

UCUENCA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Ingeniería Agronómica

**Evaluación de la producción y características de semillas de
Asteraceae del páramo de Zhurucay en épocas de alta y baja precipitación**

Trabajo de titulación previo a la obtención

del título de Ingeniera Agrónoma

Autores:

Dayana Elizabeth García Flores

C.I: 0302701404

Correo electrónico: garciadayana001@ gmail.com

Karina Magaly Pesántez Toledo

C.I: 0106673544

Correo electrónico: magaly.pesantez1997@gmail.com

Directora:

Blga. Fanny Ximena Palomeque Pesántez

C.I: 030135638-2

Cuenca, Ecuador

15-noviembre-2022

RESUMEN

Este trabajo se realizó para las especies *M. vaccinioides*, *D. ericoides*, *G. miniphylla* y *C. jussieui*, de la familia Asteraceae, presentes en el páramo de Zhurucay, provincia del Azuay. Se colectó un lote de capítulos proveniente de 15 individuos y se analizó la producción de aquenios (viables, no viables, vacíos e infestados) a nivel de especie. De otro lote general de capítulos proveniente de las poblaciones distribuidas a lo largo de la zona de estudio, se realizó la caracterización morfológica y de calidad de los aquenios, y de este mismo lote se realizaron pruebas de germinación, para lo cual se aplicó un diseño completamente al azar independiente por cada época de colección (factor 1), con dos niveles: alta y baja precipitación. Además, se consideró al estado de madurez (factor 2), con dos niveles: semimaduros y madurados *ex situ*, con cinco repeticiones de 50 semillas cada uno. El número de aquenios producidos en las dos épocas de colección no presentaron diferencias significativas para ninguna especie y todas las especies presentaron baja viabilidad (<5%) y una alta presencia de aquenios vacíos (19.97%-80%). En el caso de *C. jussieui* mostró mayor infestación de larvas y pupas, siendo esta mayor en la época de alta precipitación (55%). En cuanto a la caracterización morfológica y de calidad, se obtuvieron diferencias significativas en los aquenios con respecto a su tamaño, peso y contenido de humedad en la época de alta precipitación, excepto *C. jussieui* que tuvo el efecto contrario. Finalmente, todas las especies presentaron menos de 45 aquenios germinados (18%), *M. vaccinioides* y *C. jussieui* mostraron mayor número de aquenios maduros germinados, colectados sin diferencias entre las épocas de alta o baja precipitación. *D. ericoides*, no presentó diferencias entre el estado de madurez de los aquenios, ni entre las épocas de precipitación y *G. miniphylla* solo tuvo dos aquenios semimaduros germinados colectados en la época de alta precipitación.

PALABRAS CLAVE: *Monticalia vaccinioides*. *Diplostephium ericoides*. *Gynoxys miniphylla*. *Chuquiragua jussieui*. Germinación. Estado de madurez. Semillas.

ABSTRACT

This work was carried out for the species *M. vaccinioides*, *D. ericoides*, *G. miniphylla* and *C. jussieui*, of the Asteraceae family, present in the Zhurucay páramo, Azuay province. A batch of heads from 15 individuals was collected and the production of achenes (viable, non-viable, empty and infested) was analyzed at the species level. Morphological and quality characterization of the achenes was carried out from another general lot of heads from the populations distributed throughout the study area, and germination tests were carried out on this same lot, for which a design was applied. completely randomly independent for each collection season (factor 1), with two levels: high and low precipitation. In addition, the state of maturity (factor 2) was considered, with two levels: semi-mature and matured ex situ, with five repetitions of 50 seeds each. The number of achenes produced in the two collection seasons did not present significant differences for any species and all species presented low viability (<5%) and a high presence of empty achenes (19.97%-80%). In the case of *C. jussieui*, it showed greater infestation of larvae and pupae, this being greater in the season of high rainfall (55%). Regarding the morphological and quality characterization, significant differences were obtained in the achenes with respect to their size, weight and moisture content in the high rainfall season, except for *C. jussieui*, which had the opposite effect. Finally, all the species presented less than 45 germinated achenes (18%), *M. vaccinioides* and *C. jussieui* showed a greater number of germinated mature achenes, collected without differences between the periods of high or low rainfall. *D. ericoides* did not present differences and *G. miniphylla* only had two germinated semi-mature achenes collected in the high rainfall season.

KEY WORDS: *Monticalia vaccinioides*. *Diplostegium ericoides*. *Gynoxys miniphila*. *Jussieui de chuquiragua*. Germination. Maturity state. Seeds.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	18
2.	OBJETIVOS	20
2.1.	Objetivo general	20
2.2.	Objetivos específicos	20
3.	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	20
4.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	21
4.1.	Los páramos ecuatorianos y sus servicios ecosistémicos	21
4.2.	La familia Asteraceae y su importancia en los páramos	21
4.3.	Factores externos e internos que afectan a la germinación	22
4.3.1.	Factores extrínsecos	22
4.3.2.	Factores intrínsecos	24
4.4.	Características generales de las especies en estudio	26
5.	METODOLOGÍA	27
5.1.	Área de estudio	27
5.2.	Especies seleccionadas	28
5.3.	Metodología para el objetivo 1: Identificar la época del año (alta/ baja precipitación) con mayor producción de achenios viables.	28
5.3.1.	Colección de los capítulos y estado de madurez de los achenios.	28
5.3.2.	Determinación de las épocas de colección (alta o baja precipitación)	29
5.3.3.	Producción de achenios viables.	29
5.4.	Metodología para el objetivo 2: Caracterizar los achenios de Asteraceae del páramo de Zhurucay producidas en épocas de alta y baja precipitación.	30
5.4.1.	Caracterización morfológica y de calidad de los achenios.	31
5.5.	Metodología para el Objetivo 3: Evaluar la germinación de achenios semimaduros recién colectados y madurados ex situ.	33

5.5.1.	Germinación	33
6.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	35
7.	RESULTADOS	36
7.1.	Producción de aquenios.	36
7.2.	Caracterización morfológica y de calidad de los aquenios.	38
7.2.1.	Caracterización morfológica de los aquenios.	38
7.2.2.	Caracterización de la calidad de los aquenios.	41
7.3.	Germinación acumulada.	43
8.	DISCUSIÓN	46
9.	CONCLUSIONES	50
10.	RECOMENDACIONES	51
11.	BIBLIOGRAFÍA	52

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1.** Características de las especies, importancia socioeconómica y ecológica. 26
- Tabla 2.** Caracterización morfológica de los aquenios colectados en las épocas con alta y baja precipitación de las especies: *M. vaccinioides* (a), *D. ericoides* (b), *G. miniphylla* (c) y *C. jussieui* (d). Diferentes letras corresponden a diferencias significativas ($p < 0.05$) de acuerdo a la prueba de Kruskal-Wallis. 39
- Tabla 3.** Valores p de la caracterización morfológica de los aquenios colectados en las épocas con alta y baja precipitación de las especies: *M. vaccinioides* (a), *D. ericoides* (b), *G. miniphylla* (c) y *C. jussieui* (d). 40
- Tabla 4.** Caracterización de la calidad de los aquenios colectados en las épocas con alta y baja precipitación de las especies: *M. vaccinioides* (a), *D. ericoides* (b), *G. miniphylla* (c) y *C. jussieui* (d). Diferentes letras corresponden a diferencias significativas ($p < 0.05$) de acuerdo a la prueba de Kruskal-Wallis. 42
- Tabla 5.** Valores p de la caracterización morfológica de los aquenios colectados en las épocas con alta y baja precipitación de las especies: *M. vaccinioides* (a), *D. ericoides* (b), *G. miniphylla* (c) y *C. jussieui* (d). 43
- Tabla 6.** Coeficientes de velocidad de germinación. 45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del páramo de Zhurucay, provincia del Azuay	27
Figura 2. Embrión sometido a prueba de viabilidad	30
Figura 3. Aquenio en estado semimaduros con coloración verdosa (derecha) y aquenio madurado con coloración café pardo ex situ (izquierda) de la especie <i>M. vaccinioides</i> .	30
Figura 4. Capítulos madurados ex situ de la especie <i>M. vaccinioides</i>	31
Figura 5. Capítulos semimaduros de la especie <i>M. vaccinioides</i> .	31
Figura 6. Diseño experimental completamente al azar con dos factores de comparación (época con alta precipitación y época con baja precipitación) y estado de los aquenios (semimaduros SS y madurados ex situ SM).	34
Figura 7. Suma total de producción de aquenios en época con alta precipitación (AP) y baja precipitación (BP) de las especies: <i>M. vaccinioides</i> , <i>D. ericoides</i> , <i>G. miniphylla</i> y <i>C. jussieui</i> .	36
Figura 8. Caracterización de la producción de aquenios en las épocas con alta (AP) y baja precipitación (BP) de las especies: <i>M. vaccinioides</i> (a), <i>D. ericoides</i> (b), <i>G. miniphylla</i> (c) y <i>C. jussieui</i> (d).	37
Figura 9. Germinación acumulada durante 45 días, bajo cuatro tratamientos 1) Alta precipitación con aquenios maduros, 2) Alta precipitación con aquenios semimaduros, 3) Baja precipitación con aquenios maduros y 4) Baja precipitación de aquenios semimaduros, de las especies: <i>M. vaccinioides</i> (a), <i>D. ericoides</i> (b), <i>G. miniphylla</i> (c) y <i>C. jussieui</i> (d), n=5	44

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Etiquetado en campo de <i>M. vaccinioides</i> .	63
Anexo 2. Etiquetado en campo de <i>D. ericoides</i> .	63
Anexo 3. Etiquetado en campo de <i>G. miniphylla</i> .	63
Anexo 4. Etiquetado en campo de <i>C. jussieui</i> .	63
Anexo 5. Recolección en campo de <i>M. vaccinioides</i> .	64
Anexo 6. Recolección en campo de <i>D. ericoides</i> .	64
Anexo 7. Recolección en campo de <i>G. miniphylla</i> .	64
Anexo 8. Recolección en campo de <i>C. jussieui</i> .	64
Anexo 9. Uso del estéreo microscopio para medir el tamaño de aquenios y embriones.	65
Anexo 10. Extracción y contabilización de aquenios.	65
Anexo 11. Pruebas de viabilidad de los aquenios.	65
Anexo 12. Uso de la estufa para realizar las pruebas de contenido de humedad.	65
Anexo 13. Uso de la balanza analítica para el peso de los aquenios.	66
Anexo 14. Prueba de pureza en semillas de <i>C. jussieui</i> , remoción de las impurezas de los aquenios.	66
Anexo 15. Siembra de aquenios en el cuarto de crecimiento.	66
Anexo 16. Establecimiento del ensayo en el cuarto de crecimiento (pruebas de germinación).	66
Anexo 17. Establecimiento del ensayo en el cuarto de crecimiento (pruebas de germinación).	67
Anexo 18. Establecimiento del ensayo en el cuarto de crecimiento (pruebas de germinación).	67
Anexo 19. Germinación de <i>M. vaccinioides</i> (pruebas de germinación).	67

Anexo 20. Germinación de <i>D. ericoides</i> (pruebas de germinación).	67
Anexo 21. Germinación de <i>G. miniphylla</i> (pruebas de germinación).	68
Anexo 22. Germinación de <i>C. jussieui</i> (pruebas de germinación).	68
Anexo 23. Presencia de infestación (larvas) en los aquenios de <i>G. miniphylla</i> .	68
Anexo 24. Presencia de larvas en los aquenios de <i>C. jussieui</i> .	68
Anexo 25. Presencia de estados pupales en los capítulos de <i>C. jussieui</i> .	69
Anexo 26. Evidencia de capítulos de <i>C. jussieui</i> depredados por posible acción de roedores en el área de estudio.	69
Anexo 27. Daños causados por larvas en los aquenios de <i>G. miniphylla</i> .	69
Anexo 28. Daños causados por posible acción de roedores en el área de estudio en los individuos de <i>C. jussieui</i> .	69
Anexo 29. Caja Petri contaminada de <i>C. jussieui</i> .	70
Anexo 30. Daños posiblemente causados por roedores en los individuos de <i>C. jussieui</i> .	70
Anexo 31. Análisis estadístico del número de aquenios por especie mediante la prueba de Kruskal Wallis.	70

ABREVIATURAS

°C = Grados centígrados

ABA = Ácido abscísico

AG3 = Ácido giberélico

CEDIA = Corporación Ecuatoriana para el Desarrollo de la Investigación y la Academia

CO₂ = Dióxido de Carbono

CVG = Coeficiente de velocidad de germinación

M = Metros

M.s.n.m = Metros sobre el nivel del mar

Mm = Milímetros

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio
Institucional

Dayana Elizabeth García Flores, en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Evaluación de la producción y características de semillas de Asteraceae del páramo de Zhuruca y en épocas de alta y baja precipitación", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 15 de noviembre de 2022



Dayana Elizabeth García Flores

C.I: 0302701404

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio
Institucional

Karina Magaly Pesántez Toledo, en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Evaluación de la producción y características de semillas de Asteraceae del páramo de Zhuruca y en épocas de alta y baja precipitación", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 15 de noviembre de 2022



Karina Magaly Pesántez Toledo

C.I: 0106673544

Cláusula de Propiedad Intelectual

Dayana Elizabeth García Flores, autora del trabajo de titulación "Evaluación de la producción y características de semillas de Asteraceae del páramo de Zhurucay en épocas de alta y baja precipitación", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 15 de noviembre de 2022



Dayana Elizabeth García Flores

C.I: 0302701404

Cláusula de Propiedad Intelectual

Karina Magaly Pesántez Toledo, autora del trabajo de titulación "Evaluación de la producción y características de semillas de Asteraceae del páramo de Zhurucay en épocas de alta y baja precipitación", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 15 de noviembre de 2022



Karina Magaly Pesántez Toledo

C.I: 0106673544

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecemos a Dios por permitirnos cumplir este sueño tan anhelado.

