

Establecimiento del momento óptimo de cosecha de semillas botánica de *Espeletia grandiflora* para la propagación y conservación de la especie

Establishment of the optimal harvest time of botanical seeds of *Espeletia grandiflora* for the propagation and conservation of the species

Estabelecimento da época ideal de colheita de sementes botânicas de *Espeletia grandiflora* para a propagação e conservação da espécie

Recibido: 15/06/2023 | Revisado: 28/06/2023 | Aceptado: 29/06/2023 | Publicado: 03/07/2023

Maikel Suárez-Rivero

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1740-5795>
Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia
E-mail: ingenieromaikelsuarez@gmail.com

Olga Marín-Mahecha

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9730-5358>
Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Colombia
E-mail: Olmarin31@gmail.com

Jannet Ortiz-Aguilar

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7688-2092>
Universidad Cooperativa de Colombia, Colombia
E-mail: janita1a@hotmail.com

Edith Patricia Sánchez-Quñones

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8303-3227>
Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Colombia
E-mail: Patriciasanchez1910@hotmail.com

Juan Fuentes-Reines

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5809-4271>
Universidad del Magdalena, Colombia
E-mail: juanfuentesreines@gmail.com

Deivis Suárez-Rivero

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0983-770X>
Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Colombia
E-mail: Deivissr2000@hotmail.com

Resumen

Con la finalidad de contribuir a la conservación de los frailejones facilitando su propagación gámica, se determinó el mejor momento de cosecha de semillas de *E. grandiflora*. Se realizó la descripción morfológica de la inflorescencia y los aquenios, teniendo en cuenta el número y peso de semillas llenas, vacías y totales por inflorescencia (peso de 1000 semilla), estableciendo el porcentaje de semillas llenas y vacías y el porcentaje de germinación por inflorescencia. Adicionalmente se realizó la prueba de tetrazolio (cuatro réplicas de 100 semillas por tratamiento). Se pudo evidenciar que el número de semillas totales disminuyen significativamente con un mayor estado fenológico de formación y madures de la inflorescencia, reportando valores de 68.64, 59 y 47.56 respectivamente a los estados 1, 2 y 3. Así mismo, analizando la variable peso de 1000 semillas llenas, se evidenció que los mayores valores se presentaron al cosechar las inflorescencias con brácteas y pedúnculos sin pelos de color marrón (estado 3). Para el porcentaje de germinación, los mayores valores se presentaron en las semillas en estado 2, influenciado al parecer por factores extrínsecos que limitaron el proceso germinativo en las semillas del estado 3 e intrínsecos para el estado 1. Finalmente, el análisis de viabilidad mostró los resultados más altos para el estado fenológico 3, con el 70 % de viabilidad, sin embargo, no se presentó diferencia significativa con respecto a las al estado fenológico 2, quien presentó el 68 %, pero si respecto al estado 1.

Palabras clave: Frailejón; Germinación; Páramo; Viabilidad de semillas.

Abstract

In order to contribute to the conservation of frailejones by facilitating their dynamic propagation, the best time to harvest seeds of *E. grandiflora* was determined. The morphological description of the inflorescence and achenes was carried out, taking into account the number and weight of full, empty and total seeds per inflorescence (weight of 1000 seeds), establishing the percentage of full and empty seeds and the percentage of germination per inflorescence. Additionally, the tetrazolium test was carried out (four replicates of 100 seeds per treatment). It was found that the

number of total seeds decreased significantly with a higher phenological stage of formation and maturity of the inflorescence, reporting values of 68.64, 59 and 47.56 respectively at stages 1, 2 and 3. Likewise, analysing the variable weight of 1000 full seeds, it was found that the highest values were presented when harvesting inflorescences with bracts and peduncles without brown hairs (stage 3). For the germination percentage, the highest values were found in the seeds at stage 2, apparently influenced by extrinsic factors that limited the germination process in the seeds of stage 3 and intrinsic factors for stage 1. Finally, the viability analysis showed the highest results for phenological stage 3, with 70% viability; however, there was no significant difference with respect to phenological stage 2, which showed 68%, but there was a significant difference with respect to stage 1.

Keywords: Frailejon; Germination; Moor; Seed viability.

