

**Factores que influyen en la producción y calidad de semilla botánica en Frailejón
(*Espeletia* spp.) como insumo para planes de propagación y conservación de la especie**

Presentado por:

Kevin Alir Sánchez Góngora, Sandra Paola Ceballes Carlosama

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente - ECAPMA

Programa de Agronomía

Bogotá

2022

**Factores que influyen en la producción y calidad de semilla botánica en Frailejón
(*Espeletia* spp.) como insumo para planes de propagación y conservación de la especie**

Kevin Alir Sánchez Góngora y Sandra Paola Ceballes Carlosama

Director:

Ing. MSC. Maikel Suárez Rivero

Monografía presentada como requisito parcial para optar al título de:

Agronomía

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente - ECAPMA

Programa de Agronomía

Febrero

2022

Nota aclaratoria:

La escuela y jurados no se hacen responsables por los conceptos emitidos por el autor.

Nota de aceptación:

Firma de jurado

Firma de jurado

Dedicatoria

Dedico este proyecto de grado a mí padre, pues fue el que me motivó a lograr el objetivo. A mí abuela y a mí madre que está en cielo y que espero esté feliz por el logro alcanzado. A los compañeros de estudio, profesores y universidad por todo el conocimiento brindado para lograr el objetivo de ser profesional.

Kevin Alir Sánchez Góngora

Dedico este trabajo primero que todo a Dios por darme la oportunidad de subir otro escalón en la vida. A mí madre que aunque no esté junto a mí, desde el cielo me acompaña. También agradezco la ayuda en memoria de la doctora Yineth Vargas directora del CEAD de La Plata Huila que se encuentra en el cielo.

Sandra Paola Ceballes Carlosama

Agradecimientos

Agradezco a la universidad por haberme abierto sus puertas, al profesor Maikel Suárez Rivero por su apoyo, motivación y compartir sus conocimientos para alcanzar el objetivo. Mis padres por haberme dado la oportunidad, apoyo y la motivación de ser un profesional. A profesores y compañeros por los momentos compartidos que serán únicos e irrepetibles.

Kevin Alir Sánchez Góngora

Agradezco a mí esposo e hijos que hicieron este sueño realidad, Andres Betancur que un día también formó parte de esta realidad. A los docentes de la UNAD Dennis Viviana Cortez y Maikel Suárez Rivero por su acompañamiento incondicional. A los compañeros de estudio de la universidad en especial a Kevin Alir Sánchez por su apoyo incondicional y los familiares y amigos que creyeron en mí.

Sandra Paola Ceballes Carlosama

Resumen

Los Frailejones tienen la función de cuidar y mejorar los ecosistemas donde habitan, permitiendo la absorción de agua presente en la neblina de los páramos y conservarla para su posterior uso. En este sentido el equilibrio de estos ecosistemas ha sido afectado por actividades antrópicas como la agricultura, la ganadería, construcción de vías y asentamientos que han venido degradando estos ecosistemas al punto de causar la pérdida de la cobertura vegetal, haciendo necesario restablecer las áreas afectadas con especies nativas de este género para reponer su equilibrio natural. Seguido de lo anterior, los planes de reforestación implementados por algunas instituciones se han visto afectados dado la baja disponibilidad de semilla de calidad en el mercado, que ha sido la principal limitante para su propagación ya que es un género poco estudiado y no existe una metodología donde se detalle los procedimientos tecnológicos que permita potenciar la producción y calidad de la semilla. Dado el anterior contexto, el objetivo del presente trabajo es realizar un estudio de la literatura existente que contextualice los factores que influyen en la producción y calidad de semilla botánica de *Espeletia* spp. Dicho estudio pretende abarcar desde la selección del lugar con potencialidades edafoclimáticas para la producción de semillas de calidad, características morfo-fisiológicas y genética de cada especie, plagas y enfermedades y su manejo integrado, competencia con otras especies, características de la floración, cosecha, manejo poscosecha, empaquetado, hasta el almacenamiento y control de la calidad a la que se debe someter para su adecuada propagación.

Palabras clave: frailejón, semilla, calidad

Abstract

The *Frailejones* have the function of caring for and improving the ecosystems where they live, allowing the absorption of water present in the mist of the moors and conserving it for later use. In this sense, the balance of these ecosystems has been affected by anthropic activities such as agriculture, livestock, construction of roads and settlements that have been degrading these ecosystems to the point of causing the loss of plant cover, making it necessary to reestablish the affected areas with native species of this genus to restore its natural balance. Following the above, the reforestation plans implemented by some institutions have been affected due to the low availability of quality seed in the market, which has been the main limitation for its propagation since it is a genus little studied and there is no methodology. where the technological procedures that allow to enhance the production and quality of the seed are detailed. Given the previous context, the objective of this work is to carry out a study of the existing literature that contextualizes the factors that influence the production and quality of botanical seed of *Espeletia* spp. This study intends to cover from the selection of the place with edaphoclimatic potentialities for the production of quality seeds, morphophysiological and genetic characteristics of each species, pests and diseases and their integrated management, competition with other species, characteristics of flowering, harvest, postharvest management, packaging, until storage and quality control to which it must be subjected for its proper propagation.

Keywords: frailejon, seed, quality

Tabla de contenido

Introducción	13
Objetivos	15
Características edafoclimáticas de <i>Espeletia sp</i>	16
Climáticas	16
Edáficas	21
Caracterización del género <i>Espeletia sp</i>	24
Características morfológicas de la planta	24
Comportamiento fisiológico de la planta	25
Ciclo reproductivo del género	26
Potencial genético del género	26
Sanidad vegetal	29
Manejo integrado de plaga	29
Manejo integrado de enfermedades	29
Competencia con otras especies	32
Cosecha	34
Época y momento de cosecha	34
Método de cosecha y colecta	36
Poscosecha de semillas	38
Principio básico del beneficio de las semillas	38
Método de trilla	38
Método de secado	39
Método de limpieza	41
Peletizado en las semillas	41
Empaque y almacenamiento	43
Empaque	43
Almacenamiento	44
Plagas y enfermedades de almacén de control	46
Métodos fitopatológicos para análisis de semillas	47
Control de calidad	50
Pureza física	50
Viabilidad	50
Prueba de tetrazolio.	51
Germinación y dormancia	52

	10
Vigor de la plántula	54
Conclusiones	57
Recomendaciones	58
Bibliografía	59

Índice de figuras

- Figura 1.** Variación del valor promedio NSI y NCI en plantas adultas de *E. pycnophylla ssp. angelensis* en el gradiente altitudinal estudiado en el páramo el Infiernillo. (Nariño-Colombia) (Benavides, Burbano, Urbano, & Solarte, 2007) 27
- Figura 2.** Línea tiempo de reportes de aparición de síntomas en Frailejón en paramos de Colombia y Venezuela. Fuente (Burbano, y otros, s.f) 31
- Figura 3.** Estados fenológicos de maduración de cabezuelas de *Espeletia grandiflora* (Sánchez, Guevara, Ceballes, & Suárez, 2020). 35
- Figura 4.** Número de semillas por inflorescencia en diferentes estados fenológicos de formación y madurez 35
- Figura 5.** Curva de semillas de *E. corymbosa* de dos fechas de colecta a) 13 de junio 2016, b) 18 de septiembre 2017, semillas sometidas a contacto con sílice gel (Ramirez W. , 2018) 40
- Figura 6.** Viabilidad de semilla de *Espeletopsis corymbosa* viva (1) y muerta (2) (Ramirez W. , 2018) 51

Índice de tablas

Tabla 1. *Precipitación total y media mensual y diaria máxima y mínima registrada en El ahogadero Tame (Arauca) PNN El Cocuy (Velasco, 2018 19*

Tabla 2. *Valores máximos (RN_{Max}), mínimos (RN_{Min}) y promedios diurnos (RN_{MD}) de Radiación Neta (W/m^2) en la “La Aguada” durante diferentes cursos (Rosquete, 2004)*

¡Error! Marcador no definido. Tabla 3.

*Temperatura foliar de *Espeletia schultzii* durante los diferentes intervalos de tiempo (Rosquete, 2004)* 20

Tabla 4. *Resultados de caracterización química de sustratos para algunos nutrientes (Tintinago, 2019)* 23

Tabla 5. *Condiciones evaluadas para la estandarización de la prueba de viabilidad de tetrazolio. Se evaluó la condición de tetrazolio TZ (0.1 %, 1%) y el tiempo de exposición a la solución (24h) y el acondicionamiento de la semilla previo a la prueba. SE= Error estándar (Mancipe, 2020).* 52

Tabla 6. *Germinación de la semilla de la especie *E. hartwegiana* con los sustratos evaluados por (Tintinago, 2019)*

¡Error! Marcador no definido. Tabla 7.

*Crecimiento de las especies después de 30 días de la siembra (Mancipe, Propagación de *Espeletia corymbosa*, *Espeletia barclayana*, *Espeletia summapacis* y *Espeletia killipii* en condiciones de invernadero, 2020)* 55

Tabla 8. *Supervivencia de las especies a los cuatro meses después de la germinación (Mancipe, Propagación de *Espeletia corymbosa*, *Espeletia barclayana*, *Espeletia summapacis* y *Espeletia killipii* en condiciones de invernadero, 2020)* 51

Introducción

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.

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 O. , 2016).

Debido a las condiciones ambientales de ecosistemas de páramo, los factores bióticos y abióticos influyen en la propagación y reproducción de la especie. De tal forma el conocimiento de la semilla es limitada para condiciones de propagación, conservación, protección y establecimiento en campo.

El género *Espeletia* se ha adaptado a mecanismos en sus características fisiológicas y fenológicas para resistir temperaturas por debajo del punto del congelación (Vargas O., 2016), también por su estructura morfológica y aporte necromasa ofrece hábitat para la diversidad de insectos (Tintinago, 2019).

A pesar de que se han realizado ensayos e investigaciones en la propagación de la especie empleando diversos tratamientos, no se han obtenido resultados significativos.

Así, las tasas de germinación siguen siendo bajas, por lo que se resalta la importancia de realizar investigaciones sobre la fenología reproductiva de la especie. Lo anterior bajo la premisa de asegurar la colecta de semillas maduras y obtener lotes con una mayor viabilidad para la restauración del ecosistema (Diazgranados, (s.f)).

Para entender esta especie desde el punto de las relaciones filogenéticas falta mucho por avanzar (Sanchez, 2004) debido a factores en la relación suelo-planta-agua, hongo-planta, formas de crecimiento, polinización, competencia con otras especies, y procesos evolutivos de adaptación y dinámica poblacional.