A nuestras familias por apoyar nuestras decisiones y proyectos durante todo nuestro camino universitario.

De igual manera nuestro más sincero agradecimiento a nuestra querida tutora, Dra. Ximena Palomeque, por la confianza depositada en nosotras desde el inicio, por su paciencia, dedicación y apoyo en todas las fases de nuestra tesis.

A la Ing. Agr. Claudia Patiño y la Blga. Diana Inga quienes siempre supieron prestar una mano amiga y su importante contribución en la realización de nuestra tesis.

A nuestros amigos y a todos quienes han contribuido de manera significativa en el logro de este proceso de titulación.

Finalmente queremos externar nuestro agradecimiento a cada uno de los profesores que contribuyeron con nuestra formación académica y moral y al Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica por el permiso de investigación proporcionado (MAE-ARSFC-2020-0432).

Dayana García, Karina Pesántez

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a mis amados padres, María Amelia Flores y Enrique Rolando García (†) quienes con su amor y entrega me apoyaron incondicionalmente durante mi formación académica.

A mis queridos hermanos Jhon y Edison García Flores por ser siempre ser mi fortaleza e inspiración, a mis sobrinos Dayanna Chacón y Aaron García, por permitirme crecer a su lado.

A mis adorados abuelos Marta Quizpilema y Luis Pauzhi, por su amor incondicional y por sus valiosas lecciones de vida

A mis queridos tíos y tías por su preocupación, por siempre apoyarme y creer en mí.

A todos mis amigos y amigas, gracias por entenderme, apoyarme y nunca dejarme sola.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a mi querida compañera Karina Pesántez, quien me a acompañó desde el primer día en la universidad, gracias por nunca juzgarme y ser mi cómplice en todo momento, gracias por ser la hermana que me dio la vida.

Dayana García

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primeramente a Dios por permitirme culminar con éxito mi carrera, por guiarme y darme buena salud y fortaleza en todo momento.

A mis padres Marco y María quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han acompañado a cumplir un sueño más, gracias infinitas a mi padre quien desde el primer día me apoyó y me inculcó el ejemplo de esfuerzo, valentía y a no rendirme nunca.

A mis hermanos Alexandra, Irma y Sebastián por su cariño y apoyo incondicional durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento.

A mis queridas amigas y amigos por su ayuda, sus consejos y palabras de aliento. A ti Jefri, amigo querido a pesar de que no estás en estos momentos conmigo, sé que en el cielo estas muy feliz por mí y porque sé que tuviste los mismos sueños que yo, te dedico con todo mi corazón mi tesis.

De manera especial quiero dedicar este logro a ti Daya hermana de mi corazón, compañera de tesis, mereces los mejores elogios por tu inteligencia, dedicación y valentía. Gracias por encontrarme el primer día de clases, sabía que íbamos a lograr muchas cosas juntas. Nos complementamos perfectamente para lograr culminar satisfactoriamente esta tesis, con muchas experiencias y gratos recuerdos en el páramo.

¡LO LOGRAMOS AMIGA!

Karina Pesántez

1. INTRODUCCIÓN

Los páramos son ecosistemas alpinos neotropicales que cubren la región más alta de los Andes (Buytaert et al., 2006). Estos ecosistemas se caracterizan por presentar baja presión del aire y bajas temperaturas que suelen estar acompañadas por marcadas fluctuaciones diarias, intensa radiación ultravioleta, vientos fuertes y lluvias estacionales (Minga et al., 2016). Las condiciones climáticas extremas presentes en los páramos han generado una adaptación evolutiva de la flora y fauna (Josse et al., 2000); lo que ha dado como resultado que muchas especies presentes en el páramo, no se encuentren en ningún otro ecosistema del mundo (Mena et al., 2001). Los páramos son considerados ecosistemas muy importantes (Lutey et al., 1999), debido a que poseen suelos con gran capacidad de retención de agua y plantas con bajas tasas de evapotranspiración, a pesar de la alta radiación, generando así, un bajo consumo natural de agua en el páramo (Chuncho & Chuncho Morocho, 2019), por lo tanto, la conservación de este ecosistema es importante para la provisión y regulación de los recursos hídricos (Alzate et al., 2018), y también porque albergan un alto endemismo de especies (Sklenář et al., 2005).

A pesar que los páramos brindan múltiples servicios ecosistémicos (Camacho, 2013), estos se ven amenazados (Alzate et al., 2018), principalmente por: el incremento de la población humana, el cambio de uso de suelo, el sobrepastoreo, la extracción minera ilegal y la introducción de especies exóticas (Aguilar, 2000). Otro problema que altera los ecosistemas naturales frágiles, como los páramos, es el cambio climático, que genera variaciones tanto en la temperatura como en la precipitación; alterando así, la ecología de las plantas al generar un estrés abiótico sobre las mismas, afectando la calidad de las semillas (Vargas & Pérez, 2016).

Por otro lado, las semillas determinan la persistencia de las especies en los ecosistemas, adoptando diferentes métodos de: reproducción, dispersión y supervivencia del

germoplasma, los cuales estarán determinados por las condiciones ambientales en las que se encuentra la planta madre y puede influir en el porcentaje de germinación y la tasa de producción de semillas (Cendán et al., 2013). Así, un cambio en la cantidad de precipitación podría afectar las características del ciclo de vida de las plantas, en particular, en la emergencia de las plántulas desde semilla (Chen, et al., 2019).

Hampton et al. (2016) indicaron que cualquier exposición a rangos de precipitaciones por encima del óptimo para la especie, puede resultar en pérdidas significativas en el rendimiento de semillas, dependiendo del momento y la duración del estrés abiótico experimentado (Dornbos et al., 2006). Los aumentos de temperatura y el estrés hídrico, pueden llegar a reducir: el número de semillas, la tasa de crecimiento, la velocidad del desarrollo embrionario y en ocasiones, la masa de las semillas (Singh et al., 2013) influyendo en las características de la germinación.

Asimismo, el estado de madurez de las semillas ha demostrado ser un factor interno relevante en la respuesta germinativa (Orozco, 1989). Kaliangile y Mulioleka (1995), indican que la madurez fisiológica de la semilla está definida en algunas especies por el máximo peso seco, con lo cual la semilla tiene mayor vigor y poder germinativo (Chen et al., 1972; Pieta & Ellis, 1991). En el caso la familia Asteraceae, los aquenios o semillas alcanzan la madurez fisiológica y morfológica simultáneamente, sin embargo, en las condiciones particulares del páramo (alta humedad) el aquenio no siempre alcanza su máximo de peso seco (óptimo para la germinación) y por ende el llenado del mismo no se logra, disminuyendo así, su poder germinativo (De la Cuadra, 2020).

Con base a lo expuesto anteriormente el presente proyecto tiene como objetivo entender cuál es la mejor época para la colecta de semillas, así como también el estado óptimo para lograr mejores resultados en la germinación con fines de propagación aplicados a la restauración.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar la producción y características de aquenios de Asteraceae del páramo de Zhurucay en épocas de alta y baja precipitación.

2.2. Objetivos específicos

- Identificar la época del año (alta y baja precipitación) con mayor producción de aquenios viables.
- Caracterizar los aquenios de Asteraceae del páramo de Zhurucay producidas en épocas de alta y baja precipitación.
- Evaluar la germinación de aquenios semimaduros recién colectados y madurados *ex situ* en la época con alta y baja precipitación.

3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

- ¿Existen diferencias en la producción de aquenios viables en época con alta y baja precipitación en especies arbustivas de la familia Asteraceae del páramo de Zhurucay?
- ¿Existen diferencias en las características de los aquenios semimaduros recién colectados y madurados *ex situ* producidos en época de alta y baja precipitación de especies arbustivas de la familia Asteraceae del páramo de Zhurucay?
- ¿Existen diferencias en el porcentaje y velocidad de germinación de aquenios semimaduros recién colectados y madurados *ex situ*, en época de alta y baja precipitación de especies arbustivas de la familia Asteraceae del páramo de Zhurucay?

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1. Los páramos ecuatorianos y sus servicios ecosistémicos

Los páramos del Ecuador cubren el 5% de la superficie del país, se ubican entre altitudes comprendidas desde los 3000 hasta los 4500 m s.n.m., formando un corredor ininterrumpido atravesando el país de norte a sur, cubriendo las partes altas de las dos cordilleras andinas (oriental y occidental) (Hofstede et al., 2002; Carrillo et al., 2019).

Los páramos funcionan como reguladores hídricos, abasteciendo de agua a las ciudades andinas y aportando a las actividades antrópicas, como la producción de energía (hidroeléctricas) y riego, para las actividades agropecuarias (Granados et al., 2005). También sirven como importantes reservas de carbono en el suelo (García et al., 2019), ayudando a mitigar el efecto de la concentración de Dióxido de Carbono (CO₂) en la atmósfera (Ayala et al., 2014).

A pesar de ser un ecosistema reducido, posee una gran diversidad biológica dentro de los ambientes de alta montaña (De Bievre, 2011), registrando un total de 1.500 especies, de las cuales: Asteraceae, Melastomataceae y Myrsinaceae son las familias dominantes por encima de los 3000 m de altitud. (Sklenář et al., 2005; Palomino, 2010; Kessler, 2011). Se han registrado 270 especies endémicas, las cuales representan el 44% de endemismo de los páramos ecuatorianos (Lutey et al., 1999; León et al. 2011).

4.2. La familia Asteraceae y su importancia en los páramos

Asteraceae es la más grande familia de plantas vasculares en el mundo, posee una distribución cosmopolita, excepto en la región Antártica (Rivero, 2020), con un alto endemismo en los Andes de Suramérica (Azócar & Fariñas, 2003). Esta familia presenta una amplia distribución geográfica, caracterizada por su alta producción de semillas con una estructura que facilita su dispersión (anemócora), denominada papus o vilano contribuyendo al establecimiento de poblaciones (Yuan & Wen, 2016). Además, presenta

inflorescencias especializadas (Grau & Rea, 1997) con un particular proceso evolutivo atribuido a la arquitectura compleja del capítulo y sus transiciones adaptativas (Rivero, 2008), de igual manera el polen ha coevolucionado directamente con sus sistemas de cruzamiento y con sus mecanismos de polinización y dispersión (Panero & Funk, 2008), promoviendo el incremento de la tasa de especiación (Rivero, 2008).

4.3. Factores externos e internos que afectan a la germinación

La germinación de la semilla es un aspecto central de la fase regenerativa de las especies, para el mantenimiento y recuperación de sus poblaciones, en los diferentes ecosistemas. Cada especie posee un determinado conjunto de factores que posibilita que se desencadene el proceso de germinación (Zalazar et al., 2009), entre estos tenemos:

4.3.1. Factores extrínsecos

Son aquellos factores externos característicos del ambiente como la precipitación y la temperatura (Rodríguez Romero & Nieto Rodríguez, 1999), a los cuales se encuentran expuestas las semillas de las plantas. A continuación, se describen los dos factores extrínsecos:

4.3.1.1. Precipitación

Los efectos del incremento o disminución de la precipitación durante el ciclo de vida de las plantas, son muy importantes dentro de la investigación ecológica (Bai et al., 2008). Por lo general, la estacionalidad de la precipitación puede afectar la mayoría de las características durante el crecimiento vegetativo de las plantas. De acuerdo con Zhang, et al., (2015), el aumento de la precipitación promueve la producción de hojas, flores y frutos, pero el grado de influencia depende de la especie (Lu et al., 2014).

Eslami et al., (2012) en su estudio realizado en Australia reportan que las semillas producidas en años fríos y húmedos a menudo están más latentes que las semillas

producidas en años cálidos secos, así también la germinación podría tener mejores resultados germinativos en la época seca. Alzugaray et al., (2007) reportan que la colección de semillas de *Schinopsis balansae* realizada en el año más lluvioso en Argentina presenta menor germinación (50%), que, en la realizada en los años más secos, esto atribuido al mayor porcentaje de semillas vanas e inmaduras, mientras que, en la época con menor precipitación se obtuvo mayor germinación (90%). De igual manera Nagahama, et al., (2016) relacionan el acelerado y el mayor porcentaje germinativo a las respuestas fisiológicas de las plantas para germinar, emerger y establecerse rápidamente frente a la escasa disponibilidad de agua en la Patagonia.