Resumo

Com o objetivo de contribuir para a conservação dos frailejones, facilitando sua propagação dinâmica, foi determinada a melhor época para a colheita de sementes de *E. grandiflora*. Foi realizada a descrição morfológica da inflorescência e dos aquênios, levando em conta o número e o peso de sementes cheias, vazias e totais por inflorescência (peso de 1.000 sementes), estabelecendo a porcentagem de sementes cheias e vazias e a porcentagem de germinação por inflorescência. Além disso, foi realizado o teste de tetrazólio (quatro réplicas de 100 sementes por tratamento). Verificou-se que o número de sementes totais diminuiu significativamente com o aumento do estágio fenológico de formação e maturidade da inflorescência, registrando valores de 68,64, 59 e 47,56, respectivamente, nos estágios 1, 2 e 3. Da mesma forma, analisando a variável peso de 1.000 sementes cheias, verificou-se que os valores mais altos foram apresentados na colheita de inflorescências com brácteas e pedúnculos sem pelos marrons (estágio 3). Para a porcentagem de germinação, os maiores valores foram encontrados nas sementes do estágio 2, aparentemente influenciados por fatores extrínsecos que limitaram o processo de germinação nas sementes do estágio 3 e fatores intrínsecos para o estágio 1. Finalmente, a análise de viabilidade mostrou os maiores resultados para o estágio fenológico 3, com 70% de viabilidade; no entanto, não houve diferença significativa em relação ao estágio fenológico 2, que apresentou 68%, mas houve em relação ao estágio 1.

Palavras-chave: Frailejon; Germinação; Páramo; Viabilidade da semente.

1. Introducción

Los frailejones representan un componente fundamental en el equilibrio biológico de los páramos, proporcionando numerosos servicios ecosistémicos (Zimmerer & de Haan, 2017). Con sus raíces profundas protegen los suelos de la erosión, sus tallos y hojas carnosas permiten la absorción de agua presente en la neblina, actuando como esponjas que almacenan el líquido para su posterior uso (Diazgranados y Castellanos, 2021). En este sentido el equilibrio de estos ecosistemas ha sido afectado por la acción del hombre (Montúfar & Ayala, 2019; Mendoza & Martínez 2011); siendo necesario generar proyectos dirigidos a la reforestación de estos ecosistemas de páramos con especie endémicas tales como las integrantes del género *Espeletia*. Esta problemática se ha presentado en los predios del páramo de Sumapaz – Cundinamarca, Colombia, perteneciente al acueducto de Aguasiso. En tal sentido, ante la creciente problemática que ello representa para este ecosistema, el acueducto a proyectado planes de propagación de la especie, la que en reiteradas ocasiones a resultado fallida, esto debido a la baja calidad de las semillas cosechada y otros factores extrínsecos a estas.

La producción de semillas botánica de *Espeletia* en cantidades suficientes de óptima calidad para su propagación constituye un reto científico, dado que la mayoría de los aquenios durante la cosecha pueden resultar vacíos, abortados o perforados a causa de agentes patógenos, depredadores o herbívoros (Velasco, 2018; Gallego, 2014), factores estos que llevan a que se manifieste una baja germinación, evidentemente determinada por factores intrínsecos o extrínsecos, siendo la madures de los aquenios uno de los factores intrínsecos más marcados (Tintinago, 2019). Al cosechar las semillas es necesario precisar el momento de cosecha, teniendo en cuenta que si esta se retarda se puede perder gran parte de esta por desgrane natural del capítulo, pero, por el contrario, si se cosecha antes de tiempo, se puede obtener una cantidad excesiva de semillas inmaduras (Calderón-Hernández & Pérez-Martínez, 2018).

En tal sentido, este estudio muestra la evaluación del mejor momento de cosecha de semilla botánica de *Espeletia grandiflora*, en las condiciones del páramo de Sumapaz, como estrategia para los planes de propagación de especies promisorias del acueducto Aguasiso.

2. Metodología

La investigación se realizó en el páramo de Sumapaz, ubicada entre los 4°23'48.0" LN y los 74°13'18.2" LW a los 3570 msnm, perteneciente al acueducto Aguasiso, ubicado en el municipio de Sibaté, provincia Cundinamarca, Colombia. Así mismo los análisis de laboratorio se realizaron en el laboratorio de Fitoquímica de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia – UNIAGRARIA.

