

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA



**MORFOLOGÍA Y ANALISIS DE LA CALIDAD DE LA SEMILLA
FRAILEJÓN DE LA ESPECIE *Espeletia brassicoidea* Cuatrec.**

WILLIAM EDUARDO MONROY BELTRÁN

Programa Ingeniería Agronómica

25-NOVIEMBRE-2022

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA



**MORFOLOGÍA Y ANALISIS DE LA CALIDAD DE LA SEMILLA
FRAILEJÓN DE LA ESPECIE *Espeletia brassicoidea* Cuatrec.**

Trabajo de grado bajo la modalidad de investigación, presentado como requisito para optar el
título de Ingeniero Agrónomo

William Eduardo Monroy Beltrán

Dr: Paola Andrea Hormaza Martínez

Programa Ingeniería Agronómica

25-NOVIEMBRE DEL 2022

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primeramente a Dios a mi madre, a mi padre que está en el cielo y que espero que este feliz por este logro alcanzado, a mi hermana, padrastro, Abuela y tía paterna. Especialmente a mi hija Isabella ella es mi principal motivo para lograr este trabajo, mi pareja y suegros. Gracias a todas estas personas por la comprensión y cariño, por su apoyo moral y económico para lograr este objetivo

A mi querida Universidad por abrirme sus puertas llenas de conocimiento y formación.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradecemos a Dios por la sabiduría que nos dio para culminar con éxito nuestro estudio

Agradecimiento especial a mi madre y padrastro pues ellos son el pilar principal por el cual puedo culminar mis estudios profesionales.

A mi familia paterna principalmente a mi abuela Maria Isabel castillo, y a mi tía paterna Jhanet Monroy, gracias por ese apoyo emocional y económico para lograr culminar mis estudios

Agradecimientos a mi mujer Leidy tarifa y a sus padres por acompañarme en todo este proceso de formación profesional. Por su cariño y apoyo incondicional,

Agradecimiento muy especial a la docente Paola Hormaza. Gracias por ser mi guía y brindarme su conocimiento para la culminación de este trabajo por sus enseñanzas y aportes en mi vida profesional y personal.

| | | |
|----|--|----|
| 2. | Introducción..... | 11 |
| 3. | Planteamiento Del Problema | 14 |
| 4. | Justificación | 17 |
| 5. | Objetivos..... | 19 |
| | a. Objetivo general | 19 |
| | b. Objetivos específicos..... | 19 |
| 6. | Marco Teórico | 20 |
| | 6.1. Antecedentes..... | 20 |
| | 6.2. Bases Conceptuales | 23 |
| | 6.3. Marco Legal..... | 24 |
| | 6.4. Generalidades | 26 |
| | 6.5. Escala BBCH..... | 34 |
| | 6.6. Sustratos..... | 34 |
| 7. | Metodología..... | 36 |
| | 7.1. Localización y área de estudio en campo | 36 |
| | 7.2. Ubicación y Montaje del Vivero | 37 |
| | 7.3. Recolección del Material Vegetal..... | 39 |
| | 7.4. Desgranado De Semilla | 43 |
| | 7.5. Sustratos y Tratamientos en Campo | 44 |
| | 7.6. Pruebas en Laboratorio..... | 46 |
| | 7.7. Identificación Insecto Plaga..... | 48 |
| 8. | Resultados..... | 48 |
| | 8.1. Descripción Morfología “ <i>Espeletia brassicoidea</i> ” | 48 |

| | | |
|------|--|----|
| 8.2. | Caracterización Morfológica de la Semilla y Fruto..... | 51 |
| 8.3. | Escala BBCH “ Espeletia brassicoidea” | 55 |
| 8.4. | Fisiología | 58 |
| 8.5. | Plaga | 62 |
| 9. | DISCUSION..... | 66 |
| 10. | Conclusiones..... | 68 |
| | Bibliografías | 70 |

Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Distribución geográfica en Colombia del género “ <i>Espeletia brassicoidea</i> ” ... | 35 |
| Figura 2. Ubicación de la vereda, mostrando la posición del vivero..... | 36 |
| Figura 3. Selección de planta madre y recolección de capítulos florales | 39 |
| Figura 4. Elaboración del vivero para trabajo en campo..... | 41 |
| Figura 5. Características morfológicas de la planta de frailejón..... | 48 |
| Figura 6. Características morfológicas de los estados de los capítulos florales..... | 49 |
| Figura 7. Tonalidades externas del fruto y semilla por madurez fisiológico..... | 50 |
| Figura 8. Características morfológicas externas del fruto y semilla..... | 52 |
| Figura 9. Coloración de los estados fenológicos de maduración en escala BBCH..... | 55 |
| Figura 10. Identificación del insecto plaga..... | 60 |

Lista de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla. 1. Especies de frailejón en peligro crítico..... | 22 |
| Tabla.2. Clasificación Taxonómica | 24 |
| Tabla.3. Medidas de la morfología de semillas género “ <i>Espeletia</i> ” | 32 |
| Tabla .4. caracterización química de algunos sustratos | 42 |
| Tabla 5. Elaboración de tratamientos para evaluación en campo..... | 43 |
| Tabla 6. Clasificación taxonómica del insecto-plaga..... | 58 |

Resumen

Los páramos colombianos, considerados ecosistemas estratégicos y biodiversos que ofertan múltiples beneficios ambientales e hidrológicos, están amenazados por la reducción de su población vegetal. En particular, los frailejones son desplazados por cultivos o actividades agropecuarias. El género “*Espeletia*” es notablemente afectado por factores externos en sus condiciones reproductivas, baja germinación en campo, altos periodos de dormancia de semilla y su lento y frágil desarrollo. Para ayudar a disminuir las problemáticas que tiene este género en su desarrollo, es importante estudiar a profundidad esta especie de “*Espeletia brassicoidea*” ya que se encuentra en el libro rojo de especies de plantas en paramos en peligro de extinción, se plantea realizar la descripción morfológica de la planta, fruto y semilla, donde podamos visualizar e identificar su parte conociendo a profundidad esta especie. Estableciendo tres estados de maduración de los capítulos florales de esta especie, asimismo se establecen tres estados de maduración de frutos y semillas. Realizando pruebas fisiológicas en las semillas para determinar su vigorosidad. Realizando una escala BBCH en donde se logre establecer protocolos para la identificación de semillas con una madurez fisiológica adecuada para su germinación. Identificación del insecto plaga en las semillas de “*Espeletia brassicoidea*” daños causados en la estructura interna de la semilla, estos daños son otro factor por el cual esta especie tiene poco porcentaje de germinación. evaluando el comportamiento de las semillas en cuatro sustratos en c de tipo tradicional en campo y realizando pruebas de calidad y vigorosidad en laboratorio en dos tratamientos a temperatura controlada.

Summary

The Colombian páramos, considered strategic and biodiverse ecosystems that offer multiple environmental and hydrological benefits, are threatened by the reduction of their plant population. In particular, the frailejones are displaced by crops or agricultural activities. The genus "Espeletia" is notably affected by external factors in its reproductive conditions, low germination in the field, high periods of seed dormancy and its slow and fragile development. To help reduce the problems that this genus has in its development, it is important to study in depth this species of "Espeletia brassicoidea" since it is found in the red book of plant species in danger of extinction. morphology of the plant, fruit and seed, where we can visualize and identify their part knowing this species in depth. Establishing three states of maturation of the floral chapters of this species, likewise three states of maturation of fruits and seeds are established. Carrying out physiological tests on the seeds to determine their vigor. Carrying out a BBCH scale where it is possible to establish protocols for the identification of seeds with an adequate physiological maturity for their germination. Identification of the pest insect in the seeds of "Espeletia brassicoidea" damage caused to the internal structure of the seed, these damages are another factor for which this species has a low percentage of germination. evaluating the behavior of the seeds in four traditional c-type substrates in the field and carrying out quality and vigor tests in the laboratory in two treatments at controlled temperature.

2. Introducción

Colombia es una de las cinco naciones megadiversas del mundo. En su superficie continental de 114,17 millones de hectáreas, es decir, el 0,77 % del área terrestre del mundo, alberga aproximadamente el 10 % de las especies vegetales y animales conocidas (Valencia et al., 2010),

Los ecosistemas de páramo cuentan con la mayor altitud del mundo e irradiación solar del planeta Hofstede & Mena (2003). La delgada capa no tiene la capacidad de filtrar los rayos ultravioletas, a pesar de que el ecosistema de paramo presenta temperaturas bajas (Miño,2011) Se consideran únicos, en todo el continente Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú y Costa Rica cuentan con páramos tropicales ubicados casi todos en la cordillera de los Andes, salvo los de la Sierra Nevada de Santa Marta y los de Costa Rica (Hofstede et al., 2003; Morales et al., 2007; Buytaert et al., 2006). Además de la vegetación que los caracteriza, poseen condiciones climáticas, de suelos y de altitud que los diferencian y hacen de ellos conjuntos de condiciones ambientales singulares, en Colombia se encuentran 36 complejos de paramos, de ellos 31 están en resguardos indígenas (290 360 ha), 6 en territorios de comunidades negras (14 610 ha) y 2 con Zonas de Reserva Campesina (Hofstede et al., 2003; Morales et al., 2007; Buytaert et al., 2006).

En el año 2005 se publicó la primera evaluación del estado de amenaza de los frailejones en Colombia. En ese entonces solo se conocían 67 especies para el país. Desde entonces se han descrito 21 nuevas especies, se han realizado 2 nuevos reportes de especies solo conocidas para Venezuela, se han identificado varias localidades nuevas, se han llevado a cabo importantes cambios taxonómicos (García et al., 2005).

De las especies que habitan en los páramos, se reporta que se encuentran amenazadas aproximadamente 25 especies de frailejón del género "*Espeletia*" esta situación impone la necesidad de fortalecer la investigación orientada a la toma de decisiones frente a su conservación y manejo (Velasco,2018).

Los frailejones son importantes para la regulación del ciclo hidrológico, lo que hace que esta especie sea de interés ambiental. Estos, se caracterizan por su gran tamaño de las hojas, pueden captar y recoger el agua del rocío y los componentes abióticos característicos de páramo como bajas temperaturas y estructura del suelo retardan la evaporación del agua (Vargas,2016).

De igual importancia es su aporte de necromasa y oferta de hábitat para diversidad de insectos. Sin embargo, en varios páramos de Colombia, entre ellos el de Santurbán, las especies de frailejones se han visto fuertemente impactadas por la reducción de su población, debido a múltiples actividades antrópicas y a su vez la baja tasa reproductiva por limitantes naturales que restringen fuertemente su regeneración, a pesar de su importancia, sus poblaciones se están viendo afectadas principalmente hacia la extinción por actividades humanas (Avila et al., 2020). En este contexto, y con el fin de contribuir a su conservación, se plantea realizar una investigación generando protocolos donde se logre determinar los requerimientos eco-fisiológicos para inducir la germinación , buscando mejorar a futuro su porcentaje de germinación y vigor; y el establecimiento de plántulas normales y vigorosas en vivero, que serán llevadas a zonas de origen de las semillas colectadas de frailejón "*Espeletia brassicoidea*" "De acuerdo Lo anterior se busca identificar bajo manejo agronómicos de sustratos en condiciones de vivero establecidos en el municipio de Pamplona Norte de

Santander entre la vía nacional que conduce Pamplona – Chitagá, sobre todo teniendo en cuenta que esta especie se encuentra amenazada.

Trabajos realizados por Mancipe-Murillo (2020) muestran diferenciales en los porcentajes de germinación en algunas semillas tratadas y no tratadas con Ácido Giberélico; dependiendo de la especie se presentaron mayores germinaciones con las aplicaciones de la hormona GA_3 (*E. corymbosa* 48%) y en el tratamiento control (*E. killipii* 36.4%), sin diferencias significativas, lo que puede mostrar que puede o no tener dormancia fisiológica. Las pruebas de vigor y germinación estándar están diseñadas para evaluar parámetros de vigor como Índice de Velocidad de Emergencia (IVE), Test de frío y porcentaje de germinación, también se evaluó Velocidad de Emergencia y parámetros de rendimiento en los diferentes sustratos, en donde nos permitió conocer la calidad fisiológica de un lote de semillas, con la finalidad de identificar si existe una posible dormancia. No obstante, debido a que esta prueba se realiza bajo condiciones ideales para cada especie reportadas en la literatura, en la práctica ha demostrado sobreestimar el comportamiento de las semillas y, además, resulta deficiente para discriminar lotes de semillas en relación con la rapidez y uniformidad de germinación McDonald (1980). La definición de vigor es relativamente novedosa en comparación con la germinación. El vigor de la semilla es un parámetro muy importante puesto que permite identificar las diferencias entre la germinación y la emergencia en campo, principalmente cuando las condiciones del campo pueden ocasionar estrés.

3. Planteamiento Del Problema

¿Cuáles son las características morfológicas y la calidad fisiológica de las semillas de frailejón de la especie “*Espeletia brassicoidea*” obtenidas en las poblaciones del sitio la Lejía, sector paramuno de Santurbán, con mira a establecer en un futuro cercano su propagación??

El ser humano en el desarrollo de sus actividades, ha contribuido a una mayor probabilidad de extinción de especies, lo que se atribuye a causas como el cambio climático, el aumento en la demanda de recursos naturales, la ampliación de la frontera agrícola la contaminación industrial, la deforestación, la pérdida de la diversidad genética y erosión del suelo, ha venido perjudicando y afectando de manera negativa y considerable los recursos naturales Mendoza & Martínez (2011). Viéndose reflejado principalmente en disminución de especies nativas de Colombia como roble “*Quercus humboldtii*” (Ioseg), y el frailejón “*Espeletia conglomerata*” y su perdurabilidad en el planeta (Mendoza & Martínez 2011).

Las características morfológicas fisiológicas y fenológicas medibles en cada uno, muestran su importancia en el momento de medir aspectos relacionados con su desarrollo, la modulación del crecimiento, la supervivencia, el rendimiento reproductivo, influenciando los diferentes procesos ecológicos en un ambiente (Violle et al. 2007, Roscher et al. 2012). La determinación de los caracteres morfológicos de las semillas y su expresión desde la parte fenológica, pueden llegar a tener implicaciones ecológicas y sobre todo para la toma de decisiones y generación de políticas en el proceso de conservación ex situ de las especies (Romero-Saritama, J.M., Pérez Ruiz, C. 2016.), facilitando el entendimiento entre las relaciones entre las especies y su medio ambiente (Luck et al. 2012). Por ello, cada día el estudio de los rasgos morfológicos y fisiológicos funcionales se vuelve más importante en la ecología de las comunidades (Scholze 2006; Kröber et al. 2012). La determinación

morfológica básica, también puede dar luces acerca de los parámetros de manejo de las especies desde las semillas, permitiendo diferenciarlas entre recalcitrantes y ortodoxas y de esta forma generar relaciones de las semillas a la desecación, buscando conocer el comportamiento de conservación de las semillas, sino en optimizar todo el ciclo de conservación desde la colección hasta el almacenamiento de las semillas en los bancos de germoplasma y su posterior utilización.

