

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES



**Evaluación de sustratos para germinación de *Puya raimondii* mediante
siembra directa en vivero forestal BASFOR/ESFOR**

**Pasantía para obtener el título de
Técnico Superior Forestal**

Alvaro Alanoca Munachi

COCHABAMBA – BOLIVIA

2025

Resumen

Evaluación de sustratos para germinación de *Puya raimondii* mediante siembra directa en vivero forestal BASFOR/ESFOR.

El estudio evaluó el efecto de dos sustratos y dos ambientes en la germinación y desarrollo inicial de *Puya raimondii*, especie altoandina de importancia ecológica, caracterizada por su ciclo de vida prolongado, escasa regeneración natural y alta sensibilidad a las condiciones ambientales. El estudio se desarrolló en el vivero BASFOR/ESFOR de la Universidad Mayor de San Simón, utilizando siembra directa en bolsas plásticas y dos sustratos: mezcla BASFOR (lana, tierra vegetal y tierra negra en proporción 4:2:4) y tierra del lugar mezclada con vermiculita (80:20). Ambos sustratos fueron desinfectados y se dispusieron en un diseño experimental con cuatro repeticiones por tratamiento.

Los resultados mostraron que la germinación ocurrió únicamente en el vivero, mientras que en la cámara fría (5–8 °C) no. La germinación fue mayor en el sustrato Tierra del Lugar + Vermiculita, alcanzando los valores más altos gracias a su mayor porosidad, aireación y adecuada retención de humedad. Las temperaturas entre 18 y 25 °C, junto a exposición lumínica suficiente, fueron determinantes para activar la germinación, confirmando el carácter fotoblástico positivo de la especie.

En cuanto al crecimiento inicial, ambos sustratos presentaron incremento progresivo de altura y desarrollo foliar, aunque el sustrato BASFOR mostró mayor altura promedio en semanas avanzadas, posiblemente por mayor disponibilidad nutricional. El análisis integrado de sustrato, humedad y temperatura permitió establecer lineamientos técnicos para optimizar la propagación de *Puya raimondii* en vivero, contribuyendo a su conservación y al fortalecimiento de prácticas forestales para especies altoandinas.

Palabras clave: Germinación, Sustratos, *Puya raimondii*, Vivero forestal, Propagación

Abstract

Evaluation of substrates for the germination of *Puya raimondii* through direct sowing in the BASFOR/ESFOR forest nursery.

The present internship evaluated the effect of two substrates on the germination and early development of *Puya raimondii*, a high-Andean species of ecological importance, characterized by its long-life cycle, limited natural regeneration, and high sensitivity to environmental conditions. The study was conducted at the BASFOR/ESFOR forest nursery of the Universidad Mayor de San Simón, using direct sowing in plastic bags and two substrates: the BASFOR mix (lama, topsoil, and black soil in a 4:2:4 ratio) and local soil mixed with vermiculite (80:20). Both substrates were disinfected and arranged in an experimental design with four replications per treatment.

The results showed that germination occurred only in the nursery, while no emergence was recorded in the cold chamber (5–8 °C). Germination was higher in the Local Soil + Vermiculite substrate, reaching the highest values due to its greater porosity, aeration, and adequate moisture retention. Temperatures between 18 and 25 °C, along with sufficient light exposure, were crucial for activating germination, confirming the photoblastic positive behavior of the species.

Regarding early growth, both substrates showed progressive increases in height and leaf development, although the BASFOR substrate exhibited higher average height in later weeks, possibly due to greater nutrient availability. The integrated analysis of substrate, humidity, and temperature allowed the establishment of technical guidelines to optimize the propagation of *Puya raimondii* in nursery conditions, contributing to its preservation and strengthening forest management practices for high-Andean species.

Keywords: Germination, Substrates, *Puya raimondii*, Forest nursery, Propagation

I. INTRODUCCIÓN

La *Puya raimondii*, también conocida como *Puya de Raimondi* o “reina de los Andes”, es una especie endémica de la región altoandina que se caracteriza por su importancia ecológica y su singularidad dentro de los ecosistemas de montaña.

En este contexto, los viveros forestales representan una alternativa clave para la propagación y preservación de la especie, ya que permiten establecer condiciones controladas que facilitan el estudio de variables críticas para su germinación y desarrollo inicial. Entre estas variables, el tipo de sustrato constituye un factor fundamental, dado que influye directamente en la disponibilidad de nutrientes, retención de humedad, aireación y, en consecuencia, en la viabilidad y vigor de las plántulas.

El estudio generará información técnica que contribuya a optimizar los procesos de germinación y establecimiento temprano de esta especie en condiciones de vivero. De manera particular, se busca comparar el comportamiento de las semillas en diferentes sustratos, que permitan a partir de la siembra directa contar con plántulas para su establecimiento en terreno y determinar las condiciones de humedad y temperatura que favorecen el éxito del proceso.