En el contexto anterior, es de aclarar que la semilla está expuesta a condiciones ambientales como el exceso de agua lluvia, sequía, ataque de insectos, competencias de arvenses, o simplemente el ataque de insectos que ocasionan una alta mortalidad de las plántulas en el entorno natural (Tintinago, 2019). Lo anterior conlleva a la necesidad de establecer métodos para la colecta de semilla que influyan en la calidad de acuerdo con la selección de lugar, fertilización, momento de cosecha y los factores de poscosecha en las etapas básicas de trilla, aventado, acondicionamiento, almacenamiento, empaque y análisis de calidad.

Objetivos

Objetivo general

Analizar desde el punto de vista teórico los factores que influyen en la producción y calidad de semilla botánica en Frailejón (*Espeletia* spp.) como insumo para el establecimiento de estrategias para su óptima propagación y conservación

Objetivos específicos

- Evidenciar los factores que influyen en la producción y calidad de semilla botánica de *Espeletia* spp. en su etapa reproductiva y su relación con los factores bióticos y abióticos
- Evidenciar los factores que influyen en la conservación y calidad de semilla botánica de *Espeletia* spp. en su etapa de poscosecha y almacenamiento, así como la interacción entre ellos

Características edafoclimáticas de *Espeletia sp*

Climáticas

- **Temperatura.**

Los ecosistemas de páramo se caracterizan por el frío intenso durante varias horas al día y presenta cambios de temperatura teniendo una variabilidad entre los 0°C y 20°C. Estas condiciones han tenido repercusiones en los seres que habitan los páramos, haciendo que las plantas se parezcan a las del desierto. Debido a las bajas temperaturas en la mayor parte del día el agua que existe en grandes cantidades no puede ser aprovechada por las plantas, además por el efecto del viento y la acidez del suelo hacen que la absorción del agua por las raíces sea difícil (Miño, 2011).

Los frailejones (*Espeletia sp*), se desarrollan en ecosistemas de páramos y que es considerado como un ecosistema natural y transformado en alta montaña, y se caracteriza por variaciones de temperatura diurnas y bajas de aire (Vargas O. , 2016).

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 *Espeletia* 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).

El género *Espeletia* tiene un amplio rango de distribución desde los 2100 m.s.n.m en bosques nublados hasta los 4000 m.s.n.m en el límite de superpáramo y con un alto porcentaje de especies entre los 3000 y 3700 m.s.n.m (Velasco, 2018).

En el rango 3000 y 3700 m.s.n.m está la especie *Espeletia schultizii* y su población está distribuida en el ámbito altitudinal de los páramos entre los 2600 y 4200 m.s.n.m.

(Castrillo, 2006). Otras especies que se encuentran en el rango de distribución altitudinal entre los 3400 a 3900 m.s.n.m son *Espeletia barclayana*, *Espeletia hartweigiana*, *Espeletia lopezii*, *Espeletia congestiflora* y *Espeletia conglomerata* (Vargas O. , 2016).

La temperatura cercana al punto de congelamiento, periodos de sequía con altas temperaturas en la superficie del suelo o inestabilidad del sustrato, producen una gran mortalidad de las plántulas (Vargas & Pérez, s.f).

Las bajas temperaturas de los ecosistemas de páramo ocasionan una menor tasa metabólica en los tejidos y el embrión de la semilla de tal manera origina una lenta tasa de consumo en las reservas nutricional favoreciendo el mantenimiento de semillas viables en el suelo por prolongados periodos de tiempo (Vargas, Malgarejo, Pérez, Rodríguez, & Insuasty, 2014).

En los ecosistemas alpinos se presenta una alta favorabilidad de mantener semillas viables en el suelo, debido a las bajas temperaturas que inciden en el retardo del consumo de reservas y la baja presencia de depredación y patógenos (Velasco, 2018).

- **Humedad.**

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 de (Figuroa & Cárdenas, 2015) en la descripción de la zona del Páramo de Chisacá la humedad relativa varía entre el 50% y el 90% lugar donde se adapta *Espeletia grandiflora*.

- **Precipitación.**

En el estudio de (Velasco, 2018) presenta una tabla de precipitación entre el periodo de junio de 2015 y febrero de 2016 y los resultados se muestran en la siguiente tabla 1.

Tabla 1.

Precipitación total y media mensual y diaria máxima y mínima registrada en El ahogadero Tame (Arauca) PNN El Cocuy (Velasco, 2018)

Mes	No. días	Total	Precipitación mensual (mm)		Precipitación diaria (mm)	
		Eventos	Total	Media	Máxima	Mínima
Julio	3	309	61.8	20.60	24.6	15
Agosto	31	3196	639.2	20.62	88	1.4
Septiembre	30	1266	253.2	8.44	34	0.2
Octubre	29	893	178.6	6.16	29.4	0.2
Noviembre	28	1060	212	7.57	33.8	0.2
Diciembre	20	802	160.4	8.02	27.6	0.2
Enero	7	41	8.2	1.17	2.4	0.2
Febrero	10	61	12.2	1.22	4.8	0.2
Total	158	7628	1525.6			

En la investigación de (Velasco, 2018) la apertura de inflorescencia en la especie *Espeletia curialensis* comenzó a finales del mes de julio y mayor aumento hacia mediados de septiembre y mediados de noviembre en la que coincide con la disminución de la precipitación.

El autor (Velasco, 2018) cita a (Fagua & Bonilla, 2005) en la apertura de la inflorescencia en *Espeletia grandiflora* coincide con la especie de *Espeletia curialensis* y muestra la floración en época seca.

La germinación de las semillas durante el inicio de las precipitaciones no solo es una necesidad fisiológica de la semilla para mantenerse hidratada, sino una estrategia que permite aumentar las probabilidades de establecimiento de las plantas, se han encontrado mortalidad de plántulas de *Espeletia* durante épocas de sequía (Vargas & Pérez, s.f).

El proceso de germinación ocurre generalmente en épocas lluviosas y la mayor mortalidad de plántulas se origina en tiempos de sequía (Velasco, 2018).

Según Velasco igualmente plantea la hipótesis en que las fuertes precipitaciones pueden afectar la relación planta-polinizadores, dando como consecuencia una baja fecundidad de semillas. Apoyado por Arguedas (1997) las precipitaciones intensas y continuas pueden afectar la producción de semillas.

- **Radiación solar.**

El ecosistema de páramo cuenta con la mayor altitud del mundo e irradiación solar del planeta. (Hofstede, Segarra, & Mena, 2003). La delgada capa que existe no tiene la capacidad de filtrar los rayos ultravioletas, por lo que a pesar de que el ecosistema de páramo presenta temperaturas bajas, los rayos solares queman mucho (Miño, 2011).

Las plantas de páramo están sometida a un alto ingreso de radiación solar y una baja disponibilidad de agua, por lo que estas plantas es importante conservar sano el aparato fotosintético, protegiendo del exceso de radiación UV (Rosquete, 2004), igualmente Rosquete argumenta y cita a Meinzer, y otros, (1985) que para la especie *Espeletia schultzii* ocurre un momento del grosor de pubescencia a medida que se incrementa la altitud y una estrategia adaptativa de la especie es que la planta aumenta su protección ante la radiación UV.

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. que presenta valores elevados de radiación. En la tabla 2 se encuentran los resultados descritos en el año 2003.

Tabla 2.

Valores máximos (RN_{Max}), mínimos (RN_{Min}) y promedios diurnos (RN_{MD}) de Radiación Neta (W/m^2) en la “La Aguada” durante diferentes cursos (Rosquete, 2004)

Curso	RN_{Max}	RN_{Min}	RN_{MD}
24 al 26 de abril	969.2	-56.1	194.7
30 de abril al 2 de mayo	1047.0	-271.2	547.4
11 al 13 de agosto	679.9	-265.1	305.7
13 al 15 de agosto	515.4	-271.2	156.2

En los días más soleados con respecto a la temperatura foliar en la especie *Espeletia schultzei* se describen en la siguiente tabla 3

Tabla 3.

*Temperatura foliar de *Espeletia schultzei* durante los diferentes intervalos de tiempo (Rosquete, 2004)*

Intervalos de tiempo	$TF_{Mdiurna}$ °C	TF_{maz} °C	TF_{min} °C
24 al 26 de abril	10.1±0.8	16.2±0.2	1.8±0.1
30 de abril al 2 de mayo	13.9±1.5	28.2±0.1	-0.4±0.2
11 al 13 de agosto	13.2±1.1	24.9±0.2	0.6±0.1
13 al 15 de agosto	10.7±0.8	19.3±0.2	1.6±0.2

En los resultados de esta tabla se puede inferir que en los días más soleados entre el curso de 30 de abril a mayo 2 el autor describe que la nubosidad fue muy baja y no apareció la neblina y las noches fueron totalmente despejadas y para el comportamiento térmico de la especie *Espeletia schultzii* fue el curso donde registró los valores más altos en la temperatura foliar.

Edáficas

- **Relieve (Topografía).**

El género *Espeletia* se originó en un tiempo geológico reciente, quizás en el periodo del Pleistoceno temprano o tardío (Velasco, 2018).

La altitud tiene efecto en la altura de las plantas ya que se ha observado la tendencia que, al aumentar la elevación, disminuye la altura de las plantas, tamaño de las hojas y la composición florística en general (Sanchez, 2004).

Estudios de (Bolaños, Patiño, & Jairo, 2018) comprueban con respecto al estado fenológico referente a botón, flor y fin de la floración presentaron una mayor densidad en la cota altitudinal de 3700 metros. El estado vegetativo mostró mayor densidad con promedio mayores a los 3800 metros. Individuos muertos y con presencias de semilla muestra un promedio similar a las alturas anteriormente mencionadas. También se afirma que el tamaño de las rosetas disminuye de manera significativa al aumentar la elevación, como consecuencia el gradiente altitudinal es un factor limitante para el crecimiento de las plantas.

- **Características físicas del suelo (Textura).**

Investigaciones de (Mendoza & Martinez, 2011) aplicaron diferentes sustratos en la propagación de *Espeletia conglomerata* con una mezcla de tierra negra, arena y capote de frailejón "*Espeletia conglomerata*", con proporciones de 50% de arena, 25% de tierra negra

y 25% de capote de frailejón con el objetivo de evitar la compactación de los sustratos dentro de la bolsa. Se recomienda que las bolsas utilizadas tengan una capacidad máxima de 2 Kg para facilitar el manejo en el vivero y en el campo. En el estudio se trasplantó 4397 plántulas y al año se evaluó la mortalidad, encontrándose pérdidas de 707 plántulas que equivalen al 16 %, también en las 100 plántulas evaluadas se encontró que el 60% de estas alcanzaron una altura de 5 cm.

- **Contenidos de nutrientes del suelo.**

La mayor parte de los suelos de páramo de Colombia y Ecuador están influenciados por cenizas volcánicas y material parental, constituido por lutitas, lutitas calcáreas y cenizas volcánicas. (Ramirez, Duarte, & Galeano, S.F).