La precipitación promedio anual en los páramos andinos se encuentra en un rango de 700 a 4000 mm (Buytaert et al., 2006; Crespo, et al., 2009; De Bievre, 2011). El páramo de Zhurucay, donde se recolectó el material de estudio, tiene una precipitación con leve estacionalidad, sin embargo, se evidencia menor precipitación durante los meses de julio a diciembre y mayor precipitación de enero a junio (Padrón, 2013).

4.3.1.2. Temperatura

Todas las especies tienen un rango térmico específico en donde la germinación se da con éxito, presentando los mayores porcentajes de germinación cuando se encuentra en su intermedio óptimo (Herrera et al., 2006). Al ser los páramos ambientes que constantemente están sometidos a distintos tipos de estrés, las semillas y plántulas se encuentran bajo condiciones difíciles, tales como temperaturas bajo cero y altas fluctuaciones térmicas en un mismo día (Doria, 2010), lo que causa la disminución de la tasa metabólica de los tejidos internos de la semilla y también en sus reservas. Estas podrán ser consumidas lentamente por lo que se prolonga la viabilidad de las semillas en el suelo (Alzugaray et al., 2007). Por otro lado, a altas temperaturas, el envejecimiento de las semillas se acelera, lo que reduce la viabilidad y retrasa la germinación de las semillas

(Sano, et al., 2016).

4.3.2. Factores intrínsecos

Courtis (2013) menciona que son aquellos factores internos propios de las semillas y a continuación se mencionan algunos como son:

4.3.2.1. Estado de madurez

La madurez de la semilla es la fase final de la etapa reproductiva, su principal característica es la presencia de cambios tanto físicos (color, turgencia, peso, etc.) como químicos (Pérez, 2006). La regulación hormonal de la dormición y la germinación está determinada por la relación ácido abscísico (ABA) : ácido giberélico (GA3). Los GA3 promueven la germinación y el ABA actúa como hormona clave para el establecimiento y mantenimiento de la dormición. El ABA es la hormona fundamental durante la maduración (Slater et al., 2013), ya que durante esta etapa se da un aumento en los niveles de ABA, que es sustancial para el correcto desarrollo de la semilla y para evitar la germinación prematura (Shu et al., 2015). Schmid, (2000) menciona que la pérdida de agua y consecuente la desintegración de la clorofila, provoca variaciones en la coloración de las semillas, por lo que estas cambian su coloración de verde a amarillo, café o negro.

Las semillas continúan su desarrollo con la acumulación de sustancias de reserva, como: carbohidratos, grasas, proteínas, aceites en el endospermo y en los cotiledones, alcanzando su madurez fisiológica. Cuando la semilla alcanza el máximo vigor y poder germinativo puede cumplir con eficiencia todas sus funciones. A partir de este momento el peso seco, el vigor y el poder germinativo disminuyen paulatinamente por los procesos de desgaste (Criollo & Upegui, 2005).

En un estudio realizado por Pérez (2006) en el que se evaluó la viabilidad en los diferentes grados de madurez (cabezuelas amarillas, cabezuelas verdes-amarillas) de los

aquenos de *Montanoa quadrangularis* (Asteraceae), no se reportó diferencias entre los dos grados de madurez: tipo A (maduras) y tipo B (inmaduras), con resultados entre 60 y 70% de viabilidad.

4.3.2.2. Dormancia

La dormancia es el mecanismo por el cual las semillas retrasan su proceso germinativo, hasta que las condiciones ambientales sean ideales para favorecer la supervivencia de las plántulas (Copeland & Mc Donald, 1995). Walck et al. (2011) indican que los factores críticos para el inicio y ruptura de la dormancia son la temperatura y la disponibilidad de agua.

4.4. Características generales de las especies en estudio.

Tabla 1. Características de las cuatro especies estudiadas, y su importancia socioeconómica y ecológica.

Especie	Características de la especie	Importancia	Fuente
<i>Monticalia vaccinioides</i> (Cubilán, hierba de venado, pulisa)	Arbustos bajos de 1 a 2 m de alto, hojas alternas, inflorescencias con ocho cabezuelas, vilano de tricomas sedosos blancos, de aroma agradable. Distribuida en los Andes de Colombia y Ecuador. De 3000- 4500 m.s.n.m.	Socioeconómica: usado como forraje de animales. Es usada también como analgésico, odontológico y antisifilítico. La flor y el tallo son empleados como combustible. Ecológica: Se encuentra en pajonales abiertos y laderas expuestas, se adapta bien a suelos pedregosos.	Minga, et al., 2016. León Yáñez, et al., 2011.
<i>Diplostephium ericoides</i> (Romerillo del páramo, Santa María)	Arbustos de 1 m de alto, hojas alternas lineares, inflorescencia en cabezuelas, fruto con corona de tricomas blancos. Distribuida en el Bosque andino alto hasta paramo arbustivo De 2500- 4500 m.s.n.m.	Socioeconómica: se usa como leña y para tratar afecciones postparto. Ecológica: Endémica del Ecuador, clasificada como especie de preocupación menor, crecen formando matorrales abiertos cerca de otras especies, se desarrollan en laderas cubiertas por pajonal.	Minga, et al., 2016. León Yáñez, et al., 2011.
<i>Gynoxys miniphylla</i> (Tucshi hembra)	Arbusto de 2m de alto, hojas opuestas inflorescencias de varias cabezuelas, vilano color blanco pajizo. Distribuida en los Andes centrales y del sur del Ecuador. De 3500- 4500 m	Ecológica: Endémica, clasificada como una especie Casi amenazada	Minga, et al., 2016. León Yáñez, et al., 2011.
<i>Chuquiraga jussieui</i> (Chuquiragua, flor de montaña)	Arbustos de 2,5 m de alto, hojas alternas duras y punzantes, inflorescencias en cabezuelas muy compactas con brácteas punzantes color anaranjado, vilano plumoso blanco. Distribuida en los Andes desde el sur de Colombia hasta Bolivia. De 2500 – 5000 m.s.n.m.	Socioeconómica: sus hojas y flores alivian la fiebre tifoidea, la infusión de la cascara se usa para la próstata y las flores para calmar los nervios y el resfrío. Ecológica: se desarrolla en varios ambientes de paramos y subparamos andinos. Crece disperso en el pajonal o en sitios rocosos formando matorrales bajos.	Minga, et al., 2016. León Yáñez, et al., 2011.

5. METODOLOGÍA

5.1. Área de estudio

Previo a la colección de semillas o achenios, se realizó un reconocimiento en toda el área de estudio para identificar y marcar las poblaciones e individuos de interés. La colección de los achenios (fruto que contienen una semilla) de las diferentes especies: *M. vaccinioides*, *D. ericoides*, *G. miniphylla* y *C. jussieui*, se realizó en el páramo de Zhurucay en la microcuenca que lleva el mismo nombre, Cantón San Gerardo, Azuay, Ecuador (Figura 1). Con coordenadas UTM 694700 m - 697700 m (X), 9658750 m - 9662500 m (Y), altitud entre 3500 y 3900 m s.n.m, con una temperatura promedio diaria de 6 °C (Iñiguez et al., 2008) y precipitación promedio anual que varía entre 700 y 4000 mm, siendo los meses más lluviosos (enero-junio) y los meses más secos (julio-diciembre) (Padrón, 2013).



Figura 1. Mapa de ubicación del páramo de Zhurucay, provincia del Azuay

5.2. Especies seleccionadas

Para cumplir con los objetivos específicos, las especies seleccionadas corresponden a la familia Asteraceae que fueron estudiadas en el marco del proyecto “Ecología de germinación de especies nativas de páramo enfocado a la propagación y manejo in situ para la restauración ecológica”, este proyecto de investigación fue financiado por CEDIA 2020 - 2021.

A partir mencionado proyecto surgieron nuevas preguntas científicas, que pretendieron ser respondidas con la ejecución de este estudio. Las especies a estudiar fueron: *Monticalia vaccinioides*, *Diplostephium ericoides*, *Gynoxys miniphylla* y *Chuquiraga jussieui*.

Para cada especie se colectaron dos lotes de aquenios; el primer lote se colectó a nivel de individuo para cumplir el primer objetivo, y el segundo lote se colectó a lo largo de toda la zona de estudio para cumplir los objetivos dos y tres.

5.3. Metodología para el objetivo 1: Identificar la época del año (alta/ baja precipitación) con mayor producción de aquenios viables

5.3.1. Colección de los capítulos y estado de madurez de los aquenios

Se colectó un lote de capítulos en estado semimaduro (capítulos cerrados con aquenios de color verde) de 15 individuos por especie, estos individuos fueron seleccionados al azar y cumplieron los siguientes criterios: distancia mínima entre sí de 10 m y características fenotípicas similares (altura, diámetro, densidad foliar, entre otras). Cabe mencionar que generalmente la mayoría de las especies estuvieron agrupadas en islas o parches en el área de estudio. De cada individuo se colectaron 10 capítulos, se contabilizó el número de aquenios por capítulo y se realizaron las pruebas de viabilidad mediante la utilización de Cloruro de Tetrazolio. Los aquenios fueron procesados en el Laboratorio de Semillas de la Facultad de Ciencias Agropecuarias perteneciente a la

5.3.2. Determinación de las épocas de colección (alta o baja precipitación)

El clima de Zhurucay ha sido ampliamente estudiado debido a que en esta zona se encuentra el Observatorio que lleva el mismo nombre y pertenece al Departamento de Recursos Hídricos y Ciencias Ambientales de la Universidad de Cuenca.

Para determinar la época de alta y baja precipitación se han revisado los estudios realizados por Padrón, (2013) e Iñiguez et al., (2008), en donde se evidencia que desde enero a junio son los meses más lluviosos y de julio a diciembre los meses con menor precipitación. Por tanto, la colecta para la época de alta precipitación se realizó en los meses de febrero-marzo y la colecta de la época de baja precipitación se realizó en los meses de julio-agosto.

5.3.3. Producción de aquenios viables

El material colectado ingresaba inmediatamente al laboratorio, para contabilizar el número de aquenios por capítulo. Luego se realizó un corte longitudinal para posteriormente imbibirlas en una solución de cloruro de tetrazolio (Tz) al 1% y se mantuvo en una estufa a 40 °C durante 24 horas (ISTA, 2007). Transcurrido este tiempo se determinó la viabilidad mediante la tinción de las semillas con el uso de un estereomicroscopio. Los protocolos internacionales disponen que, si la semilla se tiñe completamente es un indicador de viabilidad positiva. Con respecto a los aquenios restantes fueron clasificados en: no viables, vacíos e infestados, entendiéndose como infestados a aquellos capítulos que presenten insectos ya sea en estados larvarios o pupales.



Figura 2. Embrión sometido a prueba de viabilidad y teñido con Tetrazolium.

5.4. Metodología para el objetivo 2: Caracterizar los aquenios de cuatro especies de Asteraceae del páramo de Zhurucay producidas en épocas de alta y baja precipitación

A lo largo de toda la zona de estudio se colectó un lote general de capítulos. Por cada especie, se caracterizaron aspectos morfológicos y de calidad de semillas que fueron: tamaño de semillas y embriones (mm), contenido de humedad, peso, pureza y color. Estos parámetros fueron descritos en aquenios semimaduros (capítulo cerrado con aquenios verdes) y madurados *ex situ* (capítulos abiertos color pardo) y en los meses de alta y baja precipitación (Figura 3 y 4)



Figura 3. Aquenio en estado semimaduros con coloración verdosa (derecha) y aquenio madurado *ex situ* con coloración café pardo (izquierda) de la especie *M. vaccinioides*



Figura 4. Capítulos madurados *ex situ* de la especie *M. vaccinioides*



Figura 5. Capítulos semimaduros de la especie *M. vaccinioides*.

5.4.1. Caracterización morfológica y de calidad de los aquenios

5.4.1.1. Caracterización morfológica

5.4.1.1.1. Tamaño de aquenios y embriones (mm)

Para la determinación de las principales características morfométricas de los aquenios, a partir del lote general se tomaron 100 aquenios al azar, y se procedió a medir el largo y el ancho, de la misma forma se realizaron las mismas mediciones en 25 embriones, considerando los estados semimaduros y madurados *ex situ* en las dos épocas de colección por cada especie. La medición se realizó usando un estereomicroscopio NIKON SMZ 745T a través del software “INFINITY ANALYCE 1”.

