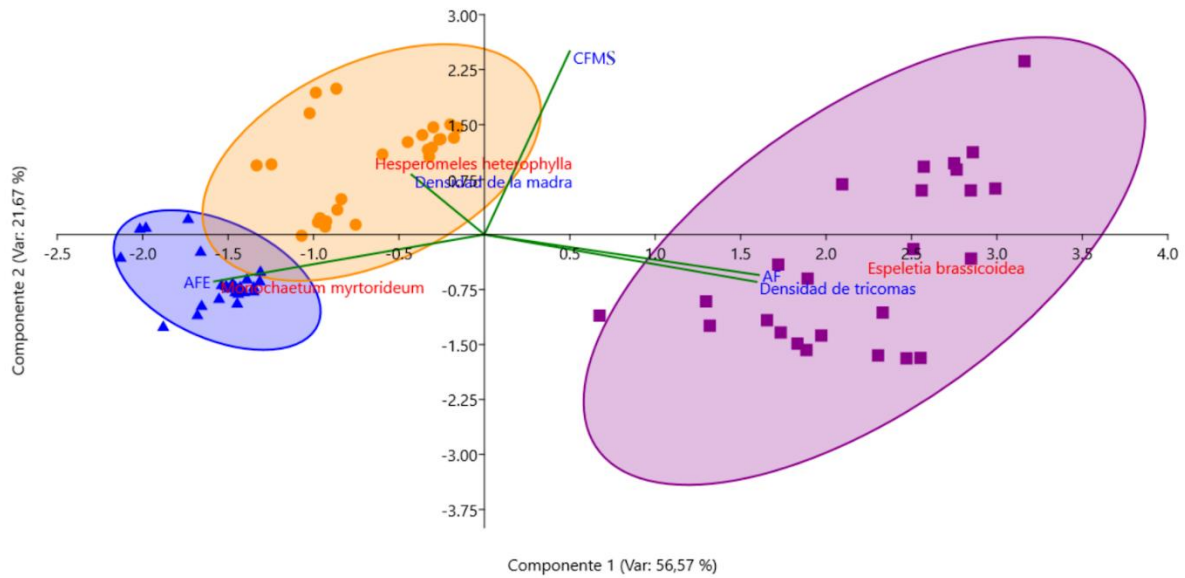


Figura 28. ACP Calculado con las variables utilizadas para la clasificación funcional del Páramo La Lejía

Tabla 13 Porcentajes de varianza para ACP del páramo La Lejía

PC	Eigenvalue	% variance
1	2.8284	56.568
2	1.08384	21.677
3	0.946419	18.928
4	0.101381	2.0276
5	0.0399563	0.79913

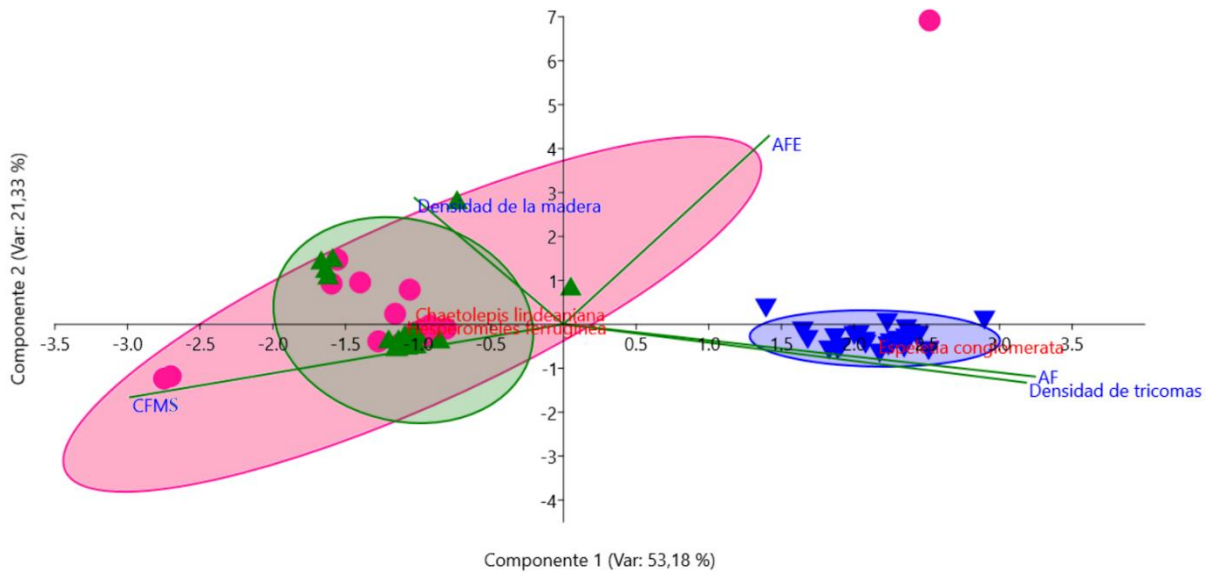


Ilustración 29. ACP calculado con las variables utilizadas para la clasificación funcional del Páramo El Volcán.

Tabla 14 Porcentajes de varianza para ACP del páramo El Volcán.