En la investigación de (Tintinago, 2019) realizó la evaluación de cuatro sustratos para la germinar la semilla de la especie *E. hartwegiana* en el páramo de Pancitará - Cauca y realizó la caracterización química que se muestran en la tabla 4.

Tabla 4.

Resultados de caracterización química de sustratos para algunos nutrientes (Tintinago, 2019)

Sustrato	pH	P Ppm	K Cmol/1000	Al g	M.O %	Cu ppm	Fe
Sustrato del suelo	5.52	35.9	0.87	-	9.56	0.3	4
Sustrato suelo + Lombricompost	6.65	221.0	85.77	-	11.36	0.2	3.2
Suelo + Compost	6.58	203.6	7.83	-	12.85	0.4	3.6
Suelo + Mantillo	4.01	46.3	0.77	2.0	15.13	0.6	8.0

- **Características biológicas del suelo asociadas al cultivo y su uso.**

En los suelos de páramo se presentan bajas concentraciones de fósforo disponible, debido a esto existen microorganismos que solubilizan fosfatos inorgánicos no asimilable en forma soluble como algunos asociados a la rizósfera del frailejón, estos microorganismos cumplen dicha función y son de las especies del género *Penicillium* y *Aspergillus* (Vargas O. , 2016).

Estas especies de microorganismos rizosféricos están relacionados con el crecimiento y la nutrición vegetal, realizan la degradación de la materia orgánica y fijan el nitrógeno y solubilizan elementos minerales (Vargas O. , 2016).

Caracterización del género *Espeletia* sp

Características morfológicas de la planta

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 (Figueroa & 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 O. , 2016).

La inflorescencia es simple en capítulos que están conformadas por un gran número de flores simples femeninas “flósculos” y masculinas “lígulas” (Figueroa & Cárdenas, 2015) citado de (Sendoya & Bonilla, 2005).

La morfología de las semillas es de forma ovoide y piramidal, con una cubierta seminal delgada y blanda de color negro, en el interno son de forma ovoide y piramidal, lisa, de color blanco y con cotiledones gruesos y carnosos separados entre sí (Mancipe, 2020)

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).

Comportamiento fisiológico de la planta

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 (Sanchez, 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 spp.* 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).

En la investigación de (Fagua & Argenis, 2005) la fenología de la floración en los capítulos la apertura de las brácteas del involucre, que tiene la función de proteger las flores femeninas y masculinas duró en un periodo de cinco a siete días, después el capítulo entra en un periodo de cuatro días en el que se abrió completamente las lígulas de las flores femeninas. Después de este proceso comenzó la antesis de las flores simples que duró entre 12 a 15 días y posteriormente el capítulo senesció y en aproximadamente ocho semanas comenzó la dispersión de las semillas.

Ciclo reproductivo del género

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 (Figuroa & Cárdenas, 2015).

Potencial genético del género

La diversidad genética de las plantas se permite adaptar a diferentes ambientes, los mecanismos que promueven la diversidad genética en las plantas relacionado con la interacción polen-pistilo participa en la identificación y rechazo del polen propio que se denomina incompatibilidad sexual (Juárez, 2019).

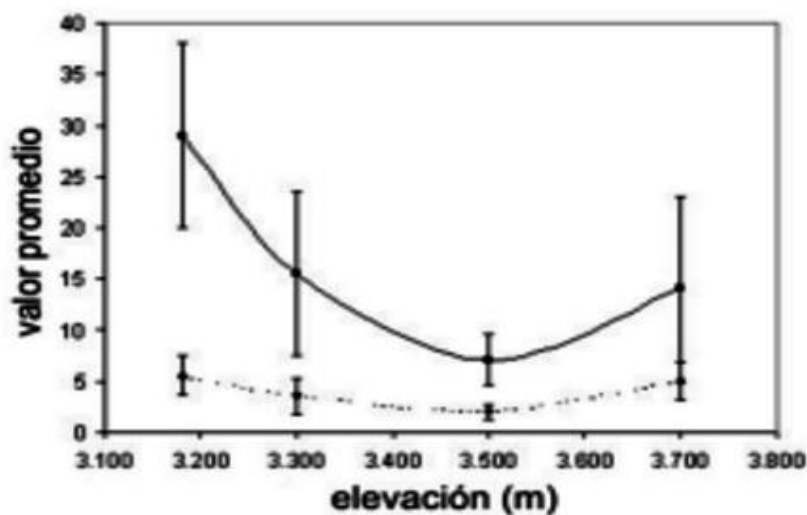
El estrés osmótico ocasionado por las condiciones ambientales, por sequía, salinidad y temperaturas bajas limita el crecimiento y productividad de la planta, estas responden y se adaptan a las condiciones adversas con una serie de cambios, morfológicos, bioquímicos, fisiológicos, regulados por múltiples rutas de señalización en respuesta al estrés (García, Gómez, Trejo, & Herrera, 2013).

Las plantas han desarrollado mecanismos para recibir señales externas y expresar respuestas adaptativas a nivel morfológico, bioquímico y fisiológico y se ha demostrado que las tensiones abióticas causan regulación a largo plazo de la expresión genética (Hirayama & Shinozaki, 2010)

Estudios de (Benavides, Burbano, Urbano, & Solarte, 2007) en el efecto del gradiente altitudinal de *Espeletia pycnophylla* ssp. en las variables fenológicas en el número de semi-inflorescencias por individuo (NSI) y el número de capítulos por individuo (NCI), los autores argumentan que existe un punto crítico de producción reproductiva y una relación inversa en zonas de mayor población en un espacio determinado.

Figura 1.

Variación del valor promedio NSI y NCI en plantas adultas de E. pycnophylla ssp. angelensis en el gradiente altitudinal estudiado en el páramo el Infiernillo.



Nota. (Nariño-Colombia) (Benavides, Burbano, Urbano, & Solarte, 2007)

De acuerdo con la figura 1 los autores concluyen (Benavides, Burbano, Urbano, & Solarte, 2007) que existen diferencias significativas con respecto a la elevación entre los 3180 y 3500 m.s.n.m. en cuanto a la producción de NCI y para la NSI representó de forma significativa entre las elevaciones 3180 y 3500 m.s.n.m. La producción de NCI y NSI disminuye progresivamente desde los 3180 m.s.n.m y alcanzan el punto mínimo en los 3500 m.s.n.m. Se puede evidenciar que los valores tienden a incrementarse en altitud de 3700 m.s.n.m. (Benavides, Burbano, Urbano, & Solarte, 2007) explicar que la capacidad de

carga dentro de la competencia intraespecífica es un factor determinante en la producción media en la estructura reproductiva en los individuos de la población.

Sanidad vegetal

Manejo integrado de plaga

Se presentan interacciones de los insecto- plaga positivas que es la polinización, pero negativas en los frailejones como por ejemplo la herbivoría causada por larvas lepidóptero que se caracterizan por ser insectos fitófagos y consumen hojas del meristemo, causando el marchitamiento, estas larvas afectan la estructura vegetal de frailejón, alterando su ciclo de vida volviendo más vulnerable la planta (Gomez, 2018).

Según (Gomez, 2018) estas larvas se sienten atraídas por las plantas cuanto tiene la presencia de la flor y fruto, en esta fase fenológica favorece la formación de nuevos microhábitats y microclimas favorables para el establecimiento de especies plaga. Se afirma que en tiempo de floración del frailejón se establecen algunos artrópodos, indicando una oferta de alimento temporal.

Las estrategias en el manejo integrado de plagas (MIP) es la aplicación de hongos entomopatógenos. En la investigación de (Bustamante, 2019) en su metodología recolectó de manera manual larvas de la especie *O. espeletiae* en *E. grandiflora* que presentó un gran daño causado por el consumo de herbivoría en las hojas más jóvenes. Se procedió llevarlas a laboratorio con las hojas jóvenes de *E. grandiflora* como fuente de alimentación de las larvas. En estudios de (Bustamante, 2019) donde aplico *Bauveria bassiana* y encontró que las larvas fueron infectando las larvas de la especie *O. espeletiae* y afirma que lo convierte en un candidato con potencial de control biológico de insectos para ecosistemas de páramo.

Manejo integrado de enfermedades

Debido a la escasa información no se ha presentado un manejo integrado de enfermedades (MIE) en el género. En la última década se han hecho reportes por afectación

de patógenos e insectos que causa una muerte repentina en varias especies de frailejones que ha sido registrado en Colombia, Ecuador y Venezuela (Burbano, y otros, s.f).

A continuación, se presenta un reporte de las enfermedades reportadas en la última década en las diferentes especies de frailejón.

Figura 2.

Línea tiempo de reportes de aparición de síntomas en Frailejón en paramos de Colombia y Venezuela. Fuente (Burbano, y otros, s.f)