2.1 Procedimiento experimental

Las inflorescencias de *Espeletia* se eligieron en un área seleccionada de 2 ha, cuando aparecieron inflorescencias masivas en el área de estudio, cosechando 30 cabezuelas por tratamiento según las diferentes etapas de floración y madurez fisiológica establecidas en la Figura 1.

Figura 1 - Estados fenológicos de maduración de las cabezuelas de *Espeletia grandiflora*.



Fuente: Padilla et al., (2018).

Después de cosechar las inflorescencias se colocaron sobre papel durante tres (3) días, facilitando el desgrane de las semillas (aquenios). Posteriormente las semillas fueron expuestas a corriente de aire ambiental durante las horas del día y bajo condiciones de sombra por 10 días, reduciendo así la humedad del material biológico y simulando las condiciones naturales del proceso. En el horario nocturno los aquenios fueron almacenados en lugar seco para evitar que absorbiesen humedad. Finalizado el proceso de secado natural, las semillas (aquenios) fueron almacenadas al ambiente en bolsas de papel durante 30 días.

En cada tratamiento se evaluó el número y peso de semillas llenas, vacías y totales por inflorescencia, peso de 1000 semilla, % de semillas llenas y vacías, % de germinación por inflorescencia, esto con la finalidad de establecer la relación de estos parámetros con la germinación. El número de semillas llenas, vacías y total se evaluó por incisión con ayuda del estereoscopio (Céspedes, 2018). El número de semillas llenas, vacías y total se evaluaron separándolas en un equipo determinador de pureza con aire forzado. Por otra parte, la germinación se evaluó ubicando 100 semillas llenas en placa de Petri en cuatro (4) réplicas. Se usó papel de filtro como soporte de las semillas para poder mantener la humedad (con agua destilada para reducir la probabilidad de contaminación cruzada) a temperatura ambiente (14-18 °C) en condiciones de laboratorio (Laboratorio de Fitoquímica de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia – UNIAGRARIA).

La viabilidad se determinó mediante la prueba del tetrazolio, con cuatro réplicas de 100 semillas por tratamiento, rompiéndose la testa con cuchilla, facilitando así la imbibición del embrión durante 24 horas. Para la imbibición se sumergieron, en condiciones de oscuridad, en una solución de 2,3,5 cloruro de trifetil tetrazolio al 1 % (TTC) por 24 horas (Mancipe- Murillo et al., 2018) a temperatura ambiente promedio de 16°C. Completado el tiempo, las semillas se lavaron con

agua destilada y se evaluó el cambio de coloración del embrión con ayuda de estereoscopio. Las semillas se consideraron viables cuando la zona radicular y los cotiledones presentaron color rosa; pues si el embrión presenta una tinción no homogénea puede significar menor vigor, aunque no ausencia de viabilidad (Da Silva, et al., 2012). Así mismo, un color rosa claro no homogéneo en la radícula o la ausencia de coloración de los embriones indica que no es viable la semilla.

2.2 Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar para la colecta de inflorescencia (capítulo o cabezuela). Así mismo, se establecieron tres estados de maduración de las cabezuelas como tratamientos como se observa en la (Figura 1): Estado fenológico I (brácteas, pedúnculos con pelos amarillos y pétalos comenzando a marchitarse); Estado fenológico II (brácteas, pedúnculos con pelos amarillos y pétalos totalmente marchitos de color marrón) y Estado fenológico III (brácteas, pedúnculos sin pelos de color marrón).

