



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE BIOLOGÍA, ECOLOGÍA Y GESTIÓN

**Siembra directa de *Diplostegium ericoides* y *Chuquiraga jussieui*
en el páramo del Sur del Ecuador enfocado a la restauración
ecológica**

**Trabajo de Graduación previo a la obtención del título de:
BIÓLOGA CON MENCIÓN EN ECOLOGÍA Y GESTIÓN**

Autora:

DANIELA CAROLINA LOAYZA ARMIJOS

Director:

ANTONIO MANUEL CRESPO AMPUDIA

Codirector:

FANNY XIMENA PALOMEQUE PESANTEZ

CUENCA, ECUADOR

2024

DEDICATORIA

A mis padres, Eduardo y Gladis por su amor, apoyo, sacrificio y confianza incondicional de principio a fin en esta etapa de mi vida, por siempre ser mi pilar fundamental para mi superación.

A mis hermanos Julián y Yaritza, por motivarme día a día, a seguir adelante y acompañarme en cada paso que doy.

A mi esposo Esteban por estar para mí incondicionalmente, por demostrar con paciencia su interés a cada cosa que he realizado durante esta etapa.

AGRADECIMIENTOS

Debo agradecer principalmente al Dr. Antonio Crespo por permitirme realizar este trabajo de titulación bajo su dirección y darme la oportunidad de poder participar en este proyecto muy importante para el aporte a la investigación; por su paciencia y perseverancia para que este trabajo se realice de la mejor manera y sobre todo por la ayuda brindada a lo largo de este proyecto, por confiar en mi capacidad para realizar este trabajo y guiarme con sus conocimientos.

De manera muy especial agradezco a la Blga. Diana Inga, por los conocimientos impartidos, por brindarme su amistad, por su ayuda incondicional antes, durante y al finalizar este proyecto.

Agradezco también a mi compañero de tesis de la Universidad de Cuenca Adrián Carpio por su colaboración y compañía durante la siembra y monitoreo.

A mi amigo, Fernando Villegas por apoyarme en la fase de campo y siempre estar para mí con algún consejo y compartiendo sus conocimientos para que pueda avanzar.

Un sincero agradecimiento a red CEDIA a través del Concurso Ecuatoriano de Proyectos I+D+i (CEPRA) por otorgar el financiamiento al proyecto "Ecología de germinación de especies nativas de páramo enfocado a la propagación y manejo in situ para la restauración ecológica CEPRA XIV-2020-10" ganador de la convocatoria XIV-20 del cual surgió el presente trabajo de titulación. Además, al Ministerios del Ambiente y Agua del Ecuador por otorgar el permiso de investigación cuyo código es MAE-ARSFC-2020-0432.

Finalmente agradezco a Dios por permitirme vivir esta experiencia y a todas las personas quienes me apoyaron durante el proceso de realización de este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	vii
ABSTRACT.....	viii
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	12
2.1 Área de Estudio	12
2.2 Diseño Experimental.....	13
2.3 Especies de estudio.....	15
2.4 Colección de semillas.....	16
2.5 Toma de Datos	16
2.6 Análisis de Datos.....	17
CAPÍTULO 3. RESULTADOS.....	18
3.1 Pasto Manejado	18
3.1.1 <i>Diplostephium ericoides</i>	18
3.1.2 <i>Chuquiraga jussieui</i>	19
3.2 Pajonal Herbáceo.....	19
3.2.1 <i>Diplostephium ericoides</i>	19
3.2.2 <i>Chuquiraga jussieui</i>	19
3.3 Pajonal Arbustivo.....	20

3.3.1 <i>Diplostephium ericoides</i>	20
3.3.2 <i>Chuquiraga jussieui</i>	20
CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN	24
CONCLUSIONES	30
BIBLIOGRAFÍA	31

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Mapa de ubicación de los sitios de siembra de las semillas en el páramo de loma larga, San Fernando, provincia del Azuay.	13
Ilustración 2: Diagrama de un bloque de la siembra en las distintas coberturas con la distribución espacial de los cuatro tratamientos.	15
Ilustración 3: Ejemplo de un bloque experimental implementado en el campo etiquetado con el nombre de la localidad, tipo de cobertura, número de tratamiento, numero de repetición y fecha	17

TABLA DE FIGURAS

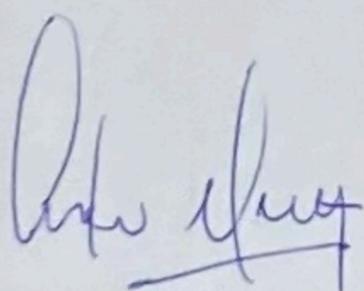
- Figura 1:** Estimaciones Kaplan Meier para la probabilidad de que plántulas de *Chuquiraga jussieui* no emerjan durante un periodo de 10 semanas bajo diferentes tratamientos de siembra directa. Los valores más cercanos a cero denotan mayores tasas de emergencia. Los paneles corresponden a los tipos de cobertura: a) Pajonal Arbustivo, b) Pajonal Herbáceo, c) Pasto Manejado.....21
- Figura 2:** Estimaciones Kaplan Meier para la probabilidad de que plántulas de *Diplostephium ericoides* no emerjan durante un periodo de 10 semanas bajo diferentes tratamientos de siembra directa. Los valores más cercanos a cero denotan mayores tasas de emergencia. Los paneles corresponden a los tipos de cobertura: a) Pajonal Arbustivo, b) Pajonal Herbáceo, c) Pasto Manejado.22
- Figura 3:** Promedios de temperatura y luz diarias encontradas bajo los tratamientos 1 (malla y sombra) y 2 (malla sin sombra) durante las 10 semanas de monitoreo en el páramo de loma larga, San Fernando. a) Pasto Manejado, b) Pajonal Herbáceo, c) Pajonal Arbustivo.24

SIEMBRA DIRECTA DE *Diplostegium ericoides* y *Chuquiraga jussieui* EN EL
PÁRAMO DEL SUR DEL ECUADOR ENFOCADO A LA RESTAURACIÓN
ECOLÓGICA

RESUMEN

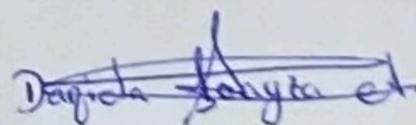
Debido a la importancia de los páramos, y su creciente degradación, resulta urgente desarrollar técnicas de restauración eficientes y de bajo costo. En este estudio se implementaron parcelas experimentales de siembra directa con las especies leñosas; *Diplostegium ericoides* y *Chuquiraga jussieui* (Asteraceae), nativas del sur del Ecuador. Se registró la emergencia de plántulas por un período de 10 semanas bajo cuatro tratamientos de siembra y en tres coberturas distintas. Los datos fueron analizados con la prueba 'Survival Analysis'. Para *D. ericoides*, los mejores resultados de emergencia se dieron en el **pasto manejado** con el tratamiento de malla con sombra (80%). Para la especie *C. jussieui*, se registró mayor emergencia en el **pajonal herbáceo**, con el tratamiento sin malla y sin sombra (40%). La siembra directa podría ser una técnica eficiente para recuperar la flora nativa de los páramos; sin embargo, un monitoreo más largo es necesario para conclusiones más claras.

Palabras clave: Andes tropicales, restauración ecológica, ecología de germinación.



Antonio Manuel Crespo Ampudia

Director del Trabajo de Titulación



Daniela Carolina Loayza Armijos

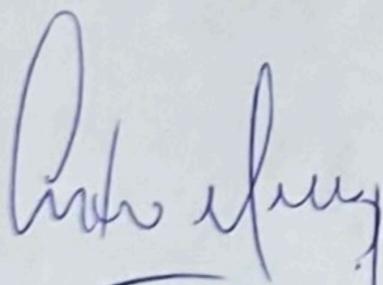
Autora

DIRECT SEEDING OF *Diplostephium ericoides* and *Chuquiraga jussieui* IN THE
PARAMO OF SOUTHERN ECUADOR FOCUSED ON ECOLOGICAL
RESTORATION

ABSTRACT

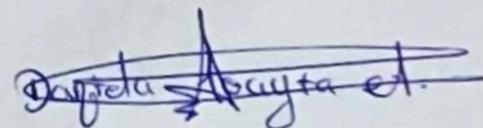
Due to the importance of the paramos and their increasing degradation, it is urgent to develop cost-effective restoration techniques. In this study, experimental direct seeding plots were implemented with the woody species *Diplostephium ericoides* and *Chuquiraga jussieui* (Asteraceae), native to southern Ecuador. Seedling emergence was recorded for a period of 10 weeks under four sowing treatments and in three different habitat types. Data were analyzed with Survival Analysis test. For *D. ericoides*, the best results were obtained **within managed pasturelands** under the treatment with protection and shade (80%). For the species *C. jussieui*, the highest emergence was recorded within **herbaceous páramos** under the treatment without protection or shade (40%). Direct seeding could be an efficient technique to recover the native flora of the paramo; however, longer monitoring is necessary for clearer conclusions.

Keywords: Tropical Andes, ecological restoration, germination ecology.



Antonio Manuel Crespo Ampudia

Thesis Director



Daniela Carolina Loayza Armijos

Author

Loayza Armijos Daniela Carolina

Trabajo de Titulación

Crespo Ampudia Antonio, PhD.

Diciembre, 2023

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

El páramo es un ecosistema neo-tropical de alta montaña. En Ecuador, los páramos se distribuyen entre 2800 a 4000 m de altitud dependiendo la zona (Saritama & Cueva, 2020). Tienen una extensión de 1'337.119 hectáreas, es decir tiene un 5% de la extensión territorial. Los páramos refieren a un tipo de hábitat dentro del cual existe una gran diversidad de fauna y flora que se adaptan a las condiciones climáticas del mismo. En la zona sur del Ecuador los páramos conforman uno de los sitios más diversos de la zona andina. Su vegetación se caracteriza por una alta complejidad sobre todo en lo que respecta a su fisionomía y estructura, puesto que son el producto de los factores climáticos, suelos, geomorfología, además de otros factores de carácter biótico (Lozano, 2002). En lo que respecta al clima, es importante mencionar que las precipitaciones anuales en este ecosistema varían entre 500 y 2.000 mm. En el año se presentan dos estaciones húmedas de febrero a mayo y de octubre a diciembre. La temperatura va desde bajo cero hasta más de 25°C, pero con una media anual que varía entre 2 y 10°C (Hofstede et al., 2002). Se caracteriza por su baja presión atmosférica, alta radiación ultravioleta y vientos fuertes de dirección altamente variable (Córdova et al., 2013).

Dentro de las funciones ecosistémicas más importantes que presentan los páramos esta su capacidad para acumular carbono orgánico en el suelo, de esta manera ayudan a mitigar el cambio climático puesto a que son sumideros de carbono. Esta función es favorecida gracias a la materia orgánica y parental de los suelos predominantemente piroclástico los cuales tienden a formar complejos órganominerales, incrementan la retención y regulación de agua además del almacenamiento de carbono (Cabrera & Ramírez, 2014).