2009	Sumapaz - Chingaza	Primer reporte de la afectación de los frailejones describiendo síntomas de encrespamiento.
2010	Sumapaz - Chingaza	Reportes de afectaciones relacionadas con hongos patógenos del género <i>Colletotrichum</i> e insectos del género <i>Dyscolus</i>
2011		
2012	Sumapaz - Chingaza	Registro de 22 géneros de posibles hongos fitopatógenos presentes en hojas de frailejones sanos y enfermos de la especie <i>E. grandiflora</i> , entre los que se destacan <i>Fusarium</i> , <i>Botrytis</i> y <i>Alternaria</i> .
2013	Sumapaz - Chingaza	Se reportan hongos de los géneros <i>Fusarium</i> , <i>Peciliomyces</i> , <i>Alternaria</i> , <i>Cladosporium</i> y <i>Mucor</i> asociados a frailejones <i>E. grandiflora</i> sanos y enfermos Reporte en <i>E. argentea</i> de mayor incidencia de la afectación en épocas secas. Asociación de la larva <i>Helminia</i> sp. a pérdida de tejidos, clorosis y deformación de las hojas de los frailejones <i>Espeletia</i> sp.
2014	Sumapaz - Chingaza	Hongos de los géneros <i>Cladosporium</i> , <i>Mucor</i> y <i>Alternaria</i> están asociados a frailejones <i>E. argentea</i> enfermos. Hongos de los géneros <i>Penicillium</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Paecilomyces</i> , <i>Cladosporium</i> y <i>Bauveria</i> se encuentran asociados a frailejones <i>E. grandiflora</i> sanos y enfermos.
2015	Sumapaz - Chingaza	Se reporta hongos de los géneros <i>Fusarium</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Paecilomyces</i> , <i>Cladosporium</i> , <i>Mucor</i> y <i>Lecanicillium</i> en frailejones <i>E. argentea</i> afectados y no afectados Se asocia a hongos patógenos del género <i>Botrytis</i> con el síntoma de pérdida de pubescencia foliar en frailejones <i>E. pajana</i>
2016		
	Nudo de los Pastos	Primer reporte de afectación de frailejones en Nariño, para la especie <i>E. pycnophylla</i>
2017	Sumapaz - Chingaza	Identificación de las especies fúngicas <i>Ctenostachys rosea</i> , <i>Botrytis</i> sp., <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Epicoccum nigrum</i> , <i>Gibberella zea</i> y <i>Trichoderma harizanum</i> asociados a lesiones de hojas en <i>Espeletia</i> sp.
2018	Sumapaz - Chingaza	Hongos de los géneros <i>Fusarium</i> , <i>Epicoccum</i> y <i>Cornularia</i> asociados a la sintomatología de frailejones <i>Espeletia</i> sp.
	Nudo de los Pastos	Hongos de los géneros <i>Nigrospora</i> , <i>Claviceps</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Pestalotiopsis</i> e <i>Hypoxylon</i> relacionados con necrosis, clorosis y entorchamiento en frailejones <i>E. pycnophylla</i> Segundo reporte de afectación de frailejones <i>E. pycnophylla</i> en Nariño Tercer reporte de afectación de frailejones <i>E. pycnophylla</i> en Nariño
2019	Nudo de los Pastos	Hongos de los géneros <i>Fusarium</i> , <i>Sclerotinia</i> , <i>Colletotrichum</i> y <i>Phoma</i> asociados a la enfermedad de los frailejones <i>E. pycnophylla</i> Géneros de insectos <i>Neomyopites</i> , <i>Dyscolus</i> , <i>Diabrotica</i> , <i>Bradysia</i> y <i>Carphophilus</i> como posibles vectores de hongos fitopatógenos en frailejones <i>E. pycnophylla</i> Hongos de los géneros <i>Fusarium</i> , <i>Botrytis</i> , <i>Alternaria</i> y el <i>Chromista</i> <i>Pythium</i> asociados a la rizósfera, igualmente especies endófitas, saprófitas y posibles patógenos destacando a <i>F. oxysporum</i> , <i>F. graminearum</i> , <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Epicoccum nigrum</i> , <i>Phoma</i> sp de frailejones <i>E. pycnophylla</i> enfermos
	Cordillera de Mérida	Reporte de problemas fitosanitarios en rosetas gigantes <i>Coespeletia spicata</i> y <i>Coespeletia timotensis</i>
	Sumapaz - Chingaza	La especie <i>Sclerotinia sclerotium</i> se identificó como agente causal de la enfermedad denominada pudrición blanca en <i>E. grandiflora</i>
2020		

(Mendoza & Martinez, 2011) en el ejercicio de identificación de patógenos, los principales enemigos fue los coleópteros, y una vez que identificado el vector que impactaba las plántulas aplicaron un producto de origen orgánico CapsiAlil que eliminó de manera efectiva el patógeno que estaba causando daño a la plantación de *Espeletia conglomerata*.

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.

Competencia con otras especies

De acuerdo con las observaciones (Gallego & Bonilla, 2015) en la especie de *Espeletia uribei* se ve favorecido con un suelo cubierto que lo protege de la alta radiación ultravioleta, heladas y protección de depredadores de semillas. En esta misma investigación (Gallego & Bonilla, 2015) la especie *E. uribei* presentó una asociación con hierbas alrededor que facilitó el establecimiento de plántula puesto que permitieron una mayor disponibilidad de luz.

Según (Gallego & Bonilla, 2015) cita a Moreno (2008) reporta los micrositos adecuados para la germinación y establecimiento de la especie *E. killipii* en la zona de Chingaza debe tener espacios abiertos y asociados a las especies *Sphagnum magellanicum* y con una cobertura no muy densa de otras especies para este establecimiento. En la afirmación del Moreno (2008) de (Gallego & Bonilla, 2015) la especie *E. grandiflora*

necesita de micro claros y condiciones favorables igual que *E. uribei* en la que requiere zona abierta y cobertura herbácea para establecerse.

Cosecha

Época y momento de cosecha

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).

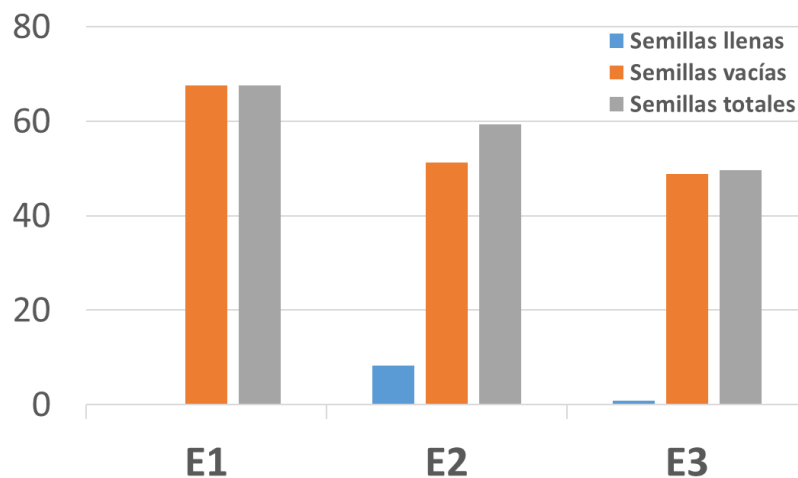
Figura 3.

Estados fenológicos de maduración de cabezuelas de Espeletia grandiflora (Sánchez, Guevara, Ceballes, & Suárez, 2020).



Figura 4.

Número de semillas por inflorescencia en diferentes estados fenológicos de formación y madurez (Sánchez, Guevara, Ceballes, & Suárez, 2020)



(Sánchez, Guevara, Ceballes, & Suárez, 2020) evaluaron las variables de semillas llenas y vacías a partir de los tres estados y los resultados se mencionan con la siguiente figura 4.

De acuerdo con la figura el mayor número de semillas llenas se encontró cuando las cabezuelas se hallan en el estado fenológico II.

La metodología que establecieron (Mendoza & Martinez, 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.

Método de cosecha y colecta

Para la colecta de las semillas lo primero que se debe es ubicarse geográficamente en poblaciones suficientes de la especie. Seleccionar las semillas de individuos aleatorios con el fin de obtener una muestra de alta diversidad genética (Perez & Velasco, Viveros de páramo para la restauración ecológica, 2021).

Para evitar el deterioro y envejecimiento de la semilla se deben ubicar en un lugar seco y evitar la exposición directa al sol. (Perez & Velasco, Viveros de páramo para la restauración ecológica, 2021).

La colecta de semillas debe ser constante en varios periodos de reproducción, se debe asegurar que la semillas estén maduras al ser colectadas (Perez, Alejandra, Orlando, & Marina, 2014).

Se presenta que las semillas colectadas en campo tienen un contenido de humedad alto entre un 10-20% y que son susceptibles a contaminarse de hongos y bacterias debido a las semillas húmedas tienen altas tasas de respiración y el oxígeno se reduce debido a una aireación inadecuada y se fermentan (Rao, y otros, 2007). Para colectar semillas utilizar bolsas de papel, utilizar bolsas que permitan la circulación del aire, si se colectan con humedad superficial sacarlas primero a la sombra o en un cuarto con buena ventilación, dispersándose sobre papel secante antes de transferirlas a bolsas de papel o de tela (Rao, y otros, 2007).

Para el género *Espeletia* se realiza la cosecha manual. Se recolectan los tallos florales, no se debe agitar para evitar el desprendimiento de las semillas que están en la inflorescencia.

Poscosecha de semillas

Principio básico del beneficio de las semillas

Las tareas esenciales para el beneficio de las semillas son el secamiento, acondicionamiento y almacenamiento con el objetivo de tener semillas de alta calidad, un máximo porcentaje de semilla pura, con un grado alto de uniformidad vigor y germinación.

Para (Davila, 1986) lograr dichos objetivos se debe:

- Remover el exceso de humedad
- Remover contaminantes
- Clasificar las semillas
- Proteger las semillas contra plagas y enfermedades

Método de trilla

La operación de trilla consiste en separar los granos, parte de la planta que lo sustenta (FAO , 1993).

La operación de la trilla o desgrane se realiza después de la recolección y del presecado de los productos (FAO , 1993).

Según la influencia de factores agronómicos, económicos y sociales se procede a la trilla o desgrane de las diferentes maneras según (FAO , 1993).

- Trilla o desgrane a mano, con ayuda de un instrumento sencillo
- Trilla con ayuda de animales o vehículos
- Trilla o desgrane mecánico con ayuda de máquinas sencillas accionadas manualmente
- Trilla o desgrane con ayuda de máquinas de motor

El desgrane a mano para el caso del girasol esta operación se puede realizar con mayor eficacia golpeando con un palo seco lleno de cabezuelas (FAO , 1993).

Para el caso del género *Espeletia* no se han evidenciado estudios e información sobre métodos de trilla y cuál es el método más conveniente para realizar dicha operación.

Método de secado

El Proceso de secado es fundamental para la conservación de la calidad y la producción. Se utilizan un grupo de metodologías para la determinación de las semillas antes y después de secar. Estas propiedades son determinación de la masa, pérdida de peso o variación de la masa y contenido de humedad (Moinelo, Morejon, & Dominguez, 2018).

Es un proceso que se realiza con el objetivo de acondicionar la semilla para el almacenamiento y especialmente cuando se pretende contar con las cantidades de semillas viables desde la colecta hasta el momento de la siembra (Vivero Forestal , s.f).

En su investigación de W. Ramirez (2018) determinó el contenido de humedad en la especie *Espeletiopsis corymbosa* colectando la semillas en la fecha 13 de junio de 2016 y 18 de septiembre de 2018 y a partir del peso inicial los lotes se colocaron individualmente en un analizador de humedad a una temperatura de 150°C durante ± 4 minutos, el contenido de humedad inicial (Ramirez W. , 2018) estimó gracias a la estabilidad de la curva de pérdida de peso presentada por el analizador. Los datos de peso y contenido de humedad inicial obtenido al final de la prueba (Ramirez W. , 2018) lo sometió a la siguiente fórmula.