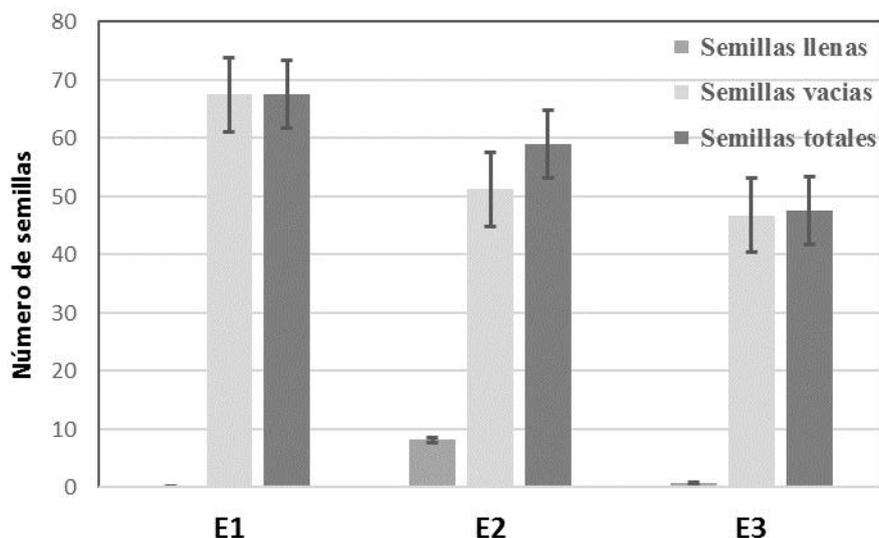
2.3 Análisis estadístico

Todos los parámetros objeto de análisis en estudio fueron sometidos a un análisis estadístico descriptivo. En tal sentido se establece la media de las variables según el número de réplicas declaradas en los procedimientos para cada caso y en cada momento evaluativo. Así mismo se establecen la desviación estándar, el coeficiente de variación y el análisis de varianza – ANOVA ($\alpha=0,05$) para cada momento de muestreo y cada variable analizada. En caso de presentarse evidencia de diferencias significativas entre las medias, se aplicó la prueba de Tukey (Suárez-Rivero, 2011).

3. Resultados y Discusión

La retención y pérdida de semillas durante la formación y maduración del fruto en *Espeletia grandiflora*, puede deberse a diversos factores intrínsecos de la especie o estimulada por factores ambiente que interactúan directamente con la inflorescencia o planta. En la Figura 2 se puede observar como las semillas totales disminuyen significativamente a medida que las inflorescencias alcanzan un mayor estado fenológico de formación y maduras (estados establecidos en la Figura 1), donde el número de semillas totales cosechadas en los estados fenológicos 1, 2 y 3 fueron 68.64, 59 y 47.56 respectivamente. Lo anterior indica que una parte de la semilla se pierde a medida que se forman en el capítulo. Por otra parte, las semillas vacías al ser predominantes sobre las llenas mantienen la misma tendencia a disminuir, hecho similar ocurre con las semillas totales, existiendo diferencias significativas entre las semillas vacías cosechadas en el estado 1 (67,48) con respecto a los estados 2 y 3 (51,20 y 46,8) respectivamente, destacándose que entre estas no hubo diferencias significativas (estados 2 y 3) dado que parte de las semillas retenidas en el estado 2 eran llenas. Las semillas llenas cosechadas en el estado fenológico 2 fueron de 8,2 semillas por inflorescencias, siendo superior significativamente a las cosechadas en los estados 1 y 3, no presentándose diferencias entre estos dos estados (1 y 3) con valores de 0,16 y 0,76 semillas por inflorescencias respectivamente. Todo parece indicar que las semillas en el estado 1 están comenzando a formarse y en el estado 3 muchas no se terminaron de formar. Así, gran parte de las semillas llenas presente en el estado 2 se pierden, probablemente a causa del efecto de factores intrínsecos de la especie, acentuado por el efecto de factores extrínsecos bióticos y abióticos.

Figura 2 - Número de semillas por inflorescencia cosechadas en diferentes estados fenológicos de maduración.



Fuente: Elaborado por los autores (2023).

Otro aspecto relevante observado es que en los estados de cosecha 2 y 3 las inflorescencias presentaron capítulos y semillas perforadas, presencia de estructuras fúngicas filamentosas (no identificadas) y áreas del receptáculo de la inflorescencia sin semillas, daños que fueron más notables en el estado de cosecha 3.

Aunque han sido poco estudiados estos indicadores en el género *Espeletia*, estudios realizados en *Espeletia uribei* por Gallego (2014) en condiciones de micrositio, mostraron que las plantas madre producen gran cantidad de semillas, pero de baja calidad por encontrarse fisuradas, vacías o abortadas. Planteamiento que coincide con lo acotado por Velasco (2018), quien plantea que la pérdida de semillas puede estar dada a que estas pueden resultar vacías, abortadas, perforadas a causa de agentes patógenos, depredadores o herbívoros.