Para la sociedad este ecosistema juega un rol fundamental debido a que presenta alta biodiversidad y provee varios servicios ecosistémicos. En Ecuador millones de personas de las comunidades rurales y urbanas dependen de los páramos para actividades primarias, dado que albergan la mayor parte de tierras de cultivo y aprovechamientos económicos. Las cabeceras

de la red hídrica andina son nutridas fundamentalmente de aguas provenientes del páramo convirtiéndolo en un ecosistema vital para la región andina (Giné & Sánchez, 2015).

Se debe considerar que el páramo es un ecosistema frágil, lo que incrementa su vulnerabilidad, a ello se suma las actividades antropogénicas la agricultura, la ganadería y la deforestación, lo que ha ocasionado que la cobertura y uso del suelo se modifiquen; alterando significativamente su comportamiento hidrológico y por lo tanto su capacidad de suministro y regulación de agua (Aguirre et al., 2013).

De acuerdo a lo que indican Buytaert., et al. (2014) las diferentes actividades humanas han ocasionado que la línea de bosque disminuya, lo que ha dado lugar a que el páramo se extienda hacia abajo. Aproximadamente el 90 a 95% de los bosques andinos que se ubican en el páramo, han desaparecido, además debido a las quemadas, se ha dado una homogenización de los páramos, el paisaje diverso de pajonales, fragmentos de bosque y arbustales se han convertido en una estructura monótona de pajonal puro, esto sumado a la amenaza de la expansión ganadera (bovina y ovina) provocando el desgaste del suelo, lo que conlleva a la pérdida de cobertura vegetal.

Es de suma importancia una restauración ecológica que de acuerdo con Gann., et al (2019) esta aporta a la protección de la biodiversidad, además mejora la salud y el bienestar humano, pues incrementa la seguridad alimentaria, e hídrica puesto que proporciona todos los medios para mitigar el impacto ambiental, la restauración ecológica responde a un modelo basado en soluciones en el cual incluye el trabajo de la comunidad, científicos, legisladores, agricultores con el fin de trabajar para reparar el daño ecológico, y por tanto construir el camino para lograr establecer una relación saludable entre las personas y la naturaleza.

Ante la devastación de los páramos, los proyectos de restauración ecológica refieren a la implementación de plantas nativas, en Ecuador este tipo de proyectos tienen la finalidad de conocer la diversidad florística, por el contrario estudios acerca de la ecología de semillas son escasos, por ello es importante conocer los procesos de germinación, de no considerar este parámetro; la siembra directa de plantas puede fracasar y por ende, generar un desperdicio de recursos (Sánchez & Furrázola, 2018).

Como lo menciona (Schmidt, 2008) la siembra directa es una práctica en la que las semillas se siembran directamente en el lugar donde se espera que las plantas crezcan, en contraste con el método tradicional de cultivar las plantas en viveros antes de trasplantarlas al

campo. Este enfoque busca eliminar los costos y la labor asociados con la producción de plántulas en viveros y su posterior trasplante al campo. Al evitar la fase de trasplante y replantación, se puede disminuir la inversión inicial por planta.

En los últimos tiempos, la siembra directa ha adquirido importancia en la restauración ecológica de zonas degradadas debido a su asequibilidad, simplicidad en su aplicación y fomento de la diversidad de especies y funciones. Esta técnica es especialmente adecuada para el manejo de especies arbustivas, en comparación con los métodos de plantación de plántulas. Por tanto, esto contribuye a una recuperación más eficaz y rápida de la cobertura del suelo en áreas degradadas (Grossnickle & Ivetić, 2017).

Entre las ventajas de la siembra directa se encuentran los aspectos biológicos que están relacionados con las plantas sembradas directamente en el campo las cuales tienen más posibilidades de supervivencia que las plántulas trasplantadas desde viveros. Por lo que se evita el estrés del trasplante y proporciona un mejor desarrollo de las raíces (Schmidt, 2008). Otro aspecto es el bajo costo de las semillas en la reforestación permite su uso en exceso para asegurar la germinación en terrenos desfavorables, dado que el costo de siembra no se ve afectado por la densidad de semillas (Minnesota DNR, 2006).

Aunque existen beneficios asociados con la siembra directa, su implementación puede encontrarse limitada por diversos elementos. Entre estos, se incluyen la alta mortalidad de plántulas durante los primeros meses de desarrollo a causa de la falta de agua y las condiciones térmicas adversas, la presencia de depredadores, la competencia con otras especies de plantas, la calidad inadecuada del suelo y la falta de conocimiento para aplicar esta técnica de siembra utilizando vegetación nativa (Crespo e Inga, 2020). Se han realizado experimentos de siembra directa en varios páramos Andinos. Por ejemplo, un estudio realizado por López (2021) en el páramo del Antisana menciona que los experimentos de siembra directa en páramos suelen enfrentar desafíos particulares debido a las condiciones extremas de estos ambientes, como la altitud, la temperatura, la exposición a la radiación ultravioleta y la variabilidad climática.

La composición florística en los páramos está caracterizada por presencia de 127 familias y 540 géneros, de las cuales la familia más importante es la Asteraceae que incluye 113 géneros y 973 especies, mientras que los géneros con más especies están *Espeletia* con 126, *Pentacalia* con 111, *Diplostephium* con 73 y *Senecio* con 67 especies (Sklenář et al., 2005), todos los géneros mencionados pertenecen a la familia Asteraceae. Esta familia destaca

por su alta capacidad reproductiva y por desarrollar estrategias particulares para la dispersión y germinación de las semillas (Fuentes et al., 2010). Normalmente presentan la característica de producir una gran cantidad de semillas con fines de lograr mayor supervivencia, pero no todas poseen reservas energéticas (Cueva & Lucero, 2018). Una de las principales razones por la cual nos enfocamos en las Asteráceas para realizar este estudio, es que, se encontraban en su período de fructificación, donde es más probable obtener semillas viables y listas para germinar.

La siembra directa con Asteraceae, presenta algunas limitaciones a considerar. Estas limitaciones incluyen la competencia con malezas, requisitos de suelo específicos, variabilidad en las necesidades de riego, sensibilidad al clima y temperatura, dependencia de polinizadores (Wassner & Ravetta, 2000).

El objetivo principal de este estudio es evaluar la efectividad de la siembra directa como una técnica de restauración ecológica en el ecosistema de páramo en Ecuador. El estudio se lleva a cabo en un área específica en la provincia del Azuay y se centra en dos especies nativas de páramo de la familia Asteraceae, *Diplostephium ericoides* (Lam.) Cabrera y *Chuquiraga jussieui* J.F.Gmel. Se investigan diversos factores, como la sombra, la herbivoría y el tipo de cobertura vegetal, para comprender cómo afectan a la germinación de semillas en condiciones de páramo.

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Área de Estudio

Los experimentos de siembra directa se llevaron a cabo en el sector de Quimsacocha del cantón San Fernando, provincia del Azuay al sur del Ecuador (UTM -3.0839785, -79.2658478). La zona está comprendida entre 3.550-3.650 m de altitud., posee una temperatura que oscila entre los 2.2 y 17.1 °C y la precipitación tiene un promedio anual que oscila entre los 1060 y 1600 mm. Las lluvias más fuertes se presentan en los meses de marzo y noviembre. En cuanto a fauna se han registrado aproximadamente nueve especies de mamíferos, en cuanto a su flora existe 480 especies de plantas vasculares (Jarrin & Morán, 2017).

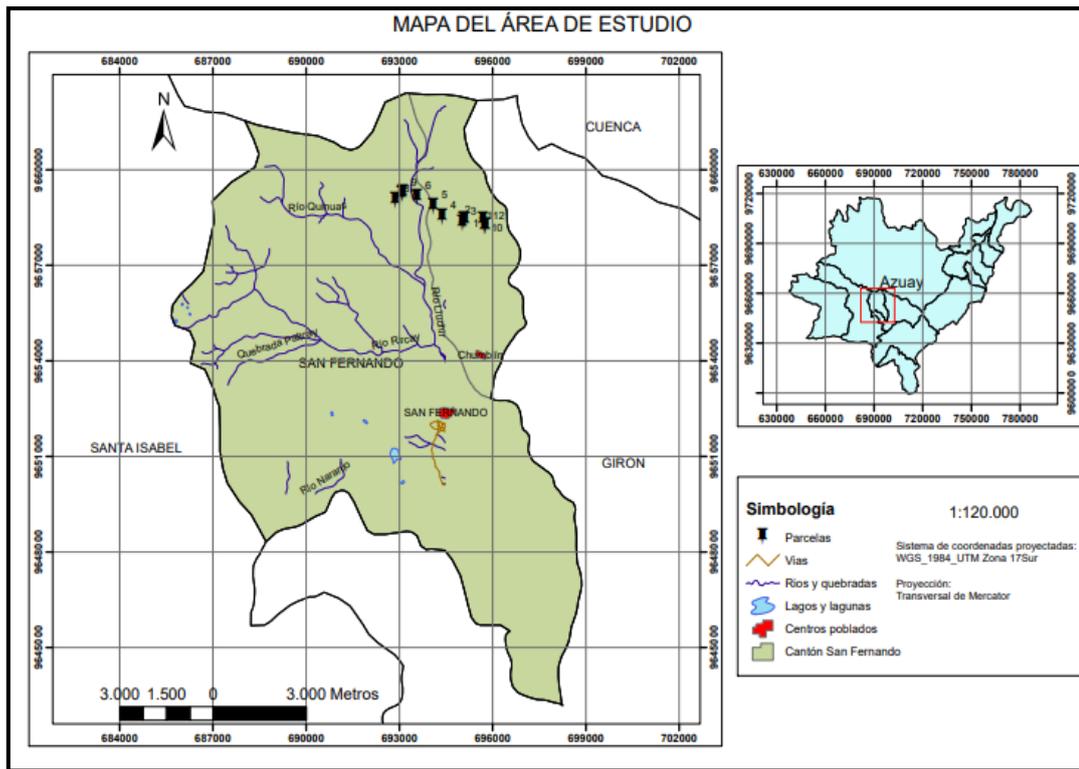


Ilustración 1: Mapa de ubicación de los sitios de siembra de las semillas en el páramo de Quimsacocha, San Fernando, provincia del Azuay.

Fuente: Autores.

2.2 Diseño Experimental

Se implementó un diseño experimental con tres factores: Sombra; Herbivoría; y Tipo de Cobertura Vegetal. El factor **sombra** tuvo dos niveles: expuesto a la luz directa (1) y bajo sombra natural (arbustos, árboles) o artificial (sarán) (2). El factor **herbivoría** también tuvo dos niveles: protegido con cilindro de malla metálica hexagonal (1) y sin estructura de protección (2). Todas las combinaciones posibles de los factores y sus niveles fueron equivalentes a un tratamiento, por lo tanto, se aplicaron 4 tratamientos: 1) Con Sombra natural (arbustos, árboles) o artificial (sarán) y Protección (Malla); 2) Sin sombra y Protección (Malla); 3) Con Sombra natural (arbustos, árboles) o artificial (sarán) y Sin protección; 4) Sin sombra y Sin protección.

