

Análisis poblacional del frailejón (*Espeletia* sp) ubicado en la reserva La Llanada dentro del páramo del Almorzadero, Colombia

Silvia Juliana Barajas Delgado y Yesica Paola Quintero Rincón

Proyecto de Grado para Optar el título de Ingeniera Forestal

Director

Ronald Alfonso Montañez Valencia

MSc Conservación y Uso Sostenible de Sistemas Forestales.

Codirector

Diego Suescún Carvajal

MSc en Bosques y Conservación Ambiental

Universidad Industrial de Santander

Instituto de proyección Regional y Educación a Distancia-IPRED

Programa de Ingeniería Forestal

Bucaramanga

2022

### **Agradecimientos**

*A Dios y la virgen María por permitirnos alcanzar un logro más en nuestras vidas.*

*A nuestro codirector MSc. Diego Suescún por su compromiso, paciencia, dedicación e indispensable apoyo.*

*A nuestro director MSc. Ronald Montañez por su gestión y colaboración.*

*A Apostol Rincón, Fabio Otero y Roberto Calderón quienes nos brindaron apoyo en la fase de campo.*

*A la Universidad Industrial de Santander, sede Málaga y a todos los docentes que hicieron parte de nuestra formación académica.*

### **Dedicatoria**

*Principalmente, a Dios por concederme vida y salud para poder cumplir un meta más en mi vida.*

*A mis padres Mary Luz Delgado y Eutiquio Barajas por el ejemplo, el amor, apoyo, dedicación y esfuerzo brindados en este proceso de formación.*

*A mis hermanos por su dedicación y colaboración brindados hasta el momento.*

*A mi compañera Yesica Paola Quintero por su paciencia, colaboración y dedicación para llevar a cabo la culminación de este trabajo.*

***Silvia Juliana Barajas Delgado***

*Primeramente, a Dios y la virgen por permitirme realizarme profesionalmente.*

*A mi hijo Emmanuel David Lozano Quintero por colmarme de alegría y darme la motivación de superarme día a día.*

*A mi madre Albenny Rincón por todo su apoyo, esfuerzo, amor y por estar presente incondicionalmente en mi vida.*

*A mis abuelos Rosalba Rivera y Apostol Rincón por su comprensión, amor, esfuerzo y acompañamiento durante este proceso académico.*

*A mis tíos, en especial a mi tío Jaime Alonso Rincón por su incondicional apoyo y esfuerzo durante mi trayectoria académica.*

*A compañera Silvia Juliana Barajas por su comprensión, apoyo, dedicación y esfuerzo durante este proceso permitiéndonos culminar esta etapa de formación profesional.*

***Yesica Paola Quintero Rincón.***

**Tabla de Contenido**

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	12
1 Objetivos .....	14
1.1 Objetivo General .....	14
1.2 Objetivos Específicos.....	14
2 Antecedentes .....	15
3 Marco Referencial.....	16
3.1 Marco Teórico.....	17
3.1.1 Los páramos andinos.....	17
3.1.2 Vegetación de páramo.....	18
3.1.3 Servicios ecosistémicos.....	19
3.1.4 El género <i>Espeletia</i> .....	20
3.1.5 Rasgos funcionales de las plantas .....	21
3.1.6 Demografía y patrones de distribución espacial de especies .....	22
3.2 Marco Conceptual .....	24
4 Metodología .....	25
4.1 Localización del área de estudio .....	25
4.2 Fases del proyecto.....	27
4.2.1 Diseño experimental. ....	27
4.2.2 Monitoreo de campo .....	27

4.2.2.1 Estructura poblacional .....	28
4.2.2.2 Distribución espacial.....	28
4.2.2.3 Rasgos funcionales.....	29
4.2.2.3.1 Rasgos caulinares.....	29
4.2.2.3.2 Rasgos foliares .....	30
4.2.2.3.3 Rasgos Florales .....	32
4.2.3 Trabajo en laboratorio.....	33
4.2.4 Procesamiento de datos.....	33
4.2.4.1 Estructura poblacional .....	33
4.2.4.2 Distribución espacial.....	35
4.2.4.2.1 Índice de Morisita .....	35
4.2.4.3 Rasgos funcionales.....	37
4.2.4.3.1 Rasgos caulinares.....	38
4.2.4.3.2 Rasgos foliares .....	38
5 Resultados .....	40
5.1 Estructura poblacional .....	40
5.2 Distribución espacial.....	44
5.3 Rasgos funcionales.....	46
5.3.1 Rasgos caulinares:.....	46
5.3.2 Rasgos foliares: .....	47
5.3.3 Rasgos florales: .....	51
5.3.4 Análisis de componentes principales (ACP).....	52
5.3.5 Correlaciones de Pearson.....	53

5.3.6 Análisis de varianza .....	54
6 Discusión .....	55
7 Conclusiones .....	59
8 Recomendaciones.....	60
Referencias Bibliográficas .....	62
Apéndices.....	71

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 Estado fitosanitario de las especies.....	29
Tabla 2 Clasificación de los individuos por categorías .....	34
Tabla 3 Densidad de individuos por parcela.....	40
Tabla 4 Promedios DAP y DBR por parcela.....	42
Tabla 5 Estado fitosanitario del tallo .....	46
Tabla 6 Ficha técnica para la especie <i>Espeletia</i> sp .....	47
Tabla 7 Densidad de tricomas, área foliar y materia seca.....	52
Tabla 8 Longitud y peso del material vegetal para rasgos foliares.....	49
Tabla 9 Características florales para todos los individuos muestreados.....	52
Tabla 10 Correlación de Pearson .....	54
Tabla 11 Análisis de varianza entre las variables .....	55

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
Figura 1 Localización del área de estudio.....	26
Figura 2 Frecuencia de alturas para los individuos juveniles. ....	41
Figura 3 Frecuencia de alturas para los individuos adultos. ....	41
Figura 4 Histograma de frecuencias diamétricas de los individuos inventariados. ....	43
Figura 5 Distribución espacial según el índice de Morisita.....	44
Figura 6 Distribución espacial para <i>Espeletia</i> sp.....	45
Figura 7 Análisis de componentes principales.....	53

**Lista de Apéndices**

	<b>pág.</b>
Apéndice A. Formato para la toma de datos en campo .....	65
Apéndice B. Formato de parcelas .....	65
Apéndice C. Características de los individuos, observadas en campo .....	66
Apéndice D. Registro fotográfico, actividades de laboratorio.....	68
Apéndice E. Registro fotográfico, actividades de campo .....	70

## Resumen

**Título:** Análisis poblacional del frailejón (*Espeletia* sp) ubicado en la reserva La Llanada dentro del páramo del Almorzadero, Colombia\*

**Autor:** Silvia Juliana Barajas Delgado, Yesica Paola Quintero Rincón\*\*

**Palabras Clave:** estructura, distribución espacial, rasgos funcionales, densidad.

### Descripción:

Los páramos son considerados ecosistemas importantes por su riqueza natural y gran aporte de servicios ecosistémicos como la regulación, almacenamiento y provisión de agua, captura de carbono y conservación de la biodiversidad. Para este estudio se realizó el análisis poblacional de la especie *Espeletia* sp en la Reserva Natural de la Sociedad Civil La Llanada en el páramo del Almorzadero; se establecieron seis parcelas permanentes de 250 m<sup>2</sup> cada una dentro de áreas con mayor densidad de individuos. Una vez establecidas las parcelas, se caracterizaron 20 rasgos funcionales clasificados entre rasgos caulinares, foliares y florales; así mismo, se determinó la distribución espacial de la especie. Se registraron un total de 575 individuos en las seis parcelas, de las cuales las parcelas cuarta y quinta registraron un mayor número con un total 120 y 130 individuos respectivamente. Los resultados mostraron que su estructura poblacional está siendo afectada ya que no existen plántulas ni evidencias de sucesión ecológica, ni regeneración natural en el área de estudio; además, se determinó que la especie presenta un patrón de distribución agregado con un promedio de 95 individuos por parcela; esto puede deberse a la dependencia que presentan las plántulas en cuanto a sus progenitores y sus mecanismos de dispersión. De acuerdo con el análisis de varianza, no se encontraron diferencias significativas entre los rasgos funcionales evaluados para todos los frailejones registrados.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia (IPRED). Programa de Ingeniería Forestal. Director: Ronald Alfonso Montañez Valencia. MSc Conservación y Uso Sostenible de Sistemas Forestales. Codirector: Diego Suescún Carvajal. MSc Bosques y Conservación Ambiental.

### Abstract

**Title:** Analysis of the population of frailejón (*Espeletia* sp) located in La Llanada nature reserve in Almorzadero paramo of Colombia.\*

**Author(s):** Silvia Juliana Barajas Delgado, Yesica Paola Quintero Rincón \*\*

**Key Words:** structure, spatial distribution, functional traits, population density.

### Description:

The paramos are considered significant biomes thanks to their natural wealth and the wide range of ecosystem services they provide such as regulation, water storage and supply, carbon sequestration and biodiversity conservation. For this study, a population analysis of *Espeletia* sp was conducted at the Forest La Llanada Private Natural Reserve in The Almorzadero paramo; Six (6) permanent plots with a size of 250 m<sup>2</sup> each were sampled within the area with the highest density of individuals. Once the plots were delimited, 20 functional traits categorized into stem, leaf, and floral, besides the spatial distribution of the species were characterized. A total of 575 frailejones were registered in all the plots, having plots 4 and 5 the highest population density with 120 and 130 individuals respectively. Results showed the population is decreasing due to the lack of progenies and ecological regeneration-succession in the area of study. The species present an aggregation distribution pattern with an average of 95 individuals per plot; this as a result of its dependency on the progenitors and the dispersal mechanisms. According to the variance analysis, no significant differences were found between the functional traits evaluated for all the registered frailejones.

---

\* Degree Work

\*\* Institute for Regional Projection and Distance Education (IPRED). Forest Engineering Program. Director: Ronald Alfonso Montañez Valencia. MSc Conservation and Sustainable Use of Forest Systems. Codirector: Diego Suescún Carvajal. MSc forests and environmental Conservation.

## Introducción

Colombia posee aproximadamente el 49% de los páramos existentes en el mundo con una proporción de 2% del territorio nacional, considerados ecosistemas importantes por su riqueza natural, conservación de la biodiversidad, regulación, almacenamiento y suministro del recurso hídrico y gran capacidad de captura de carbono (Serna y Cardona, 2017). En la región andina los ecosistemas de páramo, y particularmente las poblaciones de frailejones, son impactadas por la intervención antrópica como la expansión agrícola, ganadera, urbana, y la explotación indiscriminada de los recursos naturales como la minería (Pérez, 2019). Igualmente, influyen otros factores como el cambio climático e incendios forestales que tienen como consecuencia la transformación, cambio en el uso del suelo (Aranguren et al., 2017) y generación de impactos negativos en los recursos hidrobiológicos, la conservación de la biodiversidad, la absorción de carbono, la reducción del hábitat de las especies endémicas y el cambio en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos presentes en los páramos (Gómez, 2014).

El páramo Almorzadero ubicado en jurisdicción de los departamentos de Santander y Norte de Santander, representa un componente importante por su gran capacidad hidrológica, que registra impactos ambientales debido a intervenciones humanas no planificadas (Zulays, 2019); sin embargo, este páramo no cuenta con un plan de conservación integral para evitar la extinción local o regional de diferentes especies nativas, endémicas y amenazadas. Además, no se cuenta con registros botánicos en herbario de todas las especies de frailejones del páramo Almorzadero,

donde, incluso podría haber especies nuevas para la ciencia. Este es el caso del frailejón presente en la Reserva de la Sociedad Civil La Llanada, creada según la Resolución 209 del 29 de diciembre del 2015, en el municipio de Concepción Santander; encontrándose allí una especie del género *Espeletia* que no ha sido posible determinar taxonómicamente.

La importancia del presente estudio, radica en realizar una investigación de línea base, para aportar información sobre la estructura poblacional, distribución espacial y rasgos funcionales de una especie de frailejón (*Espeletia* sp) ubicada en el páramo Almorzadero, así mismo, contribuir con la identificación de la biota presente en la reserva La Llanada.

## 1 Objetivos

### 1.1 Objetivo General

Analizar la estructura poblacional, distribución espacial y rasgos funcionales del frailejón presente en la Reserva de la Sociedad Civil La Llanada del municipio de Concepción, Santander.

### 1.2 Objetivos Específicos

Determinar variables como estructura poblacional y distribución por altura de los frailejones presentes en La Llanada.

Determinar la distribución espacial del género *Espeletia* localizado en la reserva La Llanada.

Caracterizar los rasgos funcionales entre caulinares, foliares y florales del frailejón en estudio.