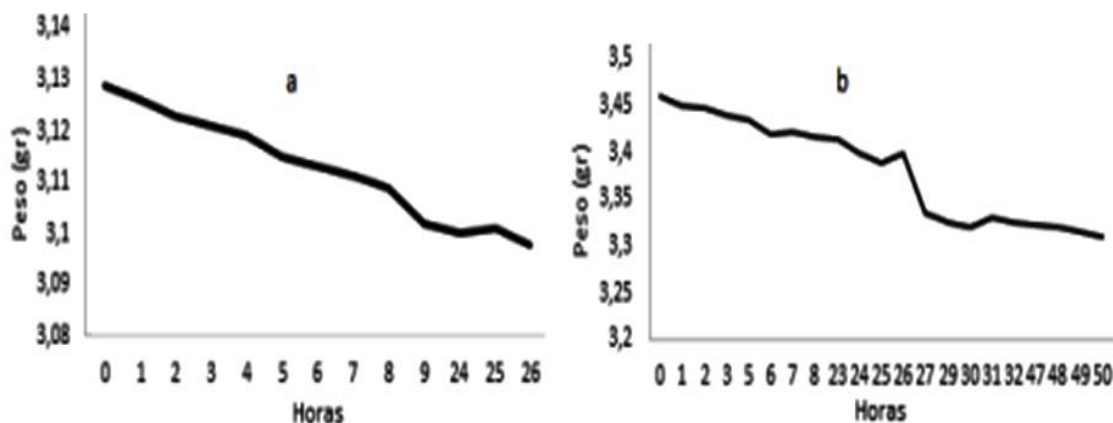
$$\text{Peso inicial} * \frac{100-CH \text{ Inicial}}{100-CH \text{ Previsto}} = \text{Peso inicial del lote al 5\% de CH}$$

(Ramirez W. , 2018) argumenta que en la fórmula en la cual determina el peso final que debe presentar la semilla a un CH del 5%; para lograr disminuir el CH inicial hasta el

rango 5% se sometieron los lotes de contacto con sílice gel a una temperatura de $\pm 19^{\circ}\text{C}$ y en oscuridad. (Ramirez W. , 2018) realizó el monitoreo de peso cada hora hasta llegar al peso establecido por la fórmula.

Figura 5.

Curva de semillas de *E. corymbosa* de dos fechas de colecta a) 13 de junio 2016, b) 18 de septiembre 2017, semillas sometidas a contacto con sílice gel (Ramirez W. , 2018)



De acuerdo con la figura la curva de secado W. Ramirez (2018) argumenta que en las dos fechas de colecta de semillas al ser introducidas con sílice gel y mantenidas a una temperatura ambiente de $\pm 20^{\circ}\text{C}$ presentaron una disminución en el contenido de humedad inicial CHI. El análisis (Ramirez W. , 2018) lo acompañó con una prueba de viabilidad de tetrazolio y permitió determinar que las semillas de la especie *E. corymbosa* son de tipo ortodoxas, y que se caracterizan por ser semillas que pueden secarse a un CH bajo alrededor del 5 % (Peso húmedo) y almacenarse a diferentes temperaturas bajas o inferiores a 0°C durante largos periodos (FAO, 1991).

Método de limpieza

La limpieza de semillas es la eliminación de desechos, material inerte, semillas dañadas e infectadas y de semillas de otras especies con el fin de mejorar la calidad y almacenamiento (Rao, y otros, 2017).

Los métodos de limpieza de semilla son:

- Tamizado se usan diferentes tipos de malla y un tapón de goma para separar las semillas del detrito (BGCI, s.f)
- Uso de aspiradora para separar semillas infestadas/ vacías y el detrito (BGCI, s.f)
- Limpieza manualmente (BGCI, s.f)
- Flotación en agua es un tratamiento para eliminar impurezas pequeñas, el método depende en las diferencias de densidad por la cual las semillas sanas caen al fondo del baño y el material más liviano flotan sobre la superficie (FAO, 1983).

Para el género *Espeletia* es poca la información sobre los métodos de limpieza de semilla mencionados anteriormente.

Peletizado en las semillas

El peletizado de semilla es una técnica en la que consiste en envolver las semillas en diversos materiales y que sean capaces de lograr un conjunto de características favorables en condiciones naturales (Giménez, Sampaio, & Durán, s.f), el peletizado de semilla permite mayor protección a plagas, mejora la germinación y aporta sustancia a las necesidades iniciales de cada cultivo (LABICAR, s.f).

La peletización de las semillas fue utilizada para cambiar la forma y tamaño de la semilla con el objetivo de una mejor manipulación de semillas hortícolas, y puede ser usado como siembra de precisión y protección, además esta técnica mejora el rendimiento de los cultivos, tiene un rol fundamental en la siembra de precisión al uniformizar las condiciones

externas de las semillas y contribuyen a la nutrición complementaria. (Vergani & Zuñiga, 2018).

Para (Vergani & Zuñiga, 2018) la peletización con fertilizantes es una opción atractiva debido al alto potencial de las capacidades bioquímicas en los microorganismos que permite una mayor asimilación de nutrientes, fijar nitrógeno, produciendo hormonas vegetales actuando como antagonista en los patógenos.

El objetivo general descrito por (Giménez, Sampaio, & Durán, s.f) en la aplicación de esta técnica son:

- Posibilitar el microambiente favorable para que los microorganismos útiles hayan sido inoculados a las semillas desarrollen plenamente la actividad
- Proteger las semillas en contra de patógenos (insectos, hongos)
- Permitir un control necesario para la germinación, a través del uso de sustancias estimulantes de crecimiento
- Aumentar la longevidad del lote de las semillas, manteniendo los beneficios de un tratamiento durante el periodo de almacenamiento.

Empaque y almacenamiento

Empaque

El empaque de la semilla se coloca una muestra de la semilla pesada o contada en un recipiente, en la que se procede a cerrar herméticamente para su posterior almacenamiento.

El empaque de las semillas puede afectar las características físicas como el peso, color, contenido de humedad, el (Rao, y otros, 2007) empaque tipo poroso y absorbente afecta la viabilidad de la semilla y los empaques impermeables evitan en problema siempre y cuando las semillas sean bien secadas (Jaramillo, Yolanda, & Dominguez, 1993).

Las semillas con un bajo contenido de humedad, en empaque sellados mantiene la buena germinación en condiciones de baja temperatura entre los 4 - 5 °C y humedad relativa (Jaramillo, Yolanda, & Dominguez, 1993).

El momento oportuno para empacar semillas es inmediatamente después de haber determinado el contenido de humedad dentro de los lineamientos para el almacenamiento seguro (Rao, y otros, 2007).

Los empaques se pueden utilizar en recipientes de diferentes tipos y depende de las condiciones de almacenamiento y de la especie, es importante que el material y el empaque sea totalmente impermeable al agua y adecuado a largo plazo (Rao, y otros, 2007).

La evaluación y calidad de los recipientes (Rao, y otros, 2007) establece los siguientes ítems:

- 1.** Llena los recipientes con gel sílice auto indicador regenerado y sellarlo de la misma forma como si fuera almacenar semillas
- 2.** Con la ayuda de balanza analítica determinar el peso de los recipientes

3. Colocar los recipientes en un secador por encima del agua, pero sin tocar con un tiempo aproximado de una semana
4. Retirar los recipientes del secador y dejar que la superficie se seque
5. Pesar los recipientes y registrar el cambio en el peso y examinar el color del gel sílice
 - Si el peso de los recipientes permanece constante, entonces es a prueba de humedad y el sello es bueno
 - Si el peso de los recipientes aumenta y el gel sílice se vuelve rosado o azul pálido, se puede concluir que es de mala calidad o el sello tiene fugas de humedad
6. Ajustar el sello y repetir las pruebas para confirmar la calidad de los recipientes

Los ensayos y pruebas que se han realizado para semillas en el género *Espeletia* no han mencionado que tipos de recipientes utilizan para el empaque de la semilla, y cuáles son los factores para la selección de recipientes adecuado para el empaque de semillas.

Almacenamiento

Las semillas almacenadas constituyen el medio de producción de primera importancia y es necesario mantenerlas en las mejores condiciones con el fin de asegurar el máximo poder germinativo y otros parámetros de calidad (Doria, 2010).

Para estudios de germinación se sugiere aplicar tratamientos en poco tiempo de ser colectadas, recomendable entre los 7-10 días después de la colecta. En zonas de alta montaña y en ecosistemas de bosque húmedo la temperatura óptima de almacenamiento de semillas oscila entre los 4 a 15 °C. (Pérez, Rodríguez, Vargas, & Melgarejo, 2014). No todas las semillas colectadas se pueden almacenar debido a que algunas presentan un periodo de latencia corto (Mendoza & Martinez, 2011).

(Mendoza & Martinez, 2011) recomienda tener en cuenta a la hora de almacenar semillas:

- No todas las semillas se conservan y se deben sembrar de inmediato
- Algunas semillas tienen un periodo de conservación corto
- Algunas semillas pueden durar por un largo tiempo y para poder almacenarlas se debe conocer el estado de maduración, libres de enfermedades y plagas y que no presenten daños mecánicos
- El almacenamiento de semillas se debe hacer en bolsas de papel en un lugar seco, con el objetivo de mantener las semillas en un estado óptimo

(Doria, 2010) argumenta que un almacenamiento adecuado de la semilla se logra de dos maneras:

- Ubicando en un área geográfica en donde las condiciones climáticas sean favorables, y solo bastaría secar las semillas y llevar su contenido de humedad a un nivel de equilibrio con el ambiente que la rodea, luego empacarlas para evitar cualquier tipo de contaminación o absorción de humedad
 - Control de factores ambientales que rodea la semillas y los métodos de almacenamiento de la semilla existen diferentes tipos:
 - Abierto sin control de humedad: Se pueden almacenar en forma de capas delgadas, que estén bien ventiladas, y protegida de animales y cubierta de las lluvias (Doria, 2010)
 - En seco con control de humedad: Las semillas han sido secadas y se pueden almacenar en bolsas selladas o en recipientes herméticos que aseguren minimizar la fluctuación de humedad (Doria, 2010)

- En seco con control de humedad y temperatura: Se aplica habitualmente a semillas ortodoxas, con un control de humedad entre 4% y 8% a una temperatura entre 0 y 5 °C que mantiene la viabilidad en varios años (Doria, 2010)
- En húmedo sin control de humedad ni temperatura: Es el procedimiento adecuado para almacenar semillas recalcitrantes durante pocos meses, se pueden almacenar en capas delgadas y colocadas directamente al suelo, bajo techo bien ventilado, con hojas, arenas, turba o mezcla de ambas cosas (Doria, 2010)
- Semillas almacenadas a la intemperie: Las semillas se mantienen húmedas por la lluvia, pero hay que humedecer periódicamente las que estén bajo cubierta. El objetivo de este almacenamiento es mantener las condiciones húmedas y frescas con buena ventilación (Doria, 2010)
- Baja temperatura-húmedo: Se logra manteniendo bajas temperaturas y algo por encima de la temperatura de congelación y se deben colocar las semillas en recipientes que mantengan la humedad. Se puede mezclar con algún material que retenga humedad como la arena, turba o una mezcla de ambas cosas de tal manera que se humedezca de manera periódica (Doria, 2010)

Plagas y enfermedades de almacén de control

Se requiere un buen control de alta calidad para la producción de semillas. El control de calidad es de relevancia en las regiones tropicales y subtropicales. La validación y comprobación involucra desde la selección de material genético hasta multiplicar la distribución de la semilla (Carvajal, y otros, 2017).