Para el factor **cobertura vegetal** tuvimos tres niveles: 1) Pasto manejado; 2) Pajonal herbáceo; 3) Pajonal arbustivo. El Pasto **Manejado** corresponde a aquellas áreas predominantemente cubiertas por pastos introducidos y naturales, su área está dedicada a la

ganadería de tipo extensivo, específicamente actividades como: control de malezas, rotación de potreros, introducción de especies mejoradas como *Braquiaria humidicola*, *Braquiaria decumbes*, *Angleton*, entre otros (León et al., 2018).

Pajonal Herbáceo: Este tipo de páramo tiene extensiones cubiertas por pajonal de varios géneros especialmente *Calamagrostis* y sitios conformados por plantas herbáceas formadoras de almohadillas duras, especialmente de los géneros *Azorella*, *Werneria* y *Plantago*. Pueden ser altos y bajos. El pajonal alto comparte su dominio entre *Stipa ichu* y *Solanum nigrum*, el medio predomina *Caiophora horrida*, mientras que en el herbáceo bajo no existe marcado, además este muestra una mayor uniformidad, por tanto, se observa mayoritariamente líquenes, helechos y briofitas (Vargas et al., 1995). La vegetación del pajonal herbáceo se encuentra en lugares drenados y humedales que posee un microclima menos frío, la mayoría de las veces están cerca de las fuentes de agua, humedales, o quebradas de los ríos o los humedales (Obrocki & Goerres, 2012).

Pajonal Arbustivo: el pajonal arbustivo muestra características especiales como: hojas pequeñas, duras, peludas y/o brillantes, gracias a las cuales, pierden poca agua por transpiración y además soportan alta irradiación. En esta zona existen especies de plantas como: chivo, chuquiragua, romerillo, yana yanta y yanayatu (Obrocki & Goerres, 2012).

Los cuatro tratamientos fueron implementados juntos en bloque, y su distribución en el espacio se definió al azar dentro de cada bloque con una distancia mínima de 2 a 5 m dependiendo de las condiciones topográficas. Se implementaron cinco bloques por cada una de las 3 coberturas con un total de 15 bloques; con una distancia de 300 metros entre bloques. Dentro de cada bloque se instalaron 4 parcelas circulares correspondientes a cada tratamiento. Las parcelas se ubicaron en distintos micrositos que presentaban los distintos niveles (expuesto, bajo sombra natural o artificial; pastizal activo con riego, pajonal herbáceo, pajonal arbustivo). Para implementar la sombra artificial se utilizaron estacas de madera con 50 cm de altura, sobre las cuales se colocó malla sarán o rashell de 50% de sombra y fueron implementados en lugares donde no se encontraba dosel. Para los tratamientos que llevaron protección contra herbívoros se asignó a dos de las cuatro parcelas de forma aleatoria y se utilizó un cilindro de malla metálica hexagonal (5/8" apertura) de 36 cm de diámetro y 50 cm de altura para protegerlas contra herbívoros medianos y grandes. Dentro de cada uno de los tratamientos se colocaron unos anillos de plástico de botella de un diámetro aproximado de 4 cm y una altura de 3 cm; esto, con el propósito de evitar que las semillas se laven con la lluvia

o se vuelen. Cada anillo tuvo una etiqueta con el nombre de la especie. En cada anillo se sembraron 200 semillas para *D. ericoides* y 25 semillas para *C. jussieu*. El número de semillas que se sembró dependió de la especie a utilizar, ya que diferían en tamaño. Para todos los tratamientos las semillas se sembraron a una profundidad mínima de 0.001m para incrementar la retención de humedad, evitar la desecación y proteger las semillas contra predadores (Sovu et al., 2010; Woods & Elliott, 2004).

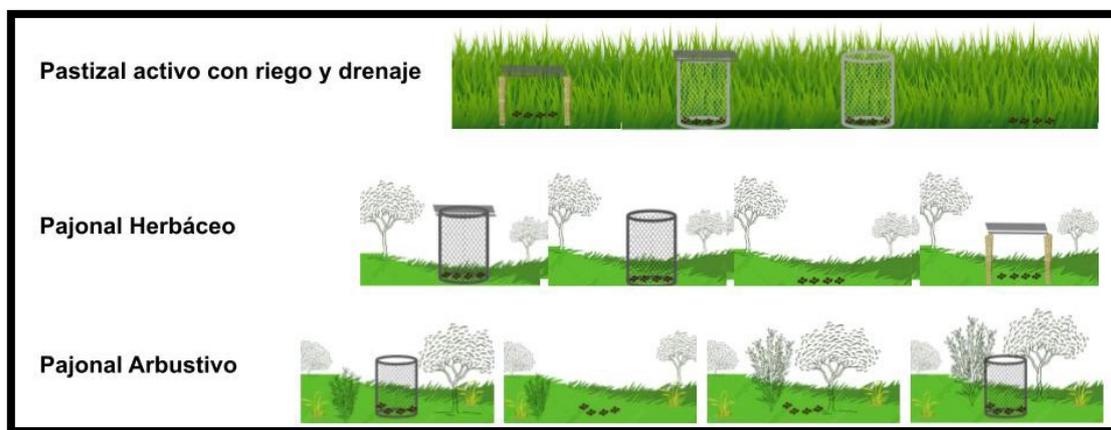


Ilustración 2: Diagrama de un bloque de la siembra en las distintas coberturas con la distribución espacial de los cuatro tratamientos.

Fuente: Elaboración propia.

Cada parcela fue etiquetada con el nombre de la localidad donde se realizó este proyecto (Loma Larga), el tipo de cobertura (Pasto manejado), número de tratamiento (1) y número de repetición (3); y por último cada uno de los bloques se etiquetó con los logos de las universidades participantes (Universidad del Azuay, Universidad de Cuenca y Universidad Central del Ecuador) el nombre del proyecto y la fecha.

2.3 Especies de estudio

Los experimentos de siembra directa fueron realizados con dos especies de la familia *Asteraceae* que se encontraban en periodo de fructificación durante el estudio. *Diplostegium ericoides* (Lam.) Cabrera conocida comúnmente como “Romerillo del páramo” o “Santa María”. Es un arbusto de 1 a 2 m de alto, perteneciente a la familia ASTERACEAE. Habita principalmente en las provincias de Azuay, Cañar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Pichincha,

Tungurahua, Zamora Chinchipe, Napo, Imbabura, Loja y Morona Santiago, dentro de un rango altitudinal que oscila entre 2500 y 4500 m s.n.m. Crece en zonas rocosas formando matorrales abiertos, de manera dispersa en laderas cubiertas por pajonal (Cabrera, 2019).

Chuquiraga jussieui J. F. Gmelin conocida comúnmente como “Chuquiragua” o “flor de montaña”. Es un arbusto de aproximadamente 1,5 m de alto, perteneciente a la familia ASTERACEAE, este género consta de 23 especies de arbustos perennifolios endémico de América del Sur (Borja & Molina, 2018). En Ecuador se encuentra distribuida entre 2500 y 5000 m s.n.m. Habita en varios ecosistemas de páramos y subpáramos andinos. Crece de manera dispersa en el pajonal o en sitios rocosos formando matorrales bajos dominados por *Arcytophyllum vernicosum*. Dentro de su importancia ecológica principal se encuentra la asociación con el colibrí *Oreotrochilus chimborazo* conocido comúnmente como estrellita ecuatoriana, ya que, sus flores brindan de néctar a esta especie (Minga et al., 2016).

2.4 Colección de semillas

El número de individuos que se seleccionó dependió de la disponibilidad de semillas de cada especie manteniendo una distancia de entre 200 a 2000 m entre árboles (Crespo et al., 2017). El procesamiento de semillas se llevó a cabo en el laboratorio de semillas de la Universidad de Cuenca. Una vez recolectados los frutos fueron trasladados al laboratorio donde se procedió a extraer las semillas, para posteriormente en el caso de *C. jussieui* ser contadas y colocadas en un sobre de papel etiquetado con el nombre de la especie y la fecha de colección. Para el caso de *D. ericoides* una vez extraídas las semillas fueron contadas y pesadas para luego ser colocadas igualmente en sobres de papel etiquetados con el nombre de la especie y la fecha de colección. Todos los frutos fueron procesados en un máximo de 48 horas posterior a su colección para evitar los efectos del almacenamiento sobre el comportamiento germinativo de las semillas.

2.5 Toma de Datos

Se registró la emergencia de las plántulas cada 2 semanas durante 10 semanas. Se consideró como plántula emergente cuando sus cotiledones u hojas embrionarias se elevaban por encima del suelo (Pintado, 2016). Cada 15 días se realizó monitoreo de los experimentos, contabilizando todas las plántulas emergentes que se encontraban dentro del anillo de plástico.

Utilizamos data loggers para la medición y almacenamiento de luz y temperatura de tipo HOBO Pendant Temperature/Light data logger (Onset UA-002-64). Gracias a este instrumento se puede monitorear valores de temperatura y luz durante largos períodos de tiempo sin necesidad que el usuario se encuentre presente. Las lecturas se almacenan en una memoria SD y se descargan a través de una memoria micro USB. Estos sensores se ubicaron en dos de los cuatro tratamientos: Bajo sombra y malla (1) y Malla sin sombra (2), para comparar la influencia de la luz en ambos tratamientos. Además, una razón de suma importancia que se pensó al colocar estos dispositivos en los tratamientos protegidos con malla metálica (protección contra herbívoros) fue evitar que sean movidos o pisados por el ganado, estos data loggers nos permitieron medir la luz y temperatura diarias cada 30 minutos durante las 10 semanas de monitoreo.



Ilustración 3: Ejemplo de un bloque experimental implementado en el campo etiquetado con el nombre de la localidad, tipo de cobertura, número de tratamiento, número de repetición y fecha.

2.6 Análisis de Datos

Para el análisis de los experimentos de siembra directa, se evaluaron las diferencias entre los datos de emergencia con respecto a los distintos tratamientos, mediante un análisis de supervivencia con el método Kaplan-Meier dentro del paquete estadístico SigmaPlot (v. 12.5, Systat Software). Este análisis nos permitió calcular la probabilidad, de que un evento de interés no ocurra dentro de un período definido, en relación con los factores de diseño. En este

caso, se consideran las probabilidades de no emerger de las semillas hasta la semana 10, es decir, valores cercanos a 0 cuando la probabilidad es más alta de encontrar emergentes, los valores fueron representados mediante curvas de probabilidad para indicar los datos de emergencia (MacNair et al. 2012).

Las diferencias estadísticas entre las curvas generadas para emergencia se compararon mediante el test log-rank con la finalidad de determinar si las curvas de emergencia difirieron con respecto a cada uno de los tratamientos aplicados en la siembra. En este estudio no se realizó una prueba de Post hoc ya que no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$).

Las pruebas fueron separadas por tipo de cobertura y por especie, es decir, se analizó a cada una de las especies sometidas a los cuatro tratamientos en los diferentes tipos de cobertura (Pasto Manejado, Pajonal Herbáceo y Pajonal Arbustivo).

CAPÍTULO 3. RESULTADOS

En los tres tipos de cobertura las semillas de *Diplostephium ericoides* y *Chuquiraga jussieui* germinaron en las unidades experimentales en el periodo de monitoreo de 10 semanas. Sin embargo, las tendencias de emergencia diferían entre tratamientos en cada una de las coberturas.