PC	Eigenvalue	% variance
1	2.65892	53.178
2	1.06631	21.326
3	0.912189	18.244
4	0.290502	5.81
5	0.072074	1.4415

10. ANÁLISIS DE RESULTADOS

10.1 ANÁLISIS DE RIQUEZA DE ESPECIES PARA LAS DOS LOCALIDADES

Para los resultados en cuanto a composición florística de las dos localidades con sus cuatro comunidades respectivamente se observó que las familias más representativas fueron: Poaceae, Asteraceae, Rubiaceae, Cyperaceae, polypodiaceae, Rosaceae, Ericaceae, entre otras. Estudios realizados en pajonal en páramos meridionales en Ecuador con altitudes entre los 2850 y 3635 msnm; las Asteraceae y Poaceae fueron las familias más ricas en géneros, como es habitual en los páramos; y que a su vez son denominadas cosmopolitas. También se encontraron otras familias como Ericaceae, Orchidaceae, Cyperaceae, Gentianaceae, Apiaceae con la diferencia hallada de la familia Scrophulariaceae para este estudio (Izco, et al., 2007). Lo mismo se encontró para el superpáramo en el Ecuador confirmando que las familias Asteraceae y Poaceae son las más ricas de dicha área y estando representadas por un tercio de todas las especies, seguidas de las familias arbustivas Melastomataceae, Ericaceae y Solanaceae. No obstante se encontraron especies con características endémicas para este territorio como *Lachemilla* y *Valeriana* que también son diversas en Colombia y Venezuela (Sklená, et al., 2004). En estudios de páramo en Colombia en el parque Nacional Natural El Cocuy, Boyacá fueron reportadas las familias Asteraceae, Poaceae como las de mayor número de géneros en las que se destacaron *Baccharis*, *Pentacalia*, *Diplostephium*, y *Senecio*; en la familia Poaceae fueron *Agrostis* y *Calamagrostis*; para Rosaceae fue *Lachemilla* y finalmente Hypericaceae con el género *Hypericum*, en la cual se encontró una similitud con respecto al estudio realizado en las dos localidades.

Pese a las diferencias altitudinales de cada localidad algunas familias reúnen la máxima riqueza frente a muchas otras con resultados progresivamente menores, las que se consideran como propias del ecosistema páramo de los andes tropicales. Se asume que los Andes Tropicales han sido uno de los principales centros de diversidad y especiación en el mundo, que además poseen una gran cantidad de especies endémicas como en el caso de *Espeletia brassicoidea* (Betancur, 2010). Otro estudio realizado para observar los cambios en la vegetación del páramo a lo largo de un gradiente de elevación en el Parque Podocarpus en el sur de Ecuador se determinó que las familias en particular, Asteraceae, Melastomataceae, Poaceae y Valerianaceae (actualmente en Caprifoliaceae) ocurren con mucha frecuencia en casi todas las áreas de montañas de páramos (Keating, 1999).

10.2 ESTRUCTURA DE COMUNIDADES

Para los análisis de las coberturas y diámetros se observaron comportamientos similares como en el caso de los primeros intervalos de la localidad La Lejía (LL) al 86,41%, y El volcán (LLV) con 91,40% pero con un valor de intervalo bajo para la LLV de 0, 0000047 a diferencia de la otra localidad (figura 8). De la misma manera fueron para los diámetros de la LL con el 98,86%, LLV con el 97,64% (figura 11). Por otro lados para las comunidades de Subpáramo tanto para coberturas y diámetros se obtuvieron comportamiento semejantes, empezando con el subpáramo La Lejía (SLL) al 90,95%; y el subpáramo El Volcán (SLV) con un 90,85% , seguido para el SLL con 98,78% y SLV con un 98,02% respectivamente (figura 9 y 12). Hay que mencionar, además que en cuanto a las comunidades de páramo se observó diferencias en sus comportamientos de distribución como en el PLL con valores altos en el quinto intervalo del

33,71% de 0,320-0,391 m²; Tercero con un 19,38% con rangos de 0,176-0,247 m²; cuarto el 17,70% con rangos de 0,248-0,319 m²; y Para PLV mostrando una tendencia mayor para el primer intervalo de 88,60% con valores de intervalo de 0,00000471- 0,45 m²; segundo el 7,25% con valores de 0,456-0,91 m² , lo que evidencia que en esta comunidad los comportamientos de las coberturas se encuentran en bajos valores y esto posiblemente puede deberse a sus estados inmaduros (figura 10a, b). También esto demuestra que las distribuciones de frecuencia para la comunidad PLL se comportan de una manera más homogénea en los crecimientos vegetales , y posiblemente puede estar relacionado con la zona, ya que esta área se encuentra rodeada de fragmentos de bosque andino con formaciones arbustivas o arboladas con una mezcla de vegetación paramuna, considerando a que estas responden de manera diferente; en contraste a la zona de vida PLV con crecimientos de menor valor, lo que puede ser característico de la vegetación de los páramos en los cuales se encuentran dominados por vegetación pajonal-frailejona.