5.4.1.2. Caracterización de la calidad

5.4.1.2.1. Contenido de humedad (%)

Para el cálculo del contenido de humedad de los aquenios se utilizaron dos repeticiones de 100 aquenios cada uno, se procedió a pesar las muestras utilizando una balanza de precisión, antes y después de secar en una estufa a 103°C durante 17 horas (ISTA, 2007), esto se realizó para los aquenios semimaduros madurados *ex situ* en las dos épocas de colección para cada especie.

Para los cálculos se utilizó la siguiente ecuación:

$$CH = (M2 - M3) * \frac{100}{M2 - M1}$$

Donde:

CH= Contenido de humedad (%) de las semillas

M1= Peso en gramos del contenedor y su cubierta

M2= Peso en gramos del contenedor, su cubierta y las semillas antes del secado

M3= Peso en gramos del contenedor, su cubierta y las semillas después del secado.

5.4.1.2.2. Peso (g)

Para el peso, se seleccionaron y pesaron 1000 aquenios (ISTA, 2007) por cada especie, en estado semimaduros y madurados *ex situ* en las dos épocas de colección. Para esto se utilizó una balanza de precisión, obteniendo así el peso respectivo de la muestra.

5.4.1.2.3. Pureza (%)

Para la pureza se pesó una muestra al azar, de 1000 aquenios. Luego se procedió a separar las impurezas (vilano y otras) de cada muestra y se volvió a pesar para obtener el peso neto.

El porcentaje de aquenio puro se calculó con la siguiente fórmula:

$$P2 = P1 \left(\frac{M - m}{M} \right)$$

Donde:

M= peso inicial de las semillas con impurezas

m= peso de las impurezas

P1= peso de la semilla pura

5.4.1.2.4. Color

El color de los aquenios semimaduros y madurados *ex situ* colectados en las dos épocas de colección de cada especie, fueron clasificados de acuerdo a la tabla de colores de suelos de Munsell (Munsell, 2018).

5.5. Metodología para el Objetivo 3: Evaluar la germinación de aquenios semimaduros recién colectados y madurados ex situ

5.5.1. Germinación

Los aquenios de cada especie fueron desinfectados mediante un lavado con jabón líquido durante tres minutos y enjuague con abundante agua destilada. Por cada especie, se aplicó un diseño completamente al azar independiente por cada época de colección (factor 1), con dos niveles que fueron: alta y baja precipitación. Además, se consideró al estado de madurez (factor 2), con dos niveles: semimaduros y madurados *ex situ*. La variable dependiente analizada fue el número de semillas germinadas y su velocidad. Se utilizaron cinco repeticiones con 50 aquenios cada una. Estos fueron puestos en cajas Petri con papel absorbente, el cual fue humedecido con agua destilada a lo largo del tiempo de monitoreo. Todo el material se esterilizó previamente para evitar contaminación.

La siembra se realizó en el cuarto de crecimiento del laboratorio de semillas en donde se mantuvieron todas las medidas de limpieza e inocuidad. La toma de datos se realizó diariamente durante 45 días o hasta que la curva de germinación se estabilizó. Se consideró como semilla germinada cuando hubo la presencia de la radícula y hojas cotiledoneas, de acuerdo a las normas ISTA (2007). Además, se calculó la

velocidad de germinación (VG) a través de la siguiente fórmula.

$$CVG = \frac{(100(A1 + A2 + \dots Ax))}{(A1.T1 + A2T2 + \dots Axtx)}$$

donde CVG es el coeficiente de velocidad germinativa; A1, A2, Ax son los números de semillas contadas desde el primer día y T1, T2, Tx es el número de días entre la siembra y el primer día de registro de germinación.

En el anexo 1 al 30 se puede observar las actividades realizadas en la fase de campo y fase de laboratorio.

A continuación, se muestra un esquema de los diseños experimentales por cada época de precipitación para evaluar la germinación.

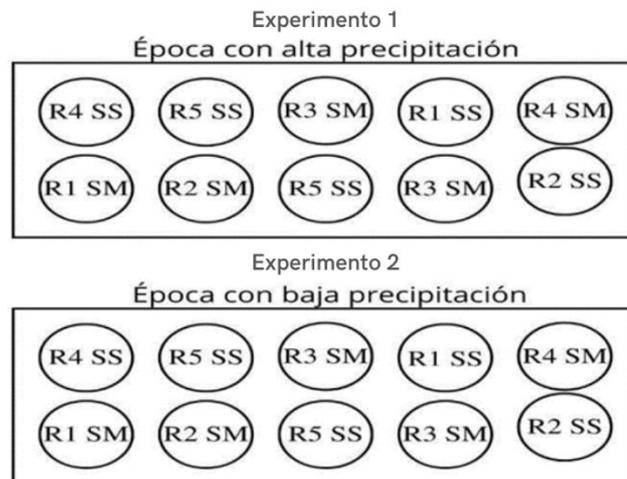


Figura 6. Diseños experimentales completamente al azar aplicados para cada época de precipitación (alta y baja), considerando el estado de madurez de los aquenios (semimaduros SS y madurados *ex situ* SM).

6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico aplicado para evaluar la producción de aquenios viables por época (factor 1) se analizó a través de la prueba de Kruskal Wallis. Para la caracterización de los aquenios (viables, no viables, vacías e infestadas) por época de colección, se aplicó análisis descriptivo. Con el fin de determinar la calidad de las semillas y su morfología, considerando la época de colección (factor 1) y el estado de madurez (factor 2), estadísticamente se aplicó un análisis descriptivo, por cada variable de respuesta como fueron: peso, pureza y color. Para las otras variables de respuesta como: tamaño de aquenio, embrión, y contenido de humedad, se aplicó la prueba Kruskal Wallis y posteriormente se realizó un post hoc.

Para el análisis de germinación y la velocidad (variables de respuesta) se utilizó la prueba Kruskal Wallis por cada época de colección (factor 1), y en cada época se analizó el estado de madurez (factor 2); adicionalmente se realizó una prueba post hoc. Cabe mencionar que los análisis se realizaron por cada especie.

7. RESULTADOS

7.1. Producción de aquenios

El número de aquenios producidos en las dos épocas de colección no presentaron diferencias significativas para las especies *M. vaccinioides*, *D. ericoides*, *G. miniphylla* ($p > 0.05$, Anexo 31). Sin embargo, se nota un ligero incremento para esta variable en la época de baja precipitación para *C. Jussieui* con un valor ($p = 0.0230$, Anexo 31) (Figura 7).

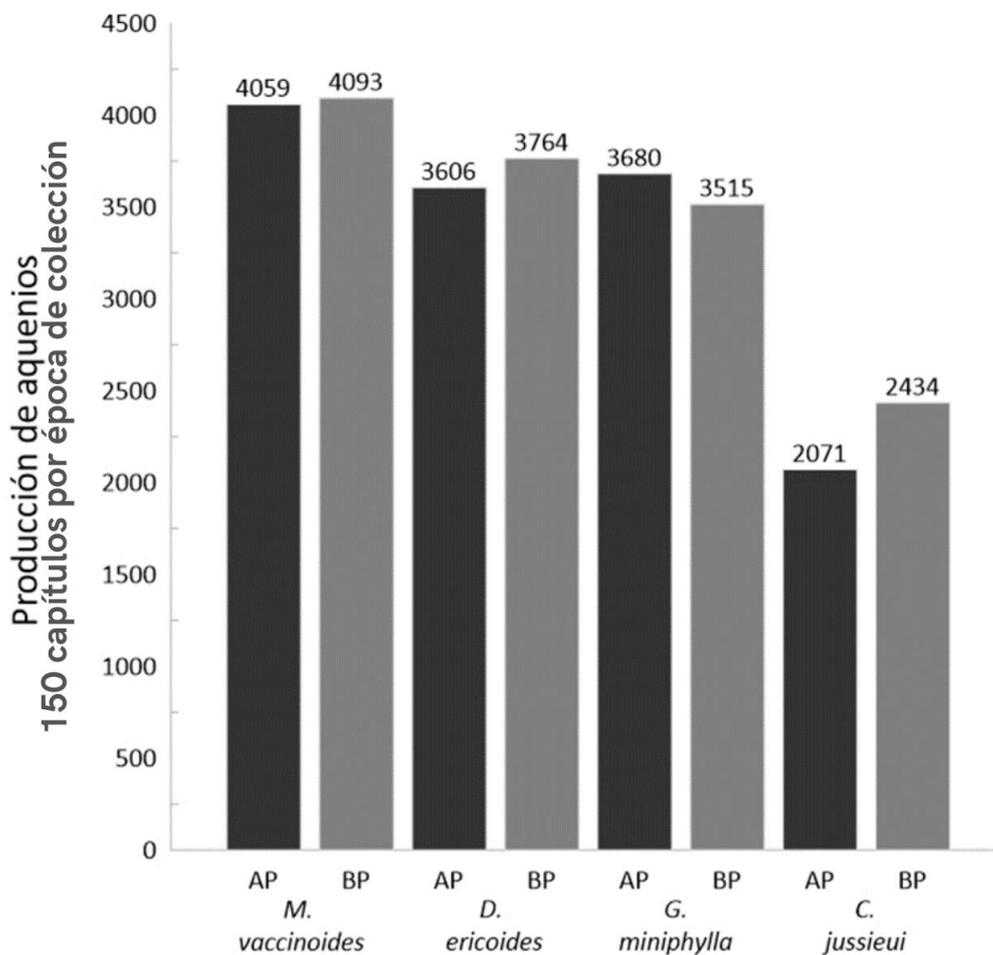


Figura 7. Suma total de producción de aquenios en época con alta precipitación (AP) y baja precipitación (BP) de las especies: *M. vaccinioides*, *D. ericoides*, *G. miniphylla* y *C. jussieui*.

En cuanto a la clasificación de los achenios se puede apreciar que no hay diferencias marcadas entre las dos épocas de colección para los achenios viables, no viables, vacíos e infestados (Figura 8 a, b, c, d).

Todas las especies presentaron achenios con un bajo porcentaje de viabilidad con valores menores al 5% (Figura 8 a, b, c, d). Así mismo, se registró que todas las especies mostraron un alto porcentaje de achenios vacíos con valores de entre 19.97% al 80%, a excepción de *C. jussieui* (Figura 8 a, b, c, d), la cual tuvo un mayor porcentaje de infestación, siendo este mayor en la época de alta precipitación (55%) (Figura 8d). Otra tendencia encontrada fue para los achenios no viables, la mayoría de especies tuvieron valores que alcanzan hasta el 44,37 % de su producción total.

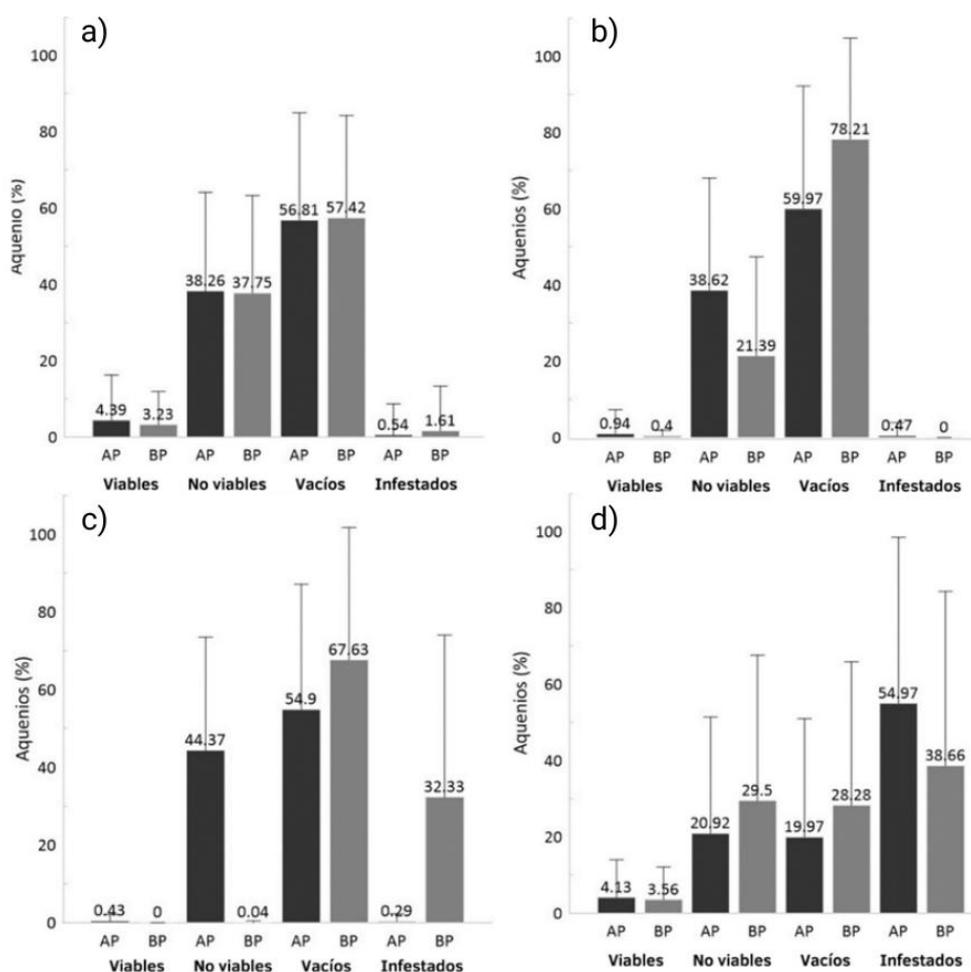


Figura 8. Caracterización de la producción de achenios en las épocas con alta (AP) y baja precipitación (BP) de las especies: *M. vaccinioides* (a), *D. ericoides* (b), *G. miniphylla* (c) y *C. jussieui* (d).