3.1 Pasto Manejado

3.1.1 *Diplostephium ericoides*

Para esta especie los primeros germinantes fueron registrados a los 15 días, segunda semana después de la siembra (Fig. 2). Las semillas sembradas dentro del anillo de plástico ubicadas en el tratamiento 1 (bajo sombra y con protección (malla)) mostraron un pico más alto de germinación (80%), siendo este el tratamiento más eficiente; mientras que el pico más bajo de germinación se registró para las semillas ubicadas en los tratamientos 3 (Sin malla y Sombra), 2 (Malla sin sombra) y 4 (Sin malla y sin sombra) con el mismo porcentaje (60%), obteniendo un valor de $P = 0,967$ lo cual nos indica que los patrones de emergencia de plántulas

no difirieron estadísticamente entre tratamientos; el monitoreo de emergencia de las plántulas finalizó en la semana 10.

3.1.2 *Chuquiraga jussieui*

Para esta especie en este tipo de cobertura se registró una germinación baja. Solo en el tratamiento 2 (Malla sin sombra) a los 15 días, segunda semana después de la siembra (Fig. 1) se registró un 20% de germinantes. Siendo así, el único tratamiento con germinantes. La prueba log Rank dio un valor de $P = 0,392$ lo cual nos indica que los patrones de emergencia de plántulas no difirieron estadísticamente entre tratamientos; el monitoreo de emergencia de las plántulas finalizó en la semana 10.

3.2 Pajonal Herbáceo

3.2.1 *Diplostephium ericoides*

Para esta especie los primeros germinantes fueron registrados a los 43 días, sexta semana después de la siembra (Fig. 2). Las semillas sembradas dentro del anillo de plástico ubicadas en el tratamiento 2 (con protección y sin sombra) mostraron una germinación del 40% siendo este el tratamiento más eficiente. Mientras que para las semillas sembradas dentro del anillo de plástico ubicadas en el tratamiento 1 (Malla y Sombra) se registraron cero germinantes, obteniendo un valor de $P = 0,568$ lo cual nos indica que los patrones de emergencia de plántulas no difirieron estadísticamente entre tratamientos; el monitoreo de emergencia de las plántulas finalizó en la semana 10.

3.2.2 *Chuquiraga jussieui*

Para esta especie los primeros germinantes fueron registrados a los 30 días, cuarta semana después de la siembra (Fig. 1). Las semillas sembradas dentro del anillo de plástico ubicadas en el tratamiento 4 (Sin malla y Sin sombra) mostraron una germinación del 40%, siendo este el tratamiento comparativamente más eficiente; mientras que en el tratamiento 2 (Malla, Sin sombra) se registraron cero germinantes, obteniendo un valor de $P = 0,547$ lo cual nos indica que los patrones de emergencia de plántulas no difirieron estadísticamente entre tratamientos; el monitoreo de emergencia de las plántulas finalizó en la semana 10.

En esta cobertura se encontró un alto nivel de herbivoría, es decir, estaba comido el follaje de las plántulas, claramente era una herbivoría por insectos, ya que, el follaje es muy

pequeño cuando recién emerge la plántula; esto sucedió en la misma unidad del mismo tratamiento 4 (Sin malla y Sin sombra) que presentó mayor tasa de emergentes.

3.3 Pajonal Arbustivo

3.3.1 Diplostephium ericoides

Para esta especie en esta cobertura los patrones de emergencia de plántulas no difirieron estadísticamente entre tratamientos, obteniendo un valor de $P = 0,609$; las semillas sembradas dentro de los anillos de plástico ubicadas en los tratamientos 1 (Malla y Sombra), 3 (Sin malla y Sombra) y 4 (Sin malla y Sin sombra), mostraron una germinación con un mismo porcentaje (60%); mientras que la germinación más baja se registró para las semillas sembradas en el tratamiento 2 (Malla, Sin sombra) con cero germinantes (Fig.2), el monitoreo de emergencia de las plántulas finalizó en la semana 10.

3.3.2 Chuquiraga jussieui

Los patrones de emergencia de plántulas no difirieron estadísticamente entre tratamientos ($P = 0.550$). Las semillas sembradas en los tratamientos 2 (Malla sin sombra) y 4 (Sin malla y Sin sombra), mostraron una germinación con un mismo porcentaje (20%), mientras que en los tratamientos 1 (Malla y Sombra) y 3 (Sin malla y Sombra) se registraron cero germinantes (Fig. 1), el monitoreo de emergencia finalizó en la semana 10.

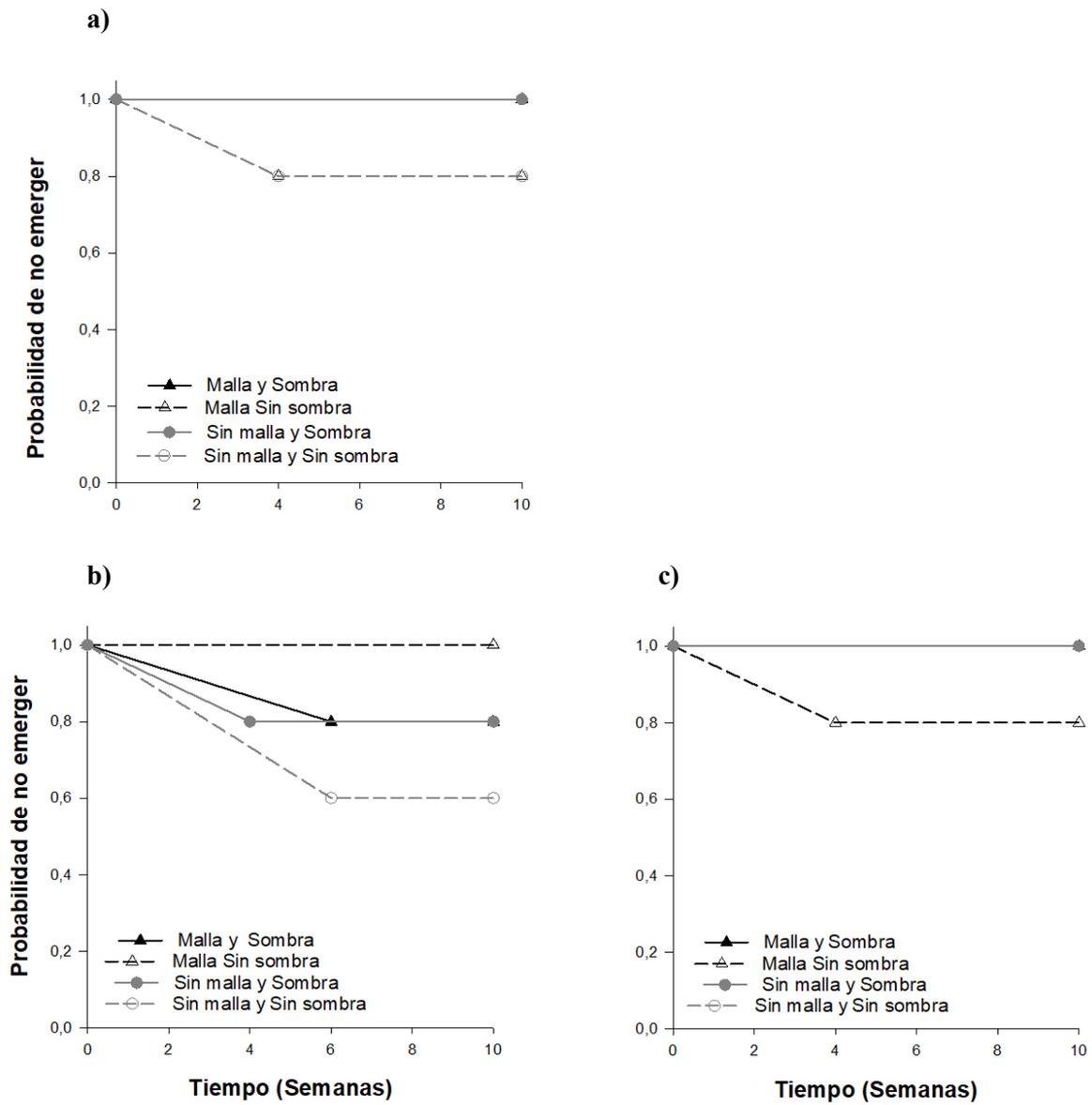


Figura 1: Estimaciones Kaplan Meier para la probabilidad de que plántulas de *Chuquiraga jussieui* no emerjan durante un periodo de 10 semanas bajo diferentes tratamientos de siembra directa. Los valores más cercanos a cero denotan mayores tasas de emergencia. Los paneles corresponden a los tipos de cobertura: a) Pajonal Arbustivo, b) Pajonal Herbáceo, c) Pasto Manejado.