Otra variable estructural que mostró un cambio en sus comportamientos fue la que asocia al grosor de los individuos mediante los diámetros. Entre las comunidades de pajonal-frailejona de las dos localidades, tratadas como el páramo La Lejía, el primero intervalo abarcó el 51,72% de los individuos, en el rango de 0,000161-0,000362 m²; en el segundo intervalo de 0,000362-0,000564 m² se tuvo al 27,59%, en el tercero de 0,000564-0,000766 m² al 13,79% (figura 13 a) ; mientras que el páramo El Volcán (PLV) solo presentó un solo porcentaje para el primer intervalo con valores de 0,0000716-0,00789 m² del 87,50% (figura 13 b); Estos resultados se pueden explicar que hay una mayor distribución y heterogeneidad en cuanto al desarrollo de las plantas para el páramo de La Lejía.

De la misma manera las alturas poseen un mismo comportamiento sin diferencias significativas para las dos localidades, encontrándose alturas máximas de 1,34 m de altura para La localidad La Lejía y que corresponden a *Espeletia brassicoidea*, *Pentacalia ledifolia*, y con valores mínimos de 0,3 m de altura para *Espeletia brassicoidea*, *Pentacalia ledifolia* y *Ageratina theaefolia* (figura 14a). Y de la misma manera para La Localidad La El Volcán con alturas máximas de 1,37 m de altura para *Gaultheria anastomosans*, *Aragoa abscondita*, *Chaetolepis lindeniiana* y con valores mínimos de 0,085 m para *Gaultheria anastomosans* (Figura 14b). De la misma manera similitudes para las cuatro comunidades páramo y subpáramo de las dos localidades (figura 15 y 16). Lo que refleja que no hay diferencias marcadas en cuanto alturas de las plantas de cada comunidad en cada localidad. En general para las dos localidades con sus respectivas comunidades de páramo muestran una distribución de los individuos en una forma característica de una J-invertida o forma de L exceptuando los parámetros de altura; lo que indica que la mayoría de los individuos están en un tamaño mediano y a medida que aumenta las coberturas se va disminuyendo la cantidad de individuos encontrados. De esta manera, los resultados obtenidos reflejan un comportamiento uniforme para las dos localidades, como los crecimientos característicos de los páramos y por lo tanto estos resultados demuestran que las dos localidades a pesar de su ubicación altitudinal no estén generando diferentes variables estructurales. Por ende estos resultados coinciden con los reportados en varios estudios vegetales realizados por (Rangel, 2000)

La curva de rarefacción bajo el método de Chao y Jost, (2012), indicó que el muestreo realizado para las cuatro comunidades con sus respectivas localidades fue apropiado ya que se alcanzó un número considerable de las especies esperadas en cada tipo de comunidad.

Por otra parte la comunidad La Lejía está representada por características de un ecosistema azonal, rodeadas por bosques andinos y por la presencia generalmente de turberas y suelos con alto drenaje (Avella, et al., 2015); estas condiciones ambientales produjeron, a que estas plantas llegasen a situarse allí como vegetación de páramo en las que se destacaron por ser las especies más abundantes: *Espeletia brassicoidea*, (CZ), *Paepalanthus cf. crassicaulis* (HQ), *Hypericum juniperinum* (EW) y *Berberis rigidifolia* (AM); *Pentacalia ledifolia* (HX); *Monochaetum myrtoideum* (GJ); para las comunidades de páramo y subpáramo respectivamente (figura 17). Lo que les permitió establecerse a esa altitud sin verse limitadas por los cambios bruscos de temperatura y humedad ; donde *Espeletia brassicoidea* (CZ) es la especie dominante para el páramo , esto se debe a que esta especie presenta un amplio rango de distribución que va desde los 2600 msnm en los bosque nublados hasta los 4600 msnm en el límite del superpáramo con un alto porcentaje de individuos entre los 3000 y 3700 msnm; siendo una especie con mayor diversidad y abundancia en Colombia, especialmente en las áreas de Norte De Santander, Santander y Boyacá donde allí se encuentran principalmente centros de especiación de páramos, además contribuyendo a la regulación del ciclo hidrológico y la producción de gran porcentaje de biomasa para la erosión del suelo (Velasco , 2018). Cabe destacar que una especie coloniza con éxito en sitios apropiados, en las que dependerán de su tasa de crecimiento local, capacidad de dispersión y capacidad de colonización. Otro aspecto que sin duda se debe destacar es que las especies ya mencionadas tienen una alta relación con los páramos, y que en estudios realizados por Rangel se conocen especies como *Paepalanthus cf. crassicaulis*, *Hypericum juniperinum*, *Berberis sp*, *Pentacalia ledifolia* y *monochaetum myrtoideum*, que así mismo fueron encontradas en este estudio.