## 2 Antecedentes

Los páramos constituyen una zona de vida particular y única, se originan a partir del levantamiento de la cordillera de los Andes; la cual, atravesó zonas tropicales, subtropicales y templadas, lo que llevó a la aparición de flora y fauna endémica de este nuevo tipo ecosistema (Hammen y Cleef, 1983). Van Der Hammen y Cleef (1986), estudiaron algunos eventos que permitieron entender el clima del páramo, y a su vez fueron fundamentales para comprender el origen, adaptación, distribución y estructura de las especies y su función en el ecosistema. Hace 2,5 millones de años, los glaciares ocuparon un área más extensa de lo ocupado actualmente, y cubrieron valles por encima de los 3000 m s. n. m., lo cual duro algunos miles de años para finalmente llegar a la formación de los ecosistemas de páramo: en consecuencia, del cambio climático los glaciares se derritieron y formaron así las lagunas de páramo (Hammen, 1997).

Los botánicos europeos Humboldt y Bonpland, a mediados de los años de 1700 analizaron por primera vez muestras botánicas de frailejón, y publicaron oficialmente los resultados en 1800, dos siglos después siguen las investigaciones taxonómicas y sistemáticas del frailejón; ya que este es considerado hoy en día como una de las especies clave y bandera para la identificación de los páramos en el mundo (Diazgranados, 2015). Particularmente, Colombia cuenta actualmente con alrededor de 88 especies de frailejón, 75 endémicas y alrededor de 68 se encuentran en estado de conservación por presentar alguna categoría de amenaza (Mavárez y Becerra, 2020).

Los páramos fueron poco explorados antes de la conquista española, pues la población humana debía asentarse en zonas más bajas como los bosques montanos y solamente los recolectores de frutos o carne, en algunas épocas del año, se dirigían a las zonas altas a realizar sus labores (Moreno, 2008). Estas tierras, al ser consideradas como infértiles, inhabitables e inútiles, fueron abandonadas por los pobladores de primera clase, buscando una mejor calidad de suelo, y encontraron apropiadas las zonas con pocas pendientes y pocas ondulaciones, dejando en las zonas altas a las clases sociales más pobres o carentes de riquezas (Weber, 1959).

Cuatrecasas (1968), definió el ecosistema de páramo como grandes franjas de tierras con poca vegetación en su mayoría, ubicadas en la cima de las cordilleras desde los 3800 m s. n. m. (localmente es posible encontrarlos desde los 3200 m s. n. m.) y estos, se pueden subdividir en pisos térmicos de subpáramo, páramo y superpáramo.

Los frailejones son considerados las especies más representativas e importantes de los páramos existentes en el mundo (Diazgranados y Castellanos, 2017), teniendo en cuenta que las primeras especies fueron identificadas hace más de 200 años (Diazgranados, 2015), sin embargo, la primera evaluación sobre su estado de conservación fue realizada en el año 2005 (García et al., 2005) incluyendo en esta un total de 36 especies categorizadas en algún estado de amenaza. Particularmente Colombia presenta la mayor diversidad en especies de frailejones con un registro actual de 88 especies endémicas del país (Diazgranados, 2012a).

### **3 Marco Referencial**

### 3.1 Marco Teórico

#### 3.1.1 *Los páramos andinos*

Los páramos andinos son biomas neotropicales adaptados exclusivamente a las montañas tropicales por encima del límite superior de los bosques entre 3200 hasta 3400 m s. n. m., y por debajo de las nieves perpetuas, cuya altitud está entre 4500 y 4700 m s. n. m. (Morales et al., 2007). Las bajas temperaturas provocan lentos crecimientos en la vegetación (Suárez, 2002), aunque, es mayor el impacto en el límite superior donde las fuertes heladas provocan el congelamiento del suelo se hace más difícil la captura de agua y nutrientes por las plantas, lo que genera que en estos límites altitudinales se formen los desiertos fríos, es decir, una vida vegetal restringida (Ospina, 2009).

Por sus características especiales, los páramos ofrecen tipologías florales, geomorfológicas, ecológicas, edafológicas y micro climáticas exclusivas, que proporcionan temperaturas estables en la mayor parte del año, sin embargo, esta puede variar abruptamente del periodo diurno con un alto grado de brillo solar, a un cambio nocturno con nieblas densas (IAvH, 2011). Estos biomas presentan temperaturas que oscilan entre 10°C. Lo cual ocasiona retardos en el proceso de descomposición de la materia orgánica para dar paso a la formación de los suelos húmicos (Cabrera y Ramírez, 2014).

La complejidad del clima de la montaña altoandina es el resultado de los gradientes de altitud, temperatura, relieve, vientos, humedad y latitud (Ospina, 2009). En Suramérica, el páramo cuenta con una extensión aproximada de 3.000.000 ha, desde los 11° de latitud Norte por la Sierra Nevada de Santa Marta, hasta una latitud de 8°39' sur en Perú (Condesan, 2014). Particularmente en Colombia, los ecosistemas de páramo ocupan un área de 1.379.000 ha correspondientes al 2% de la extensión total del país. El páramo del Almorzadero ubicado en la Cordillera Oriental, comprende una extensión 157.704,90 ha (IAvH, 2007).

### ***3.1.2 Vegetación de páramo***

El páramo por sus características físico-químicas del suelo y variables climáticas típicas de los ecosistemas altoandinos, registra especies vegetales arbustivas y herbáceas que por la alta humedad del suelo permanecen verdes en cualquier época del año; con áreas foliares pequeñas, en rosetas, hojas pubescentes, suculentas, duras y flexibles (Rojas et al., 2018). Estas características indican la capacidad fotosintética que tiene el organismo, el almacenamiento de biomasa y la proporción de nutrientes al suelo. Las formas y tamaños de las hojas en los páramos son un mecanismo para disminuir la competitividad por la coexistencia entre los individuos (Godoy y Medina, 2019).

La alta diversidad de vegetación en los biomas de páramo permite albergar, alimentar y proteger gran variedad de especies como mamíferos, aves, insectos, mariposas y anfibios; los

cuales interactúan para la funcionalidad simbiótica en el equilibrio natural del ecosistema (Marín y Parra, 2015).

### ***3.1.3 Servicios ecosistémicos***

Los servicios ecosistémicos son los beneficios que un ecosistema aporta a la población humana (Groot et al., 2002), como por ejemplo los alimentos, el agua, la gestión de las enfermedades y la regulación del clima (MEA, 2005). El impacto generado por las intervenciones antrópicas en los últimos años a los ecosistemas altoandinos, ha llevado al deterioro y reducción del páramo, afectando directa e indirectamente los servicios ecosistémicos proporcionados (Díaz et al., 2005), tales como, alimento, combustible y fibra, servicios como la regulación hidrológica del clima, y control natural de enfermedades y plagas (Minaya et al., 2016).

Los ecosistemas paramunos tienen gran importancia e impacto en la capacidad de regulación hídrica, la cual es su principal servicio ecosistémico; en el páramo los musgos, gramíneas y frailejones (Gould et al., 2020), son los responsables de la captación y la regulación del agua que proviene de la condensación del agua, manteniendo los acuíferos protegidos y abastecidos (Hofstede et al., 2003). Aun así, los páramos no deben considerarse como productores de agua dulce debido a que este ecosistema cumple es con la función de purificar y regular el recurso hídrico (Hernández et al., 2021).

Los servicios ecosistémicos de apoyo cumplen con la función de formar suelo fértil y el ciclaje de nutrientes (Sylvester et al., 2021), por su calidad es extraído y transportado a zonas

interandinas para ser mezclado con otros elementos y formar un abono apropiado para el mantenimiento de las plantas (Neri et al., 2017). El servicio ecosistémico de mayor análisis en páramos corresponde al recurso hídrico, ya que provee hasta un 80% del agua apta para consumo humano, previo a los tratamientos de potabilización en las ciudades. Los servicios ecosistémicos de regulación se comprometen con el agua dulce, el control y manejo de enfermedades y plagas en las plantas, también influye en la regulación del clima y su variabilidad en las fases ENSO (Valladares et al., 2006). Finalmente, los servicios ecosistémicos culturales tienen como función en el páramo crear una fuerte relación de espiritualidad e identidad de las poblaciones con un alto valor estético (Balthazar et al., 2015).

### ***3.1.4 El género Espeletia***

El género *Espeletia* (frailejones) perteneciente a la familia Asteráceae y se distribuye en el Norte de la cordillera de los Andes, es uno de los géneros más representativos de los ecosistemas de páramo, y presenta gran variedad morfológica y ecológica (Mavárez, 2019). Los frailejones tienen variedad en formas de crecimiento, como rosetas sin tallo leñoso que no sobrepasan los 20 cm, hasta árboles leñosos ramificados que sobrepasan los 6 m de altura; la primera publicación sobre la evaluación del estado de amenaza de los frailejones en Colombia, data del año 2005 (Rojas et al., 2018). Se han registrado 88 especies, de las cuales 68 presentaron categoría de amenaza, mientras que las restantes figuran como en estado de baja preocupación (Mavárez y Becerra, 2020).

Por sus propiedades físicas, los frailejones constituyen un pequeño ecosistema, la materia muerta unida a la roseta del frailejón almacena la humedad y crea un microhábitat integrado por organismos vivos encargados en descomponer las hojas y transformarlas en materia orgánica que proporcionan nutrientes (Baptiste y Ruggiero, 2012). Según estudios anatómicos, las hojas poseen una epidermis cubierta por una cutícula carnososa, las cuales tienen células con potencial para almacenar agua (Benavides, 2015).

Por otro lado, algunos insectos como la polilla pluma y hongos (*Fusarium*, *Botrytis* y *Alternaria*), son responsables de la mortalidad y disminución de algunas especies de frailejón (Prada et al., 2009). Los lepidópteros fitófagos como la polilla pluma depositan sus larvas en las hojas jóvenes de estos frailejones, ya que estas hojas carecen de celulosa, pero presentan grandes cantidades de nutrientes, lo cual junto con su pubescencia generan el microclima apropiado para su incubación (Salinas et al., 2013).

### ***3.1.5 Rasgos funcionales de las plantas***

Las características morfológicas, fisiológicas, estructurales o fenológicas atribuidas a los rasgos funcionales que presenta cada individuo, se pueden relacionar con el ambiente, por medio de los efectos de crecimiento, reproducción o supervivencia (Alcázar y Ramírez, 2011). En las plantas dichos rasgos funcionales incluyen características ecofisiológicas, bioquímicas y regenerativas, que pueden llegar a estar vinculadas a los procesos que determinan la prestación de servicios ecosistémicos tanto a nivel poblacional como comunitario (Guzmán, 2020). Por

consiguiente, estos rasgos presentan información muy importante acerca del papel que desempeña cada individuo en el ecosistema, así mismo, proporcionan información útil acerca de la efectividad de la biología de los organismos y las respuestas a los diferentes cambios en el ambiente (Lavorel y Garnier, 2002).

Algunos de los rasgos funcionales más relevantes de las plantas son: las raíces, los tallos y las hojas; por ejemplo, aquellos individuos que poseen raíces profundas son más tolerantes a los incendios, los que tienen hojas gruesas, aunque gastan más energía al momento de generarse, son capaces de evitar que algunos órganos vegetales se disequen y con esto aseguran el proceso de fotosíntesis en momentos de sequía (Alcázar y Ramírez, 2011). Finalmente, el análisis de los rasgos funcionales de algunos individuos puede determinar el comportamiento de las poblaciones vegetales (Orduz, 2017).

### ***3.1.6 Demografía y patrones de distribución espacial de especies***

La demografía de una población es el resultado de las tasas de natalidad, crecimiento, migración, mortalidad, colonización (regeneración y conservación), además, de los factores que regulan su tamaño; estas características son clave importante para llevar a cabo diseños metodológicos en los planes de manejo y conservación de especies (Jordano et al., 2008). Los estudios demográficos se iniciaron con los trabajos realizados por Jonh Lander Harper a principios de los años 1970, encaminados principalmente a ciertos tipos de plantas, tales como, hierbas,

arbustos, árboles y palmas, estos se enfocaron principalmente en el tamaño de la población y sus variaciones a través del tiempo (Scmidberger y Ladd, 2020).

Existen en la actualidad numerosos estudios plasmados en la literatura enfocados en la demografía de poblaciones, útiles para pronosticar las probabilidades del crecimiento o la extinción de las poblaciones vegetales (Johnson et al., 2016); no obstante, ocasionalmente se tienen en cuenta todos los aspectos de la biología de poblaciones de una especie vegetal y el vínculo con el proceso demográfico de la regeneración natural, por esto, pocos estudios han utilizado datos demográficos precisos al tiempo que tienen el control de la variabilidad filogenética.