Trabajos realizados en algunas especies del género *Espeletia*, evaluando la calidad fisiológica de su semilla, en diferentes pruebas realizadas en campo y laboratorio, demostraron la baja calidad fisiológica de las semillas del género “*Espeletia*” en pruebas comunes de germinación. demostrando que son notablemente afectadas por su poco porcentaje de germinación en campo que no supera el 10% posiblemente por efectos de dormancia en las semillas, sumado a esto, su lento desarrollo también es una limitante de esta especie como “*E.conglomerata*” ya que solo crece 1cm anual, sin embargo, existen géneros de *Espeletias* como “*E.hartwegiana*” en donde pueden llegar a crecer hasta 8cm anualmente.

Complementario a esto, la afectación de la calidad fisiológica de las semillas de la especie “*Espeletia*” por daños a su estructura interna por plagas del género díptera y lepidópteros.

En Colombia trabajos realizados en Cundinamarca por Mancipe-Murillo. (2020), en los páramos de Sumapaz, Guacheneque y El Tablazo, realizaron descripciones morfológicas de las semillas de algunas especies del género “*Espeletia*” evidenciando similitud. Realizando pruebas de la calidad fisiológica en lotes de semillas mediante su germinación. en diferentes tratamientos como prueba en tetrazolio, pruebas con estimulantes de crecimiento Ácido giberélico (GA3) y en otras temperaturas. mostraron que, aunque la calidad fisiológica de las

semillas de frailejón es bajas es posible su propagación, adaptación y crecimiento, como se evidencio en especies de frailejones como” *E. summapacis*” y “*E. killipii*”. Por otra parte, en Norte de Santander no se han diseñado trabajos que permitan conocer las características morfológicas y calidad fisiológicas de las semillas de frailejón, estableciendo estados de maduración de los frutos y semillas, con finalidades de seleccionar las semillas ideales para establecer planes de emergencia y propagación en vivero de las especies encontradas en los páramos Santurbán y Almorzadero, pues desarrollado de forma empírica en algunas de las zonas.

Actualmente en la región no se conocen estudios que permitan entender la calidad morfológica y fisiológica de las semillas de frailejón que establezcan la germinación en parámetros de propagación, como tampoco el desarrollo de las plántulas de las especies “*E.brassicoidea*” en vivero bajo las condiciones de la Lejía Norte de Santander por lo anterior es necesario desarrollar trabajos que permita visualizar los mejores estados fenológicos de maduración de fruto y semillas de la especie, según la escala BBCH para la colecta de semilla, identificando las características morfológicas de la especie para establecer las condiciones de emergencia y germinación de estas plántulas en vivero; con miras a establecer planes de reforestación ecológica en un futuro cercano.

4. Justificación

La propagación, germinación y desarrollo fisiológico del Frailejón “*E.Brassicoidea*” es fundamental por ser esta una especie de vital importancia en los ecosistemas de paramo ya que según la organización Wildlife Conservation Society (Sociedad de Conservación de la Vida Silvestre), esta planta atrapa la humedad y forma pequeñas gotas que, poco a poco, van escurriendo y anegando los suelos de los páramos. Por lo que los frailejones son de gran importancia para captar y entregar el recurso hídrico, siendo una especie de un ecosistema único ya que los encontramos en paramos, un ecosistema frío con promedio de temperaturas entre los 5|°C, húmedo, lluvioso y, en ocasiones, lleno de neblina, ubicado en la pirámide de pisos térmicos entre los glaciares y el bosque altoandino, sobre los 3.000 y los 3.800 metros de elevación. Es un territorio catalogado como el ecosistema de alta montaña más biodiverso del mundo. Sin embargo, es posible encontrar diferentes matorrales tropicales de altitud similares a los páramos en el mundo, solo es posible encontrar frailejones en los páramos de Venezuela, Colombia y en el norte de Ecuador, donde sus funciones no solo se basan en ser una planta de regulación hídrica, previniendo la erosión del suelo, mitigando la crisis climática, captura de carbono y regulando el proceso de calentamiento global,

Los frailejones son un elemento fundamental en el componente biológico de los páramos. En un páramo típico de Colombia en buen estado de conservación puede haber entre 2000 y 20 000 frailejones adultos por hectárea. Un frailejón de 5 o 6 metros de altura puede acumular entre 8 y 10 kg de biomasa aérea^{79,90}, representando entre el 20 y el 75 % de la biomasa total del páramo por metro cuadrado⁷⁹. Además, la productividad neta de biomasa sobre el suelo de los frailejones puede ser entre 2 y 4 veces más alta que la del resto de la vegetación del páramo Diazgranados & Castellanos-Castro (2021)

En el departamento Norte de Santander esta especie de frailejón ha sido poco estudiada, es de suma importancia conocer sus características para ayudar a conservar esta especie "*E.Brassicoidea*", ya que la mayoría de las especies del género *Espeletia* pueden tener un desarrollo lento donde la mayoría de las especies crecen (1cm anual), su semilla puede tener un tiempo de dormancia hasta de 8 meses (Pérez & Velasco, 2021), poca viabilidad de las semillas y afectación del desarrollo de los embriones por la presencia de insectos plaga del orden lepidóptero, díptera, Es necesario estudiar y conocer todas las características morfofisiológicas y fisiológicas de la especie a estudiar con la finalidad de adaptar los protocolos de germinación y de vigor de especies domesticadas o forestales a una especie poco manejada como son las *Espeletias*, y así mejorar los métodos actuales generalmente empíricos de propagación sexual del frailejón. Lo anterior, ya que son de suma importancia para la conservación de estos ecosistemas. el único proyecto del cual se tiene conocimiento es el desarrollado en la cordillera oriental de Colombia de origen sedimentario nevado del Cocuy, por lo que se hace necesario conocer procedimientos encaminados a desarrollar técnicas en vivero asociadas a la recolección de semillas, método de siembra, requerimiento de nutrientes, temperatura, altitud, humedad, orientación, simulación de ambientes, trasplantes y monitoreos de control de crecimiento y mortalidad, esencial en la preservación y conservación de este tipo de ecosistemas de las zonas altoandinas y de subparamo.

Esta investigación sobre la especie nativa de Frailejón "*Espeletia Brassicoidea* es un estudio con un aporte a la academia y la región nororiental de Colombia debido a que contribuye en una información que será fundamental para la toma de decisiones en la restauración de ecosistemas altoandinos.

5. Objetivos

a. Objetivo general

Conocer las características morfológicas y la calidad fisiológica de las semillas de frailejón (*Espeletia brassicoidea* Cuatrec.) desarrolladas en condiciones de laboratorio.

b. Objetivos específicos

- Determinar las características morfológicas de la semilla de frailejón en diferentes estados de maduración.
- Medir la calidad fisiológica en semillas de Frailejón con dos metodologías.
- Identificar el principal insecto plaga que afecta el desarrollo de la semilla.
- Evaluar el establecimiento de plántulas de frailejón en cuatro sustratos.

6. Marco Teórico

6.1. Antecedentes

Particularmente en las especies de frailejones se han desarrollado investigaciones sobre protocolos para su propagación a partir de las semillas o primordios, estableciendo múltiples métodos como la micropropagación in vitro de "*Espeletia paipana*" con la utilización de medios o sustratos como el basal Murashige y Skoog (MS) a diferentes concentraciones, también con macronutrientes y activadores de germinación, observando que en el enraizamiento de brotes de *E. paipana*, la presencia de auxinas en el medio es indispensable para estimular el desarrollo radical y que tanto el ácido naftalenacético (ANA) como el ácido indolbutírico (AIB), son efectivos para este proceso. Los resultados mostraron que el mayor porcentaje de embriones asépticos (66%) se obtuvo utilizando 1% de Ca (ClO)₂. El mayor porcentaje de embriones germinados (50%) se registró en medio basal MS/4 suplementado con 1 mg l⁻¹ de GA₃ y la mayor cantidad de embriones reactivos y de plántulas viables se obtuvo a 24 °C e iluminación continua. Los mejores resultados de proliferación de brotes se cuantificaron en MS con 0,5 mg l⁻¹ AIB + 0,05 mg l⁻¹ de ABA, mientras que el 85% de enraizamiento se logró en MS con 5 mg l⁻¹ de AIB. El mayor porcentaje de plántulas viables (65%) en invernadero se cuantificó utilizando una mezcla de capote y tierra, proporción 3:1. Así este estudio realizado establece el primer protocolo para propagación in vitro de *E. paipa* el cual permite la producción de plántulas a partir de embriones cigóticos en medio MS/4 suplementado con 1 mg l⁻¹ de giberelina (GA₃) (Borques et al. 2016).

Otro de los estudios se centró en otro género cercano, en la micropropagación de "*Espeletiopsis rabanalensis*" con un protocolo de micropropagación a partir de embriones desinfectados con Clorato de Calcio Ca (OCl)₂ al 4 %, cultivados en medio MS/4

suplementado con GA₃ y las plántulas obtenidas se multiplicaron en MS con AIB (0.5 mg/L) y BA (0.05 mg/L), evidenciando que el 80% de los brotes pueden producir raíces y un 75 % de plántulas fueron viables después de la etapa de endurecimiento y aclimatación. El sustrato más favorable al enraizamiento lo constituyó el mantillo, arena y tierra en proporciones 3:2, respetivamente, concluyendo que la mayoría de frailejones son especies amenazadas que requieren ayuda para su reproducción a través de la micropropagación, con el fin de multiplicarlas masivamente (Araque et al. 2016).

Por su parte Velasco (2018), realizó la caracterización de la biología reproductiva de la población de *Espeletia curialensis* var. *Exigua* a través de un seguimiento a la formación y maduración de capítulos en individuos de diferentes alturas y posteriormente ensayos de viabilidad y germinación, cuyos resultados permitieron inferir que la capacidad reproductiva de la variedad es realmente baja.

Raché y Pacheco (2009) habían planteado una investigación sobre la micropropagación de *Espeletiopsis muiska*, buscando desarrollar un protocolo para su propagación, utilizando el medio basal MS, donde se cultivaron embriones sexuales a diferentes concentraciones, hallando que MS es el medio más adecuado para la germinación de *E. muiska*.

Otras investigaciones incluyen el método en campo abierto, como la caracterización de microsítios (ambiente tanto aéreo como subterráneo que rodea a una planta que le permite la supervivencia y desarrollo) para el establecimiento de *E. uribei* y poder determinar si éstos están limitando el reclutamiento y regeneración de dicha especie de frailejón. Evaluaron diez variables bióticas y abióticas influyentes, mostrando que efectivamente, el establecimiento de

la especie está limitado por la disponibilidad de micrositios favorables (Gallego y Bonilla, 2016).

Mendoza y Martínez (2011) realizaron la investigación sobre la propagación, adaptación y crecimiento del frailejón *E. conglomerata* en vivero, aplicando una metodología que comprendió desde la consecución de las semillas, el uso de un sustrato obtenido de diferentes mezclas como suelo + cascarilla de arroz y material orgánico, hasta los registros de germinación y mortalidad de plántulas. Hallaron que el éxito de la propagación de la especie estudiada dependió en un alto grado de la selección de plantas madres, recolección y almacenamiento. En consecuencia, plantearon algunos criterios para seleccionar buenas semillas de *E. conglomerata* en campo.

Figuroa y Cárdenas (2015) investigaron los aspectos de la propagación sexual de *E. grandiflora* para generar una línea base de estudios que permitieran su conservación y restauración en zonas intervenidas. Estimaron que la oferta de aquenios es de 3.270 por planta con nueve ejes florales, cada uno con nueve capítulos y con 36.8 semillas en promedio. El mismo estudio reveló que en laboratorio, de 972 unidades puestas a germinar en condiciones de saturación, solo el 5,25% (51 semillas) alcanzaron este proceso, así mismo, de las 2.048 semillas, se registró la germinación de siete plántulas en el invernadero (0,34 %), mientras que Figuroa y Cárdenas (2015) investigaron los aspectos de la propagación sexual de *E. grandiflora* para generar una línea base de estudios que permitieran su conservación y restauración en zonas intervenidas. Estimaron que la oferta de aquenios es de 3.270 por planta con nueve ejes florales, cada uno con nueve capítulos y con 36.8 semillas en promedio. El mismo estudio reveló que en laboratorio, de 972 unidades puestas a germinar en condiciones de saturación, solo el 5.25% (51 semillas) alcanzaron este proceso, así mismo, de las 2.048

semillas, se registró la germinación de siete plántulas en el invernadero (0.34 %), mientras que las semillas bajo condiciones semicontroladas en el páramo no germinaron. También observaron en las plántulas la formación de sus primeras dos hojas en 14.81 días y a las 12 semanas se presentó una mortalidad del 82.35%.

6.2.Bases Conceptuales

La propagación de las especies vegetales en condiciones favorables ha permitido su existencia por varias generaciones, específicamente las de reproducción sexual, como es el caso de “*Espeletias*”, sin embargo, en condiciones de campo, las adversidades climáticas afectan notablemente su germinación y el crecimiento inicial de las plántulas. Igualmente, al ser esparcidas las semillas por el fruto, un alto porcentaje es interceptado por el follaje de la planta, impidiendo el contacto con el suelo, disminuyendo sensiblemente el número de semillas que dan origen a nuevos individuos. Lo anterior justifica la obtención de plántulas en vivero, para posteriormente establecerlas en un sitio definitivo, tal como sucede con distintas especies forestales (Mendoza & Martínez, 2011).

Una propagación exitosa de esta especie de frailejón en vivero, puede significar un incremento en el porcentaje de germinación, para lo cual se requieren una buena selección de las plantas madres, así como la colección, selección y siembra de semillas en medios de cultivo que aporten, además de un suministro constante de agua, a la nutrición en los estados iniciales de la plántula

Los frailejones son importantes para la regulación del ciclo hidrológico, lo que hace que esta especie sea importante para el interés ambiental. Se caracterizan por su gran tamaño de las hojas y que pueden captar y recoger el agua del rocío y los componentes abióticos

característicos de páramo como bajas temperaturas y estructura del suelo retardan la evaporación del agua (Vargas, 2016). Pese a su importancia, sus poblaciones se están viendo afectadas principalmente por actividades humanas. En este contexto, y con el fin de contribuir a su conservación, se plantea realizar una investigación generando protocolos de mejoramiento germinativos en su porcentaje y desarrollo vigoroso de plántulas de frailejón “ *Espeletia brassicoidea* “ bajo manejos agronómicos de mejoramiento de sustratos en condiciones de vivero en la vía nacional entre el municipio de Pamplona -Chitagá, Norte de Santander , sobre todo teniendo en cuenta que esta especie se encuentra amenazada de extinción (Avila et al., 2020).