7.2. Caracterización morfológica y de calidad de los aquenios

7.2.1. Caracterización morfológica de los aquenios

En la tabla 2, se puede apreciar la caracterización morfológica de los aquenios de las especies estudiadas; *M. vaccinioides* presentó mayor tamaño en los aquenios colectados en la época de alta precipitación, con mayor largo en los aquenios madurados *ex situ*, así mismo se apreció mayor ancho en los embriones madurados *ex situ* colectados en la misma época. Con respecto al largo del embrión no hubo diferencias significativas en cuanto a época y estado de madurez

D. ericoides presentó mayor tamaño en los aquenios semimaduros colectados en la época de alta precipitación, y mayor largo en los embriones madurados *ex situ* colectados en la misma época, en cuanto al ancho no hay diferencias.

G. miniphylla mostró mayor tamaño en los aquenios colectados en la época de alta precipitación, con mayor largo en los aquenios madurados *ex situ*, de igual manera se observó mayor tamaño en los embriones en ambos estados de madurez colectados en la misma época

C. jussieui presentó mayor largo en los aquenios semimaduros colectados en ambas épocas y en los aquenios madurados *ex situ* colectados en la época de baja precipitación, con respecto al ancho los valores más altos se observaron en los aquenios semimaduros colectados en ambas épocas, finalmente los embriones más grandes fueron aquellos colectados en la época de baja precipitación en los dos estados de madurez.

Para la mayoría de especies (excepto, el largo del embrión de *M. vaccinioides* y el ancho del embrión de *D. ericoides*) hubieron diferencias estadísticas significativas entre las épocas de colección para las variables tamaño del aquenio y embrión (Tabla 3).

Tabla 2. Caracterización morfológica de los aquenios colectados en las épocas con alta y baja precipitación de las especies: *M. vaccinioides*, *D. ericoides*, *G. miniphylla* y *C. jussieui*). Mediante el test de *Kruskal Wallis*, diferentes letras corresponden a diferencias significativas ($p < 0.05$).

Morfología										
Especie	Época de colección	Estado de madurez	Tamaño aquenio		Tamaño embrión					
			Largo (mm)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)				
<i>Monticatia vaccinioides</i>	Alta Precipitación	Aquenios madurados <i>ex situ</i>	2,12 ± 0,29	A	0,63 ± 0,12	A	1,44 ± 0,31	A	0,51 ± 0,11	A
		Aquenios semimaduros	1,84 ± 0,26	C	0,66 ± 0,11	A	1,38 ± 0,23	A	0,45 ± 0,10	AB
	Baja Precipitación	Aquenios madurados <i>ex situ</i>	1,92 ± 0,26	B	0,53 ± 0,13	C	1,36 ± 0,19	A	0,40 ± 0,08	B
		Aquenios semimaduros	1,91 ± 0,32	A B	0,59 ± 0,09	B	1,38 ± 0,08	A	0,40 ± 0,10	B
<i>Diplostegium ericoides</i>	Alta Precipitación	Aquenios madurados <i>ex situ</i>	1,67 ± 0,23	B	0,44 ± 0,11	B	1,26 ± 0,13	A	0,39 ± 0,12	A
		Aquenios semimaduros	1,75 ± 0,26	A	0,53 ± 0,11	A	1,08 ± 0,35	B	0,33 ± 0,11	A
	Baja Precipitación	Aquenios madurados <i>ex situ</i>	1,57 ± 0,22	C	0,47 ± 0,13	B	0,96 ± 0,13	B	0,37 ± 0,10	A
		Aquenios semimaduros	1,50 ± 0,24	D	0,40 ± 0,09	C	0,97 ± 0,26	B	0,33 ± 0,09	A
<i>Gynoxys miniphylla</i>	Alta Precipitación	Aquenios madurados <i>ex situ</i>	2,95 ± 0,38	A	0,68 ± 0,13	A	2,22 ± 0,26	A	0,54 ± 0,14	A
		Aquenios semimaduros	2,46 ± 0,38	B	0,67 ± 0,16	A	2,00 ± 0,37	A	0,54 ± 0,12	A
	Baja Precipitación	Aquenios madurados <i>ex situ</i>	1,83 ± 0,28	C	0,37 ± 0,07	C	1,46 ± 0,23	B	0,38 ± 0,33	B
		Aquenios semimaduros	2,34 ± 0,51	B	0,57 ± 0,12	B	1,49 ± 0,26	B	0,36 ± 0,05	B
<i>Chuquiraga jussieui</i>	Alta Precipitación	Aquenios madurados <i>ex situ</i>	2,64 ± 0,77	B	1,00 ± 0,41	C	2,5 ± 0,69	B	1,04 ± 0,28	B
		Aquenios semimaduros	3,06 ± 0,71	A	1,32 ± 0,34	A	2,20 ± 0,80	B	1,08 ± 0,33	B
	Baja Precipitación	Aquenios madurados <i>ex situ</i>	3,22 ± 0,67	A	1,46 ± 3,02	B	2,97 ± 0,94	A	1,31 ± 0,25	A
		Aquenios semimaduros	3,41 ± 0,93	A	1,47 ± 0,47	A	3,14 ± 0,92	A	1,31 ± 0,38	A

Tabla 3. Valores estadísticos de la caracterización morfológica de los aquenios colectados en las épocas con alta y baja precipitación de las especies: *M. vaccinioides*, *D. ericoides*, *G. miniphylla* y *C. jussieui*.

Morfología						
Especie	Época de colección	Estado de madurez	Tamaño aquenio		Tamaño embrión	
			Largo (mm)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)
<i>Monticalia vaccinioides</i>	Alta	Aquenios madurados <i>ex situ</i>	<0.0001	<0.0001	0.6191	<0.0001
	Precipitación	Aquenios semimaduros				
	Baja	Aquenios madurados <i>ex situ</i>				
	Precipitación	Aquenios semimaduros				
<i>Diplostephium Ericoides</i>	Alta	Aquenios madurados <i>ex situ</i>	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.155
	Precipitación	Aquenios semimaduros				
	Baja	Aquenios madurados <i>ex situ</i>				
	Precipitación	Aquenios semimaduros				
<i>Gynoxis miniphylla</i>	Alta	Aquenios madurados <i>ex situ</i>	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	Precipitación	Aquenios semimaduros				
	Baja	Aquenios madurados <i>ex situ</i>				
	Precipitación	Aquenios semimaduros				
<i>Chuquiraga jussieui</i>	Alta	Aquenios madurados <i>ex situ</i>	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	Precipitación	Aquenios semimaduros				
	Baja	Aquenios madurados <i>ex situ</i>				
	Precipitación	Aquenios semimaduros				

7.2.2. Caracterización de la calidad de los aquenios

En cuanto a la calidad de los aquenios, las especies *M. vaccinioides*, *D. ericoides* y *G. miniphylla* presentaron el mayor peso en los aquenios semimaduros y madurados *ex situ* colectados en la época de alta precipitación, por otra parte *C. jussieui* mostró mayor peso para los aquenios semimaduros colectados en la época de baja precipitación (Tabla 4).

Con respecto al contenido de humedad no se encontraron diferencias en las especies *M. vaccinioides* y *C. jussieui* para los factores de comparación (Tabla 5), por otra parte, *D. ericoides* mostró mayor contenido de humedad en los aquenios semimaduros colectado en la época de baja precipitación (Tabla 4).

G. miniphylla presentó mayor contenido de humedad en los aquenios semimaduros colectado en la época de alta precipitación (Tabla 4).

Finalmente *M. vaccinioides* registra mayor porcentaje de pureza en los aquenios madurados *ex situ* colectados en la época de alta precipitación, mientras que, *D. ericoides* presenta mayor porcentaje en los aquenios semiduros colectados en la misma época. *G. miniphilla* registra mayor pureza en los aquenios madurados *ex situ* colectados en la época de baja precipitación y *C. jussieui* en los aquenios madurados *ex situ* de la misma época (Tabla 4).

Tabla 4. Caracterización de la calidad de los aquenios colectados en las épocas con alta y baja precipitación de las especies: *M. vaccinioides*, *D. ericoides*, *G. miniphylla* y *C. jussieui*. Mediante el test de Kruskal Wallis, diferentes letras corresponden a diferencias significativas ($p < 0.05$).

Especie	Época de colección	Estado de madurez	Calidad				
			Peso (g)	Contenido de humedad (%)	Pureza (%)	Color	
<i>Monicalia vaccinioides</i>	Alta precipitación	Aquenios madurados <i>ex situ</i>	0.41	11.52 ± 1.39	A	11.05	10YR 5/4
		Aquenios semimaduros	0.22	36.47 ± 0.40	A	4.14	5Y 5/4
	Baja precipitación	Aquenios madurados <i>ex situ</i>	0.35	11.10 ± 0.61	A	9.00	10YR 5/4
		Aquenios semimaduros	0.16	59.84 ± 0.16	A	3.59	5Y 5/4
<i>Diplostegium ericoides</i>	Alta precipitación	Aquenios madurados <i>ex situ</i>	0.09	9.46 ± 4.46	B	2.40	2.5YR 7/3
		Aquenios semimaduros	0.22	44.34 ± 5.27	AB	6.78	5Y 7/2
	Baja precipitación	Aquenios madurados <i>ex situ</i>	0.12	18.96 ± 1.19	AB	0.87	2.5YR 7/3
		Aquenios semimaduros	0.17	49.63 ± 1.24	A	2.33	5Y 7/2
<i>Gynoxys miniphylla</i>	Alta precipitación	Aquenios madurados <i>ex situ</i>	0.21	20,80 ± 0,90	B	3.54	10Y 5/3
		Aquenios semimaduros	0.72	64,33 ± 1,25	A B	2.6	5GY 6/4
	Baja precipitación	Aquenios madurados <i>ex situ</i>	0.15	28,05 ± 2,29	A B	15.1	10Y 5/3
		Aquenios semimaduros	0.36	67,05 ± 2,93	A	2.05	5GY 6/4
<i>Chuquiraga jussieui</i>	Alta precipitación	Aquenios madurados <i>ex situ</i>	0.88	31,33 ± 3,44	A	5.42	10YR 3/4
		Aquenios semimaduros	1.92	77,17 ± 1,15	A	13.66	5Y 7/4
	Baja precipitación	Aquenios madurados <i>ex situ</i>	0.86	74,00 ± 2,83	A	17.49	10YR 3/4
		Aquenios semimaduros	2.71	76,96 ± 4,72	A	41.29	5Y 7/4

Tabla 5. Valores estadísticos del contenido de humedad de los aquenios colectados en las épocas con alta y baja precipitación de las especies: *M. vaccinioides*, *D. ericoides*, *G. miniphylla* y *C. jussieui*.