1.1. Objetivos

1.1.1. *Objetivo general*

- Evaluar el efecto de distintos sustratos en la germinación y desarrollo inicial de *Puya raimondii* mediante siembra directa en condiciones controladas del vivero forestal BASFOR/ESFOR, con miras a su establecimiento en campo definitivo.

1.1.2. *Objetivos específicos*

- Comparar la tasa de germinación de semillas de *Puya raimondii* en dos tipos de sustratos seleccionados.
- Analizar el crecimiento inicial de las plántulas en cada sustrato para determinar su influencia en el desarrollo temprano.
- Analizar las condiciones de humedad y temperatura que favorecen la germinación de *Puya raimondii* en el vivero.

Índice de contenido

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. <i>Objetivos</i>	2
1.1.1. <i>Objetivo general.....</i>	2
1.1.2. <i>Objetivos específicos.....</i>	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. <i>Taxonomía.....</i>	3
2.2. <i>Descripción botánica.....</i>	3
2.3. <i>Habitat</i>	3
2.4. <i>Morfología</i>	4
2.5. <i>Ciclo vegetativo</i>	4
2.6. <i>Amenazas al habitat.....</i>	5
2.7. <i>Viabilidad y características de la semilla.....</i>	5
2.8. <i>Factores de luz y temperatura en la germinación</i>	6
2.9. <i>Sustratos para plantas</i>	7
2.10. <i>Germinación de Puya raimondii.....</i>	8
III. MATERIALES Y MÉTODOS	10
3.1. <i>Ubicación</i>	10
3.2. <i>Materiales y equipos</i>	11
3.3. <i>Metodología</i>	11
3.3.1. <i>Caracterización de los sustratos seleccionados.....</i>	11
3.3.2. <i>Preparación de sustratos</i>	11
3.3.3. <i>Preparación de bolsas de siembra</i>	12
3.3.4. <i>Diseño experimental y metodología de siembra directa.....</i>	12
3.3.5. <i>Comparación de la tasa de germinación en distintos sustratos.....</i>	13
3.3.6. <i>Evaluación del crecimiento inicial de las plántulas</i>	13
3.3.7. <i>Influencia de la humedad y temperatura en la germinación</i>	14
3.3.8. <i>Registro fotográfico y seguimiento fenológico.....</i>	14
3.3.9. <i>Uso del programa fiji para la medición precisa de altura</i>	15
3.3.10. <i>Evaluación de viabilidad de semillas dentro cámara fría</i>	16
3.3.11. <i>Caracterización de sustratos.....</i>	16

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
4.1. <i>Caracterización de sustratos.....</i>	<i>18</i>
4.2. <i>Germinación en distintos sustratos.....</i>	<i>19</i>
4.2. <i>Crecimiento inicial de plántulas</i>	<i>22</i>
4.3. <i>Influencia de temperatura y humedad.....</i>	<i>24</i>
4.4. <i>Evaluación de viabilidad de semillas dentro cámara fría</i>	<i>27</i>
4.5. <i>Elaboración de carpeta digital</i>	<i>28</i>
V. CONCLUSIONES	30
VI. RECOMENDACIONES	32
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34
VIII. ANEXOS.....	35

Índice de tablas

Tabla 1.	Propiedades físicas de los sustratos.....	18
Tabla 2.	Evaluación comparativa de sustrato en la germinación	20
Tabla 3.	Germinación en sustrato BASFOR y en tierra del lugar + vermiculita	20
Tabla 4.	Altura promedio de plántulas según sustrato.....	24

Índice de figuras

Figura 1.	Ubicación del ensayo y mapa política	10
Figura 2.	Medición de longitud de hoja con programa Fiji	15
Figura 3.	Evaluación de la viabilidad de semillas dentro de cámara fría.....	16
Figura 4.	Germinación de <i>Puya raimondii</i> en sustrato BASFOR y en tierra del lugar + vermiculita.....	22
Figura 5.	Diferencias de tamaño entre plántulas germinadas según sustrato BASFOR y tierra del lugar + vermiculita.....	23
Figura 6.	Alturas evaluada en cada repetición y su error estándar según sustratos	23
Figura 7.	Germinación de plántulas de <i>Puya raimondii</i> respecto a la humedad en el sustrato BASFOR y Tierra del lugar + Vermiculita.....	26
Figura 8.	Germinación de plántulas de <i>Puya raimondii</i> respecto a la temperatura en el sustrato BASFOR y tierra del lugar + vermiculita.....	27
Figura 9.	Evaluación de la viabilidad de semillas dentro de cámara fría.....	28
Figura 10.	Carpeta digital del estudio de germinación en el sustrato BASFOR y tierra del lugar + vermiculita.....	29