De igual manera, el estudio de la distribución espacial es un factor importante para comprender o determinar los efectos de eventos que ocurrieron en determinados espacios de tiempo con relación al patrón de distribución actual, esto permite generar hipótesis más detalladas acerca de los procesos biológicos o ambientales que constituyen los bosques tropicales (Scmidberger y Ladd, 2020).

Analizar y evaluar el grado de dispersión permite de igual manera identificar métodos y factores que pueden mantener o promover la coexistencia y diversidad de una población en un ecosistema determinado (Vallejo y Galeano, 2009). Los principales métodos que se han planteado hasta el momento para clasificar de manera más explícita los patrones de distribución espacial actual de especies vegetales en el interior de una población (Gasper et al., 2021), son básicamente tres patrones: aleatorio asociado con la variación demográfica por muerte aleatoria, uniforme asociado con procesos denso-dependientes y, gregario, que es asociado con la dispersión condicionada, de manera que, con estos métodos conocidos se ha intentado describir la riqueza de especies en los diferentes tipos de bosques (Montañez et al., 2011).

De este modo, los procesos de especialización del hábitat, la competencia entre especies, la dispersión condicionada o la muerte aleatoria, no determinan si el patrón de distribución es aleatorio, uniforme o agrupado, sino, la sumatoria de todo lo resultante de estos procesos; por ejemplo, nacimientos, migración, muerte o extinción de los individuos que conforman la población (Maldonado, 2005).

### 3.2 Marco Conceptual

**Biomasa:** cantidad total de materia viva que puede ser transformada en combustible útil para el hombre.

**Capítulo:** tipo de inflorescencia racimosa o abierta en donde el pedúnculo se ensancha en la extremidad formando un disco grueso, llamado receptáculo común.

**Diversidad:** denota la riqueza o número de especies diferentes, que existen en un ecosistema determinado.

**Ecosistema:** conjunto de factores bióticos y abióticos interactuando como un sistema.

**Frailejón:** planta que presenta hojas anchas, gruesas y aterciopeladas, pueden alcanzar alturas mayores a 6 m y suele encontrarse en ecosistemas de páramo y subpáramo

**Hábitat:** conjunto de factores físicos y geográficos que intervienen en el progreso de un individuo, una población, o una especie determinada.

**Necromasa:** materia muerta atribuida a un individuo expresada en peso.

**Páleas:** escamas que existen en el receptáculo de algunas especies de la familia Asteráceae y se encuentran en la base de las flores.

**Pedúnculo:** forma tubular que sostiene un capítulo o una inflorescencia unifloral.

**Tricomas:** Estructuras epidérmicas que hacen parte de una planta para su protección a cambios ambientales.

## 4 Metodología

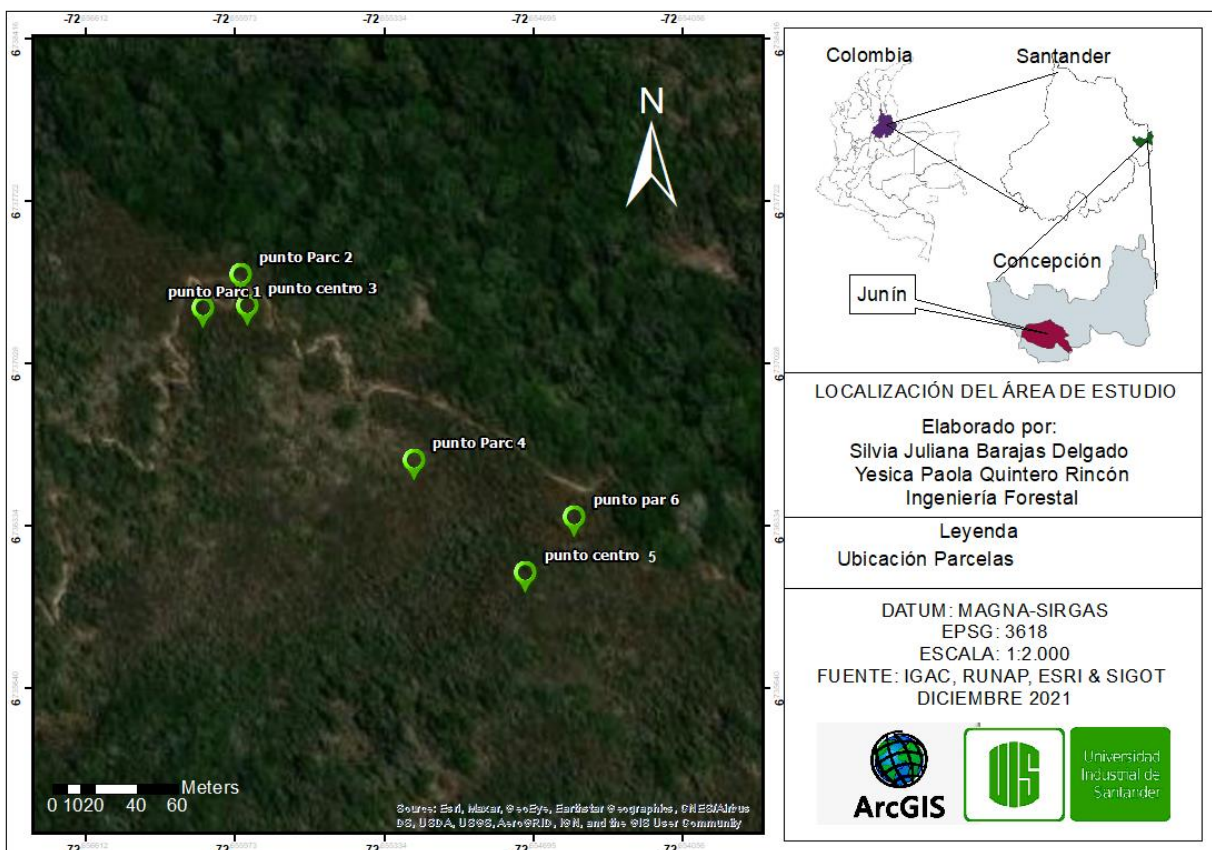
### 4.1 Localización del área de estudio

La Reserva de la Sociedad Civil La Llanada se encuentra ubicada dentro del páramo Almorzadero, fue declarada por el registro único nacional de áreas protegidas (RUNAP) en 2016 a través de la Resolución 209. Está ubicada en la vereda Junín del municipio de Concepción, Santander. Esta reserva presenta un relieve montañoso con pendientes mayores a 40 grados, el suelo tiende a ser húmífero y con gran capacidad de almacenamiento de agua, debido a que las bajas temperaturas y la alta humedad relativa impiden un proceso acelerado de descomposición de

la materia orgánica (Diazgranados et al., 2005). Su clasificación climática según Caldas y Lang es de muy frío húmedo y muy frío semihúmedo, la temperatura promedio anual es de 18 °C, con precipitaciones anuales de 1000 a 1500 mm aproximadamente y coordenadas geográficas de 6°43'40,89" Norte y 72°39'37,14" Este. La reserva tiene una extensión de 281,27 ha con un gradiente altitudinal de 2300 a 3260 m s. n. m., situándose dentro de una zona en transición con tres tipos de ecosistema, bosque andino, bosque altoandino y subpáramo (EOT, 2020), (Figura 1).

### Figura 1

*Localización del área de estudio.*



*Nota:* El mapa se realizó ArcGIS 10.3 con el Datum MAGNA SIRGAS, en WGS 84.

## **4.2 Fases del proyecto**

### ***4.2.1 Diseño experimental.***

Para determinar la estructura poblacional de la especie frailejón (*Espeletia* sp.) presente en el área de estudio, se realizó un censo mediante el establecimiento de parcelas, se georreferenciaron todos los individuos para hallar su localización y posterior distribución espacial, además se tomaron medidas de diámetros y alturas. Para determinar la densidad, se establecieron seis parcelas circulares permanentes con área de 250 m<sup>2</sup> cada una. Por otro lado, los rasgos funcionales se identificaron en 20 individuos dentro de las seis parcelas. Con la utilización de instrumentos métricos (cintas métricas y calibrador) y observación visual se midieron las variables posibles de determinar en campo, para las demás variables se recolectaron muestras de material vegetal para la medición en el laboratorio de química de la Universidad Industrial de Santander, sede Málaga.

### ***4.2.2 Monitoreo de campo***

Con el fin de obtener el muestreo y los datos requeridos para llevar a cabo el estudio, se llevaron a cabo ocho salidas prácticas con una duración de dos días cada una.

**4.2.2.1 Estructura poblacional.** Se ubicó un punto de referencia el cual se marcó en el centro de cada parcela y seguidamente se tomaron las coordenadas utilizando el GPS Garmin 64x previamente programado en WGS 84. Se ubicó el Norte y se empezó a recorrer el área en sentido de las manecillas del reloj, registrando cada uno de los individuos en el formato de parcelas (Apéndice B).

Para la clasificación por alturas se tuvo en cuenta la altura del tallo (A) (desde la base del tallo hasta la base de la roseta) y la altura total (AT) (desde la base del tallo hasta la punta más alta de la planta), esta medición se realizó directamente por medio de la unión de dos cintas métricas; y para establecer la distribución por presencia o ausencia de inflorescencias se realizó mediante observación visual. Todos estos datos fueron apuntados en el formulario de campo (Apéndice A).

Seguido de la toma de las alturas, se procedió a marcar cada individuo con placas de polipropileno de 7 x 5 cm, ubicadas todas en igual dirección para su mejor visualización; las cuales incluyen, número de individuo inventariado, logo de la Universidad Industrial de Santander, logo de la reserva La Llanada y el nombre de las estudiantes; para sujetar la placa a cada individuo se rodeó la base del tallo con alambre dulce, dejando 2 cm de espacio entre el alambre y el tallo para evitar el estrangulamiento del tallo a medida que se va desarrollando.

**4.2.2.2 Distribución espacial.** La georreferenciación se realizó con el GPS Garmin 64x con error de 3 m, programado previamente en World Geodetic System 1984 (WGS 84), y se registraron las coordenadas de cada uno de los individuos presentes en el área de estudio (IDEAM, 2011), en el formulario de campo (Apéndice A).

**4.2.2.3 Rasgos funcionales.** Para la medición de los rasgos funcionales mediante un muestreo aleatorio simple, se seleccionaron 20 individuos (número aceptado en estudios similares). Para esto se tuvo en cuenta que los individuos seleccionados estuvieran sanos (sin presencia de hongos ni ataque por herbivoría). Estas descripciones morfológicas no proporcionarán una descripción completa del taxón estudiado, sino por el contrario, permite facilitar su reconocimiento en campo.

**4.2.2.3.1 Rasgos caulinares.** Para la medición de los rasgos caulinares, se tuvo en cuenta: A, AT, diámetro en la base de la roseta (DBR), diámetro a la altura del pecho (DAP), y el estado fitosanitario del tallo.

Diámetros: para la medición de los DBR y DAP se realizó con un calibrador de manera Norte-Sur y Este-Oeste, y en el caso específico del DAP se midieron a una altura estándar de 1,30 m tomada desde la base del tallo principal. Antes de realizar la medición de los diámetros en cada individuo se limpió suavemente la corteza para así eliminar musgos presentes y no alterar la medida (IDEAM, 2011).

Estado fitosanitario del tallo: se identificaron los estados fitosanitarios del tallo (bueno, regular o malo) descritos en la Tabla 1, en los 20 individuos seleccionados mediante observación visual.

**Tabla 1.**

*Estado fitosanitario de las especies.*

Estado fitosanitario	Características
Bueno	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. No presentó hongos.</li> <li>2. No presentó tallo seco ni quebrado.</li> <li>3. No presentó enfermedad.</li> <li>4. No presentó signos de herbivoría.</li> <li>5. No presentó telarañas.</li> </ol>
Regular	El individuo presentó al menos dos afectaciones.

**4.2.2.3.2 Rasgos foliares.** Para la determinación de los rasgos foliares como largo, ancho, forma, borde, ápice, peciolo y tipo de lámina, forma y distribución de los nervios secundarios, pubescencia de la lámina, materia seca y área foliar, se recolectaron muestras (hojas de diferentes tamaños y de varios individuos) utilizando las tijeras podadoras, se tomaron dos réplicas de cada individuo, donde se tuvieron en cuenta muestras que estuvieran expuestas completamente a la luz, se humedecieron con agua y envolvieron en papel periódico para posteriormente almacenarlas en bolsas plásticas herméticas con su respectiva etiqueta la cual contenía datos como: número de individuo y coordenadas.

Largo de la lámina: se tomaron las medidas con una regla métrica desde la punta de ápice hasta la base de la lámina foliar por el centro de esta.

Ancho de la lámina: se tomó la medida de forma perpendicular a la nervadura principal de la lámina y por el centro de esta.

Forma de la lámina: se observó la lámina foliar para determinar su clasificación según la forma en elíptica, lanceolada, acicular, oval, acorazonada, sagitada o lineal.