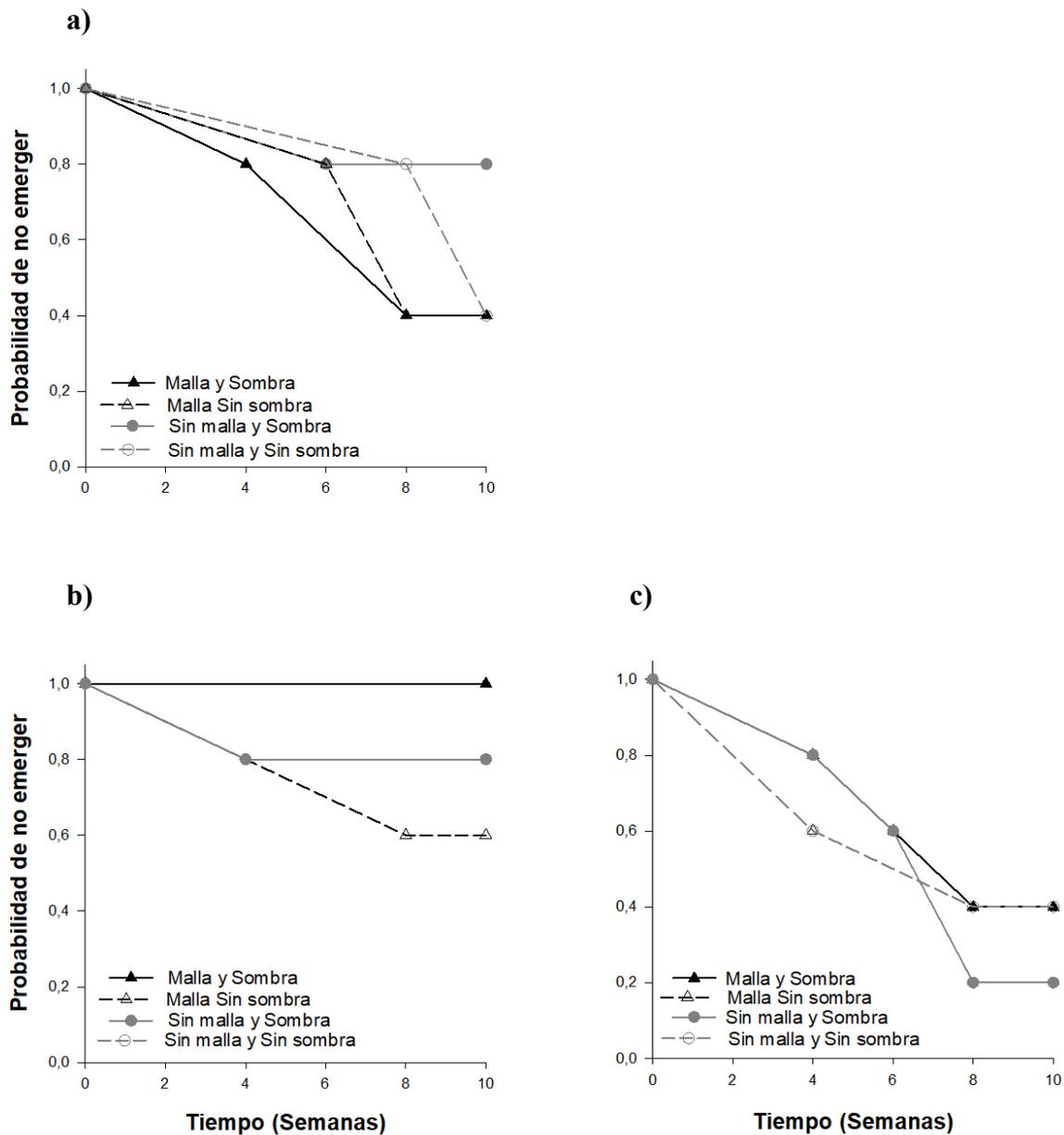
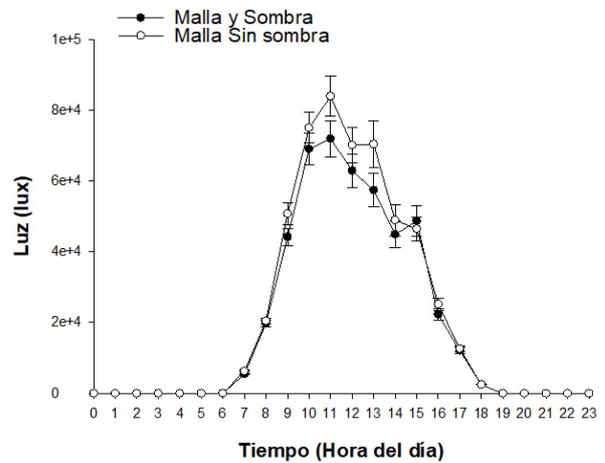
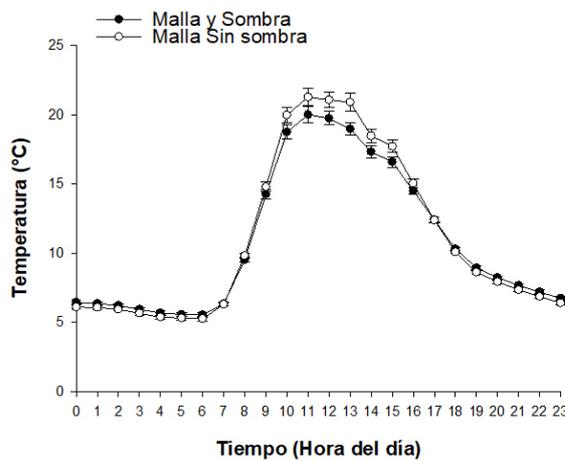


Figura 2: Estimaciones Kaplan Meier para la probabilidad de que plántulas de *Diplostephium ericoides* no emerjan durante un periodo de 10 semanas bajo diferentes tratamientos de siembra directa. Los valores más cercanos a cero denotan mayores tasas de emergencia. Los paneles corresponden a los tipos de cobertura: a) Pajonal Arbustivo, b) Pajonal Herbáceo, c) Pasto Manejado.

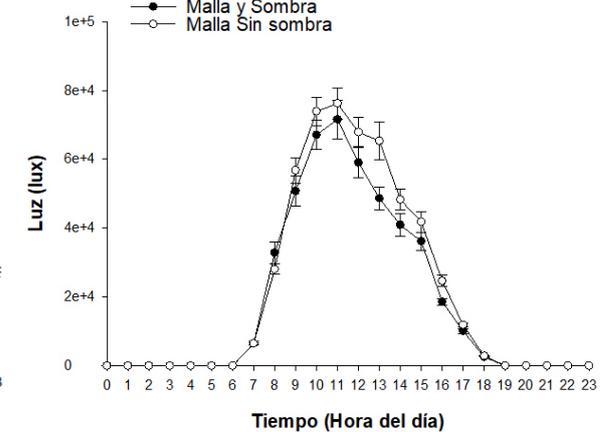
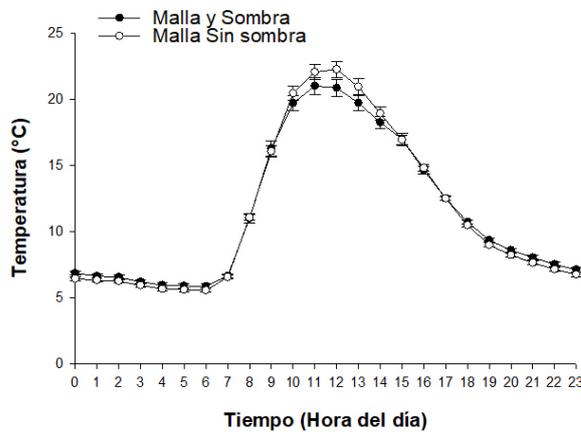
Los data loggers registraron promedios de temperatura más altos con el tratamiento de malla sin sombra con un pico por encima de los (22°C) entre las 10 h00 y 13 h00, a diferencia del tratamiento de malla y sombra la temperatura se mantiene debajo de los (18°C) entre las 10 h00 y 13 h00, esto en cuanto al pajonal arbustivo. Para pajonal herbáceo y pasto manejado el promedio no tuvo variación y se registraron temperaturas más altas con el tratamiento de malla

sin sombra por encima de los (23°C) entre las 10h00 y 13 h00. Para el tratamiento de malla y sombra la temperatura se mantiene debajo de los (20°C). En cuanto a luz los promedios más altos que se registraron fueron también para el tratamiento de Malla sin Sombra donde se observa un pico de 8000 lux a las 10h00. Por el contrario, para el tratamiento de malla y sombra muestra un pico por debajo de los 7000 luxes a las 11h00 (**Fig. 3**).

a)



b)



c)

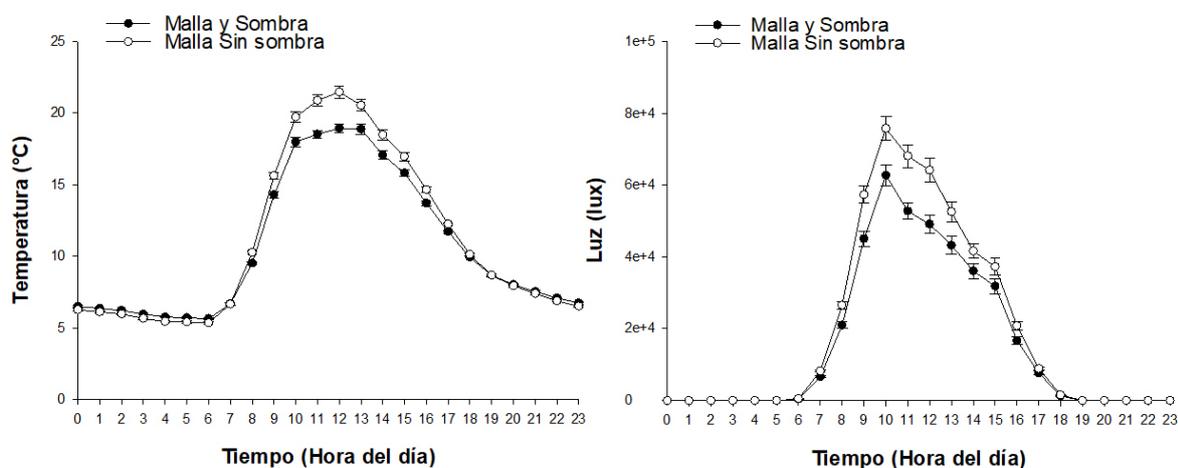


Figura 3: Promedios de temperatura y luz diarias encontradas bajo los tratamientos 1 (malla y sombra) y 2 (malla sin sombra) durante las 10 semanas de monitoreo en el páramo de loma larga, San Fernando. a) Pasto Manejado, b) Pajonal Herbáceo, c) Pajonal Arbustivo.

CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN

Los resultados reflejan que en general las plántulas de ambas especies *Diplostegium ericoides* y *Chuquiraga jussieui* emergieron en casi todas las unidades experimentales en un período de 10 semanas. Sin embargo, hubo diferencias en las tendencias de emergencia entre los diferentes tratamientos y también entre los tipos de cobertura. El conocimiento generado en este estudio puede aplicarse directamente al diseño e implementación de actividades de restauración ecológica en los páramos.

Para la especie *D. ericoides* observamos más plántulas emergentes en el pasto manejado. Mientras que el tratamiento de siempre más adecuado, fue bajo sombra y con protección (80% de emergencia). Para *Chuquiraga jussieui* el tipo de cobertura con más emergentes fue el pajonal herbáceo, y el tratamiento más adecuado fue Sin malla y Sin sombra (40% de emergencia).

En términos generales, para *D. ericoides* registramos emergencia más temprana y porcentaje más alto de germinación en el tratamiento con sombra. Estos resultados son consistentes con los hallazgos de un estudio realizado por Veloso et al. (2017) donde se observó que, las semillas presentan un mejor desarrollo en condiciones de sombra, lo cual tiene un

impacto positivo en las etapas tempranas del desarrollo del embrión. Este fenómeno se debe a que la sombra proporciona una mayor retención de humedad en el suelo, manteniéndolo ligeramente húmedo de manera constante. Esta condición óptima de humedad favorece el desarrollo adecuado de las semillas en las etapas iniciales, brindándoles las condiciones necesarias para un crecimiento exitoso.

En el caso de *C. jussieui* registramos una emergencia más restringida en general. Sin embargo, los tratamientos con mejores resultados se dieron en las unidades experimentales con tratamientos sin sombra. Según Gainza (2022), esta especie presenta características adaptativas que le permiten captar un elevado porcentaje de radiación, lo que posiblemente constituye el factor determinante en la presencia de emergentes en los dos tratamientos bajo condiciones de ausencia total de sombra. En consecuencia, se inclina a un mejor desarrollo con una mayor irradiación solar.