Por otra parte, al analizar la variable peso de 1000 semillas llenas, este mostró mayores resultados al cosechar las inflorescencias con brácteas y pedúnculos sin pelos de color marrón, tal como puede apreciarse en la Tabla 1. Conducta similar se presentó para el peso de 1000 semillas vacía en el mismo estado fenológico.

Tabla 1 - Peso de 1000 semillas (mg) cosechadas en diferentes estados fenológicos de maduración.

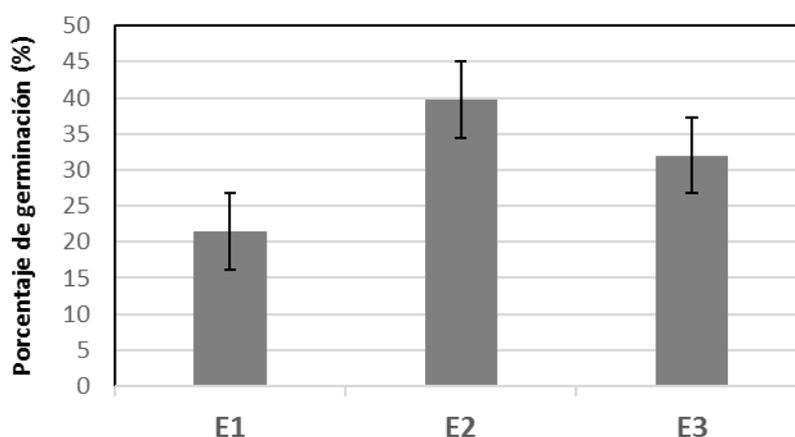
Tipo de semillas	Estados fenológicos de las semillas cosechadas			p
	E ₁	E ₂	E ₃	
Llenas	553,5 ^a	724,4 ^b	797,8 ^c	0,0001
Vacías	297,2 ^a	302,4 ^a	325,5 ^b	0,0001

^{a, b, c} Valores con letras diferentes entre las columnas difieren a $p < 0.05$. Fuente: Elaborado por los autores (2023).

Al analizar el número de semillas cosechadas por inflorescencia en los tres estados fenológicos de maduración (Figura 2), indican que las inflorescencias con brácteas, pedúnculos con pelos amarillos y pétalos comenzando a marchitarse no se han formado totalmente, hipótesis que se formula al encontrarse el menor peso de semillas llenas y vacías, tal como evidencia la Tabla 1. Eso esclarece que, en esta fase inicial de desarrollo fenológico, las semillas están comenzando a formarse y aun no se han desgranado (Figura 2).

En la Figura 3 el porcentaje de germinación de las semillas llenas por inflorescencias fue superior con 39,7 % al cosecharlas con brácteas, pedúnculos con pelos amarillos y pétalos totalmente marchitos de color marrón, existiendo diferencias significativas entre este estado de cosecha y los estados 1 y 3. Si bien las semillas cosechadas en el estado 3, donde alcanzan su máxima formación, se presenta una germinación inferior al 32 %, y difiere significativamente del estado de cosecha 2, lo que puede deberse, entre otros factores a la incidencia manifiesta de enfermedades fungosas en algunas semillas durante la prueba de germinación, coincidiendo con lo observado para el páramo en inflorescencias de este estado, presumiblemente debido a la alta humedad existente en estos ambientes. Lo anterior indica que es necesario efectuar la cosecha de las inflorescencias cuando presentan brácteas, pedúnculos con pelos amarillos y pétalos totalmente marchitos de color marrón.

Figura 3 - Germinación de semillas llenas según el estado fenológico de cosecha del capítulo.



Fuente: Elaborado por los autores (2023).