Borde de la lámina: se observó el borde de la lámina foliar con ayuda de una lupa para determinar su clasificación: entero, ondulado, dentado, sinuado, aserrado o lobulado.

Ápice de la lámina: se observó el ápice de la lámina foliar con ayuda de una lupa para determinar su clasificación: acuminado, agudo, truncado, redondeado o aristado.

Pecíolo de la lámina: se observó el pecíolo de la lámina foliar con ayuda de una lupa para determinar la clasificación, peciolada o sésil.

Tipo de lámina: se observó el número de limbos o láminas por pecíolo para clasificarla en lámina simple o compuesta.

Distribución de la nervadura: se observó la distribución de la nervadura de la lámina para clasificarla en: paralelinervia, penninervia, uninervia o palminervia.

Área foliar: se ubicaron las muestras sobre una hoja blanca de tal manera que el haz quedara a la vista, al lado de ellas se dispuso una regla de 50 cm para seguidamente tomar una fotografía de manera perpendicular a las mismas.

Los rasgos ya mencionados se determinaron según la metodología para la identificación de plantas de Mahecha (1997).

Pubescencia de la lámina: se estableció un área de 0,5 cm<sup>2</sup> sobre la lámina foliar para luego ser dispuesta en el estereoscopio y realizar el debido conteo de los tricomas presentes en dicha área.

Materia seca: se pesaron las muestras de cada parcela por aparte en estado verde empleando una balanza con precisión de 0.01 mg, seguidamente se secaron las muestras en el horno durante 48 horas y se volvieron a pesar las mismas muestras para luego realizar los respectivos cálculos para materia seca.

Previamente a la disposición de las muestras en el herbario de la Universidad de Pamplona, estas se colocaron en pliegos de papel periódico, buscando que las hojas quedaran lo más extendidas posible. Cada uno de los pliegos se etiquetó con los números de muestreo e información correspondiente a cada individuo. Una vez fue adecuada la planta en el pliego se realizó el montaje de todas las muestras armando bloques de tres réplicas las cuales fueron alcoholizadas y preservadas para su debido análisis.

**4.2.2.3.3 Rasgos florares.** La identificación de la estructura de la inflorescencia (simple o compuesta) y organización de la ramilla (monocasio o dicasio) se realizó mediante observación visual.

Para la toma de la longitud de cada una de las inflorescencias de todos los individuos, se utilizó una cinta métrica midiendo desde la base del pedúnculo hasta la punta de las páleas. Los números de capítulos por inflorescencia se determinaron mediante observación visual y este dato se apuntó en el formato para la toma de datos en campo (Apéndice A).

### ***4.2.3 Trabajo en laboratorio***

Una vez colectadas las muestras en campo se transportaron en las respectivas bolsas donde antes de ser llevadas a laboratorio se hidrataron en agua durante seis horas y se secaron suavemente con un pañuelo para eliminar el exceso de agua en la superficie, estas hojas fueron pesadas en una balanza, apuntando dicho dato en la libreta de campo, seguidamente fueron introducidas en el horno por un periodo de tiempo de 48 horas a una temperatura constante de 70 °C con el fin de retirarles la humedad y prevenir el desarrollo de hongos; posteriormente, se pesaron las muestras nuevamente en la balanza y se apuntaron los datos arrojados para realizar los debidos cálculos.

Para cuantificar los tricomas, se utilizó el estereoscopio y una cuadrícula de 0,5 cm<sup>2</sup>, se fijó el aumento para conocer el área específica y se contaron los tricomas.

### ***4.2.4 Procesamiento de datos.***

**4.2.4.1 Estructura poblacional.** Con los datos recopilados en campo se procedió a determinar la densidad poblacional, para lo cual se usó el área de distribución y el número total de individuos registrados en cada una de las parcelas, empleando la siguiente fórmula:

$$\sigma = \frac{\# \text{ individuos}}{\text{área (ha)}}$$

Donde:

$\sigma$  = densidad

Para la clasificación estructural de los individuos teniendo en cuenta las alturas y la presencia o ausencia de eventos reproductivos, se construyeron tablas de frecuencias mediante la aplicación de la regla de Sturges. Sin embargo, dada la baja abundancia dentro de algunas clases se agruparon reduciéndose a la mitad, estableciendo nueve categorías en total: plántulas I, juvenil I, juvenil II, juvenil III, adulto I, adulto II, adulto III, adulto IV y adulto V (Tabla 2), esto según la metodología de Fagua y Gonzáles (2006)

**Tabla 2**

*Clasificación de los individuos por categorías*

<b>Intervalos (cm)</b>	<b>Categoría</b>
	Plántulas
< 12,0	I
	Juveniles
12,0 - 32,0	I
32,1 - 52,0	II
52,1 - 69,0	III
	Adultos
69,0 - 137,0	I
137,1 - 205,0	II
205,1 - 273,0	III
273,1 - 341,0	IV

Intervalos (cm)	Categoría
341,1 - 409,0	V

Para la identificación de los individuos adultos, se establecieron dichas clasificaciones según el individuo más bajo con presencia o muestras de presencia de signos reproductivos, con este individuo se inició la primera clasificación de estado adulto y dependiendo del número de individuos presentes con alturas mayores a este, se realizaron las siguientes clasificaciones. Los individuos clasificados como juveniles serán todos aquellos presentes en el rango de alturas menores al menor individuo adulto.

**4.2.4.2 Distribución espacial.** Para estimar la distribución espacial de la especie *Espeletia* sp, se utilizó el índice de Morisita, haciendo uso del programa *ArcGIS* 10.3 para asignar las coordenadas que establecieron la posición de cada individuo dentro de las parcelas, de igual manera, los individuos fueron comparados en el formato de parcela (Apéndice B), para ratificar distancias y posición frente a la localización generada por el GPS; para el cálculo del índice de Morisita ( $I\delta$ ) se tuvo en cuenta que cada parcela representa un cuadrante, tomando como muestra el total de las parcelas.

**4.2.4.2.1 Índice de Morisita ( $I\delta$ ).** Emplea los valores críticos de uniformidad ( $M_u$ ) y agrupamiento ( $M_c$ ), para ser utilizados en la homogeneidad del índice estandarizado de Morisita

(Ip), con valores entre -1 y +1, donde  $I_p = 0$  presenta una distribución aleatoria,  $I_p > 0$  distribución agregada y  $I_p < 0$  distribución uniforme (Cabrera y Wallace, 2007). El  $I_p$  se define como:

$$I\delta = n \left[ \frac{\sum x^2 - \sum x}{(\sum x) - \sum x} \right]$$

Donde:

n: número de cuadrantes

x: número de individuos de la especie i

$x^2$ : número de individuos de la especie i, en el cuadrante i, elevado al cuadrado

El  $I_p$  se realizó mediante el siguiente parámetro (Krebs, 1985).

$$I\delta = n \left[ \frac{\sum x^2 - \sum x}{(\sum x) - \sum x} \right]$$

$$I\delta \geq Nc > 1,0: I_p = 0,5 + 0,5 \left( \frac{I\delta - Mc}{n - Mc} \right)$$

$$Mc > I\delta > 1,0: I_p = 0,5 \left( \frac{I\delta - 1}{Mc - 1} \right)$$

$$1,0 > I\delta > M\mu: I_p = 0,5 \left( \frac{I\delta - 1}{M\mu - 1} \right)$$

$$1,0 > M\mu > I\delta: I_p = -0,5 + 0,5 \left( \frac{I\delta - M\mu}{Mc} \right)$$

El  $I_p$  fluctúa de -1,0 a 1,0 con límites de confianza al 95%, denominando límite inferior a -0,5 y límite superior +0,5 determinando el grado de dispersión o patrón de distribución de las

especies de la siguiente manera: patrones aleatorios dan un valor de  $I_p$  igual a cero; patrones agregados por encima de cero; patrones uniformes por debajo de cero.

Valores críticos:

$$M\mu = \frac{x_{0.975}^2 - n + \sum x_i}{(\sum x_i) - 1}, \text{ uniformidad. Donde } x_{0.975}^2 \text{ valor de Chi-cuadrado con } n-1 \text{ grados de}$$

libertad, con 97,5% intervalo de confianza.

$$M_c = \frac{x_{0.025}^2 - n + \sum x_i}{(\sum x_i) - 1}, \text{ agrupamiento. Donde } x_{0.025}^2 \text{ valor de Chi-cuadrado con } n-1 \text{ grados}$$

de libertad, con 2,5% intervalo de confianza.

$X^2 = I\delta (\sum x - 1) + n - \sum x$ . Donde,  $X^2$  es la prueba estadística, con distribución Chi-cuadrado.

La comparación de medias ( $\bar{x}$ ) entre las parcelas a lo largo de un gradiente altitudinal, se evaluó empleando la distribución t, la desviación estándar (sd) y el número de especies (n), para construir límites de confianza superior e inferior. Utilizando la expresión:

$$\text{Límite superior e inferior} = \bar{x} \pm t_{(\alpha, n-1)} * \left( \frac{sd}{\sqrt{n}} \right)$$

**4.2.4.3 Rasgos funcionales.** A continuación, se presenta la metodología para determinar los rasgos funcionales (caulinares, foliares y florales).

**4.2.4.3.1 Rasgos caulinares.** Se cargaron en el programa Microsoft Excel todos los datos de diámetros y alturas registradas en campo junto con el estado fitosanitario del tallo, observados en cada individuo.

**4.2.4.3.2 Rasgos foliares.** Área foliar: se cargó la imagen en el software ImageJ, el cual arrojó el área de cada lámina foliar por aparte, seguidamente se procedió a sacar el promedio y obtener el área foliar en  $cm^2$ .

$$AF = \frac{(\sum(A1 + A2 + A3 + A4))}{4} cm^2$$

Pubescencia de la lámina: con los datos obtenidos en laboratorio sobre la pubescencia se calculó la densidad al dividir el número de tricomas entre el área de la cuadrícula con el aumento fijado, se realizó un promedio en tres partes diferentes de la hoja para tener una densidad representativa, esto según la metodología utilizada por de Rendón y Terrazas (2006).

Fórmula para hallar la densidad de los tricomas por  $cm^2$ :

$$d_{tricoma} = \frac{n_{tricomas}}{a_{cuadrícula}} = \frac{\text{número de estructuras}}{cm^2}$$

Donde:

d: densidad

n: número de tricomas

a: Área de la cuadrícula con el aumento del estereoscopio fijado.

Materia seca: el contenido de materia seca se determinó según la fórmula:

$$MS = \frac{P_{seco}}{P_{fresco}} = \frac{g}{g}$$

Donde:

MS: materia seca (g)

P: peso de las muestras (g)

Para el procesamiento de material vegetal recolectado, se enviaron duplicados de las muestras al herbario de la Universidad de Pamplona y se dejó una muestra en la Universidad Industrial de Santander, sede Málaga. Luego de consultar a expertos del género *Espeletia*, se llegó a la conclusión de que no es una especie hasta ahora conocida, por lo cual sería *Espeletia* sp, lo que indica que se trata de una nueva especie para la ciencia. Actualmente, se está a la espera de encontrar los individuos florecidos para verificar si se trata definitivamente de una nueva especie y proceder con su publicación.

Finalmente, con los rasgos funcionales (caulinares, foliares y florales) que se obtuvieron de los 20 individuos seleccionados al azar, se promediaron los datos tomados de todas y cada una de las variables foliares, caulinares y florales con la desviación estándar, los cuales fueron sometidos a un análisis de componentes principales (ACP) en el programa R studio, lo cual permitió reducir la dimensionalidad del conjunto de variables autocorrelacionadas, para luego realizar las respectivas correlaciones de Pearson. Además, se realizaron los supuestos de Shapiro y Levene para así determinar si existen diferencias significativas entre las variables.

## 5 Resultados

### 5.1 Estructura poblacional

En la zona de estudio se registraron 575 individuos en total, de los cuales el 92% (534 individuos) fueron adultos y el restante 8% (41 individuos) fueron categorizados como juveniles, sin registro de individuos en categoría de plántula. La parcela cinco presentó una mayor densidad poblacional con 5200 individuos/ha, en comparación con la parcela seis que registró la menor densidad poblacional con 2040 individuos/ha (Tabla 3).