El control fitosanitario de las semillas es de vital importancia, ya que la mayoría de las veces las semillas son portadoras de patógenos que no producen síntomas y para su

detección es necesario utilizar técnicas de laboratorio (Arriagada, 2000). Esta prueba analítica debe cumplir los siguientes requisitos según (Arriagada, 2000):

- El patógeno debe ser identificable con facilidad y certeza
- Los resultados deben ser reproducibles y comparables entre diferentes muestras
- En el caso de infecciones causadas por patógenos cuarentenarios, se debe informar el posible comportamiento en campo de la semilla, y significa la relación entre el resultado del laboratorio y el desarrollo de la enfermedad en el campo
- El método debe ser simple, rápido y económico y en lo posible que sea estandarizado

Métodos fitopatológicos para análisis de semillas

A continuación, se mencionan los métodos utilizados en el análisis de semilla según (Arriagada, 2000):

Análisis de semilla seca.

- **Impurezas:** En el lote de semillas se inspecciona en estado seco con el fin de observar la presencia de insectos y agallas debido a nematodos. Cuando las semillas presentan insectos de alimentación interna para (Arriagada, 2000) se constituye el uso de rayos X.
- **Manchas, decoloraciones y malformaciones indicativas en la presencia de patógenos:** Son fáciles de detectar y se hace necesario de practicar análisis específicos y se puede apoyar en el uso de la luz ultravioleta (Arriagada, 2000).
- **Fructificaciones fungosas sobre semilla seca:** Se requiere el uso de la lupa estereoscópica para la detección de fructificaciones fungosas o restos de micelios que están presentes en la semilla (Arriagada, 2000).

Métodos específicos para detección de bacterias, virus y viroides

Para la exitosa detección de las bacterias en las semillas depende de procedimientos para optimizar el aislamiento y la extracción del patógeno. Los métodos descritos por (Arriagada, 2000)

- **Pruebas bioquímicas.**

Son reacciones usadas en procesos de identificación de bacterias fitopatógenas que son la tinción de Gram, oxidaciones, solubilidad al hidróxido de potasio, hidrólisis de almidón y la gelatina, carbohidratos y ácidos orgánicos (Arriagada, 2000)

- **Métodos de los bacteriófagos.**

Los bacteriófagos se definen como virus destructores de las bacterias y son virus que infectan y lisan las bacterias y que consisten fundamentalmente de material genético y proteínas (Segundo, Efrén, López, & Torres, 2010). En el procedimiento que describe (Arriagada, 2000) consiste en agregar un cultivo de bacteriófagos en la semilla de prueba, la cual debió ser desinfectada superficialmente, macerada y remojada durante veinticuatro horas a temperatura ambiente. El líquido que es el resultado se muestra entre ocho a doce horas después y se determina la titulación del bacteriófago, el aumento en la titulación es prueba del que patógeno está presente en la semilla.

- **Microscopía electrónica.**

El microscopio electrónico, sirve para identificar virus y permite determinar la morfología y el tamaño de los mismo, esta técnica se basa en colocar una grilla de malla trescientos sobre una gota de extracto del material enfermo durante unos tres minutos y una vez que la grilla está seca se coloca sobre una gota contrastante entre tres a cinco minutos y se observa bajo el microscopio (Arriagada, 2000).

Para el género *Espeletia* no se ha evidenciado investigación e información sobre las plagas y patógenos específicos que atacan la semilla, además del control y métodos en el control de enfermedades y plagas.

Control de calidad

Pureza física

Las pruebas de pureza de la semilla se refieren a la mezcla normal de semillas puras con impurezas que pueden ser ramitas con hojas, hojas, ramitas, semillas de otras especies y todo objeto que no sea parte de la semilla pura (Cuevas, 1996).

La pureza física de las semillas se divide en tres fracciones: Semillas puras, material inerte y otras semillas distintas a la especie en estudio (Tamborelli, 2021).

La muestra para el ensayo de pureza puede consistir entre 100 a 1000 semillas y se puede calcular de la siguiente fórmula (FAO, 1983):

$$\text{Porcentaje de pureza} = \frac{\text{Peso total de la semilla pura}}{\text{Peso total de la muestra}} * 100$$

Para el género *Espeletia* es escasa la información y ensayos de pureza de semilla.

Viabilidad

La viabilidad de las semillas se determina con la capacidad de germinar y producir la plántula en condiciones favorables, estas pruebas de viabilidad se pueden realizar para evaluar la cantidad de semillas con potencial de germinación (Pérez, Rodríguez, Vargas, & Melgarejo, 2014)

En la investigación (Mancipe, 2020) los resultados arrojaron que la especie con una mayor viabilidad es *Espeletia killipii* (88%) y con menor viabilidad de fue *Espeletia barclayana* (51.6 %). Las otras especies fueron *Espeletia summapacis* y *Espeletiopsis corymbosa*.

En la investigación de (Ramirez W. , 2018), determinó el porcentaje de viabilidad de semillas mediante la prueba de tetrazolio en la especie *E. corymbosa*, en la que realizó en dos fechas de colecta una para el 13 de junio de 2016 y 18 de septiembre de 2017 en la

que permitió identificar la capacidad biológica que presenta la semilla mediante una coloración rojiza, este análisis se ejecutó en dos oportunidades para cada montaje en la primera evaluación se realizó con el contenido de humedad inicial y el segundo con humedad reducida a un 5%. El resultado en la semilla de colecta del 13 de junio 2016 tiene un porcentaje de viabilidad del 44% al inicio y 32.5% luego de sufrir un proceso de deshidratación y para la colecta del 18 de septiembre de 2017 se obtuvo un 67.5% de viabilidad a contenido de humedad inicial y 62.5 % luego de sufrir un proceso de deshidratación.

Figura 6.

Viabilidad de semilla de Espeletopsis corymbosa viva (1) y muerta (2) (Ramirez W. , 2018)



Prueba de tetrazolio.

“Es un método bioquímico basado en reacciones de las deshidrogenasas que participan en la respiración celular de los tejidos de la semilla” (Mancipe, Calderón, & Pérez, 2018).

En *Espeletias* las pruebas de tetrazolio se facilita realizar dicha prueba por la consistencia quebradiza de la testa se facilita realizar una ruptura ligera para permitir la entrada de TZ sin la necesidad de extraer los embriones.

(Mancipe, Calderón, & Pérez, 2018) evaluaron la estandarización de la prueba de tetrazolio a concentración de 0.1 % y 1% y el tiempo de exposición a la solución que fue de 24 horas en las especies *Espeletia barclayana*, *Espeletia cayetana*, *Espeletia grandiflora* y *Espeletia killipii* y estos fueron los resultados:

Tabla 5.

Condiciones evaluadas para la estandarización de la prueba de viabilidad de tetrazolio. Se evaluó la condición de tetrazolio TZ (0.1 %, 1%) y el tiempo de exposición a la solución (24h) y el acondicionamiento de la semilla previo a la prueba. SE= Error estándar (Mancipe, 2020).

Especie	Prueba 1		Prueba 2	
	Condiciones	Viabilidad (%±SE)	Condiciones	Viabilidad (%±SE)
<i>E. barclayana</i>	0.1% TZ-24h / Embriones	51.2±2.7	1.0% TZ-24h / Ruptura de testa	83±5.6
<i>E. cayetana</i>	0.1% TZ-24h / Embriones	12±1.5	1.0% TZ-24h / Ruptura de testa	86.6±2.5
<i>E. grandiflora</i>	0.1% TZ-24h / Embriones	34.3±2.3	1.0% TZ-24h / Ruptura de testa	79.6±2.0
<i>E. killipii</i>	0.1% TZ-24h / Embriones	15.9±0.7	1.0% TZ-24h / Ruptura de testa	76.3±3.0

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 (Perez & Velasco, Viveros de páramo para la restauración ecológica, 2021, págs. 57,58).

En las pruebas que realizó (Mancipe, 2020) presentó alto porcentaje de semillas vacías, con un porcentaje de embriones de 42.5 % en *E. corymbosa*, 34.9 % en *E. summapacis*, 37.3 % *E. killipii* y 61% en *E. barclayana*.

En estas pruebas de germinación (Mancipe, 2020) aplicó giberelinas GA con concentraciones de 300 y 400 ppm mediante la inhibición de las semillas en las giberelinas durante 24 horas para la posterior siembra en un sustrato compuesto de por tierra, turba y cascarillas con proporciones de 60:20:20.

El resultado con la aplicación de giberelinas con la concentración de 400 ppm *E. corymbosa* presentó la germinación más alta con un 48%. *E. barclayana* registró mayor germinación en sembrarse en sustrato de virutas de coco y turba con 39%. (Mancipe, 2020)

En el estudio de (Tintinago, 2019) en el estudio del repoblamiento de *E. hartwegiana* con la evaluación de los sustratos en primer tratamiento sustrato del suelo, segundo tratamiento sustrato del suelo + lombricompost, tercer tratamiento suelo + compost y el cuarto tratamiento suelo+ mantillo, presentaron un bajo porcentaje de germinación con un promedio en los tratamientos de 7.8% por lo cual el autor lo considera bajo. En este ensayo se realizó la siembra de 4000 semillas y con un total de 312 unidades germinadas.

Tabla 6.

Germinación de la semilla de la especie E. hartwegiana con los sustratos evaluados por (Tintinago, 2019)

Sustrato	Porcentaje de germinación (%)
Sustrato del suelo	7.6
Sustrato del suelo + Lombricompost	3
Suelo + Compost	7
Suelo + Mantillo	13.6

Vigor de la plántula

La prueba de vigor tiene como objetivo proveer información del porcentaje de plántulas a obtener evaluadas en condiciones ambientales y conocer el potencial de un lote de semillas (Tamborelli, 2021). Las características que se esperan en esta prueba (Contreras & Barros, 2005):

- 1) Entregar un índice de calidad de semilla sensible que la prueba de germinación
- 2) Dar un índice consistente de clasificación relativa de lotes de semilla según el desempeño
- 3) Ser objetivo rápido, simple y económicamente factible
- 4) Ser reproducible y de fácil interpretación
- 5) Correlacionarse con el desempeño de la semilla en campo.

La prueba de vigor durante las fases de germinación, la emergencia y el crecimiento de las plántulas consta de dos partes: expresión de vigor y el vigor visto en el tiempo a través del almacenamiento (Navarro, Febles, & Verena, 2012).

En la evaluación de las plántulas lo normal es que desarrolle todas sus estructuras en condiciones controladas como lo es agua, luz y temperatura. (García, Ruiz, Lira, Vera, & Méndez, s.f) Se caracterizan por:

- Sistema radicular bien desarrollado tanto raíz primaria y raíces seminales
- Hipocótilo con buen desarrollo y sin daños en el tejido
- Plúmula con buen crecimiento y hojas bien desarrolladas

En la investigación (Mancipe, Propagación de *Espeletopsis corymbosa*, *Espeletia barclayana*, *Espeletia summapacis* y *Espeletia killipii* en condiciones de invernadero, 2020) en las pruebas que realizaron en crecimiento y supervivencia en las especies *E. corymbosa*, *E. summapacis*, *E. killipii* y en *E. barclayana* presentaron un crecimiento lento, con cuatro hojas verdaderas y sin que los cotiledones permanecieran en ninguna de las especies anteriormente mencionada.