En efecto las distribuciones de abundancias registradas en el estudio presentaron especies compartidas para las dos zonas de vida de la localidad La Lejía como; *Hypericum juniperinum* (EW), *Paspalum bomplandianum* (HR), *Berberis rigidifolia* (AM), *Monochaetum myrtoideum* (GJ) y *Gaultheria myrsinoides* (DT) (figura 12). Esto quiere decir que estas especies tienen un punto en común con relación al páramo y subpáramo. Por ende, Esto concuerda con la literatura registrada donde el subpáramo posee predominios de vegetación arbustiva que constituye matorrales compuestos por especies de *Diplostegium*, *Monticalia* y *Gynoxys* (Asteraceae), de *Hypericum* (*H. laricifolium*, *H. ruscoides*, *H. juniperinum*) de *Pernettya*, *Vaccinium*, *Bejaria* y *Gaultheria* (Ericaceae); y el Páramo propiamente dicho con tipos de vegetación del subpáramo pero con una dominancia de frailejones , pajonales con especies de *Calamagrostis spp*, y chuscales del género *Chuquea* (Rangel, 1991), Estudios en el páramo de la Serranía del Perijá y Páramo Del Tablazo reportan una mayor dominancia para el género *Hypericum sp*, en bosques altos entremezclados con bosques andinos altos, matorrales bajos con mezcla de pajonales; y para los páramos De La Rusia, Belén y Guantiva se encontraron este mismo género en vegetación frailejonal- pajonal (Arellano y Orlando 2008). Por ende, se desconoce como tal un patrón de distribución idéntico para las especies encontradas en el estudio respecto a otros. Esto concuerda con un estudio realizado en los páramos de pajonal meridionales de Ecuador que evidencian la distribución altitudinal de la flora de los páramos y no refleja con precisión los rangos absolutos de las especies, como lo evidencia para las especies *Bacharis tricuneta* y *Gaultheria erecta* ubicadas a niveles inferiores de < 3100 msnm hasta alcanzar los 4000 msnm (Izco, et al., 2007).

Por otra parte, el subpáramo La Lejía no compartió especies con respecto al Páramo La Lejía en las que se evidencia: *Espeletia brassicoidea* (CZ), *Paepalanthus cf. crassicaulis* (HQ),

Calamagrostis effusa (AY), *Gaylussacia buxifolia* (DV); el páramo La Lejía no compartió especies con el subpáramo las especies: *Pentacalia ledifolia* (HX), *Myrsine latifolia* (GU), *Pteridium aquilinum* (IR), *Hypericum phellos* (EW) (figura 17).

Por otra parte, para la localidad de El Volcán se encontró una mayor proporción de especies compartidas para un total de 14, de las cuales las que mayor se destacaron fueron *Calamagrostis effusa* (AY), *Arcytophyllum nitidum* (Y), *Rhynchospora ruiziana* (IY), *Baccharis rupícola* (AG), *Hypericum phellos* (EY), *Gaultheria anastomosans* (DR) *Pentacalia ledifolia* (HW) y *Chaetolepis lindeniana*, esta última es considerada por su distribución restringida ya que dispone de registros únicamente para bosques alto-andinos de Santander-Norte de Santander (Sánchez, Gelviz y Solano, 2007). Conforme a los resultados las especies tienen un alto grado de intercambio entre las dos comunidades y esto posiblemente este dado por la capacidad que tienen al tolerar las fluctuaciones abióticas y la capacidad de integrarse a diferentes tipos de vegetación. Hay que mencionar, además las especies no compartidas para el Subpáramo El Volcán en las que se evidenciaron: *Espeletia conglomerata* (DA), *Valeriana cf. longifolia* (KK), *Disterigma emtrifolium* (CL); y Para el Páramo El Volcán fueron: *Myrsine dependens* (GT), *Miconia ligustrina* (GC), *Escallonia myrtilloides* (CY), *Hesperomeles ferruginea* (EE), *Monnina salicifolia* (GH) (figura 18).

De acuerdo con el diagrama de cajas de las abundancias entre zonas de vida el subpáramo La Reserva El Volcán fue el que presentó una mayor abundancia en comparación de las demás zonas de vida, como las especies: *Gaultheria anastomosans*, *Chaetolepis lindeniana*, *Hypericum phellos*, *Pentacalia abietina* y *Arcytophyllum nitidum* entre otras; en este sentido el modelo de abundancias, describe una comunidad grande y estable, lo cual demuestra que hay una amplia comunidad y estable donde la competencia es mínima y todas las especies encontradas

crecen de una manera exponencial y responden, independientemente, a diferentes factores (López, Ramírez & Zamora 2012), Asumiendo que esta comunidad no presenta ningún nivel de disturbio y que cuenta con años de conservación desde 1997 hasta el día de hoy , reflejándose resultados obtenidos del estudio (Sánchez, et al., 2007)

10.3 DIVERSIDAD DE ESPECIES PARA CADA ZONA DE VIDA

Los mayores valores de riqueza de especies (0D), número efectivo de especies abundantes (1D) y dominantes (2D) se registraron en el subpáramo La Lejía, esta característica puede atribuirse por su condición de páramo azonal, con menor altitud lo que le permite el intercambio de especies y estados de regeneración con el bosque andino circundante. Según Rangel 2000 los subpáramos al ser una franja ecotonal con el bosque altoandino y páramo posee un intercambio alto de especies, lo cual lo hace ser la zona de vida más rica en especies. Por otra parte, esta alta riqueza también puede estar relacionada con los disturbios ocasionados por la intervención humana y ganadera, situación que incrementa la heterogeneidad ambiental y la diversidad. Sin embargo, ciertos autores afirman que la riqueza de especies aumenta cuando hay disturbios en intensidades intermedias y a su vez puede disminuir las dominancias por lo cual se liberan recursos para otras menos competitivas y aumentando la heterogeneidad en las comunidades (Hastings, 1980). Lo anterior no quiere decir que haya una disminución en las especies dominantes, ya que en los resultados se obtuvo un alto valor a diferencias de las otras comunidades. De esta manera estudios realizados en bosques montanos de Bolivia demuestran lo ya planteado por Rangel en la las intensidades intermedias de disturbio, las especies endémicas de las familias Araceae, Bromeliaceae, Palmae y Pteridophyta respondieron con

mayor número de riqueza en áreas de bosque maduro y en zonas fuertemente perturbadas (Alvear, et al., 2010).