**Tabla 3.**

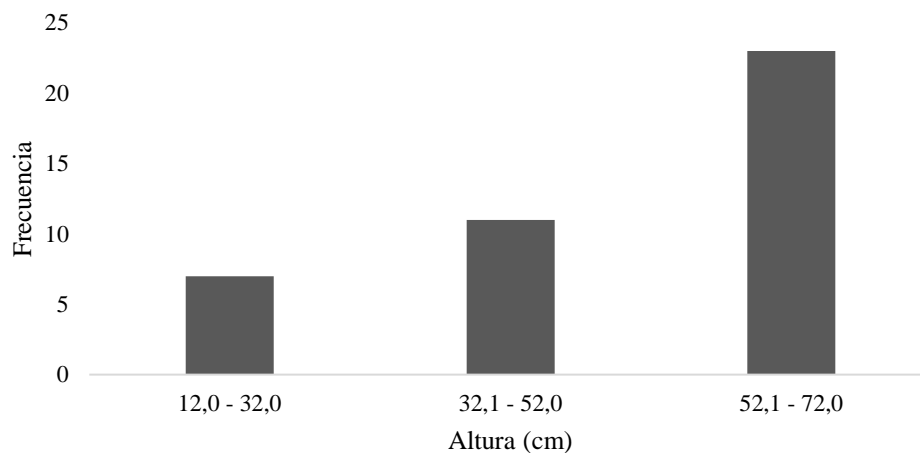
Densidad de individuos por parcela

Parcela	Densidad 250 m <sup>2</sup>	Densidad (individuos/ha)
1	89	3560
2	88	3520
3	99	3960
4	120	4800
5	130	5200
6	51	2040
		3846,7 (1114,1)

En la clasificación de juveniles se puede observar que de los 41 individuos la categoría III presenta la mayor abundancia con el 56% de la población juvenil, mientras que la categoría I fue la que presentó la menor abundancia con el 17% de la población, (Figura 2). Al no registrarse individuos en la clasificación de plántulas, se asume que todos aquellos individuos con alturas menores a 12,0 cm formarán parte de esta categoría.

### Figura 2.

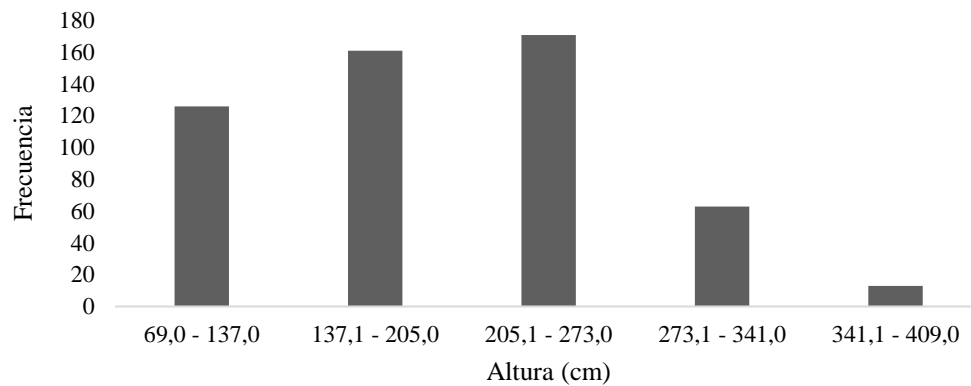
*Frecuencia de alturas para los individuos juveniles.*



En la clasificación asignada para la categoría de adultos, donde se encontraron 534 individuos, se tiene que el rango que presentó mayor abundancia fue en 205,1 a 273,0 cm con 375 individuos, mientras que el rango que presentó menor abundancia fue de 341,1 a 409,0 cm con 103 individuos del total de esta categoría (Figura 3).

### Figura 3.

*Frecuencia de alturas para los individuos adultos.*



Cabe resaltar que la clasificación adultos-juveniles, se realizó por alturas y no por estado reproductivo, debido a que estas dos variables no estaban correlacionadas para el establecimiento de las categorías. Según el estado reproductivo, 372 de los 575 individuos registraron inflorescencias o presencia de signos reproductivos dentro del rango de altura 69,0 - 409,0 cm, a diferencia de los 203 individuos restantes que no registraron ningún tipo de signos reproductivos (rango de altura de 12,0 - 222,1 cm).

Las parcelas uno y cinco presentaron el mayor DAP promedio con un valor de 4,06 cm, a diferencia de la cuarta parcela posicionada con el valor más bajo de 3,15 cm promedio para DAP. Respecto a la clasificación de DBR, la cuarta parcela nuevamente representa el lugar más bajo con un valor de 2,89 cm, mientras que la parcela dos presenta el valor más alto con 3,49 cm (Tabla 4).

**Tabla 4.**

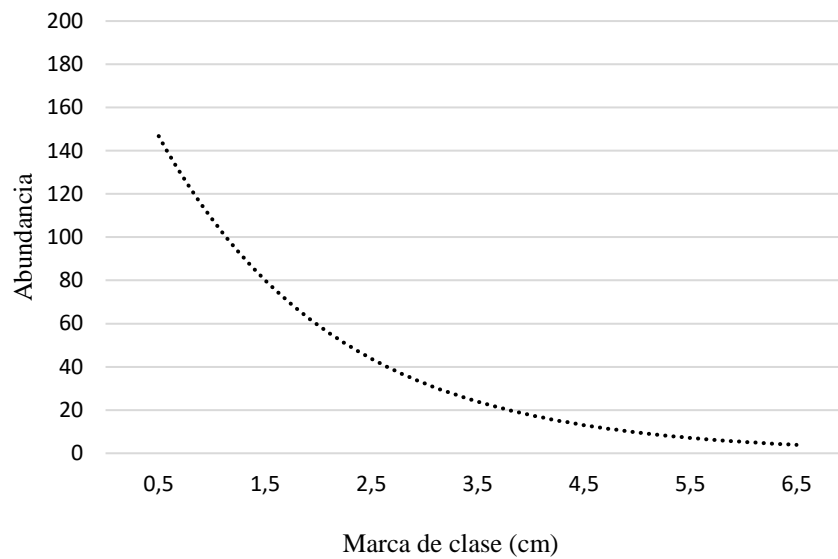
*Promedios DAP y DBR por parcela.*

Parcela	DAP (cm)	DBR (cm)
1	4,06 (1,0)	3,06 (1,4)
2	3,97 (1,0)	3,49 (1,7)
3	3,53 (0,9)	3,35 (1,1)
4	3,15 (0,8)	2,89 (1,3)
5	4,06 (0,9)	3,29 (1,3)
6	3,68 (1,4)	3,31 (1,5)
	3,74 (0,4)	3,23 (0,2)

Se observa una distribución normal de la curva de J invertida, mostrando que la mayoría de los individuos presentes en las seis parcelas se encuentran ubicados en las clases diamétricas de 0 a 1,5 cm, mientras que las clases diamétricas de 4,5 a 6,5 cm presentaron la abundancia de individuos más baja dentro de esta clasificación (Figura 4).

**Figura 4.**

*Histograma de frecuencias diamétricas de los individuos inventariados*

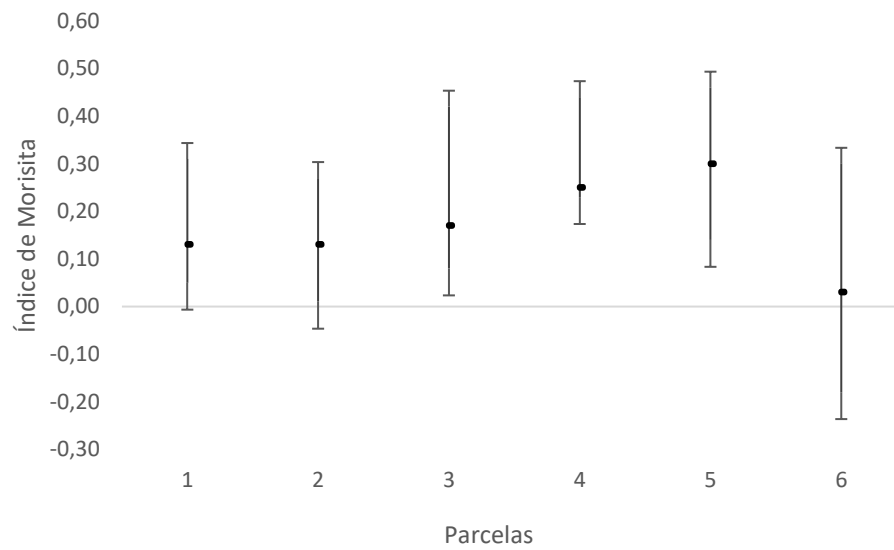


## 5.2 Distribución espacial

El índice estandarizado de Morisita aplicado en la población de *Espeletia* sp indica que esta especie presenta una distribución tipo gregaria. En la Figura 5, se presentan las parcelas distribuidas según los valores arrojados para el índice, con los respectivos límites de confianza que permiten evaluar el comportamiento de los patrones de distribución, donde el límite superior con mayor valor fue el de la parcela 5 con 0,46 y el límite inferior con menor valor fue el perteneciente a la parcela 6 con -0,18.

### Figura 5

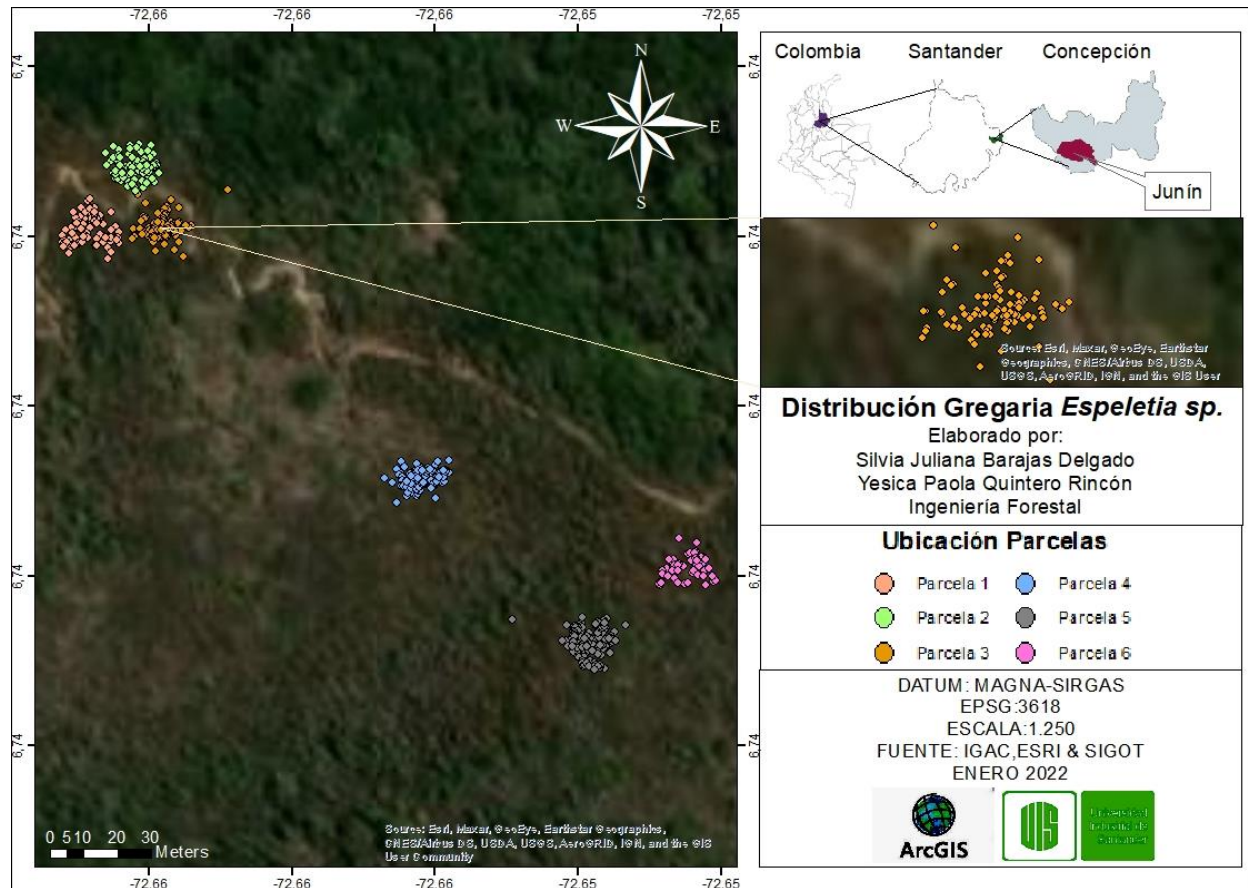
Distribución espacial según índice de Morisita



Se registró un aproximado de 96 individuos en un área de 250 m<sup>2</sup> como se muestra en el mapa de distribución espacial (Figura 6).

### Figura 6

Distribución espacial para *Espeletia sp.*



### 5.3 Rasgos funcionales

#### 5.3.1 Rasgos caulinares:

Para el estado fitosanitario del tallo, se encontró que 557 de los individuos (94,5%) se encontraban en estado bueno, mientras que el restante 5,5% presentaron signos de herbivoría o tallo quebrado. La quinta parcela fue la que presentó mayor afectación con cinco individuos (4%), en comparación con la cuarta parcela que presentó menor afectación con dos individuos (1,5%) (Tabla 5).