6.3.Marco Legal

Existe un consenso en la sociedad colombiana sobre la importancia de los páramos y la necesidad de protegerlos. En efecto, estos ecosistemas suministran agua dulce a millones de personas, albergan biodiversidad estratégica endémica y tienen un papel fundamental en la lucha contra el cambio climático según el protocolo de Kioto en la Convención Marco de Naciones Unidas, aprobada en Colombia con la ley 629 del año 2000. La mitad de los páramos que se encuentran en Colombia abastecen el 70% del agua para los colombianos según los Objetivos del Milenio. Sin embargo, existen algunos desafíos como la implementación de la conservación de éstos ecosistemas estratégicos, la presión antrópica persistente y la capacidad de incidencia de la industria mineral (Cabrera & Hernández, 2010).

La Constitución Existe un consenso en la sociedad colombiana sobre la importancia de los páramos y la necesidad de protegerlos. En efecto, estos ecosistemas suministran agua dulce a millones de personas, albergan biodiversidad estratégica endémica y tienen un papel fundamental en la lucha contra el cambio climático según el protocolo de Kioto en la

Convención Marco de Naciones Unidas, aprobada en Colombia con la ley 629 del año 2000. La mitad de los páramos que se encuentran en Colombia abastecen el 70% del agua para los colombianos según los Objetivos del Milenio. Sin embargo, existen algunos desafíos como la implementación de la conservación de estos ecosistemas estratégicos, la presión antrópica persistente y la capacidad de incidencia de la industria mineral (Cabrera & Hernández, 2010).

El decreto 622 de 1977 reglamenta el Sistema Nacional de Parques Nacionales (MAVDT, 2010). La Corte Constitucional ha dicho que las zonas excluidas de minería no se limitan a los parques naturales (sentencia C-339 de 2.002) y la Ley del Plan Nacional de Desarrollo (1.450 de 2011) estipula que en los ecosistemas de páramos no se podrán adelantar actividades agropecuarias, ni de exploración o explotación de hidrocarburos y minerales, ni construcción de refinerías de hidrocarburos. La normatividad internacional vinculante para Colombia también es clara en la protección de los páramos. Los Convenios de Diversidad Biológica de Humedales de Importancia Internacional, Ramsar y de Cambio Climático de los que Colombia es parte, ofrecen argumentos importantes para la protección de los páramos. Para la delimitación de las áreas de páramos en el país, se encargó al Instituto Alexander Von Humboldt, convenio 022 suscrito en el año 2006 con el IDEAM y el IGAC

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2014-2018 “Todos por un nuevo país”, en el artículo 173, presenta una excepción a la prohibición de la explotación minera e hidrocarburos, concebida con anterioridad al 9 de febrero de 2010 para las actividades de minería, ó con anterioridad al 16 de junio de 2011 para la actividad de hidrocarburos que respectivamente podrán seguir ejecutándose hasta su terminación, situación que va en contra de la calidad de los recursos naturales (Name & Amín, 2015).

6.4.Generalidades

Los páramos son ecosistemas de alta montaña, de una gran biodiversidad que ofrecen múltiples beneficios ambientales e hidrológicos (Tintinago, 2019). Pero a su vez es un ecosistema frágil que se ha visto afectado por la actividad del hombre especialmente por la agricultura y la ganadería. Dentro las plantas representativas del ecosistema de páramos son los frailejones. Pertenecen al género “*Espeletia*”, dicha especie ocupa una gran variedad de hábitats en un amplio rango de distribución sobre las cordilleras de Colombia, Ecuador y Venezuela (Gaitán, 2018) que se caracteriza por adaptarse a ambientes extremos que brinda el ecosistema de páramo, cuyas condiciones edafoclimáticas se explican más adelante.

Curiosamente, solo hay frailejones en tres países del mundo: Colombia, Ecuador y Venezuela^{17,23}. En total se conocen 145 especies, de las cuales 90 se han reportado para Colombia, 68 para Venezuela y 1 para Ecuador. Solo 11 especies son compartidas entre Colombia y Venezuela, y una entre Colombia y Ecuador. La mayoría de las especies tienen distribuciones restringidas a uno o unos pocos complejos de páramos, exhibiendo un altísimo nivel de endemismo o distribución restringida.

- **Importancia de los Frailejones (*Espeletia*)**

Numerosas especies de fauna mantienen interacciones directas con los frailejones. Se han reportado más de 150 especies que se alimentan o habitan en estos, incluyendo arácnidos, insectos, moluscos, anfibios, reptiles, aves y mamíferos²⁶. En la necromasa (hojarasca seca a lo largo del tallo) de un solo individuo se han registrado hasta 80 especies de 36 grupos diferentes de artrópodos, mientras que las hojas y capitulescencias (inflorescencias) pueden albergar cerca de 50 especies¹⁰³. En un solo individuo de una especie de frailejón de Venezuela (*Coespeletia timotensis*), se extrajeron 130 000 artrópodos⁹⁰. Sus flores son

visitadas frecuentemente por insectos (escarabajos, abejas, avispas, moscas, mariposas, polillas, pulgones, etc.) y aves como colibríes (*Pterophanes cyanoptera*; *Oxygogon guerinii*) y semilleros (Fringillidae). Las yemas jóvenes de las hojas son consumidas por el ganado (vacas, caballos y mulas), y su tallo por roedores como el Borugo o la Paca de montaña (*Cuniculus taczanowskii*) Diazgranados M. & Castellanos-Castro C. 2021).

- **Especies de Frailejón en peligro**

90 especies de frailejones reportadas para el país, 85 fueron evaluadas y 5 se asignaron a la categoría Datos Deficientes. En total, 55 especies se encuentran en alguna categoría de amenaza: 15 En Peligro Crítico, 25 En Peligro y 15 Vulnerables; 5 están Casi Amenazadas y 22 son de Preocupación Menor (Diazgranados & Castellanos-Castro 2021).

Tabla 1.

Especies de frailejón en peligro crítico.

| Especie | Ubicación / Departamento |
|---|---------------------------------|
| <i>Coespeletia laxiflora</i> (Cuatrec) | Santander |
| <i>Espeletia azucarina</i> (Cuatrec) | Santander y Boyacá |
| <i>Espeletia cachaluensis</i> (Rodriguez-Cabeza) | Santander |
| <i>Espeletia dugandii</i> (Cuatrec) | Santander |
| <i>Espeletia mutabilis</i> (S.Diaz-Rodri-Cabezas) | Boyacá |
| <i>Espeletia miradorensis</i> (Cuatrec) | Cundinamarca |
| <i>Espeletia oswaldiana</i> (S.Diaz) | Boyacá |
| <i>Espeletia paipana</i> (S.Diaz-Pedraza) | Boyacá |
| <i>Espeletia cabrerensis</i> (Cuatrec) | Boyacá |

| | |
|--|--------------------|
| <i>Espeletia soroca</i> (S.Diaz-Rodri-Cabezas) | Boyacá |
| <i>Espeletia timoensis</i> (Cuatrec) | Boyacá |
| <i>Espeletia steyermarkii</i> (Cuatrec) | Norte de Santander |
| <i>Espeletiopsis betancurii</i> (S.Diaz-Rodri) | Boyacá |
| <i>Espeletiopsis caldasii</i> (Cuatrec) | Norte de Santander |
| <i>Espeletiopsis brassicoidea</i> (Cuactrec) | Norte de Santander |

- **Características del Ecosistema de “*Espeletia Sp*”**

Según Venegas (2011) la temperatura es un factor limitante entre las variables abióticas, las bajas temperaturas traen consigo la disminución de la tasa fotosintética y producción de biomasa. Los frailejones se adaptan entre 2900 y 4100 m.s.n.m. El género soporta bajas temperaturas mediante mecanismos como la acumulación de carbohidratos que evita el congelamiento, la forma en roseta y la acumulación de necromasa son características adaptativas para evitar el congelamiento (Liboria, 2015).

Los páramos colombianos se caracterizan por la humedad que se manifiesta por el rocío y en la mayoría se ha reportado humedad relativa media del 92% en la cual, en horas de la madrugada puede llegar al 100%. La humedad relativa tiende a incrementarse después del mediodía hasta hacerse constante desde la 4 pm y las 8 pm del otro día (Peña, 2017)

En la investigación el autor determinó las características espectrales en las hojas de *Espeletia schultzii*, evaluando la reflexión, absorción y transmisión, con relación solar en el intervalo de longitudes de onda de 400-700 nm. El estudio se realizó en la “La Aguada” en la Sierra Nevada de Mérida Venezuela, donde describió las características del lugar en la que se

encuentra a una altitud 3452 m.s.n.m. posteriormente estas longitudes de onda mencionadas anteriormente, tienen importancia en la eficiencia fotosintética que está impulsada principalmente por las clorofilas a y b, estas clorofilas son las principales responsables de la definición de la zona para la radiación fotosintéticamente activa (PAR), esta radiación fotosintéticamente activa muestra más pigmentos fotosintéticos, también conocido como pigmento antena, como carotenoides- caroteno, licopeno y luteína.

Rango fotosintético. 400- 520: fotosíntesis y crecimiento vegetal, 610- 720: fotosíntesis, crecimiento vegetal, floración, germinación

- **Características Morfológicas**

Debido a las difíciles condiciones ambientales de los páramos, las plantas adaptadas a este tipo de ecosistemas establecieron estrategias de adaptación y evolución en su morfología. Los frailejones presentan diferentes formas de crecimiento que van desde árboles ramificados que pueden sobrepasar los 8 metros de altura, hasta pequeñas rosetas sésiles, sin un tallo evidente y cuya altura no sobrepasa los 20 cm (Rivera, 2001).

Las características del género *Espeletia* sp, presentan un tallo grueso con hojas marcescentes (Figuroa & Cárdenas, 2015). Las hojas de *Espeletia* son cactáceas, son de las más abundantes en los ecosistemas de páramo, son menos engrosadas en las paredes y con menor lignificación, tienen láminas delgadas, bifacial, las estomas están situados sólo el envés foliar, cubierto por varios tipos de pelos, delimitados por nervios prominentes y densos (Vargas, 2016).

Su tallo con médulas esponjosas permite almacenar agua en las épocas más secas. El denso pelaje blanco, amarillo, plateado o dorado de sus hojas protege los tejidos de las bajas

temperaturas y de la intensa radiación solar. La disposición en roseta de las hojas mantiene el calor y permite captar la humedad de la atmósfera.

Las semillas son bastantes pesadas y la dispersión está restringida por la ausencia de estructuras especializadas y se han identificado que algunas de las especies son pioneras después de los disturbios y se desarrollan en ecotonos entre el alto bosque andino y en áreas de con paramización secundaria o páramos azonales (Velasco, 2018)

Se clasifican en la familia botánica Asteraceae, a la cual pertenecen además los girasoles, las margaritas y la lechuga; también es conocida como familia de las Compuestas, porque sus flores son realmente la unión de muchísimas flores diminutas. Dentro de esta familia, los frailejones forman un grupo (o subtribu) llamado *Espeletiinae*, que se suele clasificar en ocho géneros: *Carramboa*, *Coespeletia*, *Espeletia*, *Espeletiopsis*, *Libanothamnus*, *Paramiflos*, *Ruilopezia* y *Tamania*. De estos, el único que aún no se ha reportado en Colombia es *Carramboa*, el cual es exclusivo de Venezuela. Recientes estudios basados en evidencia molecular proponen una reclasificación, puesto que muchos de estos géneros se componen de especies no emparentadas. Por lo pronto, se han identificado dos grandes clados o grupos: uno con especies principalmente venezolanas y otro con especies primordialmente colombianas (Diazgranados & Castellanos-Castro 2021)

Tabla 2.

Clasificación Taxonómica

El conjunto de datos contiene 2.900 registros para 7 géneros y 88 especies de la Subtribu Espeletiina

| | |
|---------|------------------|
| Familia | Asteraceae |
| orden | Asterales |
| clase | Magnoliopsida |
| genero | <i>Espeletia</i> |

La clasificación genérica está basada en Cuatrecasas (1976, 2013), y la nomenclatura de especies en el Nomenclator de frailejones (Diazgranados 2012), cuya taxonomía se encuentra implementada en "The Plant List" (<http://www.theplantlist.org/>).

- **Comportamiento Fisiológico.**

En casi todas las especies de *Espeletia* muestran un periodo anual de floración (Sturm, 1990). La floración se produce en la época húmeda y la transición entre la época lluviosa y la seca. La dispersión del fruto inicia en periodos de lluvia y continua en época de sequía y la germinación se inicia al empezar la época lluviosa (Sánchez, 2004).

El género *Espeletia* ha desarrollado mecanismos de resistencia para evitar el enfriamiento y utiliza el sobre enfriamiento para evitar que las hojas se congelen (Rada, Goldstein, Aura, & Torres, 1987).

Los tricomas en las hojas de *Espeletia spp.* Tienen ondulaciones que reducen la transpiración, además aumentan la temperatura en 5°C con el fin de proteger la planta de la radiación ultravioleta. (Cárdenas, Tobón, Barret, & del Valle, 2017)

El género *Espeletia* requiere grandes cantidades de agua en los tejidos no leñosos como lo es el tallo, hojas y raíces donde se puede comprender entre el 70 y 95 % de la biomasa (Cárdenas, Tobón, Barret, & del Valle, 2017)

- **Ciclo Reproductivo**

El ciclo reproductivo del género *Espeletia* es la germinación que inicia en periodos de alta precipitación. Pero en los ecosistemas de alta montaña son bajas las tasas de germinación en las especies que habitan en estas zonas, se debe a las condiciones ambientales que retardan la velocidad de las semillas del proceso germinativo (Velasco, 2018) citado de (Guariguata & Azocar, 1988).

Se reproduce de forma cruzada, es auto compatible y no existe autopolinización, la floración se presenta en la época seca para favorecer la acción de los polinizadores, con una alta producción de semillas viables (Figueroa & Cárdenas, 2015)

En la afirmación de (García, Díaz, & Castañeda, 2015) la propagación de *Espeletia grandiflora* durante la fase de emergencia y post emergencia se presenta una mayor pérdida de material propagado debido a la susceptibilidad al ataque de patógenos como *Fusarium*, *Phytophthora* y *Pytium*, y por factores ambientales como alta humedad, temperatura, el tipo de sustrato que presenta poca porosidad y un mal drenaje del agua del riego que forman una mezcla favorable para el desarrollo del inóculo, dando como origen la pudrición de la raíz, provocando marchitez y ahogamiento de las plántulas.

- **Semilla y fases de recolección material.**

Las semillas que se utilizan para propagación deben originarse de una planta madre de buena calidad y es indispensable una excelente selección para obtener el material biológico y realizar la propagación (Rodríguez, Vergara, Ramos, & Sainz, s.f).