Tabla 7.

Crecimiento de las especies después de 30 días de la siembra (Mancipe, Propagación de Espeletopsis corymbosa, Espeletia barclayana, Espeletia summapacis y Espeletia killipii en condiciones de invernadero, 2020)

Especie	Crecimiento (cm)
<i>E. corymbosa</i>	0.25
<i>E. summapacis</i>	0.82
<i>E. killipii</i>	0.88
<i>E. barclayana</i>	0.66

De acuerdo con los resultados en la tabla 7 *Espeletia killipii* presentó un mayor crecimiento seguido con *Espeletia summapacis* y la de menor crecimiento fue *Espeletia corymbosa*.

En supervivencia los resultados (Mancipe, Propagación de *Espeletiosis corymbosa*, *Espeletia barclayana*, *Espeletia summapacis* y *Espeletia killipii* en condiciones de invernadero, 2020) después de cuatro meses presentaron una alta supervivencia y los resultados se muestran en la siguiente tabla 8.

Tabla 8.

*Supervivencia de las especies a los cuatro meses después de la germinación (Mancipe, Propagación de *Espeletiosis corymbosa*, *Espeletia barclayana*, *Espeletia summapacis* y *Espeletia killipii* en condiciones de invernadero, 2020)*

Especie	Tasa de supervivencia (%)
<i>E. corymbosa</i>	70
<i>E. summapacis</i>	67
<i>E. killipii</i>	88
<i>E. barclayana</i>	90

De acuerdo con los resultados en la tabla 8 la que presentó una mayor tasa de supervivencia fue *Espeletia barclayana* y *Espeletia killipii*. La de menor tasa de supervivencia se presentó en *Espeletia corymbosa* que concuerda con el resultado de menor crecimiento.

Conclusiones

Se evidenció que en la mayoría de los factores que influyen en la producción y calidad de semilla botánica de *Espeletia* spp. en su etapa reproductiva y su relación con los factores bióticos y abióticos han sido poco estudiada, pero de estos los más estudiados fueron la temperatura y competencia entre especies siendo las menos estudiadas la radiación solar y características físicas del suelo

Se evidenció los factores que influyen en la conservación y calidad de semilla botánica de *Espeletia* spp. En su etapa de poscosecha y almacenamiento, así como la interacción entre estos han sido poco evaluadas, pero estos los factores más evaluados se encuentra la germinación y viabilidad de semillas y los menos estudiados el almacenamiento y las plagas y enfermedades y su control

Recomendaciones

Continuar estudiando los factores que influyen en la producción y calidad de semilla botánica de *Espeletia* spp. en su etapa reproductiva y su relación con los factores bióticos y abióticos

Seguir evaluando los factores que influyen en la conservación y calidad de semilla botánica de *Espeletia* spp. en su etapa de poscosecha y almacenamiento, así como la interacción entre estos que ha sido poco evaluadas

Bibliografía

- Arguedas, M. (1997). Plagas de semillas forestales en América Central y el Caribe. En M. Arguedas, *Plagas de semillas forestales en América Central y el Caribe* (pág. 13). Turrialba: CATIE.
- Arriagada, V. (2000). *SEMILLAS, Inspección, análisis, tratamiento y legislación*. Obtenido de: <http://repiica.iica.int/docs/bv/agrin/b/f03/XL2000600205.pdf>
- Benavides, I., Burbano, D., Urbano, S., & Solarte, M. (2007). *Efecto del gradiente altitudinal sobre aspectos autoecológicos de Espeletia pycnophylla ssp. Angelensis cuatrec. (Asteracea) en el Páramo el Infiernillo (Nariño-Colombia)*. Obtenido de: <http://www.scielo.org.co/pdf/acbi/v29n86/v29n86a04.pdf>
- BGCI. (s.f). *Poscolimpieza, secado y almacenamiento de semillas*. Obtenido de: https://www.bgci.org/wp/wp-content/uploads/2019/04/GSCC%20Module%204_SP.pdf
- Bolaños, A., Patiño, A. L., & Jairo, C. J. (2018). Efecto altitudinal sobre la estructura poblacional de *Espeletia pycnophylla* Cuatrec. en el páramo del Santuario de Fauna y Flora Volcán Galeras (Nariño, Colombia). *Revista Criterios*, 111-128. doi: [Doi: https://doi.org/10.31948/rev.criterios/25.2-art5](https://doi.org/10.31948/rev.criterios/25.2-art5)
- 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.
- Bustamante, R. (2019). *Evaluación de Beauveria bassiana en el control biológico de larvas de la polilla Oidematophorus espeletiae*. Obtenido de <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1062&context=biologia>
- Cárdenas, M. F., Tobón, C., Barret, R., & del Valle, J. I. (2017). *Ecophysiology of frailejones (Espeletia spp.), and its contribution to the hydrological functioning of páramo ecosystems*. Obtenido de: https://www.researchgate.net/profile/Maria-Cardenas-13/publication/321317386_Ecophysiology_of_frailejones_Espeletia_spp_and_its_contribution_to_the_hydrological_functioning_of_paramo_ecosystems/links/5eff3cf9a6fdcc4ca4477dda/Ecophysiology-of-frailejones-E
- Carvajal, C., Márquez, M., Gutiérrez, B., González, A., Arrellano, J., & Manuel, A. (2017). *Aspectos de fisiología, deterioro y calidad en semilla de soya*. Obtenido de: https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=pureza+fisica+de+semillas&btnG=&oq=pureza+fisica+de
- Castrillo, M. (2006). *Fotosíntesis en tres poblaciones altitudinales de la planta andina Espeletia schultzii (Compositae)*. Obtenido de: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v54n4/3498.pdf>

- Contreras, S., & Barros, M. (2005). *Pruebas de vigor en semilla de Lechuga y su Correlación con Emergencia*. Obtenido de:
<https://repositorio.uc.cl/xmlui/bitstream/handle/11534/8474/000376595.pdf>
- Cuevas, C. (1996). *Análisis de calidad física de semillas forestales*. Obtenido de:
https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=QuIOAQAIAAJ&oi=fnd&pg=PA49&dq=pureza+física+de+semillas&ots=huRZPqv_vt&sig=0tfXRLBgS_rdfx1oQY9zqvt5r_w#v=onepage&q=pureza%20física%20de%20semillas&f=false
- Davila, S. (1986). *Beneficio de semillas*. Obtenido de: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/Digital/SB_118.3_D38_C.2_Beneficios_de_Semillas.pdf
- Diazgranados, M. (s.f). *Conservatorio sobre frailejones de Colombia: Revisión del estado de conservación y amenaza*. Obtenido de:
http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/34987/Conservatorio%20sobre%20frailejones%20de%20Colombia_Estado%20de%20conservaci%C3%B3n%20y%20amenaza%20%281%29.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Doria, J. (2010). *Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento*. Obtenido de: <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v31n1/ctr11110.pdf>
- Fagua, J. C., & Argenis, M. (2005). *Ecología de la polinización de Espeletia grandiflora en el Parque de Chingaza*. Obtenido de:
https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=genetica+de+espeletia&btnG=
- FAO . (1993). *La ingeniería en el desarrollo Manejo y tratamiento de granos poscosecha*. Obtenido de: <http://www.fao.org/3/x5041s/x5041S03.htm#Trilla%20y%20desgrane>
- FAO. (1983). *Manual sobre las semillas de acacias de zonas secas*. Obtenido de:
<https://www.fao.org/3/q2190s/Q2190S00.htm#TOC>
- FAO. (1991). *Guía para la manipulación de semillas forestales*. Obtenido de:
<https://www.fao.org/3/ad232s/ad232s08.htm#ch7>
- Figueroa, K., & Cárdenas, J. E. (2015). *Aspectos de la propagación sexual de Espeletia grandiflora en un sector intervenido del Paramo de Chisaca*. Obtenido de:
<https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/1747/T062.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gaitán, M. A. (2018). *Identificación de hongos asociados a lesiones de frailejones (Espeletia spp.) En páramos de cundinamarca*. Obtenido de:
<https://core.ac.uk/download/pdf/162569005.pdf>
- Gallego, A. M., & Bonilla, M. A. (2015). *Caracterización de micrositos para el establecimiento de plántulas de Espeletia uribei (Asteraceae)*. Obtenido de:

<http://eds.b.ebscohost.com/bibliotecavirtual.unad.edu.co/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=6df0a548-c49c-4743-a622-c5a44fad6585%40pdc-v-sessmgr03>

- García, A. R., Díaz, Á. I., & Castañeda, S. L. (06 de Junio de 2015). *Diagnóstico preeliminar de microorganismo fitopatógenos asociados a plántulas de Espeletia grandiflora Humb. & Bonpl. Propagados para su conservación Ex situ*. Obtenido de: https://www.researchgate.net/profile/Sandra-Liliana-Castaneda-Garzon/publication/311593996_Diagnostico_preliminar_de_microorganismos_fitopato_genos_asociados_a_plantulas_de_Espeletia_grandiflora_Humb_Bonpl_propagad_as_para_su_conservacion_ex_situ/links/5850
- García, J., Ruiz, N., Lira, R., Vera, I., & Méndez, B. (s.f). *Técnicas para evaluar germinación, vigor y calidad fisiológica de semillas sometidas a nanopartículas*. Obtenido de: <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/334/1/T%C3%A9cnicas%20Para%20Evaluar%20Germinaci%C3%B3n%20Vigor%20y%20Calidad%20Fisiol%C3%B3gica%20de%20Semillas%20Sometidas%20a%20Dosis%20de%20Nanopart%C3%ADculas.pdf>
- García, S., Gómez, F., Trejo, L., & Herrera, E. (2013). *Factores de transcripción involucrados en respuestas moleculares de las plantas al estrés osmótico*. Obtenido de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v36n2/v36n2a3.pdf>
- Giménez, T., Sampaio, N. V., & Durán, J. (s.f). *Recubrimiento de semillas*. Obtenido de: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Agri%2FAgri_1992_715_138_144.pdf
- Gomez, M. (22 de Noviembre de 2018). *Ecología e impacto de las polillas (orden Lepidóptera) en el fitness de los frailejones Subtribu Espeletiinae en páramos de la cordillera Oriental Colombiana*. Obtenido de: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/35034/u821266.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Guariguata, M., & Azocar, A. (1988). Seed bank dynamics and germination ecology in *Espeletia timotensis* (compositae), an Andean giant rosette. *BIOTROPICA*, 54-59.
- Hirayama, T., & Shinozaki, K. (2010). *Research on plant abiotic stress responses in the post- genome era: past, present and future*. Obtenido de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-313X.2010.04124.x>
- Hofstede, R., Segarra, P., & Mena, P. (2003). *Los Páramos del Mundo*. Obtenido de https://www.portalces.org/sites/default/files/references/038_Hofstede%20et%20al.%20%28eds%29.2003.Los%20Paramos%20del%20Mundo.pdf
- Jaramillo, J., Yolanda, P., & Dominguez, A. (1993). *influencia de la clase de empaque y del tiempo de almacenamiento sobre la calidad de la semilla de tomate*. Obtenido de: <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/386>