Investigadores como Verweij y Budde (1992) muestran que los parámetros de incendio explican una proporción sustancial de la variación en las comunidades de plantas andinas (Keating, 1999). Los suelos del subpáramo La Lejía son consistentemente húmedos por la presencia de turberas del género *Sphagnum* que es el responsable de la acumulación de materia orgánica en forma de turba. Esta acumulación se debe a las características morfológicas de este briófito como la absorción y retención de agua, mientras que los suelos de la localidad El Volcán se encuentran generalmente más secos con variación en la pendiente y esto pudo haber influido en los patrones de riqueza dentro de las comunidades.

Así mismo las variabilidades que son generadas en las comunidades de los ecosistemas algunas veces son propiedades emergentes que no son la suma de sus componentes, y que están sujetas a fuerzas selectivas de cada especie. En definitiva, estos resultados manifiestan la necesidad de explorar más este tipo de relaciones para explicar su verdadero comportamiento, como la realización de muestreos en zonas, con relación a su altura y teniendo en cuenta otro tipo de variables más explicativas como la humedad, precipitación, temperatura entre otros, que puedan servir para entender sus patrones de distribución y diversidad.

Por otra parte, en términos de diversidad, el orden uno (1D) permite una mejor comparación ya que contempla las abundancias de las especies raras (singletons y doubletons) con respecto a la diversidad de orden cero (0D) que ignora las abundancias y la de orden dos (2D) que no tiene en cuenta a las especies raras, que por lo general son las especies nativas. En este sentido el SPLL es 41% más diverso que el PLV; 53,98% más diverso que SPLV y 55,16% más diverso que PLL.

Sin embargo, a pesar de que el páramo La Lejía se encuentra en los mismos niveles altitudinales del subpáramo, su riqueza, dominancia y abundancia no fueron significativamente iguales y estos resultados pudieron haber sido influenciados por la ubicación topografía debido a las ondulaciones o crestas encontradas donde se establecen las comunidades matorral y también porque las comunidades paramunos están conformados por pastos principalmente del género *Calamagrostis*, y poblaciones dominantes del género *Espeletia* y también el grado de intervención que a diario sufre como las quemadas constantes con el fin de obtener pastizales para el ganado vacuno.

Sin duda alguna se debe mencionar que la zona de vida Subpáramo La Reserva El Volcán obtuvo una baja riqueza respecto a las demás.

10.4 COMPARACIÓN DE ESPECIES ENTRE LOCALIDADES Y ZONAS DE VIDA

De acuerdo con el análisis de similitud mediante el uso del índice cualitativo de Jaccard con base en presencia/ ausencia de los individuos permite ver que entre las dos localidades comparten un 18% de similitud, (figura 19), y esto refleja en un estudio realizado para la delimitación del complejo de páramos Pisba- Boyacá en tres zonas muestreadas: Sochota, Socha y Tasco con niveles de inclinación altos en el que demostró para los análisis de Jaccard una baja similitud entre los tres gradientes altitudinales y esto refleja que cada localidad posee un número de especies exclusivas que las hacen propias del sitio (Rocha, 2013). Por otra parte, la comparación entre comunidades según su localidad expresó la misma composición de especies con un 30% lo que significa que son comunidades diferentes según lo expresado en aquel porcentaje.

Se debe agregar que para el análisis de morisita- horn La similitud de un 13% para las 4 comunidades se puede apreciar la similaridad de ciertas especies como por ejemplo: *Hypericum phellos*, *Blechnum auratum*. Por otra parte, en las dos comunidades de la localidad El volcán compartieron el 46 % de especies dominantes (figura 20). Así por ejemplo pudiéndose evidenciar con más exactitud el mismo comportamiento que arrojado en el análisis de la curva de distribución de abundancias (figura 18).

10.5 RASGOS FUNCIONALES

Las especies con mayor correlación para las variables Area foliar (AF) y Area foliar específica (AFE) de las dos comunidades de subpáramo , fueron *Berberis rigidifolia* y *Berberis cf. huertasii* atribuyéndose a que poseen una alta tasa de fotosíntesis, respiración y productividad como a su vez el espesor y densidad de la hoja, y que está directamente relacionada con la fragilidad de las hojas y riesgo de pérdida de tejidos, además siendo esta una de la principal variable que afecta el crecimiento de la planta pero en este caso la densidad de la madera obtuvo una relación como es caracterizado esta especie por su leñosidad y rigidez que alcanza 3m de altura , A diferencia de lo que señala Pérez et al (2004), en su estudio, en el que la tasa de crecimiento, mostró una correlación negativa con el AFE, ya que las hojas al asimilar el carbono, afectan directamente la velocidad de crecimiento para la planta. Teniendo en cuenta la correlación de área foliar, área foliar específica y densidad de la madera para estas especies, los patrones altitudinales no reflejaron diferencias en sus comportamientos funcionales. A pesar de las diferencias, en cuanto a composición florística para las dos zonas, las especies evaluadas demostraron ciertas relaciones para los rasgos medidos