Las semillas están fisiológicamente maduras cuando contienen el material necesario para germinar, las semillas deben recolectarse antes que se dispersen y es importante conocer

cómo y cuándo ocurre (Vivero Forestal, s.f). La época de cosecha de semillas puede variar en relación con las condiciones ambientales y dentro de la procedencia o distribución geográfica de una especie (Vivero Forestal, s.f).

La fenología de la flor para la colecta de semilla de *Espeletia grandiflora* en la investigación de (Sánchez, Guevara, Ceballes, & Suárez, 2020) establecieron tres estados de maduración de las cabezuelas o capítulo. Estado I (Cabezuelas con brácteas, pedúnculos con pelos amarillos y pétalos comenzando a marchitarse; Estado II (Cabezuelas con brácteas, pedúnculos con pelos amarillos y pétalos totalmente marchitos); Estado III (Cabezuelas con brácteas, pedúnculos sin pelos y de color marrón).

La metodología que establecieron (Mendoza & Martínez, 2011) para la cosecha de semillas en *Espeletia conglomerata* contemplaron la altura promedio de las plantas entre 60 y 80 cm. Es característica de las plantas maduras.

- **Germinación y Dormancia**

Las variables más importantes en la germinación y la dormancia son la luz y la temperatura y en general las plantas de páramo tienen un grado de dormancia. Se hace necesario analizar las condiciones del hábitat natural y la característica de la semilla que permita seleccionar tratamientos, una semilla con dormancia que se siembre puede durar entre cinco a ocho meses en proceso de germinación y mientras con un tratamiento el tiempo se puede reducir a dos meses. Es común en la familia Asteraceae se presenta la dormancia fisiológica y se caracteriza porque los embriones necesitan señales ambientales para germinar (Pérez & Velasco, , 2021, págs. 57,58).

6.5.Escala BBCH

la escala BBCH, que es un sistema para la codificación uniforme e identificación fenológica de estadios de crecimiento para todas las especies de plantas mono y dicotiledóneas. Se usa un código decimal que se divide básicamente entre los estadios de crecimiento principales y secundarios de las plantas, describiendo el proceso de desarrollo de las mismas. Esta codificación es el resultado de un grupo de trabajo conformado por: El Centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura de Alemania (BBA), el Instituto Federal de Variedades, Alemania (BSA), la Asociación Alemana de Agroquímicos (IVA), el Instituto para Horticultura y Floricultura en Grossbeeren/Erfurt, Alemania (IGZ) y la colaboración de científicos de otras instituciones. (Hack et al., 199)

6.6.Sustratos

Sustrato se entiende el medio que soporta a la planta y que por su estructura le proporciona un ambiente favorable de humedad, aireación, temperatura, estabilidad e intercambios de nutrientes con la fase solución. Sin embargo, en el caso de la propagación asistida, para la germinación, el sustrato puede estar compuesto por combinaciones de diversos materiales de uso común (tradicional) como tierra, mantillo, compost, lombricompost, turba, arena, entre otros. Lógicamente, la diversidad de combinaciones está asociada a las propiedades físicas, químicas y biológicas del sustrato resultante (García, 2014). De esta riqueza de posibilidades y de la notable respuesta a estímulos por parte de las semillas, se deriva el hecho de que estas constituyen un material ideal para la investigación científica (Jara, 1996).

- **Sustrato de coco**

Las virutas de fibra de coco (trozos) ofrecen propiedades únicas al usarse en medios de crecimiento, ya que retienen el agua dentro de la partícula, pero también brindan aireación, movimiento de agua y estabilidad dimensional en el medio de crecimiento. PRO-MIX HPCC es hechos con trozos de fibra de coco y estos productos son apropiados para cultivos en macetas, tanto para flores como follaje, plantas perennes y algunos cultivos de vivero.

- **Compost**

Este material resulta de un proceso donde los residuos orgánicos se descomponen mediante una oxidación bioquímica, bajo condiciones controladas que facilitan el trabajo a los microorganismos, generando dióxido de carbono (CO₂), agua (H₂O), energía calórica y materia orgánica estabilizada (compost), entre otros Varnero et al.,(2007)

El producto final es un compost que contribuye al mejoramiento de las propiedades físicas, en particular la estructura, porosidad, retención de humedad, drenaje, densidad aparente, entre otras, (Piriene et al., 2010) y las biológicas al aumentar las condiciones de vida para gran variedad de microorganismos como bacterias, hongos, actinomicetos, algas, protozoos y otros que generan vitaminas, hormonas, sustancias mucilaginosas, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y también una buena provisión de nutrientes disponibles como nitrógeno, fósforo, potasio, y quelatos de Hierro, Cobre, Zinc, Molibdeno, boro entre otros, favoreciendo la formación de agregados del suelo, el crecimiento y desarrollo de las plantas (Chilón, 2013).

- **Turba**

Las turbas se forman por acumulación de gran cantidad de restos orgánicos parcialmente descompuestos a consecuencia de la presencia de un medio saturado de agua, 10

que origina condiciones de anaerobiosis que retardan considerablemente la descomposición de los restos vegetales, que de esta manera se acumulan llegando a formar capas de gran espesor. Son suelos orgánicos pertenecientes a la orden de los histosoles (SOIL TAXONOMY, 1975).

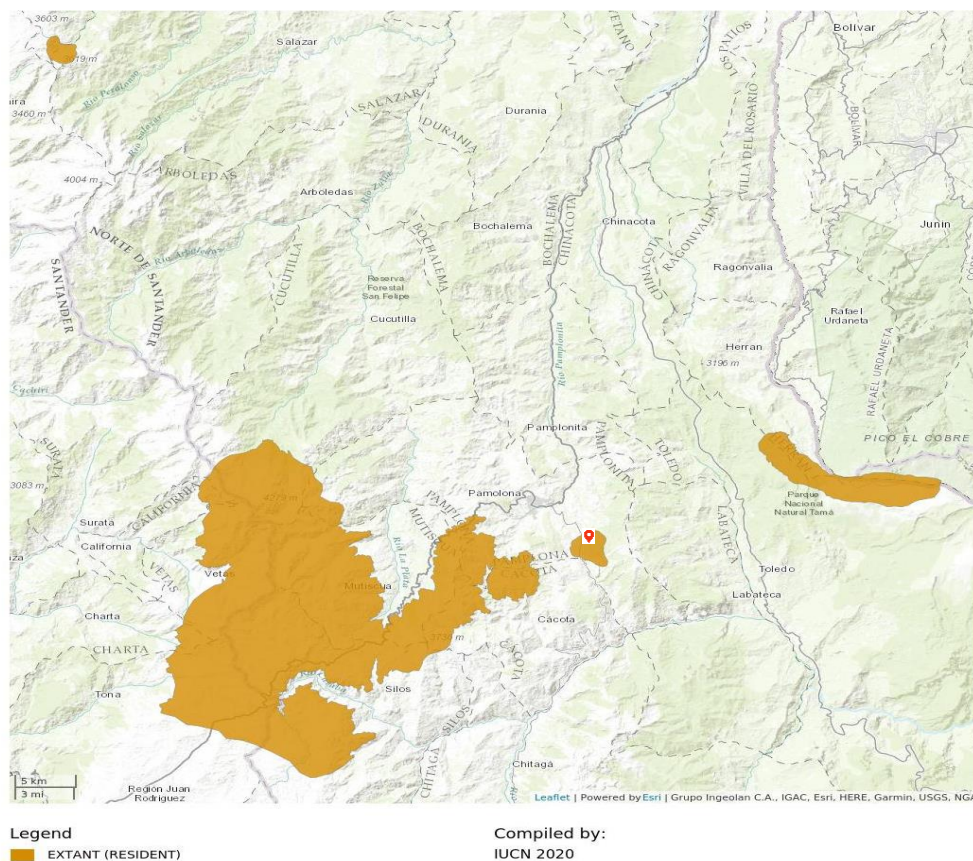
7. Metodología

7.1. Localización y Área de Estudio en Campo

El trabajo se realizó en la Lejía, sector paramuno ubicado a 9 Kilómetros del municipio de Pamplona (Norte de Santander) con temperaturas máximas 18-20°C mínimas 6-4°C, una altitud que no supera los 2700 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m). La zona se encuentra ubicada en las coordenadas 7°20'53''N-72°36'52''W, las cuales fueron tomadas de Google Earth para mayor exactitud del punto de partida ubicado en Pamplona hasta la Lejía. Este lugar se encuentra reportando entre los lugares en donde se ubica la especie de Frailejon "*Espeletia brassicoidea*" en Colombia (Figura 1)

Figura 1

Distribución Geográfica en Colombia de la especie “*Espeletia brassicoidea*”



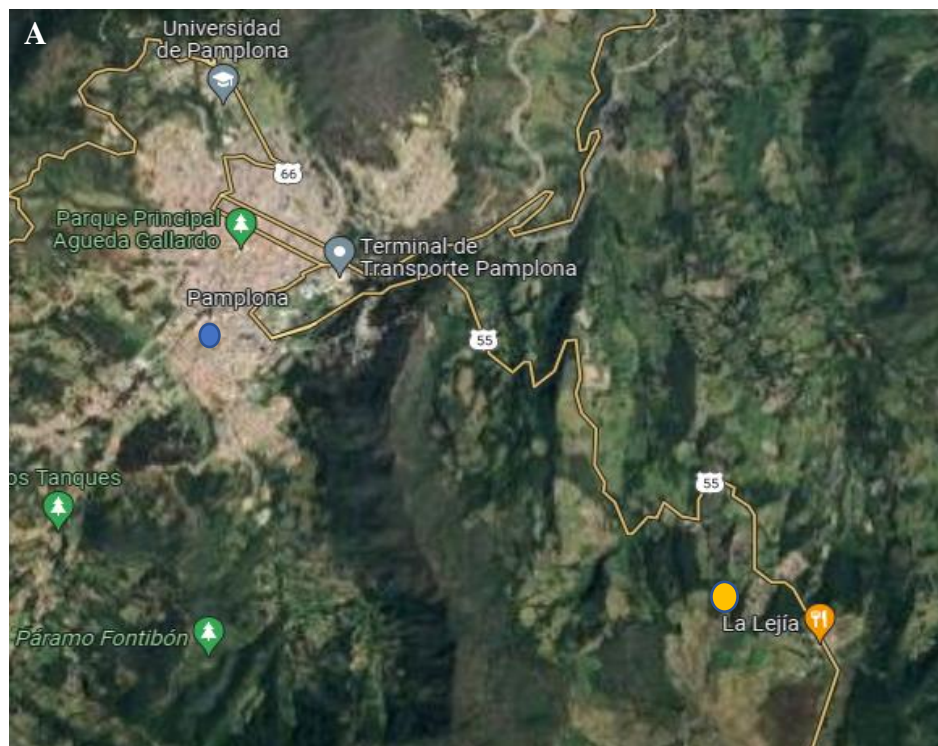
Frailejón Arrepollado evaluado por: Diazgranados, M.

7.2. Ubicación y Construcción del Vivero

La localización del vivero para esta investigación se encuentra en la vía nacional que conduce a los municipios de Pamplona – Chitagá (Norte de Santander Colombia), partiendo del municipio de Pamplona en el km 7, se encuentra la Lejía en este sector ubicado en las coordenadas 7°21'05 N-72°36'53W, con una altitud de 2655 m.s.n.m en donde se realizó el montaje del vivero y la recolección de semilla para realizar las pruebas en campo y laboratorio. El vivero se ubica a 280 m., de la carretera principal (Figura 2A), en un terreno inclinado; la zona de colecta de semilla (Figura 2B) se encuentran los frailejones y alrededor se observan cultivos de papa, zanahoria, flores y ganadería.

Figura 2

Ubicación de la Lejía, mostrando la posición del vivero y de la zona de colecta.



Ubicación espacial del vivero y la zona de colecta. A. mapa de localización los puntos amarillos y azul muestran la ubicación del vivero y de la ciudad de Pamplona respectivamente

<https://www.google.com/maps/@7.3619756,-72.6446776,9822m/data=!3m1!1e3?hl=es>; B. Páramo de la lejía la flecha señala los frailejones, la cabeza de flecha blanca y naranja muestran la ganadería y los cultivos de papa respectivamente

7.3.Recolección del Material Vegetal

La recolección de las semillas del género “*Espeletia*” se realizó en la finca del señor Mauricio en donde a unos metros del borde de carretera podemos observar los frailejones “*Espeletia brassicoidea*” en donde se tomaron protocolos establecidos por trabajos realizados por (Sánchez, Guevara, Ceballes, & Suárez, 2020) en el siguiente párrafo se indicarán las características fisiológicas aceptables de planta madre como, flor, garantizando la correcta recolección de semillas.

Para la recolección de capítulos florales se seleccionaron plantas madres con las siguientes características fisiológicas aceptables para la extracción de semillas

- Se seleccionaron plantas que tuvieran una altura promedio entre 60 y 80 centímetros de altura, características de plantas maduras
- se observaron que las plantas seleccionadas estuvieran libres de plagas y enfermedades
- plantas con alta incidencia de capítulos florales

se realizaron recolectas en diferentes meses del año ya que no se conoce el tiempo ideal de maduración de los capítulos florales,

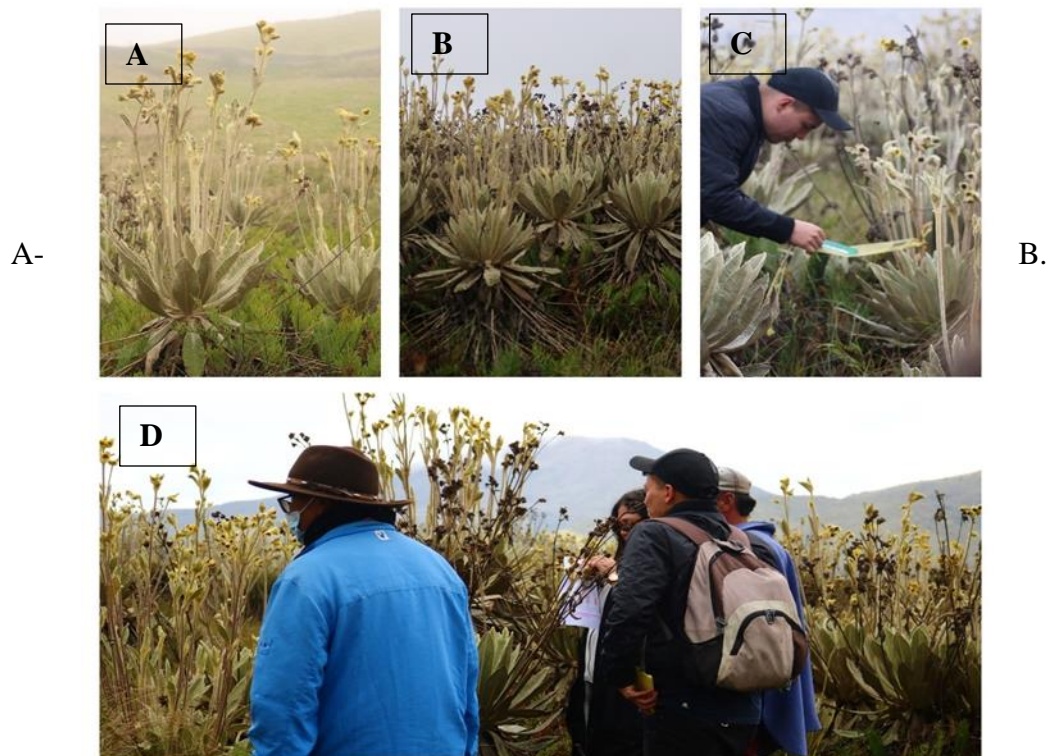
Capítulos florales se recolectaron tomando como base la descripción de la flor en la investigación de (Sánchez, Guevara, Ceballes, & Suárez, 2020) en donde se establecen tres estados de maduración de las cabezuelas o capítulos, esta primera recolecta se realizó en los estados de maduración de los capítulos II y III. Estado II (Cabezuelas con brácteas,

pedúnculos con pelos amarillos y pétalos totalmente marchitos); Estado III (Cabezuelas con brácteas, pedúnculos sin pelos y de color marrón.