Especie	Época de colección	Calidad	
		Estado de madurez	Contenido de humedad (%)
<i>Monticalia vaccinioides</i>	Alta precipitación	Aquenios madurados <i>ex situ</i>	0.0667
		Aquenios semimaduros	
	Baja precipitación	Aquenios madurados <i>ex situ</i>	
		Aquenios semimaduros	
<i>Diplostephium ericoides</i>	Alta precipitación	Aquenios madurados <i>ex situ</i>	0.0095
		Aquenios semimaduros	
	Baja precipitación	Aquenios madurados <i>ex situ</i>	
		Aquenios semimaduros	
<i>Gynoxys miniphylla</i>	Alta precipitación	Aquenios madurados <i>ex situ</i>	0.0381
		Aquenios semimaduros	
	Baja precipitación	Aquenios madurados <i>ex situ</i>	
		Aquenios semimaduros	
<i>Chuquiraga jussieui</i>	Alta precipitación	Aquenios madurados <i>ex situ</i>	0.1619
		Aquenios semimaduros	
	Baja precipitación	Aquenios madurados <i>ex situ</i>	
		Aquenios semimaduros	

7.3. Germinación acumulada

En la Figura 9, se evidencia que las cuatro especies presentan baja germinación, menor a 45 aquenios. *M. vaccinioides* tuvo una germinación más alta para los aquenios colectados en la época de alta precipitación madurados *ex situ*, por el contrario, los aquenios semimaduros colectados en la época de baja precipitación no presentaron germinación (Figura 9a). *D. ericoides*, presentó un similar comportamiento germinativo en los cuatro tratamientos, presentando mayor número de aquenios germinados en estado semimaduro, colectados en la época de baja precipitación (Figura 9b) aunque no presentó diferencias estadísticas significativas. La especie *G. miniphylla* únicamente presentó germinación en los aquenios semimaduros colectados en la época de alta precipitación (Figura 9c). Finalmente, *C. jussieui* mostró mayor germinación en los aquenios madurados *ex situ*, colectados en la época de baja precipitación (Figura 9d)

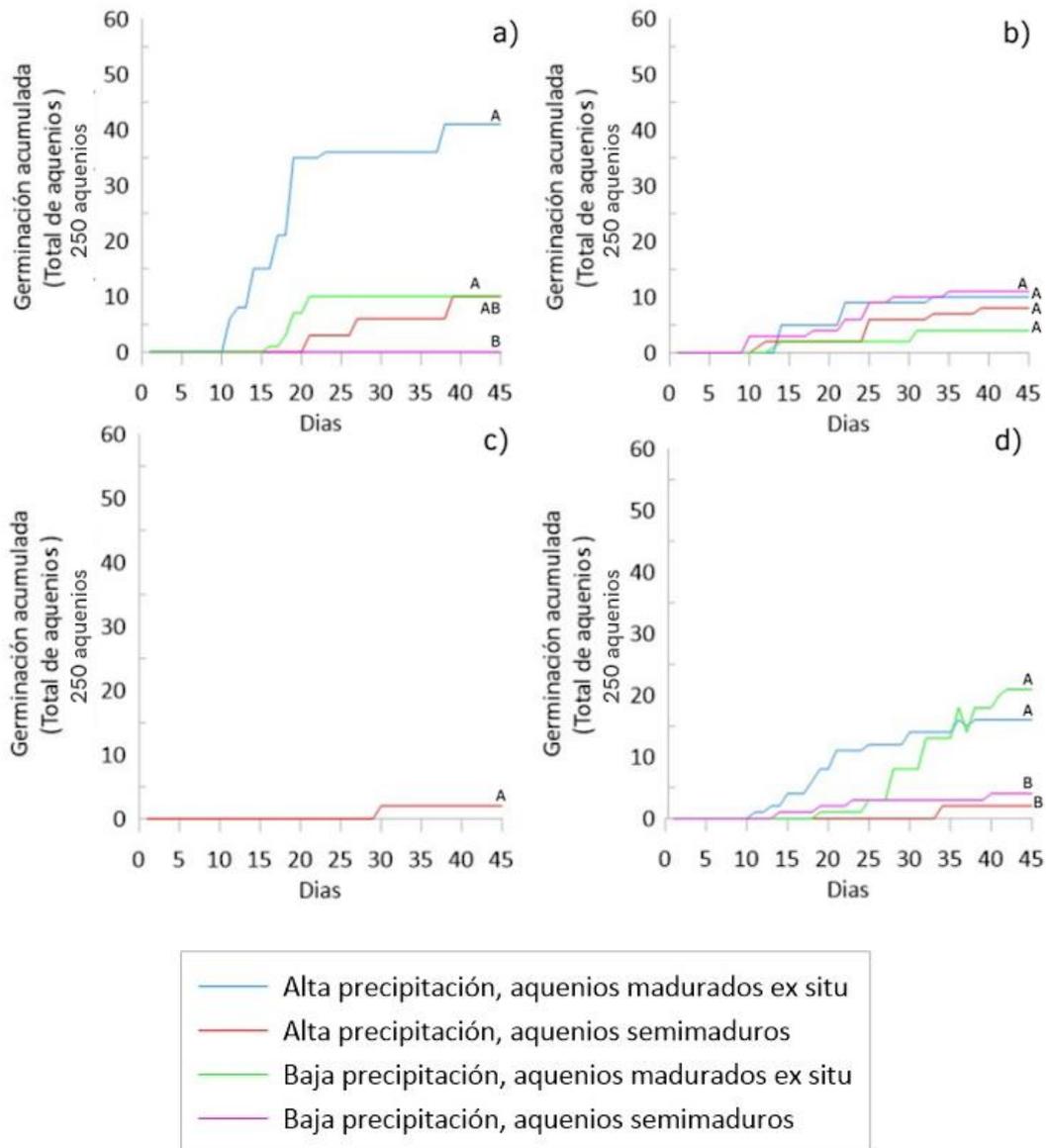


Figura 9. Germinación acumulada durante 45 días, de las especies: *M. vaccinioides* (a), *D. ericoides* (b), *G. miniphylla* (c) y *C. jussieui* (d), n=5

En cuanto a la velocidad de germinación, se destaca que para la mayoría de especies independiente de la época de colección que estuvo en función de la precipitación, los valores más altos corresponden a los aquenios madurados *ex situ* (CVG > 2.50), excepto *D.ericoides*, cuyo valor fue de 3.17 utilizando aquenios semimaduros (Tabla 6) . Cabe indicar que los valores más altos indican una germinación más temprana.

Tabla 6. Coeficientes de velocidad de germinación de cuatro especies de Asteraceae del páramo de Zhuruca y en diferentes épocas de colección y en diferentes estados de madurez

Especie	Época de colección	Estado de madurez	CVG (45 d)	
<i>Monticalia vaccinoides</i>	Alta Precipitación	Aquenos madurados <i>ex situ</i>	2.59	A
		Aquenos semimaduros	2.20	AB
	Baja Precipitación	Aquenos madurados <i>ex situ</i>	3.11	A
		Aquenos semimaduros	0.00	B
<i>Diplostephium ericoides</i>	Alta Precipitación	Aquenos madurados <i>ex situ</i>	2.50	A
		Aquenos semimaduros	1.87	A
	Baja Precipitación	Aquenos madurados <i>ex situ</i>	1.89	A
		Aquenos semimaduros	3.17	A
<i>Gynoxys miniphilla</i>	Alta Precipitación	Aquenos madurados <i>ex situ</i>	0.00	A
		Aquenos semimaduros	1.07	A
	Baja Precipitación	Aquenos madurados <i>ex situ</i>	0.00	A
		Aquenos semimaduros	0.00	A
<i>Chuquiragua jussieui</i>	Alta Precipitación	Aquenos madurados <i>ex situ</i>	3.10	A
		Aquenos semimaduros	1.01	B
	Baja Precipitación	Aquenos madurados <i>ex situ</i>	2.57	AB
		Aquenos semimaduros	1.10	B

8. DISCUSIÓN

Con base a los resultados obtenidos no se observaron variaciones en la producción de aquenios en las épocas de colección evaluadas, por tanto, la precipitación no juega un rol importante para esta variable. Por otro lado, los hallazgos más importantes son: la baja viabilidad, el alto número de aquenios vacíos y la baja germinación para las especies, esto puede ser explicado por la calidad de las poblaciones naturales en el páramo, pues se conoce que cuando estas se reducen o se aíslan, la polinización cruzada se vuelve deficiente, incrementando así la incidencia de semillas vacías y la reducción de la capacidad germinativa (Baskin & Baskin, 1998; Ezcurra, 2002).

En cuanto a la viabilidad en un estudio llevado a cabo por, Ulian et al., (2013) en los Andes venezolanos en la especie *Oritrophium peruvianum* (Asteraceae) obtuvieron mayor viabilidad en las semillas colectadas en la estación seca atribuyendo a que el exceso de humedad perjudica la morfología de la semilla, no obstante, estos hallazgos no fueron observados en este estudio, pues no hay diferencias entre las épocas de baja y alta precipitación. De acuerdo a estudios realizados en el observatorio de Zhuruca y se conoce que los páramos tienen una importante contribución de la precipitación horizontal, siendo la niebla un componente principal aportando entre el 5 al 99 % de humedad del ambiente (Granados et al., 2005; Tobón & Gil, 2007; Berrones et al., 2022). Incluso la niebla puede ser encontrada en la época seca, por tanto, el páramo todo el año puede presentar humedad en el ambiente.

Por otro lado, *C. jussieui* presentó mayor número de aquenios infestados siendo este mayor en la época de alta precipitación, con la presencia de estados larvales y pupales dentro de la inflorescencia. De acuerdo a observaciones personales en campo se trata del orden Díptera, que se caracteriza por utilizar a la flor como nicho de oviposición y refugio (Woodcock et al., 2014). Esta observación coincide con lo reportado por Ávila y Bonilla,

(2006) quienes en su estudio realizado en Colombia en la especie *Puya trianae* (Bromeliaceae) reportaron el mismo tipo de infestación, en donde, la predación de las larvas afectó significativamente la producción de semillas. De igual manera, se evidenció gran predación de los capítulos, lo que pudo deberse a la acción de roedores ya que como lo indica Villarreal (2019) en su estudio; *C. jussieui* les sirve tanto de alimento como refugio, al generar dentro de su follaje condiciones climáticas apropiadas y para protegerse de posibles depredadores (Bonaventura et al, 1988).

Las especies *M. vaccionoides*, *D. ericoides* y *G. miniphylla* presentaron: mayor tamaño de embrión, aquenio (largo y ancho), mayor peso y contenido de humedad en los aquenios colectados en la época de alta precipitación, de allí que, en un estudio realizado por Moles et al., (2005) encontraron una correlación directa entre los periodos de precipitación y la masa de las semillas en las 12 987 especies analizadas. Por el contrario, los aquenios de *C. jussieui* colectados en la época de baja precipitación mostraron mayor tamaño, peso y contenido de humedad; particularmente para esta especie, este comportamiento pudiera deberse a la morfología de la misma ya que, contrario al resto de especies evaluadas en este estudio, *C. jussieui* presentó un conjunto de brácteas duras y compactas lo que contribuiría a conservar la humedad dentro de las semillas (Toro, 2022).

De acuerdo a los resultados obtenidos para la germinación las especies estudiadas presentaron bajo número de aquenios germinados, esto puede atribuirse a que por lo general la familia Asteraceae con el fin de prolongar su supervivencia, producen un alto número de semillas, pero al estar expuestas a: patógenos, estrés por las variaciones en el ambiente y ciertos daños mecánicos, también sus reservas energéticas podrían resultar afectadas, dificultando así su germinación y persistencia (Cueva & Lucero, 2018). La baja germinación también se explica por el alto número de semillas vacías.

D. ericoides y *G. miniphylla* presentaron los porcentajes más bajos de germinación siendo el de *G. miniphylla* el más bajo de todas las especies; lo que concuerda con lo descrito por Pazmiño y Salcedo (2021), quienes en su estudio realizado en *G. parvifolia* no obtuvieron germinación; sin embargo, en un estudio realizado en *G. verrucosa* al adicionar reguladores de crecimiento (kinetina y ácido giberélico) al medio de cultivo, se pudo incrementar de manera significativa el porcentaje germinación (Cueva & Lucero, 2018). De acuerdo a lo observado en el campo los individuos de *G. miniphylla* se encuentran muy dispersos por lo que un deterioro en la calidad genética puede producir una baja calidad de semillas con poca capacidad de germinación.

Como lo indica el libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador *G. miniphylla* se encuentra en la categoría de casi amenazada, la baja germinación pudiera afectar su actual categoría convirtiéndose en una especie vulnerable, algo similar pudiera ocurrir con la especie *D. ericoides* (León Yáñez, et al., 2011). Sin embargo, no hay estudios que proporcionen información que permita preservar estas especies (Mena, Medina, & Hofsedo, 2001). De acuerdo a los observado en este estudio y a la falta de información en la literatura, se sugiere aplicar estrategias como la producción de plantas *in vitro*, a partir de material vegetal que se obtenga de las semillas germinadas o extraídas en el campo. Pérez & Castañeda (2017), mencionan que para la familia Asteraceae, el ácido giberélico incrementa la capacidad germinativa, pues ciertas especies podrían tener dormancia fisiológica, sin embargo, no es el caso de las especies analizadas en este estudio, pues de acuerdo a los resultados obtenidos por Palomeque et al., (2022) se descarta esta dormancia. Cabe recalcar que el rendimiento reducido durante la germinación y la pérdida de la capacidad de germinar es la fase final del proceso de deterioro e indicador de la pérdida de vigor. Las semillas deterioradas se caracterizan por la disminución de la resistencia al medio ambiente y estrés durante la germinación sin que esta se logre,

pudiendo ser, este el caso de las especies *D. ericoides* y *G. miniphylla*.

9. CONCLUSIONES

A continuación, se presentan las principales conclusiones con respecto a los objetivos planteados.

Para las especies analizadas la época de colección no influye en la producción de achenios viables, ya que se evidenció un alto número de achenios vacíos (19.97% - 80%), *C. jussieui* se destaca por presentar un alto grado de infestación (larvas y pupas) (55%).

En cuanto al tamaño de los achenios y los embriones se aprecia que para cada especie hay diferencias significativas, teniendo los valores más altos en los achenios colectados en la época de alta precipitación para las especies *M. vaccinioides*, *D. ericoides* y *G. miniphylla*.