Con respecto a los tipos de cobertura, *D. ericoides* tuvo mejores respuestas en el pastizal manejado. Un estudio realizado por Schmidt (2008), investigó la germinación de especies nativas en áreas restauradas de pastizales y praderas. Los resultados mostraron que la presencia de cobertura vegetal densa y la sombra generada por las plantas vecinas pueden afectar negativamente la germinación y el establecimiento de las plántulas, al alterar las condiciones de temperatura y luz. Estos hallazgos respaldan los resultados obtenidos en el pasto manejado de este estudio. Esto se debe a que, al tratarse de una zona de pasto, no se evidenció vegetación densa ni la presencia de sombra producida por plantas cercanas; siendo también uno de los factores importantes la fertilización del suelo que tiene esta zona al ser tratado para uso de la ganadería. Estas condiciones permitieron un impacto positivo en la emergencia de esta especie en este tipo de cobertura. Siguiendo este razonamiento, en el pajonal herbáceo donde existió más cobertura vegetal, *D. ericoides* tuvo una emergencia más tardía en comparación con el pasto manejado. Específicamente en el tratamiento con protección y sin sombra, se registró la tasa más alta de emergencia, mientras que el tratamiento de malla con sombra no registramos emergentes. Estos resultados podrían estar relacionados con la disponibilidad de luz, ya que en el estudio de López (2021), se encontró que la luz puede ayudar a la germinación y el crecimiento de las semillas, se sabe que algunas semillas emergen de forma más rápida si son sometidas a mayor intensidad de luz (Botto & Sánchez, 1998). En el pajonal arbustivo, se observó que no hubo diferencias significativas en los patrones de emergencia de *D. ericoides* entre los tratamientos (1,3 y 4). Sin embargo, el tratamiento 2 (malla, sin sombra) registró cero

germinantes. Estos resultados coinciden con estudios anteriores que han demostrado que la presencia de sombra puede ser beneficiosa para la germinación de algunas especies, al reducir la competencia por luz y regular las condiciones de temperatura; como en el estudio de López (2021), donde se halló que las especies de *C. jussieui*, *M. myrsinites*, *arbutifolia* y *D. ericoides*, requieren de condiciones de humedad y sombra para emerger, además encontró que las variables que intervienen en la emergencia de las plántulas es la humedad del suelo y la llegada de la lluvia; ya que, en la restauración de páramos se necesita mayores días de lluvia para el establecimiento de las plántulas y su crecimiento (Aguirre et al., 2013). Esto sugiere que la ausencia de sombra en el tratamiento 2 pudo haber afectado negativamente la germinación de *D. ericoides* en comparación con los otros tratamientos.

Con respecto a los tipos de cobertura, *C. jussieui* tuvo mejores respuestas en el pajonal herbáceo; el tipo de cobertura en mejor estado de conservación. Estos resultados son consistentes con los de Gainza (2022), quien se analizó el crecimiento y supervivencia de *Chuquiraga jussieui* en cuatro coberturas del Páramo Antisana. En este estudio el pajonal mostró el mayor índice de supervivencia en relación a las demás coberturas. Esto se debe a que existe mayor presencia de materia orgánica en descomposición, originada principalmente por la propia vegetación del pajonal. Esta acumulación de materia orgánica proporciona un entorno propicio para el desarrollo de las raíces y la asimilación de nutrientes, lo que favorece el desarrollo de la especie en cuestión.

En cuanto a la comparación entre la influencia de los tratamientos de siembra y los diversos tipos de cobertura, se observa que los tratamientos de siembra han tenido un impacto más notable y han desempeñado un papel importante en la emergencia de las plántulas. Este resultado podría deberse a una interacción positiva de la humedad del suelo que es una condición propia que presentan los páramos, la condición microclimática que se creó con la sombra artificial (sarán) y la natural generada por arbustos, proporcionó la protección contra la luz solar excesiva. Varios estudios relacionados con la siembra de especies nativas en páramo mencionados anteriormente han demostrado que las condiciones microclimáticas, como luz y temperatura, son elementos fundamentales para lograr el éxito en la emergencia. Considerando que los ambientes degradados se ven afectados por diversos factores como: la ausencia de sombra, la falta de luz; así como las condiciones ambientales extremas caracterizadas por radiación intensa, heladas nocturnas y escasas precipitaciones diurnas, lo cual genera un

escenario donde el suelo se mantiene seco y carece de la humedad necesaria para la germinación de las semillas (López, 2021).

Lo que se logró evidenciar en este estudio es la influencia de la altitud a la hora de la emergencia de las plántulas, ya que, a más altura había menos cantidad de emergentes, en el estudio realizado por García et al. (2019), se destaca la altitud como una de las variables topográficas más relevantes. A medida que la altitud varía de menor a mayor, se generan diversos microclimas que tienen un impacto significativo en la variación de la riqueza y composición de especies. Este estudio evidenció que, a lo largo del gradiente de elevación, las especies leñosas disminuyen, dejando lugar únicamente a especies herbáceas como *Calamagrostis intermedia*, *Senecio chionogeton* y *Gentianella longibarbata*, así como una variedad de almohadillas, que recubren extensamente los suelos de los páramos, impidiendo la emergencia de especies leñosas.

En cuanto a la condición herbivoría que fue la protección (malla) favoreció para que las plántulas emergentes no sean removidas o pisoteadas por el ganado que se encontraba principalmente en el pasto manejado. *Diplostephium ericoides* no presentó evidencia de herbivoría en ninguna de las coberturas, independientemente de los tratamientos aplicados. Al contrario, *Cuquiraga Jussieui* mostró un único caso de herbivoría registrado en el pajonal herbáceo, específicamente en el tratamiento 4 (Sin malla y Sin sombra). Esto sugiere que la presencia o ausencia de malla no influyó en el evento de herbivoría, ya que ocurrió en un tratamiento donde no se aplicaron condiciones específicas. En el estudio de López (2021), se observó que la presencia de herbívoros dificultó la emergencia de las semillas y el monitoreo continuo de las mismas ya que se alimentaban de las pequeñas semillas emergentes. En un estudio previo realizado por Suárez (2013), se obtuvieron resultados similares donde se demostró que la herbivoría genera consecuencias negativas, ya que puede provocar la pérdida total de las plántulas y causar daños en los individuos en sus primeras etapas de emergencia. Estos daños se manifiestan a través de malformaciones en el crecimiento y daño foliar.

Un factor importante que influyó de manera positiva en la emergencia de plántulas en ambas especies fue la remoción de vegetación y hojarasca al momento de preparar las unidades experimentales. Se sabe que una capa gruesa de hojarasca perjudica la germinación exitosa, debido a la mayor distancia entre la semilla y el suelo, y a la radiación solar reducida si las semillas están cubiertas por hojarasca (Cierjacks et al., 2007). Los resultados de no

emergencia en algunas de las unidades experimentales para ambas especies pueden atribuirse a varios factores que podrían haber afectado el éxito de la misma. Como la época de colecta de las semillas, ya que pudieron no estar al 100% maduras y de esta manera afectar a la emergencia (Bentsink & Koornneef, 2008).

Para tomar en cuenta otras especies como candidatas para llevar a cabo un proceso de restauración ecológica, es fundamental considerar diversos parámetros ecológicos en el ecosistema. Entre estos parámetros destacan la composición de especies, la riqueza de especies y la estructura de la comunidad vegetal. La composición de especies se refiere a la identificación y el análisis de las diferentes especies presentes en el área de restauración (Aguirre et al., 2013). Epko (2004), estudió como afecta el tamaño de la semilla a la tasa de germinación, se halló que la especie emergente en todas las coberturas fue *C. jussieui*, esto se debe al mayor tamaño de la semilla a comparación de otras especies, las semillas grandes generalmente producen plántulas más vigorosas que tienen mayor probabilidad de supervivencia (Schmidt, 2008), y germinan rápidamente (Cole et al., 2011), concluyendo que la morfología de la semilla resulta un variable importante para obtener mayor cantidad de semillas emergentes y por ende, el crecimiento de la misma.

Este estudio nos proporciona una visión más completa de los factores que afectan la emergencia y el establecimiento de las especies vegetales en diferentes coberturas. Además, resaltan la importancia de considerar las interacciones entre las especies de plantas y su entorno, incluyendo factores como la luz, la temperatura, la sombra y la cobertura vegetal, al diseñar estrategias de restauración ecológica y conservación de ecosistemas. Estos resultados según Cortés (2004), pueden relacionarse con la teoría ecológica de Bronfenbrenner que define que las diversas condiciones ambientales son las que influyen directamente en el cambio y desarrollo de un individuo.

Estos resultados indican que la siembra directa es una técnica viable en determinadas condiciones. Para *Diplostephium ericoides*, se recomienda la siembra en pasto manejado con el tratamiento de protección y sombra. Por otro lado, para *C. jussieui*, se sugiere sembrar en pajonal herbáceo, que demostró ser la cobertura más exitosa en términos de emergencia. Para esta especie y en este tipo de cobertura, no se requiere la aplicación de ningún tratamiento adicional, es decir, no se necesitan crear condiciones microclimáticas específicas. Podríamos decir que la siembra directa en algunos casos si es factible y de bajo costo (Doust et al., 2006)

es una opción que permite superar las barreras ecológicas más importantes para la regeneración como son, la falta de dispersión de semillas y los bancos de semillas empobrecidos (Crespo & Inga, 2020).

Otra estrategia de restauración que se podría recomendar para un páramo con las condiciones biológicas y físicas de Loma Larga es la utilización de plántulas cultivadas en vivero. En este enfoque, se crean condiciones óptimas de temperatura, humedad, luz y sombra dentro del vivero, lo que favorece la adecuada emergencia de las plántulas, una vez que han alcanzado el desarrollo adecuado, se trasplantan al campo, lo que resulta en una mayor tasa de germinación y disminución de la competencia con otras especies, reduce así la mortalidad durante la etapa más vulnerable del crecimiento (Schmidt, 2008).

Esta estrategia permitiría evitar las variaciones extremas de temperatura, así como mitigar el impacto de la herbivoría, la competencia con malezas y el estrés causado por condiciones térmicas e hídricas adversas. También se abordaría el problema de la falta de humedad en el suelo, factores que suelen afectar negativamente la emergencia y supervivencia de las especies en el contexto de la restauración del páramo.

En este estudio, se identificó gran impacto negativo de la ganadería en el ecosistema del páramo debido al manejo de pastos, el cual implica el uso de prácticas de quema. Esta actividad representa una amenaza considerable para la conservación de la biodiversidad y los servicios ecológicos del páramo, ya que conlleva una transformación de extensas áreas de este hábitat. Llambí et al. (2012) menciona que los impactos ecológicos asociados a la ganadería son diversos, entre ellos, se destacan los cambios en la vegetación, el aumento de especies invasoras, cojines y hierbas rastreras que desplazan a las especies nativas. Además, la compactación del suelo debido al pisoteo del ganado provoca una disminución en su capacidad de retención de agua, lo que afecta negativamente el equilibrio hídrico del ecosistema y por último el aumento de las tasas de erosión, lo que se traduce en la pérdida de materia orgánica del suelo y la acidificación del mismo debido al sobrepastoreo. Estas consecuencias pueden tener efectos perjudiciales a largo plazo en la salud y la resiliencia del páramo, así como en la provisión de servicios ecosistémicos críticos para las comunidades y la biodiversidad local.

CONCLUSIONES

Los pajonales pertenecientes al sur del Ecuador, específicamente en San Fernando, están en un estado de conservación medio debido al incremento de las actividades antrópicas como son la agricultura y ganadería. Este estudio experimental orientado a la restauración de las especies más comunes del páramo dio a conocer que las semillas de la especie *Cuquiraga* no requieren de un tratamiento germinativo, para *Diplostephium* el tratamiento germinativo más adecuado bajo sombra con protección (malla) en pasto manejado.