Por otro lado , las comunidades pajonal- frailejona de las dos localidades mostraron una relación en la densidad de madera para las *Hesperomeles heterophylla* y *Hesperomeles ferruginea* respectivamente, esto demostró que sus hojas poseen característica más densas con alta lignificación , menor tamaño celular y bajo contenido de humedad (Pérez, et al., 2004). Un estudio hecho por Triana, 2017 encontró que las plantas se agruparon según sus respuestas fisiológicas como la relación directa en su capacidad de contribuir al secuestro de carbono , como lo que indica en este trabajo se identificaron plantas con roles diferentes, en las que se asociaron dos grupos, las especies adquisitivas las cuales presentan una predisposición de captar y librar carbono de manera más rápida con altos índices de AFE, bajos contenidos foliares de materia seca y también a especies asociadas a estrategias conservativas ya que estas conservan sus recursos como los bajos valores de AFE , altos contenidos foliares de materia seca y bajas tasas de crecimiento como se mostró para ciertas especies en los resultados obtenidos (Triana , 2017).

Sin embargo, las espeletias de las dos localidades de páramo generaron una misma relación entre sus variables como Densidad de tricomas y AF, esas dispersiones encontradas en los individuos que muestran la gráfica para *Espeletia brassicoidea* en el subpáramo La Lejía puede estar asociado a que se ha encontrado subespecies lo cual la hace más heterogénea tanto de formas y tamaños (figura 28), contrario a la especie ubicada en La Reserva el Volcán (figura 29). No cabe duda que la alta correlación con la densidad de tricomas para estas especies está reflejado a la manera como ellas sobreviven a sus condiciones ambientales extremas beneficiándose en la conservación de sus estructuras y también en la absorción de agua y nutrientes (Almeida et al., 2013).

11. CONCLUSIONES

- Entre las localidades de El Volcán y de La Lejía se presenta un 13% de especies compartidas con base en el índice de similitud de Morisita-Horn.
- El inventario florístico entre las dos localidades, se aportó un total 56 familias, 136 géneros y 263 especies.
- La comunidad de subparamo o arbustal de la zona de La Lejía presentó una mayor riqueza taxonómica con respecto a las demás comunidades tanto de la misma localidad como de las de El Volcán.
- Solamente para las comunidades de subpáramo de cada localidad: La Lejía y El Volcán, los rasgos área foliar específica y área foliar, estuvieron relacionados con las especies *Berberis rigidifolia* y *B. cf. huertasii*, propios de cada comunidad.
- Para las comunidades de páramo en cada localidad: La Lejía y El Volcán, Los rasgos de densidad de tricomas y area foliar, estuvieron relacionados con las especies *Espeletia brassicoidea* y *Espeletia conglomerata*

Referencias

- Anderson, B., Howarth, R., Walker, L., (2007). Linking Restoration and Ecological succession, *Springer Science+Business Media, LLC*, Library of Congress Control Number: 2006927706
- Almeida, j., Montúfar, E., & Anthelme, F., (2013). Patterns and origin of intraspecific functional variability in a tropical alpine species along an altitudinal gradient. *Plant Ecology & Diversity*, (6), 3-4, 423-433.
- Alvear, M., Betancur, J., Franco, P., (2010). Diversidad florística y estructura de remanentes de bosque andino en la zona de amortiguación del Parque Nacional natural los nevados, cordillera central colombiana. *Caldasia*, 32 (1), 29-63
- Alvis, J., (2009). análisis estructural de un bosque natural localizado en zona rural del municipio de popayan. *grupo de Investigación TULL. Universidad del Cauca*,
- Andrade, A. (2002). Programa para manejo sostenible y restauración del ecosistema de la alta montaña colombiana. Recuperado de http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Paramos/5595_250510__rest_alta_montana_paramo.pdf
- Arellano, H., & Orlando, R., (2008). Patrones en la distribución de la vegetación en áreas de páramo de Colombia: heterogeneidad y dependencia espacial. *Caldasia*. 30 (2), 355-411.

- Arias, M., & Barrera, J, (2007). Caracterización florística y estructura de la vegetación vascular en áreas con diferente condición de abandono en la Cantera Soratama. *Revista de la Facultad de Ciencias*. Ed 2, Vol. 12, 25-45.
- Avella, A., Torres, S., Gómez, W., & Pardo, M., (2015). Los páramos y bosques altoandinos del pantano de Monquentiva o pantano de Martos (Guatavita, Cundinamarca, Colombia): caracterización ecológica y estado de conservación. *Biota Colombiana*, 15 (Supl.1), 3-39.
- Cano, A., & Stevenson, P.,(2009). Diversidad y composición florística de tres tipos de bosque en la estación biológica caparú, Vaupés, *Colombia Forestal*, 12 63-80
- Chaves, P. (2010). Inventario florístico preliminar de plantas angiospermas presentes en el ecosistema de paramo del parque nacional natural el cocuy, *Boyacá* (tesis de pregrado). Pontificia universidad javeriana, Colombia.
- Cleef, A., (1978). Characteristics of neotropical páramo vegetations and its sub-Antartic relations. *Erdwissenschaftliche Forschung*, 11: 365-390.
- Córdova, F, Zambrano L, (2015). La diversidad funcional en la ecología de comunidades. *Revista científica de ecología y medio ambiente*, 24 (3), 78-87. Doi.: 10.7818/ECOS.2015.24-3.10
- Córdova, F., Zambrano, L. (2015). La diversidad funcional en la ecología de comunidades. *Ecología y medio ambiente*, 24(3), 78-87
- Cortés, J. y Sarmiento, C. (Eds). 2013. *Visión socioecosistémica de los páramos y la alta montaña colombiana: memorias del proceso de definición de criterios para la delimitación de páramos*. Bogotá, D.C. Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