El mejor porcentaje germinación obtenido en el presente estudio mostró valores superiores a los reportados por Zambrano y Bonilla (2006), quienes reportaron un porcentaje de 18% en su mejor tratamiento en base a polinización natural *E. grandiflora*. Por otra parte, Tintinago (2019) reportó un máximo de germinación de 13,6% en *E. hartwegiana* en condiciones de vivero, mientras que Lara y Cárdenas (2015) lograron una germinación de 5,25%, en de *E. grandiflora*. Autores como Suárez-Rivero et al (2018, 2017) revelan que la fisiología de la germinación puede adicionalmente estar determinada por factores extrínsecos como resulta ser el campo electromagnéticos a baja intensidad. En tal sentido, acotan en sus estudios que el proceso de germinación de semillas sometidas exógenamente a este tipo de factores, cuando la propagación se realiza vía gámica, estimula la germinación, pero consiguientemente el efecto positivo se ve en variables relacionadas al crecimiento y desarrollo de Asteraceas.

Los resultados manifiestos en este experimento pueden deberse al procesamiento y la selección de las semillas según los estados fenológicos establecidos para la cosecha de los capítulos. En tal sentido, se destaca que la separación de las semillas llenas y vacías se realizó por un método mecánico, empleando tamices inicialmente para eliminar impurezas y posteriormente ser sometido a un equipo determinador de perezas, encargado de separar de las semillas ligeras (vacías) e impurezas de las semillas pesadas (llenas), es decir, de las que si se formaron totalmente.

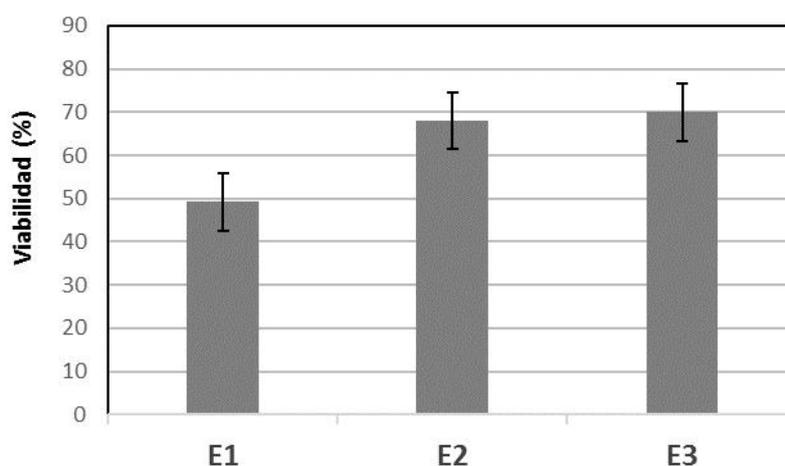
Unido a los hallazgos anteriores, se observó que cuando se obtuvo el mayor porcentaje de germinación (Figura 3) existe coincidencia con el mayor número semillas llenas retenidas de 8,2 por inflorescencias, momento en que comienzan a disminuir significativamente el número semillas llenas retenidas por inflorescencias cosechadas momento 3, caracterizado por

capítulos con la presencia de brácteas, pedúnculos sin pelos y de color marrón (Figura 2).

Al analizar la viabilidad en la semilla, se tiene, según Doria (2010), que esta se expresa como el período de tiempo durante el cual las semillas conservan su capacidad para germinar y que, entre otras técnicas, puede ser determinada a través de la prueba de tetrazolio. Esta prueba permite la evaluación del vigor de semillas que presentan dormancia o se encuentran con el embrión muerto, permitiendo así establecer el potencial de germinación en un lote de semillas.

Basado en lo anterior, el mejor porcentaje de viabilidad, tal como se muestra en la Figura 4 se presentó en el estado fenológico 3, es decir, cuando se cosecharon las inflorescencias con brácteas, pedúnculos sin pelos y de color marrón, presentando el 70 % de viabilidad, sin embargo, no se presentó diferencia significativa con respecto a las inflorescencias cosechadas en el estado fenológico 2, la que presentó el 68 %. Tanto los estados fenológicos 2 y 3 presentaron diferencias significativas con respecto al estado fenológico 1, el que arrojó un porcentaje de viabilidad de 49,25 %, deduciendo que en este estado aun las semillas se encuentran en formación y no han alcanzado su máxima formación y madurez del embrión. Mancipe-Murillo et al., (2018) reportaron un porcentaje de viabilidad en *E. grandiflora* entre 34,3% y 79,6% al aplicar dos métodos para su determinación. También Mancipe-Murillo (2020) encontró en *E. corymbosa* una viabilidad, mediante tinción del embrión de 71 %, así mismo reportó en *E. summapacis* el 76 %, en *E. killipii* un 88 % y en *E. barclayana* el 52 %.