A partir de los hallazgos de este estudio experimental, se considera que la germinación de las semillas requiere de ciertos factores especialmente la temperatura, luz, sombra y las precipitaciones, por tanto se recomienda tomar en cuenta las características ambientales que posean cada una de las coberturas estudiadas para poder identificar factores que puedan incidir en la emergencia de las semillas; además es necesario trabajar en protocolos de propagación para que los viveros puedan producir plántulas a gran escala; lo cual se recomienda como otra estrategia de restauración ecológica de los páramos.

BIBLIOGRAFÍA

- Aarssen, L., & Burton, S. (1990). *Maternal Effects At Four Levels in Senecio Vulgaris (Asteraceae) Grown on a Soil Nutrient Gradient*. Obtenido de American Journal of Botany 77(9), 1231–1240: <https://www.jstor.org/stable/2444634>
- Aguirre, N., Torres, J., & Velasco, P. (2013). Guía para la restauración ecológica en los páramos del Antisana. *Fondo de protección del agua FONAG.*, 1, 9–13. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/07/Guía-Metodológica-restauracion-páramos.pdf>
- Baca, A. (2011). *Propuesta metodológica de restauración ecológica en los páramos del volcán Chiles Nariño*. Obtenido de Ambiente y Sostenibilidad, 2 (1): 66-71: <https://revistaambiente.univalle.edu.co/index.php/ays/article/download/4340/6560>
- Bendix, J., Beck, E., Bräuning, A., & Makeschin, F. (2013). *Ecosystem Services, Biodiversity and Environmental Change in a Tropical Mountain Ecosystem of South Ecuador*. Obtenido de Springer : <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-38137-9>
- Bentsink, L., & Koornneef, M. (2008). Seed Dormancy and Germination. *The Arabidopsis Book*, 6(6), e0119. <https://doi.org/10.1199/tab.0119>
- Borja , D., & Molina, A. (2018). *Determinación de la actividad antioxidante de las especies vegetales Chuquiragua jussieui y Bidens andicola tomando como estándar de referencia al ácido ascórbico*. Obtenido de Repositorio Universidad Central del Ecuador: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/16577>
- Botto, J. F., & Sánchez, R. A. (1998). *La germinación de las semillas por luz y su relación con la emergencia de plántulas de malezas* (Doctoral dissertation, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales).
- Bustamante , M., Albán , M., & Arguello , M. (2016). *Los páramos en Chimborazo, un estudio ambiental para la toma de decisiones*. Obtenido de <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56619.pdf>
- Buytaert, W., Célleri, R., Bievre , B., & Cisneros , F. (2014). *Hidrología del páramo andino*. Obtenido de <https://paramo.cc.ic.ac.uk/pubs/ES/Hidroparamo2.pdf>
- Brancalion , P., & Chazdon , R. (2017). *Beyond hectares: four principles to guide reforestation in the context of tropical forest and landscape restoration*. Obtenido de Restoration Ecology , 25 (9):491-496: <https://doi.org/10.1111/rec.12519>
- Cabrera , M., & Ramirez , W. (2014). *Restauración ecológica de los páramos de Colombia*. Obtenido de Libro Electrónico : https://www.researchgate.net/profile/Mauricio-Aguilar-Garavito/publication/305766325_Tecnicas_y_estrategias_de_restauracion_ecologica/links/579f8ea008aece1c721565e9/Tecnicas-y-estrategias-de-restauracion-ecologica.pdf
- Cabrera, I. (2019). *Diplostephium ericoides*. Obtenido de Pontificia Universidad Católica del Ecuador : <https://bioweb.bio/floraweb/polylepis/FichaEspecie/Diplostephium%20ericoides>

- Camacho, M. (2013). *Los páramos ecuatorianos: caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible*. Obtenido de Revista Anales Universidad Central del Ecuador, 3(2): 1-15: <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/anales/article/download/1241/1227/4713>
- Camacho, M. (2014). *Los páramos ecuatorianos: caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible*. Obtenido de Revista Anales, 1 (372): 1-15: <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/anales/article/view/1241>
- Cierjacks, A., Iglesias, J. E., Wesche, K., & Hensen, I. (2007). Impact of sowing, canopy cover and litter on seedling dynamics of two *Polylepis* species at upper tree lines in central Ecuador. *Journal of Tropical Ecology*, 23(3), 309–318. <https://doi.org/10.1017/S0266467407004051>
- Cole, R. J., Holl, K. D., Keene, C. L., & Zahawi, R. A. (2011). Direct seeding of late-successional trees to restore tropical montane forest. *Forest Ecology and Management*, 261(10), 1590–1597. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.06.038>
- Córdova, M., Criollo, G., & Céleri, R. (2013). Errores en la estimación de la evapotranspiración de referencia de una zona de paramo andino debidos al uso de datos mensuales, diarios y horarios. *Aqua-LAC*, 5, 458–465.
- Cortés, M. (2004). La herencia de la teoría ecológica de Bronfenbrenner. En *Innovación educativa* (Vol. 14, pp. 51–65). <http://hdl.handle.net/11162/67390>
- Crespo, A., & Inga, D. (2020). Superando barreras para la revegetación a gran escala. In T. (FLACSO E. Bustamente & E. Zalles, Jorje (FLACSO (Eds.), *De la parcela al paisaje* (pp. 37–67). Quito, Ecuador: FLACSO Ecuador.
- Crespo, A., Pintado, K., & Pérez, H. (2017). Influencia de la herbivoría y el deshierbe en la siembra directa de árboles nativos en un valle interandino del Sur del Ecuador. En *Memorias del primer congreso Ecuatoriano de Restauración del Paisaje*. <https://condesan.org/wp-content/uploads/2018/10/Memorias-CERP-CAMBIOS-v2-1.pdf>
- Cueva, J. S., & Lucero, M. H. P. (2018). Evaluation of growth regulators (Kinetin and gibberellic acid) to accelerate the germination of *Gynoxys verrucosa*. *Bionatura*, 3(4). <https://doi.org/10.21931/RB/2018.03.04.8>
- Chuncho , C., & Chuncho , G. (2019). *Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones*:. Obtenido de Revista Latitud Cero, 9 (2): 1-15: <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/686#:~:text=De%20esta%20revisi%C3%B3n%20se%20concluye,para%20almacenar%20y%20regular%20agua>.
- Chuncho , C., & Chuncho , G. (2019). *Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones: Una revisión*. Obtenido de Revista Bosques Latitud Cero, 9 (2): 1-10: https://www.researchgate.net/profile/Guillermo-Chuncho-2/publication/344180955_Paramos_del_Ecuador_importancia_y_afectaciones_Una_revisi%C3%B3n/links/5f599caaa6fdcc11640482c4/Paramos-del-Ecuador-importancia-y-afectaciones-Una-revision.pdf

- Chumi, M., & Quizhpi, L. (2018). Influencia de técnicas de siembra directa para *Oreocallis grandiflora* (Lam.) R.Br. y *Viburnum triphyllum* Benth., en dos Ecosistemas del Sur del Ecuador. Obtenido de Repositorio *Universidad del Azuay*: <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/8274>
- Day, R., & Quinn, G. (1989). *Comparisons of Treatments After an Analysis of Variance in Ecology*. Obtenido de *Ecological Monographs*, 59 (4):433-463: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2307/1943075>
- Del Vitto, L. A., & Petenatti, E. M. (2015). Asteráceas de importancia económica y ambiental: Segunda parte: Otras plantas útiles y nocivas TT - Asteraceae of economic and environmental importance: Second part: Other useful and noxious plants. *Multequina*, 24(1), 47–74. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-73292015000100004&lang=pt%0Ahttp://www.scielo.org.ar/pdf/multeq/v24n1/v24n1a04.pdf
- Doust, S. J., Erskine, P. D., & Lamb, D. (2006). Direct seeding to restore rainforest species: Microsite effects on the early establishment and growth of rainforest tree seedlings on degraded land in the wet tropics of Australia. *Forest Ecology and Management*, 234(1–3), 333–343. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.07.014>
- Epko, J. (2004). Does Seed Size Affect the Rate of Germination and Early Seedling Growth in Hairy Vetch. En *Langston University*. https://dclu.langston.edu/mccabe_theses/19/
- Escobar , E., Aguilar , M., & Ruiz, S. (2021). *Monitoreo de experiencias de restauración ecológica en páramos afectados por plantaciones forestales de Pinus patula. Un estudio de caso en el páramo de Rabanal, Boyacá-Colombia*. Obtenido de *Revista Biodiversidad En La Práctica*, 6(1): 1-20: <http://revistas.humboldt.org.co/index.php/BEP/article/view/919>
- Fuentes, E., Carreras, M. E., Loyola, M. J., Martinat, J. E., & Jewsbury, G. (2010). Asteraceae en el banco de semillas del suelo de ambientes afectados por incendios en las Sierras Chicas de Córdoba, Argentina. *Arnaldoa*, 17(2), 173–192.
- Gainza Villamarín, C. M. (2022). *Crecimiento y supervivencia de Plántulas de Chuquiraga jussieui en cuatro coberturas vegetales del Páramo Antisana*. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/25783>
- García, V. J., Márquez, C. O., Isenhardt, T. M., Rodríguez, M., Crespo, S. D., & Cifuentes, A. G. (2019). Evaluating the conservation state of the páramo ecosystem: An object-based image analysis and CART algorithm approach for central Ecuador. *Heliyon*, 5(10). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02701>
- Gareca, E., Martínez, Y., Bustamante, R., & Aguirre, L. (2007). *Regeneration patterns of Polylepis subtusalbida growing with the exotic trees Pinus radiata and Eucalyptus globulus at Parque Nacional Tunari, Bolivia*. Obtenido de *Plant Ecology*, 193 (3): 253–263 : <https://link.springer.com/article/10.1007/s11258-007-9263-3>
- Gann, G., MacDonald, T., Walter, B., Aronson, J., & Hallet, J. (2019). *Principios y Estándares internacionales para la práctica de la restauración ecológica*. Obtenido de *Estándares Internacionales de la restauración* : https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/Spanish_SER_International_St.pdf