Se realizaron 4 colectas en la zona de estudio (Figura 2), la primera colecta de semillas de "*Espeletia brasicoidea*" se llevó a cabo el 23 de junio del 2022, seleccionando 12 plantas de frailejón con características fisiológicas recomendadas por (Sánchez, Guevara, Ceballes, & Suárez, 2020) .Éstas se marcaron con una cinta amarilla, se identificaron con lámina plástica para enumerar los frailejones y marcarlos con sus respectivas coordenadas GPS, los capítulos florales fueron colectados de forma manual para transportarlos en bolsas plásticas sellopack de 8x15 cm para su posterior análisis (Figura 3)

Figura 3

Selección de planta madre y recolección de capítulos florales



Selección de plantas madres de la especie “*Espeletia brassicoidea*” para la recolección de capítulos florales; C. marcación y enumeración de las plantas; D. recolección de los capítulos florales.

La segunda recolección de capítulos florales de “*espeletia brassicoidea*” se lleva a cabo el 19 de septiembre del 2022, efectuando el mismo procedimiento de la primera recolección de capítulos florales para la extracción de semillas, la selección de las plantas frailejón para la recolección de sus capítulos se realiza en un área más dispersa diferencia de la primera recolecta, ya que se observó un menor número de capítulos florales por planta, para garantizar que los estados fisiológicos de las plantas y florales sean los adecuados y con ello no desperdiciar material vegetal. se recolectaron los capítulos en 4 bolsas sellopack de 8x15 cm

En la tercera recolección de cabezuelos florales de la especie "*Espeletia brassicoidea*" se efectuó el día 05 de octubre del 2022, se realizó en un área mas dispersa respecto a la primera y segunda recolección de capítulos florales, porque en pruebas de laboratorio realizadas en la segunda recolecta de semillas se evidencia poco porcentaje de llenado en semillas y alta presencia de larvas del orden Díptera. En un área de 10599 metros cuadrados se recolectaron capítulos florales en diferentes puntos de muestreo.

- **Construcción del Vivero**

El vivero, ubicado a 2662 msnm, fue realizado con poli sombra de polietileno negra con un 65% de sombrío, varas de madera con altura de 2,20m desde el suelo, piso en tierra, terrazas tablas de largo de 3mt y ancho 50cm. Fueron usados vasos plásticos oscuros de 6,5 ml como materas del material vegetal, regado manualmente con una bomba de aspersión marca ergo hasta capacidad de campo aparente cada dos días. También, se usaron dos sustratos comerciales y uno nativo (mantillo) lo anterior mezclado con tierra y tierra solamente (Tabla2).

se elaboraron 4 huecos con profundidades aproximadamente de 40 centímetros en donde se enterraron 4 horcones (madera cortada verticalmente para dar soporte) donde darán soporte al montaje del vivero, el vivero tiene medidas de 4 m de ancho, 5 m de largo y una altura de 1,50m.

Figura 4



Construcción del vivero para trabajo en campo. A. Transporte de materiales; B-C. elaboración del vivero; D. vivero

7.4. Desgranado de Aquenio

el proceso de desgranado de semilla de “*espeletia brasicoidea*” se realizó 30 días después de la primera recolecta. El periodo de reposo en las semillas se realizó para descartar una posible dormancia fisiológica. los capítulos se ubicaron para manejar sus aquenios en bandejas plásticas de 30 cm x 20cm, en papel absorbente, estando al sombrío y temperatura ambiente, este proceso facilitara el desgranado de los aquenios de los capítulos florales donde se almacenaron las semillas en envases plásticos de 3ml.

El proceso de desgranado del aquenio en la segunda y tercera recolecta se realizó 8 días después, ya que esta semilla tendía a perder su contenido de humedad en muy corto tiempo, afectando su viabilidad.

7.5.Sustratos y Tratamientos en Campo

Los sustratos de evaluación se aplican respecto con el fundamento de la cotidianidad, donde son se utilizan en huertas cultivos orgánicos libres de compuestos sintéticos, ofreciendo mejores condiciones químicas y físicas para el desarrollo de las plantas.

Se aplican cuatro sustratos orgánicos, 1) Tierra: sustrato obtenido del mismo lugar donde se desarrolló el diseño en campo. 2) Sustrato de coco: se obtiene este producto por medio comercial “mercado libre”. 3) Compost: se compra comercialmente este sustrato “Fertisol”. 4) Mantillo: la extracción de este sustrato se ejecuta en el área donde crecen los frailejones especie “*Espeletia brassicoidea*” solicitando en los laboratorios de la Universidad de Pamplona análisis físico-Químicos de los sustratos a trabajar en donde no se obtuvo respuesta por parte de la Universidad para realizar dichos análisis en los sustratos, solo se obtiene información de análisis físico-químico del compost sustrato adquirido comercialmente marca “Fertisol”

Tabla 4

Caracterización química de algunos sustratos

| SUSTRATOS | PH | P | K | Ca | RETENCION HUMEDAD |
|-----------|-------|--------|--------|--------|--------------------|
| Compost | 7.5 | 2.86 | 2.00 | 16.3 | 70.8% |
| Tierra | xxxx | xxxxxx | xxxxxx | xxxxxx | xxxxxxxxxxxxxxxxxx |
| Coco | xxxxx | xxxxxx | xxxxxx | xxxxxx | xxxxxxxxxxxxxxxxxx |

| | | | | | |
|----------|-------|-------|-------|-------|---------------------|
| Mantillo | xxxxx | xxxxx | xxxxx | xxxxx | xxxxxxxxxxxxxxxxxxx |
|----------|-------|-------|-------|-------|---------------------|

Se elaboraron 8 tratamientos para la siembra de semillas de la especie "*Espeletia brassicoidea*" evaluando el mejor tratamiento para su germinación.

Tabla 2

Elaboración de tratamientos para su evaluación en campo.

| TRATAMIENTOS | COMPOSICIÓN % |
|--------------|------------------------------|
| 1 | Tierra 100% |
| 2 | Compost 100% |
| 3 | Sustrato Coco 100% |
| 4 | Turba 100% |
| 5 | Tierra 50% - Compost 50% |
| 6 | Tierras 50%-Sustrato de Coco |
| 7 | Tierra 50%-Turba 50% |
| 8 | Tierra 100% |

Se realiza cuatro réplicas de 25 vasos llenados por tratamiento aleatoriamente, donde se evaluó la germinación de la "*Espeletia*".el llenado de los vasos plásticos de 6.5 ml, se realizó de acuerdo a la composición de los tratamientos, para este diseño 800 semillas del especie "*Espeletia brassicoidea*" se sembraron en los vasos plástico con sus tratamientos para la evaluación de germinación.

7.6. Pruebas en Laboratorio

las pruebas realizadas en las semillas de la especie "*Espeletia brassicoidea*" se realizaron en dos laboratorios de la Universidad de Pamplona (Norte de Santander) Laboratorio de Calidad y Laboratorio de Biología.

- **Observación Estructura Externa e Interna del fruto y Semilla**

La observación de los frutos y semillas de la especie "*Espeletia brassicoidea*" se realiza en un estereoscopio "Zeiss". Se extrajeron los frutos de cada estado de los capítulos florales(I;II;III). Introduciendo los frutos en cajas Petri con papel absorbente wypal y agua destilada. Procediendo a situar los frutos en un periodo de imbibición de 24 horas. Se realiza cortes transversales a los frutos con cuchillas lamina 12 extrayendo las semillas para introducirlas en vasos plásticos con reactivo AFA para su fijación en un tiempo de 24 horas. Las semillas fijadas se ubican en el estereoscopio donde se añade reactivo orseina al 1% "Colorante" esta tinción ayuda con la observación de las estructuras internas de la semilla ya que esta semilla tiene un aspecto transparente gelatinoso.

- **Prueba de Germinación**

Las pruebas de germinación se hicieron con dos tratamientos de temperatura, cada tratamiento con 4 réplicas de 50 semillas. T₁: tratamiento a 4°C. T₂: tratamiento a 20°C.

Se utilizan 8 cajas Gerbox de 10cm x 10cm, papel absorbente wypal cortado en trozos de 10cm x10cm y agua destilada, en las cajas Gerbox se introducen los trozos de papel absorbente humedecidos con agua destilada, se procede a realizar hileras de semillas en las

cajas Gerbox de 7x7 y una semilla colocada en el centro de la caja para realizar la prueba en 50 semillas.

El T₁ se procede a realizar en nevera “Haceb” donde se pueda controlar la temperatura ideal 4-6 °C, para realizar correctamente esta prueba.

El T₂ se procede a realizar en incubadora “Ifalpac Ltda” controlando su temperatura a 20°C

- **Peso de 100 Semillas**

Se realiza la extracción de 500 aquenios de cada estado fenológico según la escala BBCH (Tabla 6) de capítulos florales para un total de 1500 semillas para esta prueba. seleccionando 100 semillas al azar de las 500 de cada estado fisiológico de los capítulos florales (I, II,III) para un total de 300 semillas. procediendo a tomar el peso de las semillas en seco, en una balanza analítica “KERN 770” prueba para medir la calidad fisiológica de las semillas

- **Prueba Rápida de Viabilidad en Semillas**

Se toma la misma metodología descrita anteriormente en el análisis de peso 100 semillas. Seleccionando 100 semillas al azar de 500 de cada estado de capítulos florales (I; II; III). las semillas son introducidas en un vaso de 7 ml de volumen y de material plástico transparente rotulados, durante un periodo de tiempo de 24 horas, promediando las semillas sumergidas como semillas viables. Las semillas sumergidas son examinadas en un Estereoscopio marca “Zeiss de Alemania” donde se observan las semillas catalogadas como viables para descartar posible presencia de plagas. prueba para medir la calidad fisiológica y presencia de plagas en semillas.

- **Prueba de conductividad eléctrica**

La prueba de conductividad eléctrica se realiza en un conductímetro “7110Inolab™”. Seleccionando 50 semillas en fresco de cada estado de capítulo florales (I, II, III). En 12 vasos plásticos transparentes de 100 ml, se agregó agua destilada. Cada estado de capítulos florales tiene 4 réplicas de 50 semillas para un total de 600. Midiendo la conductividad eléctrica mediante un conductímetro de marca “7110Inolab™”. de las semillas en dos periodos de tiempo 24 horas y 48 horas. Prueba para medir la calidad fisiológica de las semillas.

7.7. Identificación de Insecto Plaga

La identificación de la especie del insecto plaga del orden Díptera el cual afecto el desarrollo de las semillas del género “*Espeletia brassicoidea*”. Se realizaron trampas caseras en bandejas plásticas con dimensiones 30 cm de largo x 20 de ancho, en la parte inferior se agrega una capa fina de aserrín en el interior de las bandejas, pegando en la mitad de la bandeja una malla fina de tejido plástico como anjeo, donde se colocarán los capítulos florales en cada estado (I; II; III) en la parte superior de la bandeja plástica se cubre con malla fina de tejido plástico anjeo. Se construyeron 3 trampas, introduciendo los estados fenológicos de los capítulos florales (I, II, III), riego diario manual con aspersor plástico.

Las plagas capturadas se observaron en un estereoscopio de marca “Zeiss de Alemania” donde se observaron para su identificación de especie.

8. Resultados

8.1. Descripción Morfología “*Espeletia brassicoidea*”

De acuerdo con Cuatrecasas y García (1940), los tallos de esta especie de frailejón pueden llegar a medir hasta dos metros de altura, con inserción de hojas rosulares que forman

rosetas amplias, abiertas, con densos copos de lana suelta ubicada entre los pecíolos y las ramas floríferas, cubriendo además toda la planta (Figura 6A).

Por otra parte, de acuerdo con los mismos autores, las hojas densamente pubescentes, de consistencia de fieltro: limbo anchamente elíptico, de 30,40 cm. long x 7-10 cm. lat. estrechadas en la base del peciolo de 1,5- 2 cm. lat, Se caracterizan por presentar márgenes irregulares, esporádicamente lisos, nervio medio grueso prominente y nerviaciones secundarias aparente por el envés en ángulo bastante abierto aproximadamente una por centímetro, vaina hasta 10 cm lon, x 5 cm. lat, limbo peciolo y dorso de la vaina densísimamente lanoso, blanquecino ceniciento, las dimensiones dadas por las hojas son las corrientes en las plantas fértiles, pero en recetas estériles son frecuentemente hojas semejantes en forma de alas de la col, que alcanzan 14cm de ancho y tal vez más. Estas características se encontraron ampliamente visibles en los individuos analizados en el subpáramo de la Lejía (Figura 6B)

Continuando con la descripción, las especies analizadas presentan ramas floríferas leñosas, tres veces más largas que las hojas y hasta de un metro de longitud (Figura 6 A y 6 C), por ende, confirmando la descripción de Cuatrecasas y García (1940). De acuerdo con los autores mencionados, estas ramas presentan en el tercio superior ramificado grupos de flores de 7 a 15 capítulos. Según Cuatrecasas y García (1940), estas especies presentan inflorescencias ovales oblongas obtusas o espatuladas hasta 14 cm. long x 2-3 cm, lat. ramitas inferiores de la cima delgadas alargándose mucho durante la floración en forma de que alcanza la altura de la parte central terminal muy distanciada (20cm) de la inflorescencia, las brácteas dicasiales superiores son menores que las mencionadas y sobrepasan un poco los capítulos lanosos de color amarillo verdoso muy pálido vivo. Las características de las brácteas y su coloración antes

mencionada fueron utilizadas como descriptor taxonómico para la identificación inicial de los estados de desarrollo de los capítulos florales, los cuales se identificaron inicialmente como Estado I (EI), Estado II (EII) y Estado III (EIII). Sin embargo, se encontró que las coloraciones de las brácteas florales oscilan de acuerdo a la escala Pantone formato RGB entre verde lima (120-195-38) y amarillo metálico (114-104-55). A medida que desarrollaban los capítulos y cambian los estados fenológicos podemos encontrar variaciones en el color de las brácteas florales. Así, los EII su color oscilo entre Verde Verdum (68-71-21) a Verde Oliva Oscuro (111-105-40) y EIII fue de color Marrón Muesil (159-130-78) de acuerdo al formato RGB de la escala Pantone (Figura 6)

figura 5



Características morfológicas de la planta de frailejón. A. Características del tallo; B. características de la hoja; C. característica de las ramas mostrando los capítulos terminales

Dentro de la descripción de los capítulos de acuerdo con Cuatrecasas y García (1940), se caracterizan porque presentan un diámetro entre de 30 – 35 cm campanulados, inclinados a reflejo, involucre con 5- 6 braceas exteriores estériles de 16-22 mm de long x 10-13 mm lat encontrándose semejanza con los colectados en la zona de estudio (Figura 6 A y Figura 7).