Figura 4 - Porcentaje de viabilidad de las semillas llenas cosechadas en diferentes estados fenológicos.



Fuente: Elaborado por los autores (2023).

Si bien es cierto, los mejores porcentajes de viabilidad se lograron cuando se cosecha las inflorescencias en los momentos fenológico 2 y 3, al obtener un mayor estado de maduración, esto coincide con el mayor número de semillas llenas retenidas en el momento 2 de cosecha. Es de resaltar que en este punto comienzan a disminuir considerable el número de semillas llenas, vacías y totales retenidas, tal como evidencia la Figura 2 para el estado 3 de cosecha (Figura 2).

Otros autores como Bohórquez-Quintero, Araque-Barrera, y Pacheco-Maldonado (2016), al aplicar las pruebas con TTC en semillas de *Espeletia paipana*, especie en peligro de extinción en los páramos colombianos, estimaron una viabilidad promedio de 29% en tres lotes de embriones de aquenios recién recolectados, específicamente trabajando con semillas llenas; mientras que en embriones no reactivos representaron el 77%.

4. Conclusiones

El mejor momento de cosecha resultó ser cuando las inflorescencias se encuentran con brácteas, pedúnculos con pelos amarillos y pétalos totalmente marchitos de color marrón, es decir, el estado 2, pues no solamente se obtiene mayor

rendimiento en semillas que poseen características morfológicas favorables evidenciables, sino que poseen una mejor condición fisiológica que les garantiza una germinación efectiva que supera los valores reportados por otros autores para el género *Espeletia*.

Se logró precisar el mejor momento de cosecha de los capítulos para la obtención de semillas para los planes de propagación y restauración ambiental de páramos con la especie *Espeletia*. Así mismo estandarizar variables que permiten mejorar la efectividad de la propagación gámica.

Dada la novedad de esta temática y la necesidad de restauración de los ecosistemas de páramos, se hace necesaria la estandarización de metodologías tendientes al mejoramiento de planes de propagación que garanticen mayor eficiencia en el proceso germinativo de las semillas botánicas y con ello, planes de reforestación adaptados a cada zona microclimática.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD y a la Fundación Universitaria Agraria de Colombia - UNIAGRARIA, por el apoyo financiero para el desarrollo de este proyecto; al acueducto Aguasiso, del municipio de Sibató, departamento de Cundinamarca, Colombia, por facilitar el acceso al material biológico requerido, así como a las demás instituciones participantes (Universidad Cooperativa de Colombia y Universidad del Magdalena) por su aporte en conocimientos y horas para que sus investigadores apoyaran tan importante labor, la investigación para la recuperación del frailejón en los páramos colombianos.