- González, J., Pambi, V., & Uyaguari, E. (2017). *Estado actual de la restauración ecológica en la Región Sur del Ecuador*. Obtenido de Revista UNL, 16 (2): 1-15: <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/369/324>
- Giné, D. S., & Sánchez, R. G. (2015). El páramo andino: Características territoriales y estado ambiental. Aportes interdisciplinarios para su conocimiento1. *Estudios Geograficos*, 76(278), 369–393. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.201513>
- Grossnickle, S., & Ivetić, V. (2017). Direct Seeding in Reforestation – A Field Performance Review. *Reforesta*, 4, 94–142. <https://doi.org/10.21750/refor.4.07.46>
- Holl, K. D., & Aide, T. M. (2011). When and where to actively restore ecosystems? *Forest Ecology and Management*, 261(10), 1558–1563. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.07.004>
- Holl, K., Loik, M., Lin, E., & Samuels, I. (2000). Tropical montane forest restoration in Costa Rica: overcoming barriers to dispersal and establishment. *Restoration Ecology*, 8(4), 339–349. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1526-100x.2000.80049.x>
- Hofstede, R. (1997). La Importancia Hídrica del Páramo y Aspectos de su Manejo. *Conferencia Electrónica “Estrategias para la Conservación y Desarrollo Sostenible de Páramos y Punas en la Ecorregión Andina: Experiencias y Perspectivas”*.
- Hofstede, R., Coppus, R., Mena, P., & Pool, S. (2002). *El estado de conservación de los páramos de pajonal en el Ecuador*. Obtenido de Revista Sociedad Venezolana de Ecología, 15 (1): 3-18: https://www.researchgate.net/publication/260423686_El_estado_de_conservacion_de_los_paramos_de_pajonal_en_el_Ecuador
- Hofstede, R., Coppus, R., Mena, P., & Segarra, P. (2022). *The conservation status of tussock grass paramo in Ecuador*. Obtenido de Revista Ecotrópicos, 3(18):1-15: https://www.researchgate.net/publication/254770114_The_conservation_status_of_tussock_grass_paramo_in_Ecuador
- Izco, J., Pulgar, Í., Aguirre, Z., & Santin, F. (2007). Estudio florístico de los páramos de pajonal meridionales de Ecuador. *Revista Peruana de Biología*, 14(2), 237–246. <https://doi.org/10.15381/rpb.v14i2.1783>
- Jadán, O., Cedillo, H., Pillacela, P., Gualpa, D., & Gordillo, A. (2018). *Regeneración de árboles en ecosistemas naturales y plantaciones de Pinus patula (Pinaceae) dentro de un gradiente altitudinal andino (Azuay, Ecuador)*. Obtenido de Revista de Biología Tropical, 11 (1): 1-15: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/32940/36948>
- Jarrin, J., & Morán, D. (2017). *Análisis de continuidad de extensión de la mineralización alrededor del sistema de alta sulfuración Loma Larga*. Obtenido de Repositorio Universidad Central del Ecuador: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/10566>
- Katinas, L., Gutierrez, D. G., Grossi, M. a., & Crisci, J. (2007). Panorama de la familia Asteraceae (= Compositae) en la Introducción Breve historia taxonómica de la familia. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 42(1–2), 113–130.
- Llambí, L., Soto, A., Borja, P., Ochoa, B., Celleri, R., & Bievre, B. (2012). Páramos Andinos:

- Ecología, hidrología y suelos de páramos. En *Los suelos del Páramo*. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56477.pdf>
- Lal, R. (2006). *Encyclopedia of Soil Science*. Obtenido de https://www.academia.edu/10299483/Encyclopedia_of_Soil_Science_Second_Edition_English_Version
- León, R., Bonifaz, N., & Gutierrez, F. (2018). *Pastos y Forrajes en Ecuador*. Obtenido de Repositorio Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19019/4/PASTOS%20Y%20FORRAJES%20DEL%20ECUADOR%202021.pdf>
- Libro III del Régimen Forestal*. (2010). Obtenido de <http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/05/Libro-III.pdf>
- López, M., & Fagundez, M. (2014). *Seed Size as Key Factor in Germination*. Obtenido de *American Journal of Plant Sciences*, 5 (1): 2566-2573.: <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2014.517270>
- López, S. (2021). *Influencia del Gradiente Microclimático y Ecológico sobre la emergencia de Plántulas Nativas para la restauración del páramo Antisana, Pichincha, Ecuador*. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/25551>
- Lozano, P. (2002). *Los tipos de bosque en el sur del Ecuador*. Obtenido de *Revista UNAL*, 2 (3): 1-20: https://www.researchgate.net/profile/Pablo-Lozano-3/publication/233936622_Los_tipos_de_bosque_en_el_sur_del_Ecuador/links/09e4150d2590560376000000/Los-tipos-de-bosque-en-el-sur-del-Ecuador.pdf
- Lutyn, J. L. (1992). *Paramo: an andean ecosystem under human influence*. *London Academic Press*, 1-14.
- MacNair, J., Sunkara, A., & Frobisch, D. (2012). *How to analyze seed germination data using statistical time-to-event analysis*. Obtenido de *Seed Science Research* 22 (2): 77-95: doi:10.1017/S0960258511000547
- Mazón, M., Maita, J., & Aguirre, N. (2018). *Restauración del paisaje en Latinoamérica: Experiencias y perspectivas futuras*. Obtenido de Congreso ecuatoriano de restauración del paisaje: <https://condesan.org/wp-content/uploads/2018/10/Memorias-CERP-CAMBIOS-v2-1.pdf>
- Medina, B., & Sthepanie, L. (2021). *Influencia del Gradiente Microclimático y Ecológico sobre la emergencia de Plántulas Nativas para la restauración del páramo Antisana, Pichincha, Ecuador*. Obtenido de Repositorio Universidad Central del Ecuador: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/25551>
- Mena, P., & Hofstede, R. (2006). *Los páramos ecuatorianos*. Obtenido de *Revista Botánica Económica de los Andes Centrales*, 91 (109): 1-10: <https://xdoc.mx/documents/los-paramos-ecuatorianos-beisa-biodiversity-and-economically-600bafadb4884>
- Mena, P., Castillo, A., Flores, S., & Hofstede, R. (2011). *Páramo, paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado*. Obtenido de Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56334.pdf>

- Minga Ochoa, D. A., Ansaloni, R., Verdugo, A., & Ulloa Ulloa, C. (2016). *Flora del páramo del Cajas, Ecuador*. Cuenca: Universidad del Azuay. Imprenta Don Bosco- Centro Gráfico Salesiano.
- Minnesota DNR. (2006). Direct seeding of native hardwood trees: An innovative approach to hardwood regeneration. DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES. www.dnr.state.mn.us/treecare/maintenance/collectingseed.html.%0D
- Murillo , C., Calderón , M., & Pérez , L. (2018). *Evaluación de viabilidad de semillas de 17 especies tropicales*. Obtenido de Revista UNAL, 40 (2): 1-15: <http://www.scielo.org.co/pdf/cal/v40n2/0366-5232-cal-40-02-366.pdf>
- Obrocki, L., & Goerres, M. (2012). *Georeferenciación del Páramo de COCAC*. Obtenido de GIZ Tungurahua: <https://rrnn.tungurahua.gob.ec/documentos/ver/520da3abebd4240817000002>
- Pintado, K. (2016). *Influencia del microclima y labrado del suelo en la siembra directa de Oreocallis grandiflora en dos ecosistemas degradados del Sur del Ecuador*. 54.
- Pujos Toapanta, L. de las M. (2013). Diversidad Florística a diferente Altitud en el Ecosistema Páramo en tres comunidades de la Organización de Segundo Grado Unión de Organizaciones del Pueblo Chibuleo. En *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*.
- Sánchez , J., & Furrázola , E. (2018). *Ecotecnologías para la restauración ecológica: los tratamientos de semillas y micorrizas*. Obtenido de Libro: https://www.researchgate.net/publication/329874389_ECOTECNOLOGIAS_PARA_LA_RESTAURACION_ECOLOGICA_LOS_TRATAMIENTOS_DE_SEMILLAS_Y_LAS_MICORRIZAS
- Souza, M., & Takaki, M. (2019). *Germination constraints of dicarpic cypselae of Bidens pilosa L.* Obtenido de Braz. J. Biol. 79 (3): 1-15: <https://www.scielo.br/j/bjb/a/qXx3xkbXPycqZHRpzRxnw3j/?lang=en>
- Saritama, J., & Cueva, D. (2020). Tamaño de semillas y germinación de Pernettya prostrata (Ericaceae): una especie del páramo andino. *Caldasia*, 42(2), 326–329. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/77247>
- Schmidt, L. (2008). A review of direct sowing versus planting in tropical afforestation and land rehabilitation. En *Forest & Landscape Denmark*. <https://www.researchgate.net/publication/44420235>%0D
- Sklenář, P., Luteyn, JL, Ulloa Ulloa, C., Jørgensen, PM y Dillon, MO (2005). Flora genérica de los páramos: guía ilustrada de las plantas vasculares. Memoria. Bot de Nueva York. Gard. 92, 1–499.
- Smith, A. P. (1977). Establishment of seedlings of Polylepis sericea in the páramo (alpine) zone of the Venezuelan Andes. *Bartonia*, 45(45), 11–14.
- Sovu, Savadogo, P., Tigabu, M., & Odn, P. C. (2010). Restoration of former grazing lands in the highlands of Laos using direct seeding of four native tree species: Seedling establishment and growth performance. *Mountain Research and Development*, 30(3), 232–243. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-10-00031.1>
- Suárez Avellaneda, J. D. (2013). Evaluación en los cambios de afectación por Entorchamiento

- y Herbivoría en poblaciones de *Espeletia argentea* durante la temporada seca 2012-2013, en el Parque Nacional Natural Chingaza, Colombia. En *Pontificia Universidad Javeriana*. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/11908/SuarezAvellanedaJuanDavid2013.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Toro, A. (2022). *Germinación de la Chuquiragua Chuquiraga jussieui J. F. Gmel de los páramos del Antisana y sus implicaciones en la restauración ecológica*. Obtenido de Repositorio Universidad del Azuay : <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/11808/1/17335.pdf>
- Vargas , G., Jiménez , M., & Villasante , B. (1995). *Flora y vegetación altoandina de Tisco Caylloma (Arequipa)*. Obtenido de Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional San Agustín de Arequipa: <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/rza/article/view/736/718>
- Vargas, O. (2013). *Disturbios en los páramos andinos*. Obtenido de Revista Visión socioecosistémica de los páramos y la alta montaña colombiana, 2 (1): 39 - 57: https://www.researchgate.net/publication/260438569_Disturbios_en_los_paramos_andinos
- Veloso, A. C. R., Silva, P. S., Siqueira, W. K., Duarte, K. L. R., Gomes, I. L. V., Santos, H. T., & Fagundes, M. (2017). Intraspecific variation in seed size and light intensity affect seed germination and initial seedling growth of a tropical shrub. *Acta Botanica Brasilica*, 31(4), 736–741. <https://doi.org/10.1590/0102-33062017abb0032>
- Vis, M. (1986). Interception, drop size distributions and rainfall kinetic energy in four Colombian forest ecosystems. *Earth Surface Processes and Landforms* 11(6), 591-603.
- Wassner, D., & Ravetta, D. (2000). Vegetative propagation of *Grindelia chilensis* (Asteraceae). *Industrial Crops and Products*, 11(1), 7–10. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0926-6690\(99\)00028-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0926-6690(99)00028-X)
- Woods, K., & Elliott, S. (2004). Direct seeding for forest restoration on abandoned agricultural land in Northern Thailand. *Journal of Tropical Forest Science*, 16(2), 248–259.
- Zamora, O., Torres , J., Cardenas , C., & Vargas , O. (2013). *Reubicación de plantas de Espeletia grandiflora (Asteraceae) como estrategia para el enriquecimiento de áreas de páramo alteradas (PNN Chingaza, Colombia)*. Obtenido de Rev. biol. trop, 61(1): 1-15: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442013000100031
- Zhinin, H., & Aguirre, N. (2018). *Identificación de áreas prioritarias para la restauración ecológica y sitios de referencia en la Región Sur de Ecuador*. Obtenido de Centro de estudios y Desarrollo de la Amazonia: <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/573/536>