Teniendo en cuenta lo anterior, caracterizamos los Estados fenológicos de maduración de capítulos florales de “*Espeletia brassicoidea*”. Para esto, nos basamos en el protocolo de Sánchez, Guevara, et al (2020) que establecieron tres estados fenológicos para la recolección de semillas en el género “*espeletia grandiflora*”. El cual fue ajustado como metodología para la recolección de capítulos florales en la especie “*Espeletia brassicoidea* “. Donde el **ESTADO I** cabezuelas con brácteas, pedúnculos con pelos amarillos y pétalos comenzando a marchitarse; **ESTADO II** cabezuelas con brácteas, pedúnculos con pelos amarillos y pétalos totalmente marchitos; **ESTADO III** cabezuelas con brácteas, pedúnculos sin pelos y de color marrón. La anterior metodología fue complementada con el color de las brácteas anteriormente mencionado

Figura 6



Características morfológicas de los estados de los capítulos florales de la especie “*Espeletia brassicoidea*”

8.2. Caracterización Morfológica de la Semilla y Fruto

Fruto aquenio fruto seco y dentro el embrión con dimensiones entre (4.13 mm -5.28 mm Largo) y (2.03mm -3.27 mm ancho).de forma ovoide piramidal, cubierta externa “testa” semi gruesa de color amarillo aguas turbias (155-135-71) Figura 7 A, 7 B y 7C, verde neutral

(Figura 7D) en estados de desarrollo intermedio (EII) , hasta marrón zarza ((80-61-26)) (Figura 8 E), en los estadios maduros de acuerdo al formato RGB de la escala Pantone(Figura 7.A-B), las tonalidades de color dependen de la madurez fisiológica de la semilla, embriones en el interior de forma piramidal, lisos, son de color blanquecino (Figura 7.D-E), presentan cubierta delgada “episperma” con cotiledones gruesos y carnosos unidos entre sí.

Aquenos por el envés con nerviación central pronunciada, corrugada, de consistencia semi dura a quebradiza (Figura 8.A-B). epispermo con nervaduras visibles de coloración marrón muesli (157-148-83) Formato RGB. (Figura 8.C-D). embrión carnoso de tonalidad blanquecina evidenciando la radícula, eje del hipocótilo cotiledón unidos entre sí (Figura 8.E-F)

Figura 7

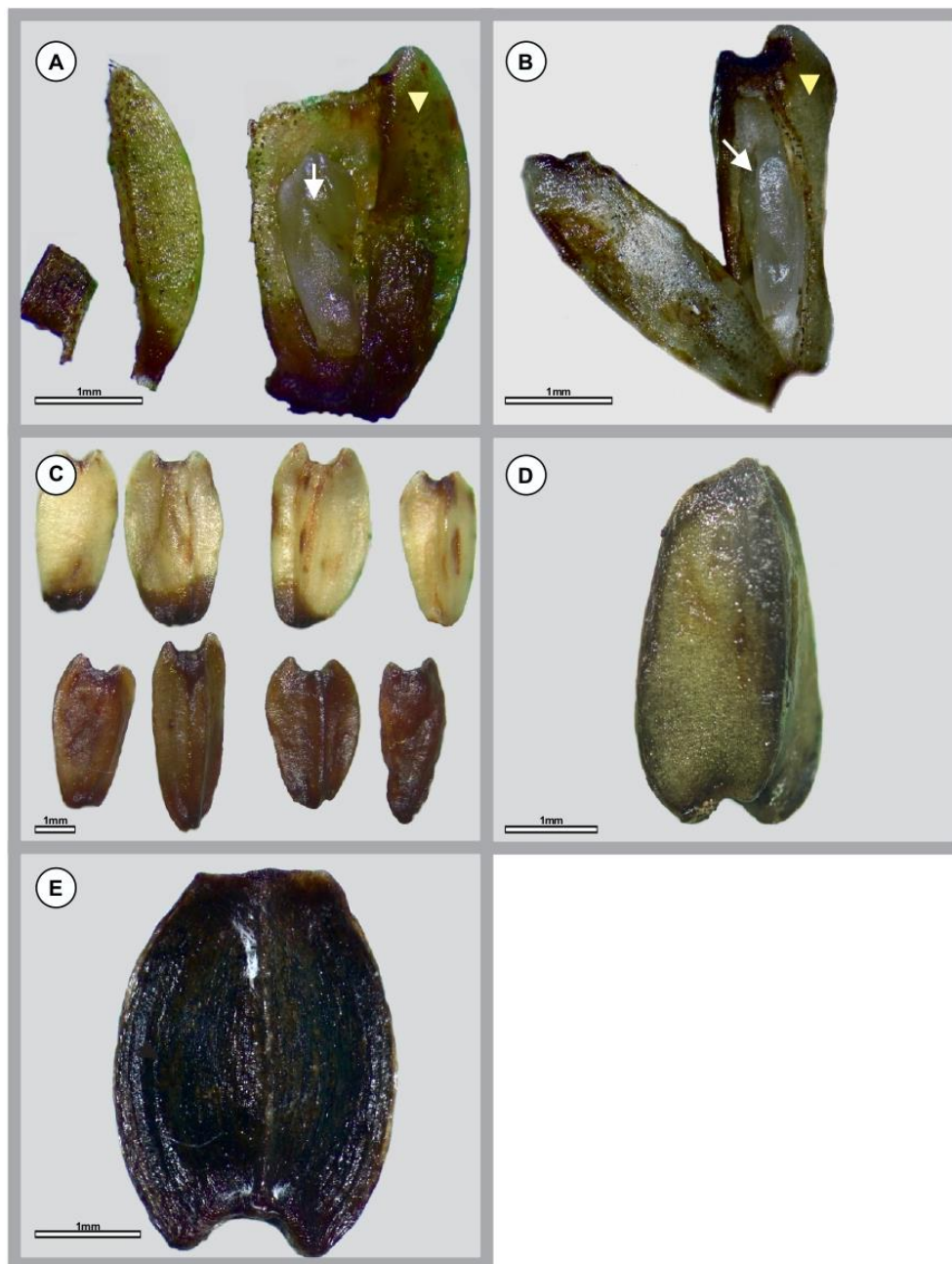
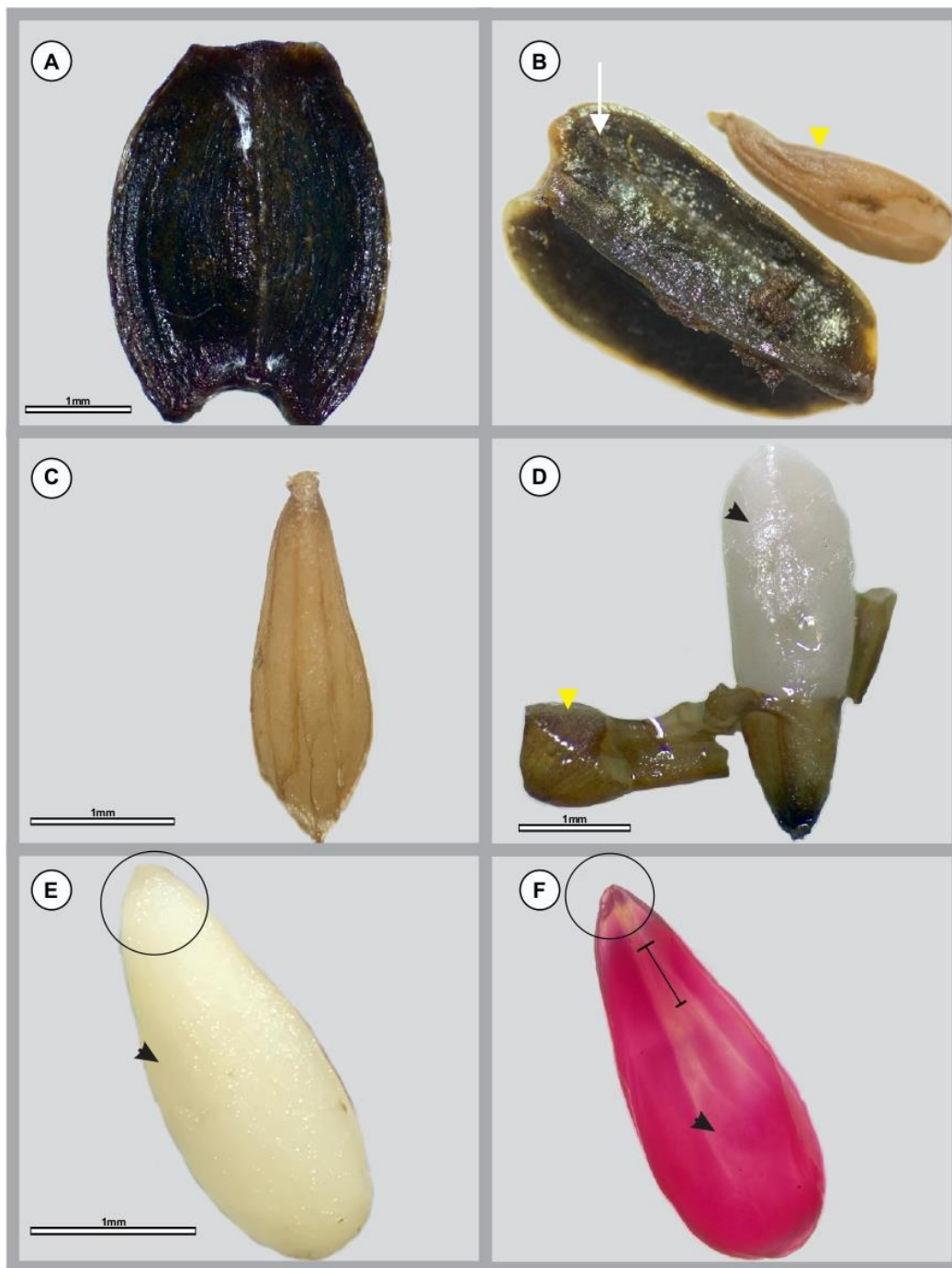


Figura 7. Tonalidades externas del fruto y semilla por madurez fisiológico de “*Espeletia brassicoidea*” con 48 horas de extracción de sus capítulos florales. A-B-C. fruto y semilla separados. Cabeza de flecha amarilla muestra el exterior del fruto testa, tonalidades de color que oscilan entre amarillo aguas turbias (155-135-71) y humo verde, cabezas de flecha blancas muestra embriones en formación, contenido acuoso, tonalidad humo blanco (236-236-236) ;D. fruto por el envés muestra tonalidades de colores verde neutral (166-163-131); E. fruto por el envés muestra tonalidad marrón zarza

(80-61-26) tonalidades de colores de acuerdo al formato RGB de la escala Pantone. Descripción general fruto semilla relacionada con la escala BBCH "*Espeletia brassicoidea*)
Figura 8



Características morfológicas externas del fruto y semilla de *Espeletia brassicoidea* con imbibición de 48 horas. A. fruto seco tipo aquenio; B. Fruto y semilla separados; C. Semilla con epispermo; D. Desprendimiento entre epispermo y semilla; E. Embrión desnudo en estado fresco; F.

Embrión con coloración de arseaina al 1% mostrando las estructuras básicas de las semillas. Las semillas tienen imbibición de 48 horas. La flecha blanca muestra la corteza del fruto, cabeza de flecha amarilla muestra epispermo. Se muestran las partes de la semilla, círculo radícula, línea: eje hipocotíleo, cabeza de flecha negra cotiledones

8.3. Escala BBCH “*Espeletia brassicoidea*”

ESCALA BBCH

Estado de maduración del fruto I (84). Estado de maduración del fruto II (87). Estado de maduración del fruto III (89)

Tabla 6

Frailejón/ arrepollado

Codificación BBCH de los estadios fenológicos de desarrollo del Frailejón “*Espeletia brassicoidea*”

| Código | Descripción |
|--------------------|---|
| Subestadios | Formación del fruto. |
| 070 | Primeras semillas visibles |
| 074 | Fruto de color amarillo campo y verde humo. 40% del tamaño final |
| 077 | Fruto de color amarillo turba y verde neutral. 70% del tamaño final |
| 079 | Fruto de color marrón zarza y verde sombra frutos han alcanzado su tamaño final |
| Código | Descripción |
| Subestadios | Maduración de fruto y semillas o colocación de frutos |

| | |
|-----|--|
| 080 | Comienzo de la madurez |
| 084 | Frutos con brácteas florales con colaciones que oscilan entre verde lima (120-195-38) y amarillo metálico escala Pantone formato RGB. Pedúnculo con pelos amarillos y pétalos comenzando a marchitarse. Semillas color humo blanco. con 40% de formación del embrión, comienzo de la episperma, contenido acuoso. Semillas con 40% de materia seca |
| 087 | Fruto con brácteas florales con colaciones que oscilan entre Verde verdun (68-71-21) y Verde oliva oscuro (111-105-40) escala Pantone formato RGB. Pétalos totalmente marchitos, semillas de color blanquecino. 70% de formación del embrión, episperma visible formada, contenido lechoso. Semilla con 70% de materia seca |
| 089 | Semilla de capitulo floral estado III, con brácteas florales con coloración marrón muesil (159-130-78) escala Pantone formato RGB. Pedúnculo sin pelos y de color marrón, semillas color blanquecino y verde tana Completa madurez fisiológica, contenido masa dura. Semillas con 85- 90% de materia seca |