- Cuesta F., P. Muriel, S. Beck, R. I. Meneses, S. Halloy, S. Salgado, E. Ortiz y M.T. Becerra. (Eds.) 2012. *Biodiversidad y Cambio Climático en los Andes Tropicales - Conformación de una red de investigación para monitorear sus impactos y delinear acciones de adaptación*. Red Gloria-Andes, Lima-Quito. Pp 180.
- Cuesta F., P. Muriel, S. Beck, R. I. Meneses, S. Halloy, S. Salgado, E. Ortiz & M.T. Becerra. (Eds.) 2012. *Biodiversidad y Cambio Climático en los Andes Tropicales - Conformación de una red de investigación para monitorear sus impactos y delinear acciones de adaptación*. Red Gloria-Andes, Lima-Quito. Pp 180.
- Cuesta, F., Muriel, P., Beck, S., Meneses, R., Halloy, S., Salgado, S.,....
- de Investigación Hidroambiental y Desarrollo Sostenible. Universidad Santo Tomás, Colombia.
- Díaz, M., Navarrete, J., & Suárez, T., (2005). Páramos: Hidrosistemas Sensibles. *Revista de Ingeniería Facultad de Ingeniería Universidad de los Andes (Print version ISSN)*
- Díaz, M., Navarrete, J., Suárez, T., (2005). Páramos: Hidrosistemas Sensibles Páramos: Sensitive Hydrosystems. *Revista de Ingeniería*. 0121-4993
- Diaz, S., Purvis, A., Cornelissen, J., Mace, G., & Donoghue, M., (2013). Functional traits, the phylogeny of function, and ecosystem service vulnerability. *Ecology and Evolution*, 23 (9), 2958-2975. Doi: 10.1002/ece3.601
- Enquist, B., Norberg, J., Bonser, S., Violle, C., Webb, C., Henderson, A., Sloat, L., Savage, V., (2015). Scaling from Traits to Ecosystems: Developing a General Trait Driver Theory via Integrating Trait-Based and Metabolic Scaling Theories. *Advances in Ecological Research*. (52), 249-318. doi:10.1016/bs.aecr.2015.02.001

- Etter, A., Andrade, A., Amaya, P., y Arevalo, P., (2017). Estado de los Ecosistemas Colombianos: una aplicación de la metodología de la Lista Roja de Ecosistemas (Vers2.0). *Informe Final. Pontificia Universidad Javeriana y Conservación Internacional Colombia*. Bogotá. 138 pp.
- Farnsworth , E. (2006). Plant life history traits of rare versus frequent plant taxa of sandplains: Implications for research and management trials. *Biological conservation*, 136(2007),44-52. doi:10.1016/j.biocon.2006.10.045
- Ferreyra, M., Cingolani, A., Ezcurra, C., & Bran, D., (1998). High-Andean vegetation and environmental gradients in northwestern Patagonia, Argentina, *Journal of Vegetation Science*, 9: 307-316.
- Garavito, L., (2015). Los páramos en Colombia, un ecosistema en riesgo. Grupo de Investigación ACBI, Línea
- Gentry, A., (1998). Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 75, 1-34.
- Gustafsson, C., & Norkko, A., (2017). Quantifying the importance of functional traits for primary production in aquatic plant communities. *Journal of Ecology*, 107, 154-166, DOI: 10.1111/1365-2745.13011
- Halloy, S., Variations in Community Structure and Growth Rates of High-Andean Plants with Climatic Fluctuations. pbioch18.qxd 8/12/2001 3:27 PM Page 228
- Hastings, A., (1980). Disturbance, Coexistence, History, and Competition for Space. *theoretical population biology*, 18, 363-373

- Hofstede, R., Calles, J., López, V., Polanco, R., Torres, F., Ulloa, J., ...Cerra, M. (2014). *Los Páramos Andinos ¿Qué sabemos? Estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema páramo*. UICN, Quito, Ecuador
- HOFSTEDE, R., R SEGARRA y R MENA V. (Eds.). 2003. Los Páramos del Mundo. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos. Global Peatland Initiative/NC-IUCN/EcoCiencia. Quito
- Izco, J., Pulgar, Í., Aguirre, Z., & Santin, F., (2007). Estudio florístico de los páramos de pajonal meridionales de Ecuador. *Rev. peru. Biol*, 14 (2), 237-246.
- Izco, J., Pulgar, Í., Aguirre, Z., & Santin, F., (2007). Estudio florístico de los páramos de pajonal meridionales de Ecuador. *peru. Biol*, 14 (2), 237-246.
- Junca, Víctor., (2008). Acercamiento a la Ecología de las comunidades. *Fundación Neotrópico Vivo*, División de Conservación Ecológica (), 1-19
- Keating, P., (1999). Changes in paramo vegetation along an elevation gradient in southern Ecuador. *Journal of the Torrey Botanical Society*. 126 (2), 159-175.
- Lemus, L., Relación de los rasgos funcionales con la estructura de los ensamblajes de herpetofauna, la selección y preferencia de hábitat en un páramo de Colombia. (Tesis de grado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Llambí LD, & Cuesta F,(2014.) *La diversidad de los páramos andinos en el espacio y en el tiempo*. En: Cuesta F, Sevink J, Llambí LD, De Bièvre B, Posner J, Editores. Avances en investigación para la conservación de los páramos andinos, CONDENSAN.
- Llambí LD, Cuesta F, 2014. La diversidad de los páramos andinos en el espacio y en el tiempo. En: Cuesta F, Sevink J, Llambí LD, De Bièvre B, Posner J, Editores. Avances en investigación para la conservación de los páramos andinos, CONDESAN