**Tabla 5***Estado fitosanitario del tallo.*

Parcela						
Estado Fitosanitario	1	2	3	4	5	6
Bueno	86	85	95	118	125	48
Regular	3	3	4	2	5	3
Malo	0	0	0	0	0	0

**5.3.2 Rasgos foliares:**

En la Tabla 6 se presentan algunas descripciones morfológicas para la especie *Espeletia* sp. Esta especie presenta hojas simples con inflorescencias compuestas y se encuentra principalmente en un hábitat de subpáramo.

**Tabla 6***Ficha técnica para la especie Espeletia sp.*

Variable	Descripción
Familia	Asteráceae
Nombre científico	<i>Espeletia</i> sp

Variable	Descripción
Nombre común	Frailejón
Hábitat	Subpáramo
Tipo de lámina	Simple
Forma	Elíptica
Ápice	Acuminado
Pecíolo	Peciolada
Borde	Sinuado
Distribución de la nervadura	Penninervia
Estructura de la inflorescencia	Compuesta
Organización de la ramilla	Dicasio

Según los datos obtenidos a partir del procesamiento de datos, se comprobó que las láminas foliares jóvenes presentaron mayor densidad de tricomas por  $\text{cm}^2$  tanto por el haz como por el envés, en comparación con las láminas adultas. Además, se determinó que el valor para el contenido de materia seca es de moderado a bajo, debido a que el resultado es menor al 50%; por otro lado, el área foliar es considerablemente alto, ya que las láminas foliares presentaron grandes valores de largo y ancho (Tabla 7).

### Tabla 7

*Densidad de tricomas, área foliar y materia seca.*

Variable	Unidad	Valor
Tricomas hojas jóvenes (Envés)	Número de estructuras/ $\text{cm}^2$	1728
Tricomas hojas jóvenes (Haz)		1152

Tricomas hojas adultas (Envés)		214
Tricomas hojas adultas (Haz)		44
Área foliar	cm <sup>2</sup>	145.368,75
Materia seca	g	0,37

En la Tabla 8, se presentan los datos obtenidos en laboratorio para los 20 individuos seleccionados mediante muestreo aleatorio simple, cabe destacar que la parcela cinco obtuvo el mayor porcentaje para peso verde con 263,3 g y peso seco con 99,6 g, la cual obtuvo el mayor número de muestras para el análisis con un total de cinco réplicas; en comparación con la parcela seis la cual obtuvo el mayor porcentaje para largo de la lámina con 54,2 cm y ancho con 14,4 cm la cual obtuvo el menor número de muestras con un total de una réplica.

**Tabla 8**

*Longitud y peso del material vegetal para rasgos foliares*

Parcela	Muestra	Largo (hoja verde)	Ancho (hoja verde)	Peso verde x parcela (g)	Peso verde (Promedio)	Peso seco x parcela (g)	Peso seco (Promedio)
1	1a	35,5	10,6	142,8	142,7	61,4	61,5
	1b	45,9	13,4	142,6		61,5	
	2a	38,2	12,2	142,7		61,5	
	2b	49,3	13,1				
	3a	37,5	11,4				
	3b	39,2	12,8				
2	1a	37,8	9,6	85,9	85,9	29,7	29,7

Parcela	Muestra	Largo (hoja verde)	Ancho (hoja verde)	Peso verde x parcela (g)	Peso verde (Promedio)	Peso seco x parcela (g)	Peso seco (Promedio)
	1b	46,4	12,4	85,9		29,7	
	2a	33,6	8	85,8		29,7	
	2b	30,2	6,8				
	3a	28,6	7,4				
	3b	27,1	6,4				
	4a	30,4	7				
	4b	30,3	7,6				
	1a	24,9	9,6	104,3	104,3	33,5	33,8
3	1b	27,3	5,2	104,3		34,0	
	2a	50,3	10,5	104,3		34,0	
	2b	56,5	16,6				
	1a	57,2	13,1	243,4	243,1	96,0	96,1
	1b	35,9	7,7	243,4		96,1	
	2a	23,9	5,6	242,5		96,1	
	2b	24,9	5,5				
4	3a	34,6	11,2				
	3b	31,8	9,1				
	4a	64,2	20,6				
	4b	60,6	14,2				
	5a	30,2	6,8				
	5b	29,9	7,2				

Parcela	Muestra	Largo (hoja verde)	Ancho (hoja verde)	Peso verde x parcela (g)	Peso verde (Promedio)	Peso seco x parcela (g)	Peso seco (Promedio)
5	1a	69,3	19,2	263,3	263,3	99,5	99,6
	1b	64,2	20,6	263,3		99,6	
	2a	34,3	8,8	263,2		99,6	
	2b	31,8	9,6				
	3a	25,4	7,2				
	3b	27,9	7,1				
	4a	29,2	8,7				
	4b	30,1	7,5				
	5a	44,4	13,6				
	5b	43,1	14,9				
6	1a	56,6	14,5	86,2	86,2	30,8	30,8
	1b	51,8	14,3	86,2		30,8	
				86,2		30,9	
					154,2 (79,6)		58,6 (32,5)

### 5.3.3 Rasgos florales:

En la Tabla 9, se observan los promedios tanto en número de capítulos como en longitud de las inflorescencias de todos los individuos muestreados con presencia de signos reproductivos, teniendo en cuenta que la parcela seis establecida a una mayor altitud presenta el mayor promedio

de número de capítulos por inflorescencia en comparación con la parcela uno la cual fue establecida a una menor altitud.

**[Tabla 9**

*Características florales para todos los individuos muestreados.*

Parcela	Promedio N° capítulos	Promedio longitud inflorescencia (cm)	Promedio altura total (cm)
1	25,5 (15,2)	102,5 (21,8)	241,2 (52,6)
2	35,3 (22,8)	94,9 (17,6)	223,7 (61,6)
3	26,7 (17,5)	96,8 (20,9)	226,0 (48,4)
4	38,7 (18,0)	100,3 (20,2)	225,7 (46,7)
5	33,6 (20,3)	100,6 (18,5)	249,3 (56,4)
6	39,6 (24,6)	96,1 (19,5)	206,2 (60,0)

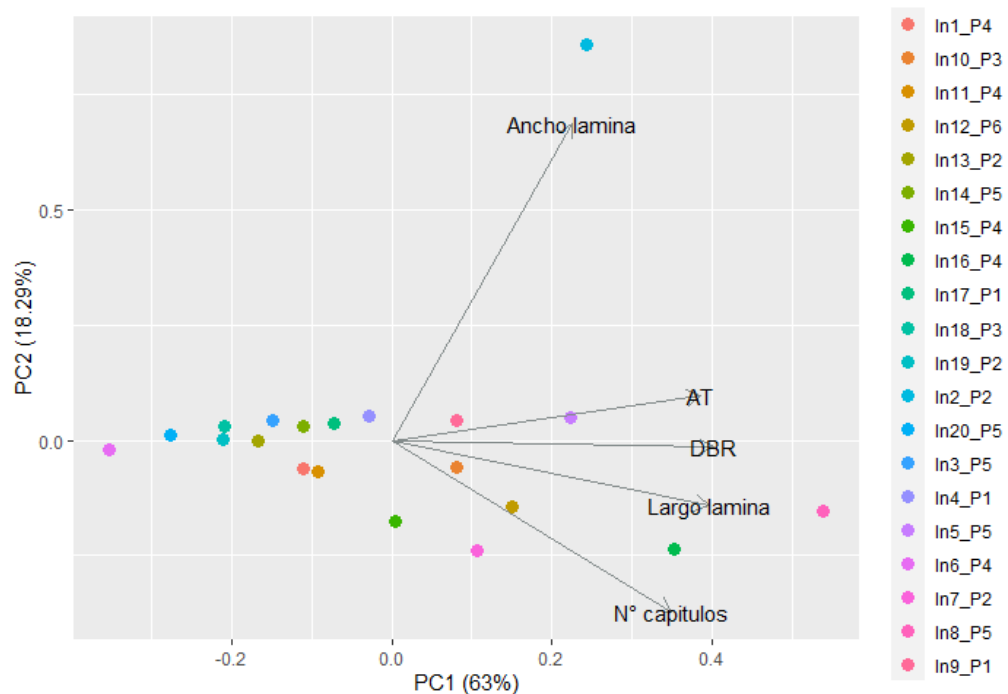
#### 5.3.4 Análisis de componentes principales (ACP)

En la Figura 7, se presentan los resultados del ACP, donde el componente principal 1 (PC1) explica el 63% de la varianza de los datos, mientras que, el componente principal 2 (PC2) explica el 18,29%. Con ello, se infiere que PC1 explica de mejor manera las variables altura total (AT), diámetro a la base de la roseta (DBR) y largo de lámina, que están muy relacionados entre sí. También, el PC2 explica con alta solvencia la variable ancho lámina. Se identificó que no hay una

relación considerable entre el ancho de lámina con las variables AT, DBR, largo de lámina y N° de capítulos. No se observa una tendencia de que parcela contiene los valores más altos en las variables mencionadas.

### Figura 7.

*Análisis de componentes principales.*



### 5.3.5 Correlaciones de Pearson

En la Tabla 10 se presentan los resultados de las correlaciones. Se identificó que hay una correlación alta entre las variables AT y DBR, con un valor de 0,74 (P-Value= 0,0001). También, se identificaron correlaciones moderadas entre las variables AT con largo de lámina y N° capítulos con valores de 0,61 (P-Value= 0,004) y 0,54 (P-Value=0,01), respectivamente.

**Tabla 10***Correlaciones de Pearson.*

<b>Variables</b>	<b>DBR</b>	<b>Largo lámina</b>	<b>Ancho lámina</b>	<b>N° capítulos</b>
AT	0,74 (P-Value= 0,0001)	0,61 (P-Value= 0,004)	0,42 (P-Value = 0,06)	0,54 (P- Value=0,01)

**5.3.6 Análisis de varianza**

Para determinar si existen diferencias significativas entre las variables altura total (AT), diámetro en la base de la roseta (DBR) y número de capítulos (NC) entre las parcelas, se realizó en primera instancia los supuestos de normalidad (Shapiro test) y homogeneidad de la varianza (Levene test), en los cuales se determinó que las variables AT y NC no cumplieron con el supuesto de normalidad, ya que presentaron P-values menores de 0,05. En contraste, la variable DBR obtuvo un P-value mayor a 0,05, por lo cual su distribución es normal. En cuanto a la homogeneidad de la varianza, se encontró que la variable NC presentó un P-value mayor al 0,05, con lo que determinó homogeneidad en la varianza. Para las variables AT y DBR, se calculó un P-value menor al 0,05 que estableció diferencias en la varianza. Con estos resultados, se determinó que las variables no son paramétricas, al no cumplir con los dos supuestos para determinar diferencias entre las parcelas se aplicó la prueba de Kruskal - Wallis, que comprobó que en las parcelas no hay diferencias entre las variables evaluadas, ya que se obtuvieron P-value mayores a 0,05 (Tabla 11).

**Tabla 11***Análisis de varianza entre las variables.*

<b>Supuestos</b>		
Variables	Shapiro test	Levene test
Altura total	P-value = 0,007939	P-value = 0,0438
Diámetro en la base de la roseta	P-value = 0,0941	P-value = 0,03518
Número de capítulos	P-value = 1,308e-15	P-value = 0,1429
<b>Diferencias significativas</b>		
Variables	Kruskal – Wallis	
Altura total	P-value = 0,4713	
Diámetro en la base de la roseta	P-value = 0,2702	
Número de capítulos	P-value = 0,1224	

## 6 Discusión

Se observó que la densidad de individuos juveniles es baja y la de plántulas es nula en comparación con la categoría de adultos; lo cual concuerda con estudios realizados en paramos por Estrada y Monasterio (1988) y Premauer (1999), los cuales manifiestan que se presenta mayor tasa de mortalidad para los individuos de las categorías juveniles y plántulas bajo condiciones sin

ningún disturbio antrópico registrado. A pesar de que la diferencia de altitud no es significativa, la cantidad de individuos registrados en cada unidad de muestreo presentaron valores entre 88 a 130 individuos por cada 250 m<sup>2</sup> a excepción de la parcela ubicada a mayor altitud con 51 individuos. Para esto se deben tener en cuenta los disturbios presentados en cada lugar (fuego y pastoreo), ya que estos pueden variar incluso en escalas espaciales pequeñas como lo afirma Hofstede (1995) el cual encontró que factores antrópicos como fuego y pastoreo afectan negativamente a los individuos juveniles y plántulas; sin embargo, se puede decir que esto también se puede presentar debido a la competencia y a factores ambientales como la temperaturas, además, puede afectar la estructura poblacional de la especie, ya que es de vital importancia la categoría de plántulas para seguir la dinámica del subpáramo en esta zona; por esto, se puede discernir que podría tener grandes complicaciones a nivel ecosistémico y ambiental en cuanto a la baja provisión de agua debido a la afectación de la sucesión ecológica de la especie, Kovar y Garnier (2001) manifiestan en estudios para *Espeletia* que a mayor altitud va disminuyendo la densidad de individuos, además de ser sensibles al disturbio (cultivos agrícolas, ganadería y minería) y al estado de sucesión del subpáramo.