Tonalidades de colores en diferentes estados de maduración de los frutos (I,II,III) y semillas (Figura 9)

Figura 9

| MADURACION DEL FRUTO EN " <i>Espeletia brassicoidea</i> " | | | | | |
|---|---------|--|--|--|---|
| Apariencia del capitulo floral | ESTADOS | BASAL | CENTRAL | APICAL | EMBRION |
| COLOR CURRI CALIENTE | | | | | |
|  | I |  (219-218-184) |  (155-135-71) |  (171-162-96) |  (236-236-236)  |
|  | II |  (166-163-131) |  (118-113-82) |  (67-60-51) |  (218-215-216)  |
|  | III |  (164-150-133) |  (125-105-77) |  (26-61-80) |  (185-178-161)  |

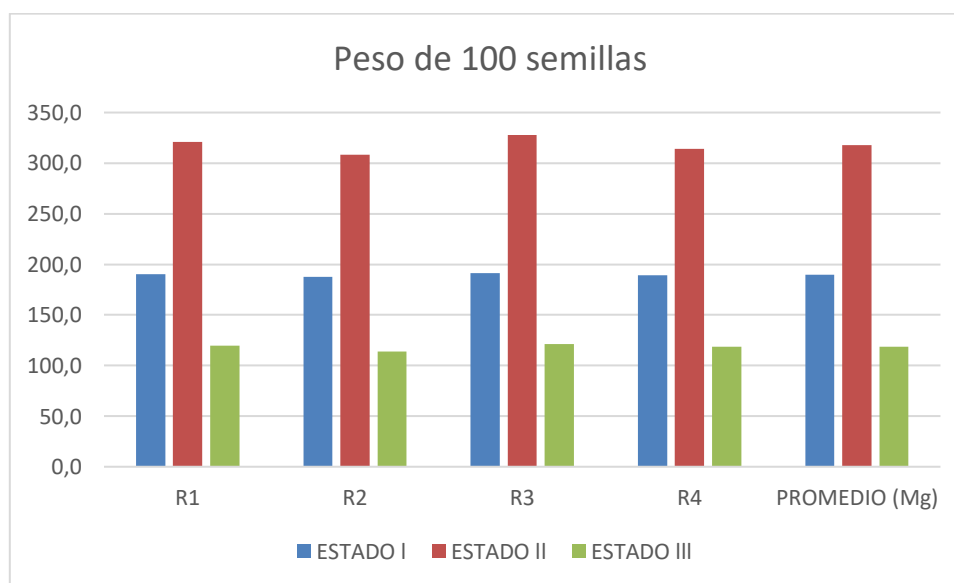
Figura 9. Colores en escala RGB. (Red-Green-Blue) de los estados fenológicos de maduración en las semillas y embrión de "*Espeletia brassicoidea*"

8.4.Fisiología

- **Peso de 100 Semillas**

El fruto de la especie “*Espeletia brassicoidea*” presentan aparentemente pérdida de humedad en corto tiempo, mostrando deshidratación en el fruto y semilla en los diferentes estados de maduración. En la Figura 10 se observa que en el fruto en el estado III presenta menor promedio (118.4 mg) de peso. Esto puede deberse por la pérdida de humedad del fruto y semilla, el fruto en este estado presenta una consistencia quebradiza. En el estado II se evidencia mayor promedio de peso en fruto (317mg) puede estar relacionado a la culminación del periodo de maduración de la semilla que se caracteriza por una estabilidad en la ganancia de peso seco.

Figura 10

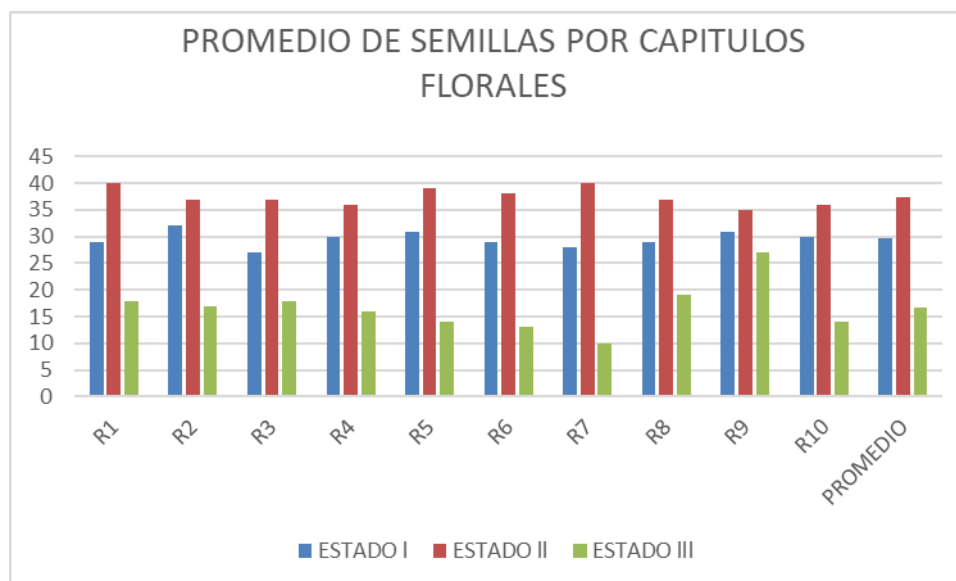


Promedio de peso de 100 semillas por estadios de maduración en la escala BBCH. I (0.74) II (0.77) III (0.79) Tabla (6), en cuatro repeticiones. De acuerdo con la grafica los achenios con semillas adecuados para realizar ensayos en propagación de la especie “*Espeletia brassicoidea*” se encuentra en el estado II de maduración de fruto y semilla, ya que en la prueba fisiológica realizada muestran mayor promedio de peso, se interpreta como semillas con llenado.

- **Número de Frutos por Capítulos Florales**

La especie “*Espeletia brassicoidea*” presenta un número elevado de frutos por capítulo (Figura 11) los cuales oscilan entre (37.5) y (16.6), esto puede deberse a que esta especie presenta un alto porcentaje de semillas vacías, la relación del alto número de frutos por capítulo puede relacionarse con la compensación de frutos vacíos.

Figura 11

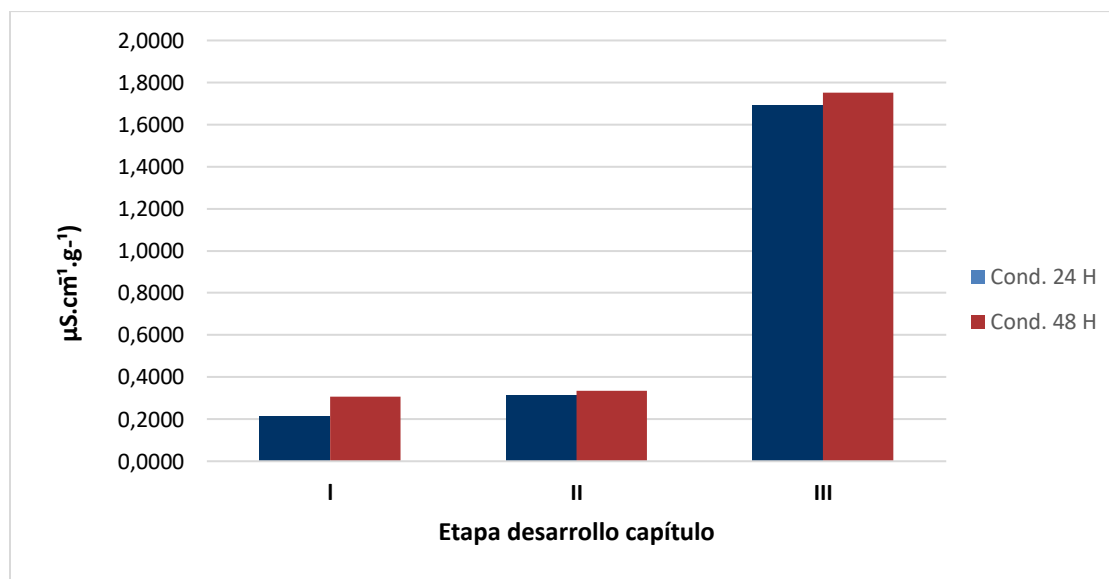


De acuerdo con la gráfica el mayor número de semillas se encontró en los estados de madurez fisiológica de los capítulos florales II, con un promedio de 37 semillas por capítulo y menor promedio de semillas 16 por capítulo en el estado III. El mayor número de semillas no representan mayor viabilidad ya que pueden ser frutos con semillas vacías o con presencia plagas,

- **Conductividad Eléctrica (CE)**

Los valores de conductividad eléctrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) aumentaron proporcionalmente entre los lotes de semillas (semillas por estadio) de frailejón con los dos periodos de imbibición. Fue posible observar que, durante los períodos de tiempo evaluados, el lote de estadio de desarrollo I, se mantuvo como el de menor valor de CE teniendo baja variación conforme a las horas de imbibición (24 y 48 horas). Sin embargo, no fue posible destacar los lotes en los diferentes tiempos de inmersión, tampoco fue posible verificar el mejor período para distinguir los lotes por calidad fisiológica en los diferentes tiempos de inmersión por estadio de desarrollo. Para los dos periodos y estadios de desarrollo analizados, hay que establecer que entre más alto el valor obtenido en la conductividad, menor es tasa de germinación, como fue observado en el test de germinación.

Figura 12. Teste de conductividad eléctrica en semillas de frailejón en tres estados de desarrollo de maduración en la escala BBCH. I (0.74) II(0.77) III (0.79) Tabla (6),



La cantidad de exudados lixiviados de las semillas en el agua de imbibición especialmente en el estado de desarrollo mayor, puede ser influenciado por el grado de deterioración, por el estadio de desarrollo en el momento de la cosecha e por la incidencia de daños causados por la velocidad de imbibición (LOEFFLER, 1981), por la temperatura y tiempo de imbibición (POWELL, 1986) y por daños en el tegumento de la semilla, en este caso, causados principalmente por el insecto plaga encontrado (Figura 12). Generalmente lo que se espera es que, en las condiciones de baja germinación los valores de conductividad sean altos

- **Prueba de Germinación**

Se realizaron pruebas de germinación en 600 semillas de la especie "*Espeletia brassicoidea*" en campo con 4 sustratos y 9 tratamientos en réplicas de 4 por tratamientos con 25 semillas por réplica durante 75 días teniendo resultados de germinación nulos. Aplicando tratamiento de imbibición durante 24 horas, posiblemente el resultado de nula germinación, puede deberse a semillas huecas, poca madurez fisiológica de las semillas y contaminación de plaga-insecto del orden Díptera del género *Neomyopites*.

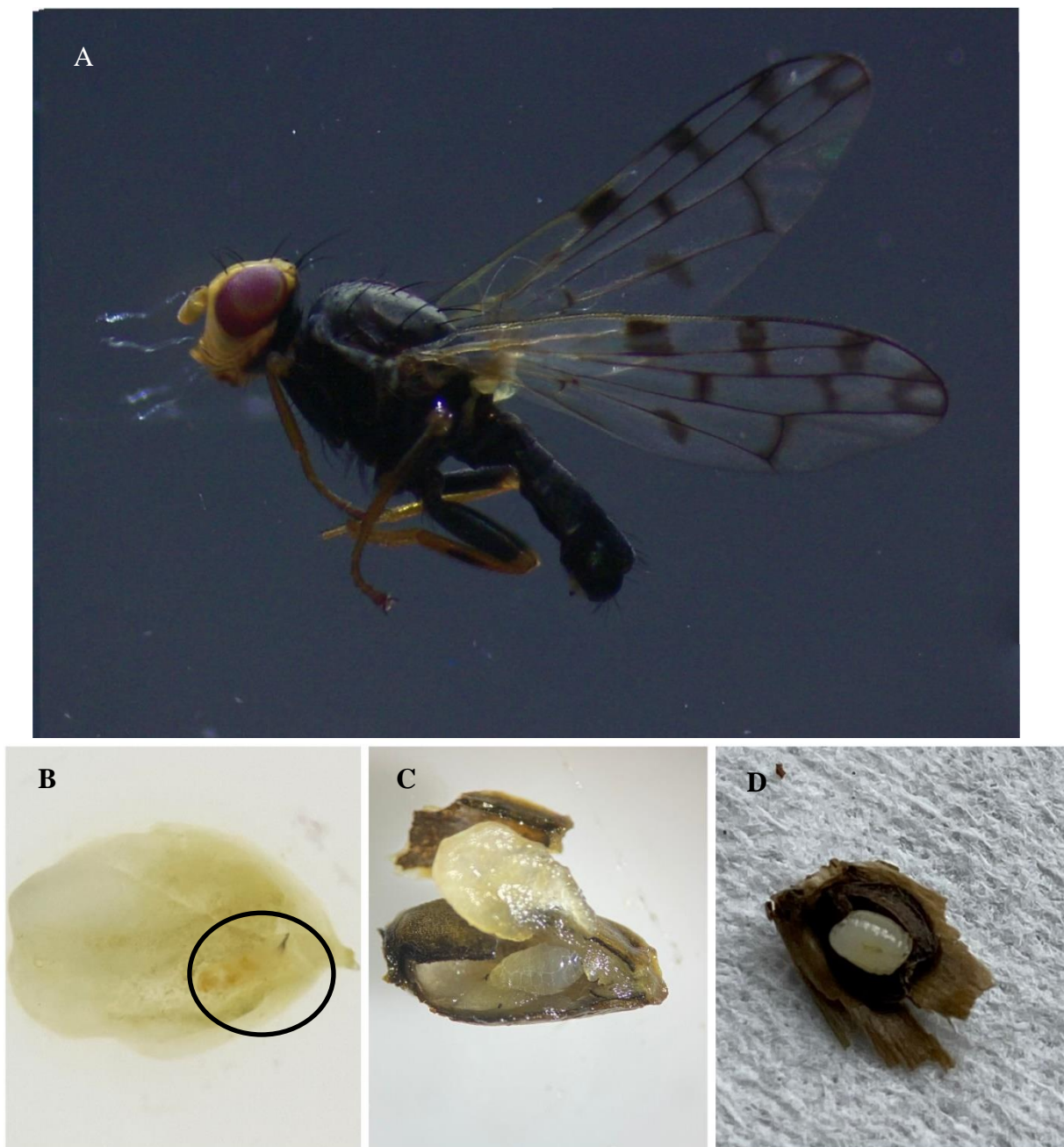
Se establecieron pruebas de germinación de laboratorio, en dos tratamientos, T₁ frío a temperatura de 4°C y T₂ en incubadora a temperatura de 20°C durante 35 días, teniendo resultados nulos de germinación. Las semillas que se sometieron al tratamiento realizado a 20°C en incubadora mostraron contaminación por hongos y afectación por plaga-insecto del orden Díptera, género *Neomyopites*. Se realiza una segunda prueba en tratamiento a 20°C en donde se realiza desinfección del equipo incubadora "Ifalpac Ltda" aplicando de captan 50 plus, ingrediente Carboxamida "Fungicida" al 5%, donde los resultados de germinación en las

semillas fueron nulos, el tratamiento realizado en frío evidenció resultados nulos de germinación posiblemente por causa de semillas sin vacías y contaminadas con insecto plaga del orden Díptera género *Neomyopites*.