Los achenios madurados *ex situ* de *M. vaccinioides* y *C. jussieui* mostraron mayor germinación en menor tiempo a diferencia de *D. ericoides* que no respondió a ninguna variable evaluada, finalmente *G. miniphylla* presentó germinación únicamente en dos achenios semimaduros colectados en la época de alta precipitación, lo que podría indicar un riesgo en la persistencia de la especie en la zona, ya que esta misma especie presentó las poblaciones más reducidas y aisladas de las especies analizadas en este estudio.

10. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar técnicas *in vitro* a partir de material vegetal en medios de cultivos enriquecidos con reguladores del crecimiento.

Se recomienda emprender programas de conservación de los remanentes de la vegetación nativa de los páramos de Zhurucay, principalmente arbustos y árboles para evitar mayor erosión genética en las poblaciones naturales. Así mismo, se deben emprender programas de restauración para mejorar los diferentes servicios ecosistémicos.

Se debe estudiar la producción de semillas y su dinámica de germinación incrementando el tiempo de monitoreo, durante varios años, para confirmar los hallazgos en esta investigación.

11. BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, M. (2000). *Manejo de páramos y zonas altas, el ecosistema páramo y su conservación* (Vol. II). Quito: CAMAREM. ISBN 9978224777

Alzate, F., Álvarez, A., Miranda, D., & Morrone, J. (2018). Application of phylogenetic indices in the definition of conservation priorities in the northwest Andes paramos. *Biología tropical*, 1353-1361. ISSN 0034-7744

Alzugaray, C., Carnevale, N., Salinas, A., & Pioli, R. (2007). Factores bióticos y abióticos que afectan la calidad de las semillas de *Schinopsis balansae* Engl. y *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltld. *Revista Iberoamericana*, 142-147. doi: [https://doi.org/10.1016/S1130-1406\(07\)70030-X](https://doi.org/10.1016/S1130-1406(07)70030-X)

Ávila, J., & Bonilla, M. (2006). Efecto de la predación por larvas de mosca sobre la fructificación de *Puya trianae* (Bromeliaceae) en el Parque Nacional Natural Chingaza. *Acta Biológica Colombiana*, 11(1)(149). <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/27524>

Ayala, L., Villa, M., Aguirre, Z., & Aguirre, N. (2014). Cuantificación del carbono en los páramos del parque nacional Yacuri, provincias de Loja y Zamora Chinchipe, Ecuador. *Revista CEDAMAZ*, 4, 45-52. <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/11686>

Azócar, A., & Fariñas, M. (2003). Páramos. *Biodiversidad en Venezuela*, 11, 716-733.

Bai, Y., Wu, J., Xing, Q., Pan, Q., Huang, J., Yang, D., & Han, X. (2008). Primary production and rain use efficiency across a precipitation gradient on the Mongolia plateau. *Ecology* 89, 2140-2153. doi:<https://doi.org/10.1890/07-0992.1>

Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (2014). *Seeds: ecology, biogeography, and evolution of*

dormancy and germination. 2da edn. San Diego, USA: Academic Press, Elsevier. ISBN: 9780124166776

Baskin, C., & Baskin, J. (1998). *Seed. Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination.* San Diego: Academic Press. ISBN 9780120802609

Baskin, J., & Baskin, c. (2004). A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research, 14(1)*, 1-16. doi: <https://doi.org/10.1079/SSR2003150>

Berrones, G., Crespo, P., Ochoa, A., Wilcox, B., & Célleri, R. (2022). Importance of fog and cloud water contributions to soil moisture in the andean páramo. *Hydrology, 9(4)*, 1-18. doi:<https://doi.org/10.3390/hydrology9040054>

Bonaventura, S., Bellocq, M., & Kravetz, F. (1988). Selección de hábitat por roedores en campos de cultivos. *Physis, 46*, 61-66.

Buytaert, W., Célleri, R., De Bièvre, B., & Cisneros, F. (2006). Hidrología del páramo andino: Propiedades, importancia y vulnerabilidad. *UICN*, 246-265.

Camacho, M. (2013). Los páramos ecuatorianos: caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible. *1*, 78-92. doi:<https://doi.org/10.29166/anales.v1i372.1241>

Carrillo, G., Silva, B., Rollenbeck, R., Célleri, R., & Bendix, J. (2019). The breathing of the andean highlands: Net ecosystems exchange and evapotranspiration over the paramo of southern Ecuador. *Agricultural and Forest Meteorology, 265*, 30-47. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.11.006>

Castañeda, S., & Pérez, B. (2017). *Establecimiento in vitro de compuestas nativas silvestres a partir del cultivo de semillas* (Vol. 19). México: Recursos Genéticos

Forestales. ISSN: 1405-7247

Cendán, C., Sampedro, L., & Zas, R. (2013). The maternal environment determines the timing of germination in *Pinus pinaster*. *Environmental and Experimental Botany* 94, 66-72. doi:<https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2011.11.022>

Chaverri, A., & Cleef, A. (1997). Las comunidades vegetacionales en los páramos de los macizos de Chiripó y Buenavista, Cordillera de Talamanca. *Rev. Forest. Centroamericana*, 17: 44-49. ISSN: 1021-0164

Chen, C., Andrews, C., Baskin, C., & Delouche, J. (1972). Influence of quality of seed on growth, development and productivity of some horticultural crops. *Proceedings of the International Seed Testing Association*, 923-939. <https://scholarsjunction.msstate.edu/seedtechpapers/89>

Chen, Y., Shi, X., Zhang, L., Baskin, J., Baskin, C., Liu, H., & Zhang, D. (2019). Effects of increased precipitation on the life history of spring- and autumn- germinated plants of the cold desert annual *Erodium oxyrhynchum* (Geraniaceae). *AoB PLANTS* 11. doi:<https://doi.org/10.1093/aobpla/plz004>

Chuncho, G., & Chuncho Morocho, C. (2019). Páramos en el Ecuador, importancia y afectaciones. *Bosques latitud CERO*, 9(2), 71-83. ISSN: 2528-7818

Copeland, L. O., & McDonald, M. B. (1995). *Principles of Seed Science and Technology* (Vol. 3). New York: Kluwer Academic Publishers. doi:<https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1619-4>

Courtis, A. (2013). Germinación de semillas. Cátedra de Fisiología Vegetal. Guía de estudios de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE). Cátedra de Fisiología Vegetal. Argentina. 16-18. Obtenido de <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/GuiadeestudioGerminacion.pdf>

Crespo, P., Celleri, R., Buytaert, W., Iñiguez, V., Borja, P., De Biebre, B., & Feyen, J. (2009). Land use change impacts on the hydrology of Andean páramo ecosystems. 50-63. ID: 130360652

Criollo, H., & Upegui, A. (2005). Determinación de la madurez fisiológica de semillas de uvilla (*Physalis peruviana* L.). *Revista de Ciencias Agrícolas*. 22(2), 10-11. ISSN: 0120-0135

Cueva, J., & Lucero, H. (2018). Evaluación de los reguladores de crecimiento (Kinetina y Ácido giberélico) para acelerar la germinación de *Gynoxys verrucosa*. *Bionatura*. doi:<https://doi.org/10.21931/rb/2018.03.04.8>

De Biebre, B. (2011). El manejo del páramo y los límites para el cultivo de papa: algunas reflexiones desde la experiencia del proyecto páramo andino. *CGSpace*, 38-40. <https://hdl.handle.net/10568/67654>

De la Cuadra, C. (2020). *Germinación, latencia y dormición de las semillas. Dormición en las avenas locas. Hojas Divulgadoras, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario*. Madrid: Dirección General de Infraestructuras y Cooperación. ISBN: 84-341-0782-1

Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales*. ISSN 0258-5936

Dornbos, D., Mullen, R., & McDonald, C. (2006). Response of chickpea yields to high temperature stress during reproductive development. *Crop Sci*, 2171-2178. doi:<https://doi.org/10.2135/cropsci2006.02.0092>

Eslami, S., Gill, G., & McDonald, G. (2012). Effect of water stress during seed development on morphometric characteristics and dormancy of wild radish (*Raphanus raphanistrum* L.) seeds. *International Journal of Plant Production*, 1735–6814. doi:

<https://doi.org/10.22069/IJPP.2012.692>

Ezcurra, C. (2002). Phylogeny, morphology, and biogeography of chuquiraga, an andean-patagonian genus of Asteraceae-Barnadesioideae. *Botanical Review*, 153–170.

doi:<http://www.jstor.org/stable/4354415>

García, V., Márquez, C., Isenhardt, T., Rodríguez, M., Crespo, S., & Cifuentes, A. (2019).

Evaluating the conservation state of the paramo ecosystem: an object-based image analysis and cart algorithm approach for central Ecuador. *Heliyon*.

doi:<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02701>

Granados, D., Navarrete, M., & Suárez, J. (2005). Páramos: Hidrosistemas sensibles.

Revista de ingeniería, 64-75. doi:<https://doi.org/10.16924/revinge.22.8>

Grau, A., & Rea, J. (1997). Yacón, *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl) H.

Robinson. In: Hermann M. & J. Heller (eds): Andean roots and tuber: Ahipha, arracacha, maca, yacón. *IPGRI*, 199-242.

Hampton, J., Conner, A., Boelt, B., Chastain, T., & Rolston, P. (2016). Climate chance:

Seed production and options for adaptation. *Agriculture*. (Vol. 6(3))

doi:<https://doi.org/10.3390/agriculture6030033>

Herrera, J., Alizaga, R., Guevara, E., & Jiménez, V. (2006). *Germinación y crecimiento*

de la planta. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica. ISBN 9977-67-996-7

Hofstede, R., Coppus, R., Mena, P., Segarra, P., Wolf, J., & Sevink, J. (2002). The conservation status of tussock grass paramo in Ecuador. *Ecotropicos*, 3-18.

Iñiguez, V., Borja, P., Crespo, P., & Cisneros, F. (2008). *Importancia de la hidropedología en la determinación de procesos hidrológicos a escala de ladera en zonas*

de páramo. Quito: XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo.

<http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/6.->

Ing.-Vicente-Iniguez.-

Hidropedologia.pdf

ISTA. (2007). International Rules for Seed Testing (Vol. 5). *International Rules for Seed Testing*. ISSN: 2310-3655

Josse, C., Mena, P., & Medina, G (Eds.). (2000). La biodiversidad de los páramos. Serie Páramo 7. *GTP/ Abya Yala. Quito*, 48-53. ISBN 9978-04-656-9

Kaliangile, T., & Mulioleka, S. (1995). Seed development. In: S.W. Mulioleka (ed). *Zambia seed technology Handbook*. Ministry of Agriculture. *Food and Fisheries*, 28-34. ISBN: 9982-08-000-8

Kessler, M. G.-A. (2011). Gradients of plant diversity: Local patterns and processes. In: Herzog, S. K., Martínez, R., Jørgensen, P. M. & Tiessen, H. (Eds.), *Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes. Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE)*, 205-219. doi:<https://doi.org/10.5167/uzh-56159>

León Yáñez, S., Valencia, R., Pitman, N., Endara, L., Ulloa, C., & Navarrete, H. (2011). *Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador*. Quito: Herbario QCA. Pontificia Universitaria Católica del Ecuador, 198-200. ISBN: 9942-03-393-9

Lu, J., Tan, D., Baskin, C., & Baskin, J. (2014). Germination season and watering regime, but not seed morph, affect life history traits in a cold desert diaspore-heteromorphic annual. *PloS ONE* 9(7), 5-8. doi:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0102018>

Lutey, J., Churchill, S., Griffin, D., Gradstein, S., & Sipman, H. (1999). *Páramos: A checklist of plant diversity, geographical distribution, and botanical literature. Memoirs of The New York Botanical Garden* 84: 278 pp. The New York Botanical Garden Press. Bronx. USA. <https://www.nybgshop.org/paramos-a-checklist-of-plant-diversity-geographical-distribution-mem-84>

Mena, P., Medina, G., & Hofsede, R. (2001). *Los páramos del Ecuador: particularidades, problemas y perspectivas*. Abya Yala/Proyecto Páramo. Quito, 86-90. ISBN: 9978-04-727-1

Minga, D., Ansaloni, R., Verdugo, A., & Ulloa, C. (2016). *Flora del páramo del Cajas* (págs. 50-65). Cuenca: Imprenta Don Bosco Centro Gráfico Salesiano. ISBN: 978- 9978-325- 44-5

Moles, Ackerly, D., Webb, C., Twenddle, J., Pitman, A., & Westoby, M. (2005). Factors that shape seed mass evolution. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. *Scientific journals PNAS*, 72-78. doi:<https://doi.org/10.1073/pnas.0501473102>

Munsell. (2018). *SOIL-COLOR CHARTS with genuine Munsell color chips*. ISBN: 978-9991-45-184-8

Nagahama, N., García, G., Buduba, C., Opazo, W., Carusp, A., & Ciari, G. (2016). Variabilidad germinativa en semillas de diferentes poblaciones de cuatro especies de gramíneas nativas de Patagonia: Un estudio de caso en el noroeste de Chubut. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. 51 (1): 89-98 doi:<https://doi.org/10.31055/1851.2372.v51.n1.14417>

Orozco, A. (1989). Fisiología y ecología del fitocromo: su función en las semillas. *Bol. Soc. Bot. México*, 49; 71-84.