Fagua y Bonilla (2005) en un estudio realizado con *Espeletia grandiflora* sugieren que los individuos con mayor altura invierten la energía en la función reproductiva disminuyendo así la tasa de crecimiento; en nuestro estudio se rechaza esta hipótesis, al no encontrar relación entre las variables de altura y estado reproductivo. Se registró que el individuo sin presencia de signos reproductivos con mayor altura fue de 222,0 cm y el individuo de menor altura con inflorescencia fue de 69,0 cm. Además, la población muestreada a una menor altitud tiene mayor altura y menos número de capítulos por inflorescencias en comparación con la parcela ubicada a una mayor altitud

que presentó menores alturas y mayor número de capítulos por inflorescencia. Lo anterior, puede deberse a las condiciones climáticas, la supervivencia y las características físicas de los micrositios que frecuentemente pueden cambiar en distancias cortas (Escoto y Bullock, 2002). Lo cual concuerda con un estudio realizado para *Espeletia grandiflora* donde se determinó que para esta especie es difícil determinar la edad con altura y estado reproductivo, ya que individuos con la misma altura podían estarse reproduciendo activamente o creciendo vegetativamente sin reproducirse; por lo que fue más factible agruparlos por tamaño de alturas (Fagua y Gonzales, 2006)

Según el índice estandarizado de Morisita muestra una distribución de forma gregaria en la especie *Espeletia* sp, se puede decir que este tipo de distribución es generada por el reclutamiento de las semillas, esto concuerda con un estudio realizado por Díazgranados (2013) el cual manifiesta que el género *Espeletia* no presenta un modo de dispersión de larga distancia, a corta distancia reduciendo las posibilidades a dispersión por gravedad, lo cual hace que la población quede limitada a ciertos lugares y de manera gregaria. Además, las semillas requieren de micrositios aptos que proporcionen nutrientes necesarios para su germinación, principalmente lugares abiertos, sin embargo, es de vital importancia que se sitúen cerca de los progenitores para su protección a la radiación solar, fuertes vientos y de las bajas temperaturas, ya que estas carecen de necromasa para mantener su propio equilibrio de temperatura. Este resultado coincide con otros estudios realizados por Cuatrecasas (1986), Benavides et al. (2007), donde concuerdan con la afirmación que el patrón de distribución del género *Espeletia* es fundamentalmente gregario y especializado para el frío.

En cuanto a los rasgos funcionales analizados en el presente estudio, se puede decir que no existen diferencias significativas en estas variables. Esto se evidencia con las correlaciones de Pearson y el análisis de varianza, ya que algunas de estas variables no cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad, por lo tanto, no se pudo realizar un modelo de regresión lineal. Por su parte, la poca variabilidad de los datos puede deberse a la baja plasticidad fenotípica de las especies, es decir, baja capacidad para adaptarse a los cambios climáticos (Trtikova et al., 2010). Contradictorio con estudios realizados por Perrin y Civil (1993) y Ashman (1994) los cuales encontraron que a mayor altitud algunas especies de *Espeletia* utilizan los recursos en el mantenimiento y crecimiento de la planta y no en la reproducción, además, pueden llegar a presentarse diferencias significativas a escalas espaciales amplias y realizar los estudios de los principales rasgos funcionales para llegar a determinar el cambio de la misma especie sometidas a diferentes ambientes.

Se encontró que las láminas jóvenes presentaron mayor densidad de tricomas tanto por el haz como por el envés, los cuales protegen la planta de los rayos solares, las bajas temperaturas, las sequías, los herbívoros y a la captura de agua; lo cual es corroborado con un estudio realizado por Dipp-Alvarez (2015) el cual manifiesta en un estudio realizado en especies con presencia de tricomas que aquellas que presentan menor densidad de tricomas son más susceptibles al ataque de herbívoros y afectaciones por los cambios climáticos extremos. También es posible contrastar el presente trabajo con un estudio realizado por Madriñán, et al., (2013) los cuales manifiestan que la pubescencia foliar es una alteración de la epidermis en respuesta a los diversos cambios del tiempo atmosférico, tales como alta radiación solar y variaciones extremas de la temperatura, las cuales pueden llegar a ser muy bajas en horas de la noche y muy altas en horas del día, además, se

producen en mayor proporción en las láminas jóvenes que en las láminas adultas. Esta alteración varía en longitud y densidad dependiendo el gradiente altitudinal, a mayor altitud mayor densidad de tricomas particularmente en las hojas jóvenes (Meinzer y Goldstein, 1985, Molina y Montenegro, 2008). En el presente estudio, se encontró que las láminas adultas presentan algunas manchas necróticas, clorosis y menor densidad de tricomas en comparación con las láminas jóvenes, esto concuerda con Buitrago et al. (2015) el cual explica que la pérdida de pubescencia foliar es una enfermedad que se presenta mayormente en láminas adultas y que a su vez conlleva a la formación de manchas necróticas y en algunos de los casos la deformación de las hojas.

## 7 Conclusiones

El presente trabajo constituye un aporte significativo para el género *Espeletia*, debido a que su área de ubicación carece de estudios concernientes a este tema.

Teniendo en cuenta la estructura poblacional se dice que puede llegar a verse afectada, ya que, al no encontrarse presencia de plántulas en el área de estudio, la sucesión y regeneración sería baja, ocasionando el declive de la población. Como consecuencia de posibles disturbios locales, efecto de competencia y micrositos no aptos para el desarrollo de la especie.

La especie *Espeletia* sp encontrada en el área de estudio presenta un patrón de distribución de forma gregario según las observaciones hechas en campo y corroborado con la aplicación del índice de Morisita, esto suele suceder en el género *Espeletia* por la forma de dispersión de la semilla, los microsítios aptos para la germinación y la protección que requieren los individuos en etapa de plántulas.

Según lo analizado, se encontró que los rasgos funcionales no registraron mayor variabilidad en los datos, esto puede deberse a que no se contaba con el mismo número de réplicas en todas las parcelas.

## 8 Recomendaciones

Aumentar el área de estudio con el fin de complementar la información y poder discernir si es una nueva especie del género *Espeletia*.

Realizar seguimiento o iniciar un estudio para identificar el tipo de predador que presenta esta especie, ya que se evidenciaron signos de herbivoría en el tallo de algunos individuos generalmente jóvenes.

Realizar estudios acerca de la germinación y propagación de la especie, ya que en el presente estudio no se encontró signo alguno de sucesión natural.

Aumentar el tamaño de la muestra ( $n$ ) para implementar un modelo de regresión lineal, que permita trabajar con estadística inferencial.

Tomar igual valor de  $n$ /parcela para observar diferencias significativas entre las mismas.

**Referencias Bibliográficas**

- Alcázar, C., y Ramírez, W. (2011). El uso de rasgos funcionales en flora como herramienta para establecer prioridades de conservación.
- Aranguren, D., Sánchez, H., y Ramírez, J. (2017). Sistema de información geográfico de alertas tempranas, para la identificación de áreas afectadas en el páramo del Almorzadero.
- Ashman, T. (1994). A dynamic perspective on the physiological cost of reproduction implants. *The American naturalist*.
- Balthazar, V., Vanacker, V., Molina, A. & Lambin, E. (2015). *Impacts of forest cover change on ecosystem services in high Andean mountains*. (48), pp. 63-75.
- Baptiste, B., y Ruggiero, M. (2012). El gran libro de los páramos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá D.C.
- Benavides, I., Burbano, D., Urbano, S., y Solarte, M. (2007). Efecto del gradiente altitudinal sobre aspectos autoecológicos de *Espeletia pycnophylla* ssp. *angelensis* Cuatrec. (asteraceae) en el páramo el infiernillo (Nariño-Colombia)
- Benavides, J.C. (2015). *The effect of drainage on organic matter accumulation and plant communities of high-altitude peatlands in the Colombian tropical Andes Mires and Peat*. (15), pp. 1-15.

- Buitrago, S., Ramos, C., y Vanegas, L. (2015). Pérdida de pubescencia foliar y sus efectos fisiológicos en *Espeletia paipana* (Asterales, Asteráceae), en el departamento de Boyacá-Colombia.
- Cabrera, M., y Ramírez, W. 2007. Densidad y distribución espacial de palmeras arborescentes en un bosque preandino - amazónico de Bolivia.
- Cabrera, M., y Ramírez, W. (2014). Restauración ecológica de los páramos de Colombia: transformación y herramientas para su conservación.
- CONDESAN. (2014). Avances en investigación para la conservación de los páramos andinos.
- Corponor. (2010). Páramos: Santurbán, almorzadero y DMI Berlín.
- Cuatrecasas, J. (1968). *Páramo Vegetation and its life Forms. Geocology of Mountainous Regions of Tropical America*. *Colloquium Geographicum* 9: 163-186.
- Cuatrecasas, J. (1986). Aportes a la Flora de Colombia-Estudios en Compuestas.
- Díazgranados, M., Navarrete, J., y Suarez, T. (2005). Páramos: Hidrosistemas Sensibles.
- Díazgranados, M. (2012) A nomenclátor for the frailejones (*Espeletiinae* Cuatrec., Asteraceae).
- Díazgranados, M. (2013). Aportes a la delimitación de los páramos desde el estudio de los frailejones.
- Díazgranados, M. (2015). Una mirada biológica a los páramos circundantes a la Sabana de Bogotá.
- Díazgranados, M. y Castellanos, C. (2017). Conversatorio sobre frailejones de Colombia: revisión del estado de conservación y amenaza.

- Dipp-Alvarez, M. (2015). Variación fenotípica en resistencia contra herbívoros y éxito reproductivo en cuatro poblaciones silvestres de chiltepín *Capsicum annum* var. *Glabriusculum*.
- EOT. (2020). Esquema de ordenamiento territorial.
- Estrada, C., y Monasterio, M. (1988). Ecología poblacional de una roseta gigante, *Espeletia spicata* del páramo desértico.
- Escoto, M., & Bullock, S. (2002). Long-term growth rates of cirio (*Fouquieria columnaris*), a giant succulent of the Sonoran Desert in Baja California
- Fagua, J., y Bonilla, A. (2005) Ecología de la polinización de *Espeletia Grandiflora* en el Parque Chingaza.
- Fagua, J., & Gonzales, V. (2006). Growth Rates, Reproductive Phenology, and Pollination Ecology of *Espeletia grandiflora* (Asteraceae), a Giant Andean Caulescent Rosette.
- FAO y PNUMA. (2020). El estado de los bosques del mundo 2020. Los bosques, la biodiversidad y las personas. Roma.
- Garavito, L. (2015). Los Páramos en Colombia, un ecosistema en riesgo. Barranquilla.
- García N, Calderón E, y Galeano G. (2005). Frailejones. Libro Rojo de Plantas de Colombia. Volumen 2: Palmas, frailejones y zamias.
- Gasper, A., Grittz, G., Russi, C., Schwartz, C., & Rodríguez, A. (2021). Expected impacts of climate change on tree ferns distribution and diversity patterns in subtropical Atlantic forest. *Perspectives in Ecology and Conservation*.

- Godoy, D., y Medina, H. (2019). Caracterización y clasificación de la cobertura del suelo del páramo mediante metodología de cuencas pareadas. Caso de estudio: Páramo de Berlín (Santander).
- Gómez, M. (2014). Identificación de los impactos ambientales generados por el cultivo de papa y sus efectos sobre la calidad del agua en el páramo de Guerrero.
- González, M., Huguet, C., & McIntyre, N. (2019). Assessment of potential contamination of páramo soil and downstream water supplies in a coal-mining region of Colombia.
- Gould, R., Bremer, L., Pascua, P., & Meza, K. (2020). Frontiers in Cultural Ecosystem Services: Toward Greater Equity and Justice in Ecosystem Services Research and Practice. *Bioscience*, (70), pp. 1093–1107.
- Groot, R., Wilson, M., & Boumans, R. (2002). *A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services*. *Ecological economics*, 41(3), 393-408.
- Guzmán, M. (2020). El uso de rasgos funcionales en flora como herramienta para establecer prioridades de conservación.
- Hammen, T. (2014). *De la destrucción a la conservación*. Bogotá.
- Hammen, T., y Cleef, A. (1983). *Datos Para La Historia De La Flora Andina*.
- Hammen, T., & Cleef, A (1986). *Development of the high Andean páramo flora and vegetation*. Vuillemier y M. Monasterio (eds). *High altitude tropical Biogeography*: 153-201 pp. *Oxford University Press*.