- López, L., Ramírez, Y., & Zamora, Y., (2012). Evaluación de la diversidad florística en cuatro bosques de la zona amortiguadora del parque nacional natural los nevados. *Boletín científico centro de museos museo de historia natural*. 16 (1), 41/59.
- MENA, P., Josee, C., & Medina, G., (2000). Los suelos del páramo. *Serie páramo*. 5. GTP/Abya Yala. Quito.
- Morales, J., y Estévez, J., (2007). El páramo: ¿ecosistema en vía de extinción? *Luna azul*, 22, 1-13
- Oberhuber, T., Lomas, P., Duch, G., & González, M., (2010). El papel de la biodiversidad. Centro de investigación para la paz (CIP- Ecosocial), Madrid , España.
- Oliver, I., & Beattie, A., (1996). Designing a cost-effective invertebrate survey: a test of methods for rapid assessment of biodiversity. *the Ecological Society of America* 6 (2), 594-607.
- Rangel, J., (2000). Colombia Diversidad Biotica III, La región de vida paramuna del Colombia. *Universidad Nacional ISBN*, Santafé de Bogotá, Colombia.
- Rangel, O. (2015). La biodiversidad de Colombia: significado y distribución regional. *Ciencias naturales*, 39(151), 176-200.
- Read, Q., Moorhead, L., Swenson, N., Bailey, J., & Sanders, N., (2014). Convergent effects of elevation on functional leaf traits within and among species. *Functional Ecology* 28, 37-45. doi: 10.1111/1365-2435.12162
- Restrepo, J., (2016) *Caracterización vegetal del Bosque Altoandino en diferentes estados sucesionales de la Reserva Biológica “Encenillo”, Guasca Cundinamarca (Trabajo de grado)* Pontificia Universidad Javeriana Bogotá D.C

- Rivera, D. y Rodríguez, C. (Eds). 2011. *Guía divulgativa de criterios para la delimitación de páramos de Colombia*. Bogota, D.C. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Rivera, D. y Rodríguez, C. 2011. *Guía divulgativa de criterios para la delimitación de páramos de Colombia*; Bogotá Colombia Instituto Humboldt.
- Rocha, C., (2013). Estudio biótico para la delimitación del complejo de Páramos de Pisba – Boyacá. *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*, Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia
- *Rodr.-Cabeza & S. Díaz, CORDILLERA ORIENTAL, COLOMBIA* (tesis de maestría). Universidad distrital de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Sánchez, L., Gelvis, S., y Solano, F., (2007). Plantas con flores de la Reserva el Volcán, Vereda Alto Grande Pamplona, Norte De Santander.
- Serrano, D., & Galárraga, R., (2015). *El páramo andino: características territoriales y estado ambiental. Aportes interdisciplinarios para su conocimiento*. Estudios Geográficos, *LXXV,I* (278), 369-393. doi: 10.3989/estgeogr.201513.
- Sklená, P., & Lægaard S., (2018). Rain-Shadow in the High Andes of Ecuador Evidenced by Páramo Vegetation. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, *35* (1), 8–17.
- Sklenar, P., & Balslev, H., (2004). Superpáramo plant species diversity and phytogeography in Ecuador. *Flora*. *200* (2005),416–433. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2004.12.006>

- Triana, W., (2017). Análisis funcional del secuestro de carbono en el gradiente sucesional de un bosque seco tropical del valle del río Magdalena. *tesis de maestría* Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Bogotá- Colombia.
- Trujillo- C.W., & Henao- Cárdenas, M.M. (2018). Riqueza florística y recambio de especies en la vertiente orinoquense de los Andes, Colombia. *Colombia Forestal*, 21 (1): 18-33
- Trujillo, F., Rasgos funcionales de palmas y su relación con variables ambientales locales en la Amazonía colombiana. (Tesis de posgrado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Tunja – Boyacá
- Urgiles N., Cofree D., Lojan P., Maita J., Alvarez P., Báez S., Tamargo E., Eguiguren P., Ojeda T., & Aguirre N., (2018). Diversidad de plantas, estructura de la comunidad y biomasa aérea en un páramo del sur del Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 8 (1), 44-56.
- Van Der Hammen, T., & Rangel, J., (1997). Estudio de la vegetación en Colombia. Pg. 17-57
- Velasco, V., (2018). *BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE UNA POBLACIÓN Espeletia curialensis var. Exigua*