Padrón, R. (2013). Análisis de la estructura de la lluvia del páramo. Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador (46 pp.)

Palomeque, X., Borja, P., Crespo, A., Minga, D., & Medina, B. (2022). Ecología de

germinación de especies nativas de páramo enfocado a la propagación y manejo in situ para la restauración ecológica. Manuscrito en revisión in Seed Science.

Palomino, G. (2010). *Ecología de los páramos tropicales: texto sobre la importancia ecológica de los páramos en Colombia*. Ibagué: Universidad de Tolima, 206-234. ISBN: 9789589243756

Panero, J., & Funk, V. (2008). The value of sampling anomalous taxa in phylogenetic studies: major clades of the Asteraceae revealed. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 47 (2): 757-782. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ympev.2008.02.011>

Pérez, A. (2006). Fisiología de la semilla y germinación de *Montanoa quadrangularis* (*Schultz bipontianus*) Asteraceae "Arboloco". *No publicado. Pontificia Universidad Javeriana*.

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/55964/GERMINACION.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pieta, C., & Ellis, R. (1991). The development of seed quality in spring barley in four environments. I. Germination and longevity. *Sees Science Research*, 1, 163-177. doi:<https://doi.org/10.1017/S0960258500000830>

Rivero, A. (2008). Cytogenetics, biogeography and biology of *Santolina ageratifolia* Barnades ex Asso (Asteraceae: Anthemideae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 157 (4): 797-807. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2008.00821.x>

Rivero, A. (2020). Diversidad y distribución de los endemismos de Asteraceae (Compositae) en la Flora del Ecuador. *Collectanea Botanica*, 39, e001. doi:<https://doi.org/10.3989/collectbot.2020.v39.001>

Rodríguez Romero, J., & Nieto Rodríguez, V. (1999). *Investigación en semillas forestales*

nativas. Santa Fé de Bogotá: Penclips Editores, 98-100. ISSN: 0102-0300

Salcedo, M., & Pazmiño, A. (2021). Germinación in vitro de semillas de seis especies de la familia Asteraceae obtenidas del parque nacional Cayambe Coca. *Universidad de las fuerzas armadas*. Obtenido de doi:<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/26573>

Sano, N., Rajjou, L., North, H., Debeaujon, I., Marion, A., & Seo, M. (2016). Stayin alive: molecular aspects of seed longevity. *Plant Cell and Physiology*, 57, 660-674. doi:<https://doi.org/10.1093/pcp/pcv186>

Schmidt, L. (2000). Seed testing (Chapter 10&11). In: Guide to Handling of Tropical and Subtropical Forest Seed. *Danida Forest Seed Center*, 72-80. ISBN: 8798242865

Shu, K., Meng, Y., Shuai, H., Liu, W., Du, J., Liu, J., & Yang, W. (2015). Dormancy and germination: How does the crop seed decide? *Plant Biology* 17, 1104-1112. doi:<https://doi.org/10.1111/plb.12356>

Singh, R., Prasad, P., & Reddy, K. (2013). Impacts of changing climate and climate variability on seed production and seed industry. *Adv. Agron*, 118: 49-110. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-405942-9.00002-5>

Sklenář, P., Luteyn, J., Ulloa, C., Jørgensen, P., & Dillon, M. (2005). Genética de los páramos: guía ilustrada de las plantas vasculares. *Botanical garden* (92), 3-499. ISBN: 0-89327-468-2

Slater, S., Yuan, H., Lusdorf, M., Vandenberg, A., Zaharina, L., Han, X., & Abrams, S. (2013). Comprehensive hormone profiling of the developing seeds of four grain legumes. *Plant Cell Reports* 30, 1939-1952. doi:<https://doi.org/10.1007/s00299-013-1505-3>

Tobón, C., & Gil, E. (2007). *Capacidad de interpretación de la niebla por la vegetación*

de los páramos andinos. Avances de Recursos Hídricos, 15, 23-24. ISSN 0121- 5701

Toro, C. (2022). Germinación de la Chuquiragua *Chuquiraga jussieui* J. F. Gmel de los páramos del Antisana y sus implicaciones en la restauración ecológica. *Universidad del Azuay*. <https://dspace.uazuay.edu.ec>

Ulian, T., Mattana, E., Pritchard, W., & Skwierinski, R. (2013). Seasonality effects on plant phenology and seed ecology in *Oritrophium peruvianum* (Asteraceae), a threatened tropical alpine species. *South African Journal of Botany*, 88, 278-285. doi:<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2013.08.006>.

Vargas, B., & Pérez, O. (2016). Parques y páramos naturales de Colombia como zonas de importancia para el desarrollo minero energético del país. *CESLA*, 19, 33-56. ISSN: 1641-4713

Villareal, A. (2019). Caracterización del uso de hábitat de tres especies de roedores en. *Universidad Católica del Ecuador*. doi:<http://repositorio.puce.edu.ec>

Vuille, M., Bradley, R., & Keimig, F. (2000). Climate variability in the Andes of Ecuador and its relation to tropical Pacific and Atlantic Sea surface temperature anomalies. *Journal of Climate*, 13, 205-267. doi:[https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2000\)013<2520:CVITAO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2000)013<2520:CVITAO>2.0.CO;2)

Walck, J., Hidayati, S., Dixon, K., Thompson, K., & Poschlod, P. (2011). Climate change and plant regeneration from seed. *Global Change Biology*, 17, 2145-2161. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02368.x>

Woodcock, T., Larson, B., Kevan, P., Inouye, D., & Lunau, K. (2014). Flies and flowers II: Floral attractants and rewards. *Journal of Pollination Ecology*, 12, 63-94.

doi:[https://doi.org/10.26786/1920-7603\(2014\)](https://doi.org/10.26786/1920-7603(2014))

Yuan, X., & Wen, B. (2016). Seed germination response to light, temperature and water stress in three invasive Asteraceae weeds from Xishuangbanna. *SW China. PLoS ONE*, 13(1): 78-102. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191710>

Zalazar, M., Funes, G., & Venier, M. (2009). Factores que afectan la germinación de *Justicia squarrosa* Griseb, forrajera nativa de la región chaqueña de la Argentina. *Agrisciencia*, 26, 1-6. ISSN 1668-298X

Zhang, H., Wang, X., Zhang, Y., Pan, Y., Hu, R., Pan, Y., & Chen, N. (2015). Responses of plant growth of different life forms to rainfall amount changes in an arid desert area. *Chinese Journal of Ecology*, 7, 1847–1853. doi:<https://doi.org/10.13292/j.1000-4890.20150615.013>

ANEXOS

Anexo 1. Etiquetado en campo de *M. vaccinioides*.



Anexo 2. Etiquetado en campo de *D. ericoides*.



Anexo 3. Etiquetado en campo de *G. miniphylla*.



Anexo 4. Etiquetado en campo de *C. jussieui*.



Anexo 5. Recolección en campo de *M. vaccinioides*.



Anexo 6. Recolección en campo de *D. ericoides*.



Anexo 7. Recolección en campo de *G. miniphylla*.



Anexo 8. Recolección en campo de *C. jussieui*.



Anexo 9. Uso del estéreo microscopio para medir el tamaño de achenios y embriones.



Anexo 10. Extracción y contabilización de achenios.



Anexo 11. Pruebas de viabilidad de los achenios.



Anexo 12. Uso de la estufa para realizar las pruebas de contenido de humedad.



Anexo 13. Uso de la balanza analítica para el peso de los aquenios.



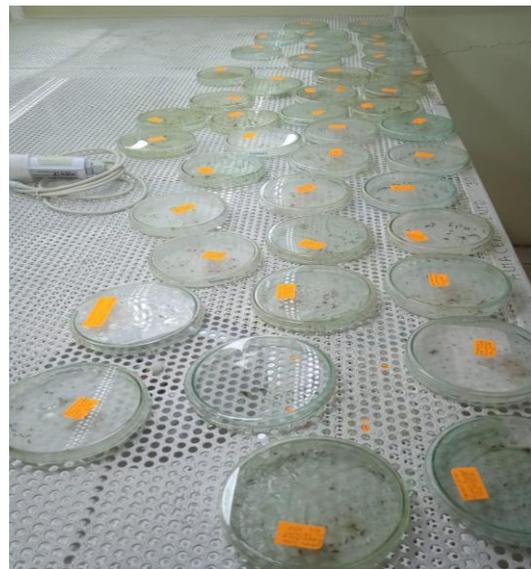
Anexo 14. Prueba de pureza en semillas de *C. jussieui*, remoción de las impurezas de los aquenios.



Anexo 15. Siembra de aquenios en el cuarto de crecimiento.



Anexo 16. Establecimiento del ensayo en el cuarto de crecimiento (pruebas de germinación).



Anexo 17. Establecimiento del ensayo en el cuarto de crecimiento (pruebas de germinación).



Anexo 18. Establecimiento del ensayo en el cuarto de crecimiento (pruebas de germinación).



Anexo 19. Germinación de *M. vaccinioides* (pruebas de germinación).



Anexo 20. Germinación de *D. ericoides* (pruebas de germinación).



Anexo 21. Germinación de *G. miniphylla* (pruebas de germinación).



Anexo 22. Germinación de *C. jussieui* (pruebas de germinación).



Anexo 23. Presencia de infestación (larvas) en los aquenios de *G. miniphylla*.



Anexo 24. Presencia de larvas en los aquenios de *C. jussieui*.



Anexo 25. Presencia de estados pupales en los capítulos de *C. jussieui*.



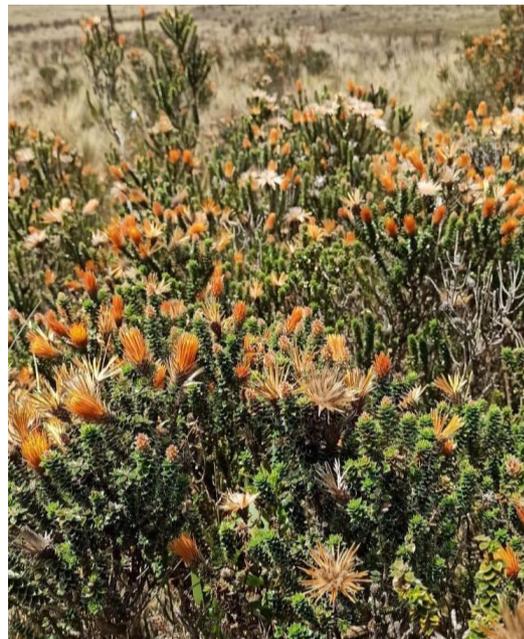
Anexo 26. Evidencia de capítulos de *C. jussieui* depredados por posible acción de roedores en el área de estudio.



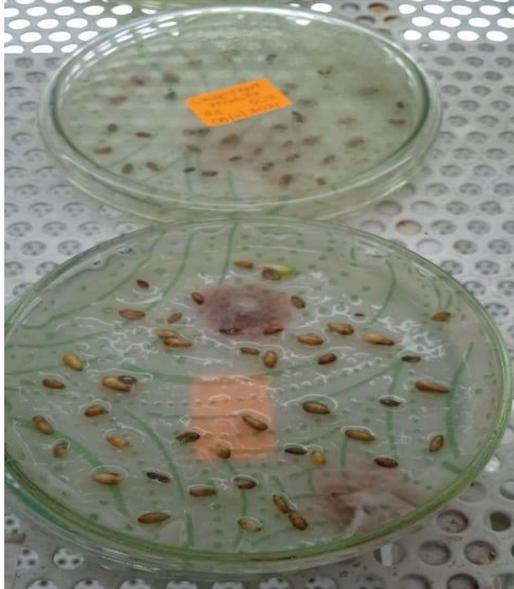
Anexo 27. Daños causados por larvas en los aquenios de *G. miniphylla*.



Anexo 28. Daños causados por posible acción de roedores en el área de estudio en los individuos de *C. jussieui*.



Anexo 29. Caja Petri contaminada de *C. jussieui*.



Anexo 30. Daños posiblemente causados por roedores en los individuos de *C. jussieui*.



Anexo 31. Análisis estadístico del número de aquenios producido en la época de alta y baja precipitación, por especie mediante la prueba de Kruskal Wallis.

Especie	Época de colección	Número de aquenios p-valor
Monticalia vaccinioides	Alta Precipitación	0.9993
	Baja Precipitación	
Diplostephium ericoides	Alta Precipitación	0.7918
	Baja Precipitación	
Gynoxys miniphilla	Alta Precipitación	0.0637
	Baja Precipitación	
Chuquiraga jussieui	Alta Precipitación	0.023
	Baja Precipitación	