8.5.Plaga

Se presenta interacción de insecto-plaga negativo del orden Díptera (Tabla 6), ya que afectó fuertemente la calidad morfológica -fisiológica de las semillas de "*Espeletia brassicoidea*". El díptero pertenece a la especie *Neomyopites* (identificación con Claves dicotómicas) afecta las semillas de "*Espeletia brassicoidea*" desde los primeros estados de desarrollo, donde las larvas de la plaga viven y se alimentan de la semilla hasta alcanzar su metamorfosis completa, esto ocasiona semillas huecas, dificultando la propagación del frailejón.

Figura 12



Identificación del insecto plaga y ubicación en los estados de maduración del fruto. A. estado adulto del insecto plaga del género *Neomyopites*; Estado de maduración de la semilla I, ubicación de la larva del insecto plaga en la radícula de la semilla (Circulo negro). B. estado II del fruto semilla fraccionada plaga paso de estado larval a pupa; D. fruto hueco sin presencia de semilla, plaga en estado de pupa.

Se observa en estado adulto el insecto plaga de la especie *Neomyopites* (Figura 12.A) estado larval y ubicación en los primeros estados de la semilla (Figura 12.B) maduración de la semilla y estado pupa de la plaga, fruto hueco y sin semilla, ya que la plaga se alimenta de los embriones. (Figura 12.C-D)

Tabla 6

Clasificación Taxonómica del Insecto-plaga en el género “*Espeletia brassicoidea*”

| | |
|---------|--------------------|
| Tipo | Arthropoda |
| Clase | Insecta |
| Orden | Díptera |
| Especie | <i>Neomyopites</i> |

Los aquenios de “*Espeletia brassicoidea*” presentan un alto número de frutos por capítulos florales, pero a su vez presenta un alto porcentaje de semillas vacías (65) %, el escaso se debe principalmente a la afectación por larvas y pupas de la especie *Neomyopites*, disminuyendo ostensiblemente el número de semillas viables (Figura 13)

Figura 13

Semillas con presencia de larvas y pupas de la especie *Neomyopites*

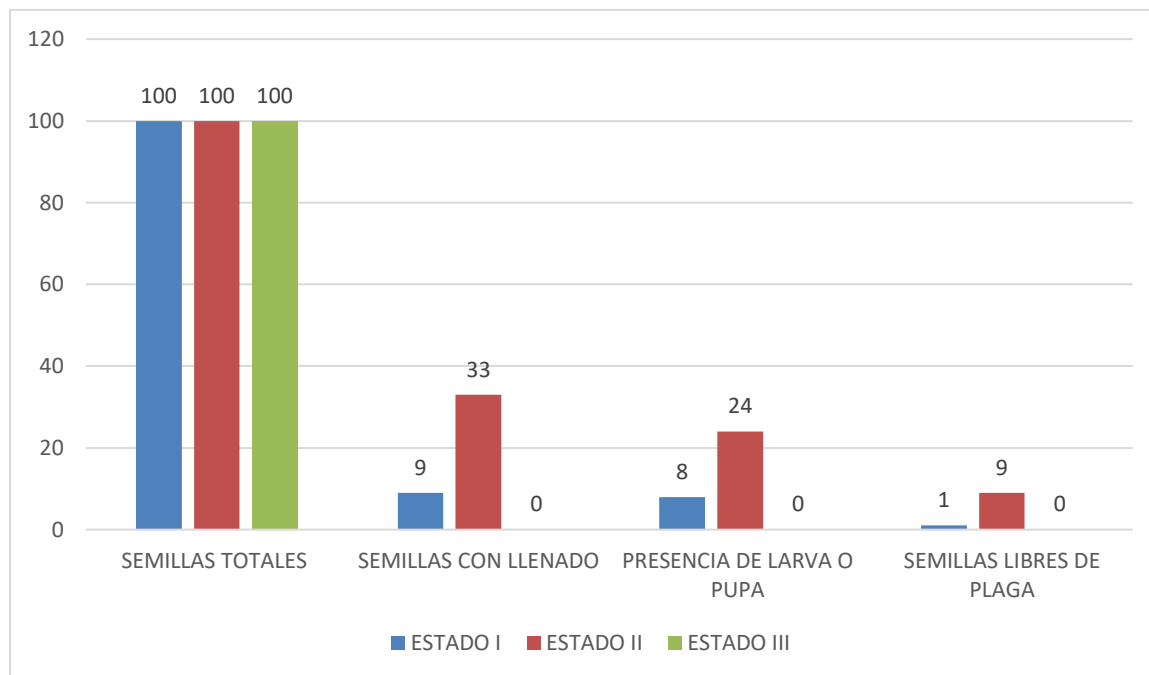


Figura 13. De acuerdo con la gráfica el mayor número de semillas viables se relaciona con el estado II, se observa en el estado II semillas mayor número de semillas sin presencia de plaga.

9. DISCUSION

Cuatrecasas y García (1940) Describen la morfología de la planta del género *Espeletia brassicoidea*” donde la descripción del tallo, hoja y ramas tienen la misma similitud. Sin embargo, la descripción que realizan los autores en las tonalidades de los colores de las brácteas de los capítulos florales no coincide con la descrita en este trabajo. Los autores mencionan brácteas con tonalidades de color amarillo verdoso muy pálido vivo, la identificación de las tonalidades de las brácteas en los capítulos florales para este trabajo se describió mediante la caracterización de los colores en un formato RGB en la escala Pantone. Donde los resultados abordaron tonalidades que oscilan entre verde lima, amarillo metálico, verde Verdún y marrón muesil. Es importante poder identificar las tonalidades de los colores de las brácteas florales, para una correcta recolección de sus capítulos florales en sus estados de maduración de fruto (I; II; III)

Romero-Saritama, y Pérez Ruiz, (2016) realizaron una investigación donde describen los rasgos morfológicos de semillas y su implicación en la conservación, describen las características que pueden indicar el tipo de semilla, ya sea ortodoxas o recalcitrantes, donde indican que las semillas con tamaños iguales o mayores a 17 x 13mm de largo y ancho han sido consideradas como recalcitrantes, semillas encontradas con mayor frecuencia en los bosques lluviosos y tropicales. Las semillas del género “*Espeletia brassicoidea*” pueden ser unas de las pocas semillas con tamaños menores a las indicadas por los autores, donde posiblemente podrían ser recalcitrantes.

Mancipe-murillo (2020) Realizó investigación en la propagación de diferentes especies de “*Espeletia*” realizando descripciones externas de los frutos y semillas. A nivel externo el

fruto y semillas presentan características semejantes a la descritas en este trabajo. su forma y consistencia son muy semejantes, el autor describe embriones en la semilla de color blanco y cotiledones gruesos y carnosos separados entre sí. El autor realiza una descripción general en un posible estado de maduración de la semilla III, en este trabajo se evidencia embriones en los primeros estados de desarrollo, consistencia gelatinosa transparente, cuando los embriones completan su madurez fisiológica se observa cotiledones gruesos y carnosos unidos entre sí.

Gleiser et al. (2004) describen la morfología en semillas, donde indican que la dureza La dureza y la permeabilidad de la testa no solo cumplen la función de protección del embrión, juega un papel importante en la velocidad de germinación al regular el ingreso del agua al interior de las semillas. Los estudios han demostrado que especies con semillas de testa dura podría retrasar la germinación o inducir dormición física, en la especie "*Espeletia brassicoidea*" Posiblemente podría presentar retrasos en su germinación a causa de su testa dura en la semilla generando una posible dormición física, algunos autores describen una posible dormancia fisiológica en las semillas del género "*Espeletia*"

Gallego. (2014) realizo una investigación teniendo en cuenta la oferta de semillas, germinabilidad y micrositios de establecimientos de "*espeletia uribei*" con el fin de evaluar la oferta y viabilidad de semillas a través de métodos de campo y laboratorio, concluyo que la oferta de semillas por individuo de "*Espeletia uribei*" es un mecanismo para compensar la tasa de mortalidad de semillas. en la especie de "*Espeletia brassicoidea*". La tasa de oferta de semillas es alta a igual que en la especie "*Espeletia uribei*" donde se evidencia que en "*Espeletia brassicoidea*" a pesar de tener poco porcentaje de semillas viables, también están siendo afectadas por lavar y putas del orden Díptera – genero "*Neomyopites*" las cuales

afectan el fruto aquenios en los primeros estados fisiológicos de desarrollo, donde se alimenta del fruto,

10. Conclusiones

La descripción morfológica externa de los frutos e interna en las semillas, donde se visualizan y describen las estructuras internas del embrión y su formación, dan a entender que pueden haber más de tres estados de desarrollo fenológicos de los capítulos.

Se describen estados de maduración de los capítulos florales de la especie "*Espeletia brassicoidea*" donde se identifican por las tonalidades de coloración de las brácteas florales, estableciendo protocolos para la selección de capítulos florales en campo, para evitar la extracción de capítulos florales con contenido de frutos inmaduros.

Los estados de maduración del fruto de la especie "*Espeletia brassicoidea*" que se identifican por el tamaño y las tonalidades de colores externas del fruto, ofrecen un protocolo viable para la selección de estos con suficiente un estado fisiológico de madurez de la semilla que permita la propagación de esta planta de forma sexual

Los frutos con mayor presencia de llenado del embrión se establecen en el estado II de formación del fruto en la escala BBCH (077) Tabla (6), se interpreta como el mejor estado II de maduración del fruto para realizar futuros ensayos de propagación de la especie "*Espeletia brassicoidea*". a pesar de ser el mejor estado de maduración del fruto, no afirma viabilidad de los embriones ya que pueden tener presencia de larva y pupa de la especie *Neomyopites*, pero es el mas ideal para ensayos de propagación.

Se establece escala BBCH de los estados de maduración de los frutos y semillas, mediante las tonalidades de coloración de los frutos y semillas logrando obtener porcentajes en la formación de las partes en semillas.

Fue identificado un díptero del género *Neomyopites* como insecto plaga considerable que afecta las semillas de frailejón desde los estadios tempranos de desarrollo generando perdidas de semillas en torno del 90%, afectando fuertemente la propagación de este género de plantas.

Los resultados de los ensayos realizados de propagación en campo de la especie "*Espeletia brassicoidea*", son nulos, por factores de contaminación en las semillas por plaga del género *Neomyopites*, y gran número de semillas vacías, por los factores mencionados anteriormente no se logra evaluar el mejor sustrato para ensayos de propagación en campo.

Anexos

Tabla de costos

| | |
|--|-----------|
| Transporte | 1000.000 |
| Sustratos | 320.000 |
| Materiales vivero | 300.000 |
| Materiales para laboratorio | 380.000 |
| Materiales para recolección de material vegetal | 40.000 |
| Material almacenamiento de semillas | 16.000 |
| Materiales trampa de insecto-plaga | 30.000 |
| Total | 2.086.000 |

Bibliografías

NESTOR T. MANJIN (2019) Evaluación de cuatro sustratos de tipo tradicional en la reproducción del frailejón (*Espeletia hartwegiana*) en vivero, para el repoblamiento en el Páramo de Barbillas, Pancitará-Cauca.

<http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/handle/123456789/1374>

(Mendoza y Martínez, 2011). Propagacion, Adaptacion y Crecimiento Del Frailejon “*Espeletia Conglomerata*” En Vivero.

https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1844/digital_22213.pdf?sequence

≡1

Carolina Mancipe-Murillo (2020) Propagación de *Espeletiopsis corymbosa*, *Espeletia barclayana*, *Espeletia summapacis* y *Espeletia killipii* en condiciones de invernadero.

<https://raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/1105>

Diazgranados M. & Castellanos-Castro C. (2021). Frailejones en Peligro.

<http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/35925>

Diazgranados M. (2017) Conversatorio Sobre Frailejones De Colombia: Revisión Del Estado De Conservación Y Amenaza.

http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/34987/Conversatorio%20sobre%20frailejones%20de%20Colombia_Estado%20de%20conservaci%C3%B3n%20y%20amenaza%20%281%29.pdf?sequence=4&isAllowed=y#:~:text=En%20el%20a%C3%B1o%202005%20se,en%20pe%C3%93ligo%2C%20y%2013%20vulnerables.

Kevin S. G3ngora & Sandra C. Carlosama.(2022) Factores que influyen en la producci3n y calidad de semilla bot3nica en Frailej3n (*Espeletia* spp.) como insumo para planes de propagaci3n y conservaci3n de la especie.

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/47739/spceballesc.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Burbano, O., Galindez, E., Benitez, A. J., Alvarez, A. V., Florez, C. A., Betancourth, C. A., Lagos, L. E. (s.f). Declive y muerte de los frailejones en los ecosistemas alpinos de los Andes del Norte: Modelo Conceptual.

Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producci3n, conservaci3n y almacenamiento. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v31n1/ctr11110.pdf>

Fagua, J. C., & Argenis Bonilla, M. (2005). Ecolog3a de la polinizaci3n de *Espletia grandiflora* en el Parque de Chingaza.

https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=genetica+de+espeletia &btnG

Figueroa, K., & C3rdenas, J. E. (2015). Aspectos de la propagaci3n sexual de *Espeletia grandiflora* en un sector intervenido del P3ramo de Chisac3.

<https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/1747/T062.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hofstede, R., Segarra, P., & Mena, P. (2003). Los Páramos del Mundo.
https://www.portalces.org/sites/default/files/references/038_Hofstede%20et%20al.%20%28eds%29.2003.Los%20Paramos%20del%20Mundo.pdf

Rache, C. y Pacheco, M. (2009). *Micropropagation of Espeletiopsis muiska (Cuatrecasas), 'frailejon' from Rancheria Natural Park-Boyaca, Colombia*. *Agronomía Colombiana*, 27(3), 349-358. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S012099652009000300008&script=sci_arttext&tlng=pt

Hernández, S.L. (2012). *El frailejón un caballero con altura I y II. Recopilaciones de experiencias proyecto PÁRAMO andino*. Venezuela. Universidad de los Andes (ULA),:
<https://documentslide.org/el-frailej-n-un-caballero-de-altura-0>

Acevedo, Ingrid C. y Pire, Reinaldo. (2004). Efectos del Lombricompost como enmienda de un sustrato para el crecimiento del lechoso (Carica papaya L.). *Interciencia*, 29(5), 274-279. http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S037818442004000500009&lng=es&tlng=es.