- Hammen, T. (1997). Páramos. En: M.E. Chaves y N. Arango. *Diversidad biológica. Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad de Colombia*. 1:10-37. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá.
- Hernández, C., Patiño, S., Plata, L., Domínguez, M., Daza, R., Oviedo, W., Buytaert, B., & Ochoa, F. (2021). Influence of land use on hydro-physical soil properties of Andean páramos and its effect on streamflow buffering.
- Hofstede, R., Serraga, P., y Mena, P. (2003). Los páramos del mundo.
- Hofstede, R. (1995). Effects of burning and grazing on a Colombian paramo ecosystem.
- Hormaza, L., Mora, C., Álvarez, R., & Alzate, F. (2015). Chemical composition and antibacterial activity against *Enterobacter cloacae* of essential oils from Asteraceae species growing in the Páramos of Colombia.
- IAvH, (2011). *El gran libro de los páramos*. Bogotá, D.C. pp 208.
- IAvH. (2007). Atlas de páramos de Colombia.
- Johnson, A., Cole, J., & Birdsey, R. (2016). *Decadal change of forest biomass carbon stocks and tree demography in the Delaware River Basin. Forest Ecology and Management*. (374), pp. 1-10.
- Jordano, P., Pulido, F., Arroyo, J., García, J., y García, P. (2008). Procesos de limitación demográfica. Colombia.
- Krebs, C. 1985. *Ecología: Estudio de la distribución y la abundancia*. Segunda edición. Editorial Harla, México. 753 p.

- Kovar, P., & Garnier, S. (2001). Effects of burning on *Espeletia pynophylla* stands in the páramo of Volcan Chiles, Ecuador a short-term case study.
- Lavorel, S., & Garnier, E. (2002). Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail.
- Lazo, P., Mosquera, G., & McDonnell, J. (2019). The role of vegetation, soils, and precipitation on water storage and hydrological services in Andean Páramo catchments.
- Madriñán, S., Cortés, A., & Richardson, J. (2013). *Páramo is the world's fastest evolving and coolest biodiversity hotspot*. *Frontiers In Genetics*, 4(192)
- Mahecha, G. (1997). Fundamentos y metodología para la identificación de plantas.
- Maldonado, C. (2005). Patrón de distribución espacial y dinámica poblacional de *Oncidium crista galli*, una especie de orquídea epífita de Chiapas. Oaxaca.
- Marín, C., y Parra, S. (2015). Bitácora de flora.
- Mavárez, J. (2019). A taxonomic revision of *Espeletia* (asteraceae) the Venezuelan radiation.
- Mavárez, J., & Becerra, M. (2020). Taxonomic novelties in páramo plants. *Espeletia ramosa* (Asteraceae), a new species from Colombia.
- MEA (2005). Millennium Ecosystem Assessment.
- Meinzer, F., & Goldstein, G. (1985). *Some Consequences of leaf pubescence in the Andean Giant rosette plant Espeletia timotensis*. *Ecology*, 66(2), 512-520.
- Minambiente. (2018). Delimitación Participativa del Páramo de Almorzadero.

- Minaya, V., Corzo, G., Romero, H., Kwast, J., Lantinga, E., Galárraga, R., & Mynett, A. (2016). *Altitudinal analysis of carbón stocks in the Antisana páramo, Ecuadorian Andes. Journal of Plant Ecology*, (9), pp. 553–563.
- Molina-Montenegro, M. (2008). *Variación de la pubescencia foliar en plantas y sus implicaciones funcionales a lo largo de gradientes altitudinales. Ecosistemas*, 17(1), 146-154.
- Montañez, R., Escudero, C., y Duque, A. (2011). Patrones de distribución espacial de especies arbóreas en bosques de alta montaña del departamento de Antioquia, Colombia. Medellín.
- Morales, M., Otero, J., Hammen, T., Torres, A., Cardena, C., Pedraza, C., Rodríguez, N., Franco, C., Betancourth, J., Olaya, E., Posada, E., y Cárdenas, L. (2007). Atlas de páramos de Colombia.
- Moreno, S. (2008). (Época aborige). Manual de Historia del Ecuador. Quito: Universidad Andina Simón Bolívar/Corporación Editora Nacional.
- Neri, A., Alves, G., Alves, J., Silva, L., & Trotter, I. (2017). *Soil and altitude drive diversity and functioning of Brazilian Páramos. Journal of Plant Ecology*, (10), pp. 771–779.
- Orduz, S. (2017). Rasgos funcionales fúngicos en relación con recuperación de incendios en bosque seco (Departamento del Huila).
- Ospina, D. (2009). Páramos de Colombia. Editorial comité Banco de Occidente.
- Pérez, F. (2019). Long-term growth rates of two caulescent rosette species, *CoEspeletia timotensis* (Cuatrec.) Cuatrec., and *Espeletia schultzei* Wedd., in an Andean páramo.

- Perrin, N., & Civil, R. (1993) Dynamic models of energy allocation and investment. Annual review of ecology and systematics.
- Prada, H., Avila, L., Sierra, R., Bernal, A., & Restrepo, S. (2009). Morphological and molecular characterization of the antagonistic interaction between the endophyte *Diaporthe* sp. isolated from frailejón (*Espeletia* sp.) and the plant pathogen *Phytophthora infestans*
- Premauer, J. (1999). Efecto de diferentes regímenes de disturbio por quema y pastoreo sobre la estructura horizontal y vertical de la vegetación de páramo, Parque Nacional Natural Chingaza.
- Rendón, N., y Terrazas, T. (2006). Indumento y tricomas en la caracterización de un grupo de nueve especies del género *Mortonioidendron* (Tiliaceae).
- Rojas, J., Varela, A., y Osher, K. (2018). Plan de conservación y manejo de las especies de frailejones presentes en el territorio CAR.
- Salinas, C., Fuentes, L., y Hernández, L. (2013). Caracterización de los lepidópteros fitófagos asociados a la herbívora de frailejones en la microcuenca de la quebrada Calostros del Parque Nacional Natural Chingaza
- Schmidberger J., & Ladd, P. (2020). *Geographic distribution and the reproductive and demographic ecology of two congeneric seeder and resprouter tree species Forest. Ecology and Management.* (475).
- Serna, C., y Cardona, P. (2017). Los páramos en el derecho ambiental Colombia a partir de la carta constitucional de 1.991.

Suárez, L. (2002). "Los páramos como paisajes culturales en el Ecuador."

Sylvester, S., Soreng, R., & Gilliespie, L. (2021). Resolving páramo *Poa* (Poaceae): morphometric and phylogenetic analysis of the 'Cucullata complex' of north-west South America.

Trtikova, M., Edwards, P., & Güsewell, S. (2010). *No adaptation to altitude in the invasive plant erigeron annuus in the Swiss Alps*. *Ecography*. 10

UPRA. (2018). Identificación general de la frontera agrícola en Colombia.



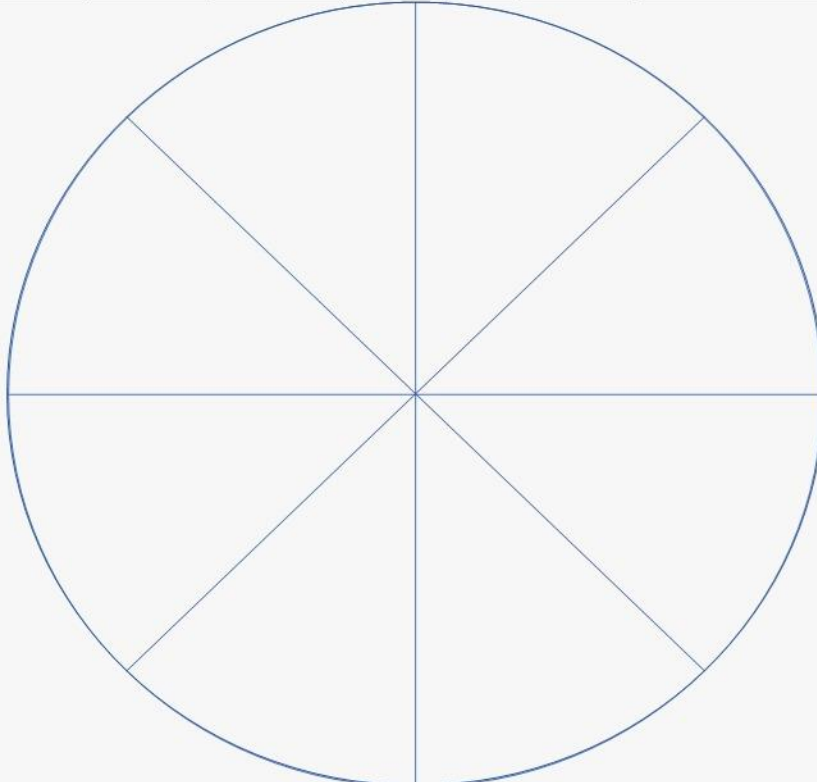
Valladares, F., Peñuelas, J., y Calabuig, E. (2006). Impactos sobre los ecosistemas terrestres.

Vallejo, M., y Galeano, G. (2009). *Cambios a corto plazo en los patrones de distribución espacial de nueve especies de plantas comunes en un bosque nublado al sur-occidente de Colombia*. *Caldasia*, 31(1), pp 77-98.

Weber, H. (1959). Los páramos de Costa Rica y su concatenación fitogeográfica con los Andes Suramericanos. ñ2

Zulays, C. (2019). Páramo de Santurbán: ubicación, importancia, flora, fauna y más.



	<b>INVENTARIO FORESTAL DE PARCELAS</b>				
Fecha:		N° de parcela:	Municipio:	Concepcion Santander	Formulario N° de
					

**Apéndice C.** Características de los individuos, observadas en campo

Especie en estudio	Hábitat de la especie
--------------------	-----------------------



Herbivoría en los individuos



Capítulos de la Inflorescencia



Plántulas observadas fuera del área de estudio



Presencia de exudado en los individuos



Manchas necroticas



**Apéndice D.** Registro fotográfico, actividades de laboratorio

Peso de muestras verdes	Extracción de las muestras secas
-------------------------	----------------------------------



Medición rasgos funcionales



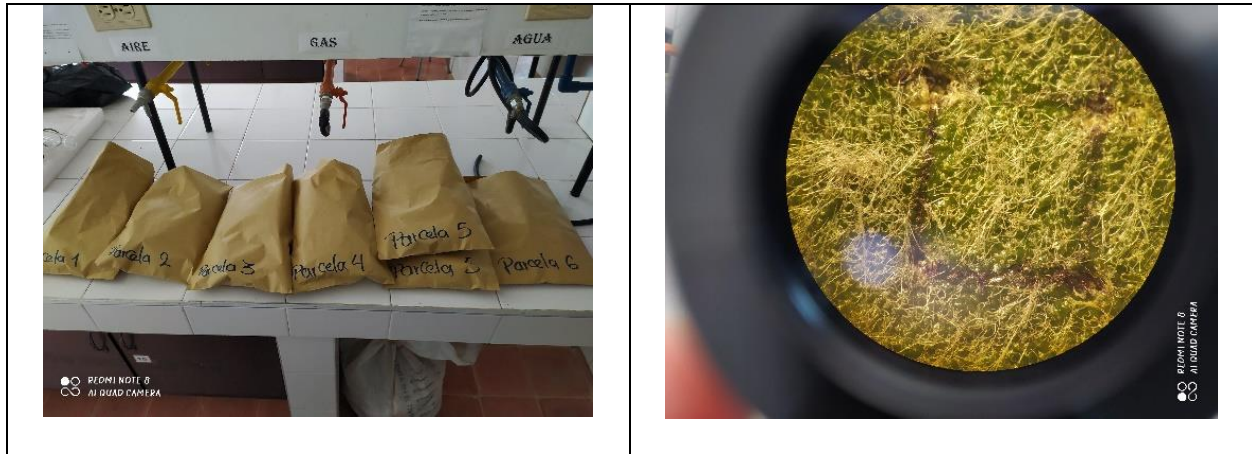
Peso de la muestras secas



Disposición de las muestras para horno



Cálculo densidad de tricomas



**Apéndice E. Registro fotográfico, actividades de campo**

<p>Establecimiento de parcelas</p>	<p>Señalización para ubicación de parcelas</p>
	
<p>Etiquetado de los individuos</p>	<p>Medición de alturas</p>



Medición de vara para DAP



Medición de diámetros



Recolección de muestras



Toma de coordenadas



Apunte de datos



Plaquetas para etiquetado



Revision de trabajo de campo