- Juárez, J. M. (07 de Marzo de 2019). *La diversidad genética en las plantas permite adaptarse a nuevos ambientes*. Obtenido de: <https://quimica.unam.mx/la-diversidad-genetica-en-las-plantas-les-permite-adaptarse-a-nuevos-ambientes/>
- LABICAR. (s.f). *SEMILLAS PODEROSAS EN LABICAR Plan de peletización orgánica de semillas para pequeños y medianos productores*. Obtenido de: <https://www.santafe.gob.ar/ms/labicar/wp-content/uploads/sites/21/2018/09/Plan-del-proyecto-Semillas-Poderosas.pdf>
- Liboria, S. (15 de Diciembre de 2015). *Análisis biogeográfico de Espeletia pycnophylla Cuatrecasas (ASTERACEA) en los Andres del norte de Ecuador y suroccidente de Colombia*. Obtenido de: <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/5227/1/123506.pdf>
- Mancipe, C. (2020). *Propagación de Espelitiopsis corymbosa, Espeletia barclayana, Espeletia summapacis y Espeletia killipii en condiciones de invernadero*. Obtenido de <http://eds.a.ebscohost.com/bibliotecavirtual.unad.edu.co/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=31af9fc3-eb21-44fd-ba09-50f594b63afb%40sdc-v-sessmgr03>
- Mendoza, A. L., & Martinez, J. E. (2011). *Propagación, Adaptación y crecimiento de frailejon "Espeletia conglomerata" en vivero*. Obtenido de: https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1844/digital_22213.pdf?sequence=1
- Miño, L. M. (2011). *Evaluación de Efectividad de la Zona de Amortiguamiento en la Reserva Ecológica el Ángel Utilizando la Sobrevivencia y Crecimiento de Frailejón (Espeletia pycnophylla Cuatrec) Como Bioindicador*. Obtenido de: <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/2292/1/UDLA-EC-TIAM-2011-04.pdf>
- Moinelo, M. I., Morejon, Y., & Dominguez, G. (2018). *Metodología para evaluar la calidad termodinámica y agroómica del proceso de secado solar de semillas*. Obtenido de: <http://eds.b.ebscohost.com/bibliotecavirtual.unad.edu.co/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=9527883a-74fd-462c-be2a-0dbcd5c1a22b%40sessionmgr103>
- Navarro, M., Febles, G., & Verena, T. (2012). *Bases conceptuales para la estimación del vigor de las semillas a través de indicadores del crecimiento y desarrollo inicial*. Obtenido de: <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v35n3/pyf01312.pdf>
- Peña, C. (2017). *Pérdida de interceptación y retención de agua por parte de Espeletia grandiflora con afectación de por herbivoría y entorchamiento*. Obtenido de: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/7703/Pe%F1aDazaCristianCamilo2017.pdf?sequence=1> <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/7703/Pe%F1aDazaCristianCamilo2017.pdf?sequence=1>
- Perez, L. V., & Velasco, P. (2021). *VIVEROS DE PÁRAMO PARA LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA*. Bogotá.

- Perez, L. V., Alejandra, R. N., Orlando, V., & Marina, M. L. (2014). *Germinación y dormancia de semillas*. Obtenido de https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=cosecha+de+semillas+en+especies+de+paramo&btnG=
- Pérez, L. V., Rodríguez, N. A., Vargas, O., & Melgarejo, L. M. (2014). *Germinación y dormancia de semillas*. Obtenido de: https://www.researchgate.net/profile/Orlando-Vargas-4/publication/324808113_Germinacion_y_dormancia_de_semillas/links/5ae3606ca272ba507ce9d7/Germinacion-y-dormancia-de-semillas.pdf
- Rada, F., Goldstein, G., Aura, A., & Torres, F. (Marzo de 1987). *Supercooling along an Altitudinal Gradient in Espletia schultzei, a Caulescent Giant Rosette Species*. Obtenido de: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/37783/rada1987.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ramirez, C., Duarte, C., & Galeano, J. (S.F). Estudio de suelos y su relación con las plantas en el Páramo el Verjón ubicado en el municipio de Choachí Cundinamarca. *Revista de investigación TECCIENCIA*, 60-72.
- Ramirez, W. (2018). *Comportamiento germinativo y tolerancia a la desecación de semillas de Espeletopsis corymbosa en condiciones de laboratorio*. Obtenido de: <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/1373/TRAJA%20DE%20GRADO%202018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rao, K., Hanson, J., Dulloo, E., Kakoli, G., David, N., & Michael, L. (2007). *Manual para el manejo de semillas en bancos de germoplasma*. Obtenido de: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=sv_FnxOQiCcC&oi=fnd&pg=PR6&q=metodo+de+limpieza+de+semilla&ots=JSGR_E4xPQ&sig=kD4kvMTA3pIqfII-yTbz4Sg4EMg#v=onepage&q=metodo%20de%20limpieza%20de%20semilla&f=false
- Rao, K., Jean, H., Dullo, E., Ghosh, K., Nowell, D., & Larinde, M. (2017). *Manual para el manejo de semillas en bancos de germoplasma*. Obtenido de: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=sv_FnxOQiCcC&oi=fnd&pg=PR6&q=metodo+de+limpieza+de+semilla&ots=JSHNWD9wKJ&sig=Ss40NjEn8hBXRkzxsVLIJlbt9tA#v=onepage&q&f=false
- Rivera, D. (2001). *Páramos de Colombia*. Obtenido de: <https://www.imatedores.com/banocc/>
- Rodriguez, S., Vergara, M. d., Ramos, J. M., & Sainz, C. (s.f). *Germinación y manejo de especies forestales y tropicales*. Obtenido de: <https://www.uv.mx/personal/sdelamo/files/2012/11/Germinacion-y-manejo-de-especies.pdf>

- Rosquete, C. (2004). *Estudio del balance energético en Ruilopezia atropurpurea (A.C Sm.) Cuatrec. (Especie no pubescente) y Espeletia schultizii WEED. (Especie no pubescente), en el páramo venezolano*. Obtenido de <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/40239/Rosquete%2C%20C.%202004.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sanchez, A. (Enero de 2004). *Análisis morfométrico y demográfico de Espeletia pycnophylla Cuatrecasas, en un gradiente altitudinal*. Obtenido de: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/20814/u245674.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sánchez, K. A., Guevara, C. D., Ceballes, S. P., & Suárez, M. (2020). Caracterización de la semillas botánicas de *Espeletia grandiflora* en diferentes estados de madurez de la inflorescencia, de plantas provenientes del Páramo de Sumapaz. Bogotá, Colombia.
- Segundo, N., Efrén, H., López, O., & Torres, O. (2010). *Los bacteriófagos como una alternativa en el tratamiento de enfermedades infecciosas Bacterianas (Fagoterapia)*. Obtenido de: http://metabase.uaem.mx/bitstream/handle/123456789/1475/280_9.pdf?sequence=1
- Sturm, H. (1990). *Contribución al conocimiento de las relaciones entre los frailejones (Espletiinae, Asteracea) y los animales en la región del páramo andino*. Obtenido de: https://www.accefyn.com/revista/Volumen_17/67/667-685.pdf
- Tamborelli, M. (junio de 2021). *Importancia del control de calidad de semillas*. Obtenido de: https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/9520/INTA_CRCorrientes_EEAMercedes_Tamborelli_M_R_Importancia_control_calidad_semilla.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Tintinago, N. (2019). *Evaluación de cuatro sustratos de tipo tradicional en la reproducción del frailejón (Espeletia hartwegiana) en viveros, para el repoblamiento en el Páramo de Barbillas Pancitará-Cauca*. Obtenido de: [https://www.portalces.org/sites/default/files/references/044_Mena%20et%20al.%20\(Eds.\).%20%202001.Paramos%20Ecuador%20PORTADA%2B_%2BHOJA%2BTECNICA%2BY%2BPRESENTACION.pdf](https://www.portalces.org/sites/default/files/references/044_Mena%20et%20al.%20(Eds.).%20%202001.Paramos%20Ecuador%20PORTADA%2B_%2BHOJA%2BTECNICA%2BY%2BPRESENTACION.pdf)
- Vargas, O. (2016). *Distribución altitudinal, papel en los ecosistemas y amenazas de las poblaciones del género Espeletia (Asterácea) en Colombia*. Obtenido de: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/5453/VargasCardenasOlgaLucia2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vargas, O., & Pérez, L. (s.f). *Ecología de semillas en los páramos*. Obtenido de: https://www.researchgate.net/profile/Orlando-Vargas-4/publication/324808339_Ecologia_de_semillas_en_los_paramos/links/5ae35b7fa6fdcc3bea927bfb/Ecologia-de-semillas-en-los-paramos.pdf

- Vargas, O., Melgarejo, L. M., Pérez-Martínez, L. V., Rodríguez, N. A., & Insuasty, I. (2014). Semillas de plantas de páramo: ecología y métodos de germinación aplicados a la restauración ecológica. Obtenido de: https://www.researchgate.net/profile/Orlando-Vargas-4/publication/265847972_Semillas_de_plantas_de_paramo_ecologia_y_metodos_de_germinacion_aplicados_a_la_restauracion_ecologica/links/541e0c910cf241a65a189f2b/Semillas-de-plantas-de-paramo-ecologia-y-metodos-de-germinacion-aplicados-a-la-restauracion-ecologica.pdf
- Velasco, V. (2018). *Biología Reproductiva de una población Espeletia curialensis var. exigua* Rodr. -Cabeza & S. Díaz (Cordillera Oriental, Colombia). Obtenido de: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/7699/Final%20publicabl e1.pdf?sequence=1>
- Venegas, S. (2011). *Evaluación de tasas de crecimiento de Espeletia grandiflora Humb.&Bonpl. en tres elevaciones en el Parque Nacional Natural de Chingaza*. Obtenido de: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/11871/VenegasCarrilloS ergioAndres2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vergani, I., & Zuñiga, D. (2018). *Efecto de la inoculación y peletización en la germinación y crecimiento de plantas maca (Lepidium meyenii W.) a nivel in vitro e invernadero*. Obtenido de: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rpb/v25n3/a16v25n3.pdf>
- Vivero Forestal. (s.f). *Caracterización de las semillas*. Obtenido de https://rngr.net>publications>at_dowland>file