Referencias

- Bohórquez-Quintero, M. A., Araque-Barrera, E. J., Pacheco-Maldonado, J. C. (2016). Propagación in vitro de *Espeletia paipana* S. Díaz y Pedraza, frailejón endémico en peligro de extinción. *Actualidades Biológicas*, 38 (104), 23-36. <https://doi.org/10.17533/udea.acbi.v38n104a03>
- Calderón-Hernández, M., Pérez-Martínez, L. V. (2018). Seed desiccation tolerance and germination of four *Puya* (Bromeliaceae) high-andean tropical species from Colombia. *Caldasia*, 40(1), 177–187. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v40n1.67740>
- Céspedes, K. (2018). Determinación de los patrones de tinción y efecto de la giberelina sobre la germinación de las semillas de caoba (*Swietenia macrophylla*) y Guayacán amarillo (*Handroanthus chrysanthus*). Proyecto de Investigación - Innovación para optar al título de Ingeniero Forestal. Universidad Distrital Francisco José de Caldas – Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 93. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/7725/CspedesTorresKaterineAndrea2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Diazgranados, M., Castellanos-Castro, C. (2021). *Frailejones en peligro*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/35925>
- Doria, J. (2010). “Generalidades Sobre Las Semillas: Su Producción, Conservación y Almacenamiento.” *Cultivos Tropicales* 31 (1): 74–85. [https://doi.org/10.1016/S0168-6496\(98\)00035-X](https://doi.org/10.1016/S0168-6496(98)00035-X).
- Gallego, A. M. (2014). Ofertas de semillas, germinabilidad y micrositos de establecimiento de *Espeletia uribei* Cuatrec. 1978. en el Parque Nacional Chingaza – Cundinamarca (Tesis de maestría), Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/47917/>
- Lara, K. F., Cárdenas, J. E. G. (2015). Aspectos de la propagación sexual de *Espeletia grandiflora* en un sector intervenido del páramo de Chisacá (P.N.N. SUMAPAZ, COLOMBIA). Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 119 p.
- Mancipe-Murillo, C. (2020). Propagación de *Espeletia corymbosa*, *Espeletia barclayana*, *Espeletia summapacis* y *Espeletia killipii* en condiciones de invernadero. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.* 44(172):780-793. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1105>
- Mancipe-Murillo, C., Calderón-Hernández, M., Pérez-Martínez, L. V. (2018). Evaluación de viabilidad de semillas de 17 especies tropicales altoandinas por la prueba de germinación y la prueba de tetrazolio / Assessment of seed viability of 17 high andean tropical species by germination and tetrazolium tests. *Caldasia*, 40(2), 366–382. <https://www.jstor.org/stable/26553144>
- Mendoza, A. A., Martínez, J. E. (2011). Propagación, adaptación y crecimiento del frailejón *Espeletia conglomerata* en vivero. Trabajo de grado Especialización. Universidad Pontificia Bolivariana. Bucaramanga, Colombia. 43 p. https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1844/digital_22213.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Montúfar, R., Ayala, M. (2019). Percepciones de agrobiodiversidad y prácticas de conservación de semillas en los Andes del norte de Ecuador. *J. Etnobiología Etnomedicina* 15 (35). <https://doi.org/10.1186/s13002-019-0312-5>
- Morales, M., Otero, J., Van der Hammen, T., Torres, A., Cadena, C.E., Pedraza, C.A., Rodríguez, N., Franco, C.A., Betancourth, J.C., Olaya, E., Posada, E., Cárdenas, L. (2007). Atlas de Páramos de Colombia. Bogotá, D. C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 208 p. <http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v44n172/0370-3908-racefn-44-172-780.pdf>

Padilla, C. Rodríguez, I., Ruiz, T. E., Herrera, M. (2018). Determinación del mejor momento de cosecha de semilla gámica, *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. *Livestock Research for Rural Development* 30 (4). 11 p. <https://www.researchgate.net/publication/324258539>

Rasmussen, L.V., Coolsaet, B., Martin, A., Mertz O., Dawson N., Pascual U., Corbera E., Fisher J.A., Ryan C.M., Francos P. (2018). Resultados socioecológicos de la intensificación agrícola. *Nat Sustain* 1, 275–282. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0070-8>

Suárez-Rivero D., Marin-Mahecha O., Gonzalez A.J., Suarez Rivero M., Puentes A.E., Ortiz Aguilar J. (2018). Composition and behavior of sunflower seeds (*Helianthus annuus* L.) from plants treated with magnetic fields for energy potential use of biomass, *Chemical Engineering Transactions*, 65, 679-684. 10.3303/CET1865114

Suárez-Rivero D., Marin-Mahecha O., Salazar Torres V., Real X., Ortiz Aguilar J., Suarez-Rivero M. (2017). Biomass production and morpho-physiological effects on sunflower plants (*Helianthus annuus* L.) under induced magnetic fields, *Chemical Engineering Transactions*, 57, 115-120. 10.3303/CET1757020

Suárez-Rivero, D. (2011). Estadística Inferencial. Editorial EDUCC, 49 – 63.

Tintinago, N. M. (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. 91 p.

Velasco, V. M. (2018). Biología reproductiva de una población *Espeletia curialensis* var. *Exigua* Rodr. Cabeza y S. Díaz (cordillera Oriental, Colombia). Tesis de maestría. Manejo, uso y conservación del bosque. Universidad Distrital de Colombia.

Zimmerer, K., de Haan, S. (2017) Agrobiodiversidad y un futuro alimentario sostenible. *Plantas naturales* 3, 17047. <https://doi.org/10.1038/nplants.2017.47>