



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA INGENIERÍA FORESTAL

**“EVALUACIÓN DE TRES TIPOS DE SUSTRATOS Y TRES
TRATAMIENTOS PRE-GERMINATIVOS PARA LA
PROPAGACIÓN SEXUAL DE *Erythrina* sp. (Porotón)”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO FORESTAL

AUTOR:

ISMAEL ALEJANDRO FIALLOS PROAÑO

Riobamba – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA INGENIERÍA FORESTAL

**“EVALUACIÓN DE TRES TIPOS DE SUSTRATOS Y TRES
TRATAMIENTOS PRE-GERMINATIVOS PARA LA
PROPAGACIÓN SEXUAL DE *Erythrina* sp. (Porotón)”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO FORESTAL

AUTOR: ISMAEL ALEJANDRO FIALLOS PROAÑO

DIRECTOR: Ing. MIGUEL ÁNGEL GUALLPA CALVA

Riobamba – Ecuador

2022

©2022, Ismael Alejandro Fiallos Proaño

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Ismael Alejandro Fiallos Proaño, declaro que el presente trabajo de integración curricular es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 27 de enero de 2022.



Ismael Alejandro Fiallos Proaño

180460463-3

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA INGENIERÍA FORESTAL

El tribunal de Trabajo de Integración Curricular certifica que: el Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto de Investigación, **EVALUACIÓN DE TRES TIPOS DE SUSTRATOS Y TRES TRATAMIENTOS PRE-GERMINATIVOS PARA LA PROPAGACIÓN SEXUAL DE *Erythrina sp.* (Porotón)**, realizado por el señor: **ISMAEL ALEJANDRO FIALLOS PROAÑO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Eduardo Patricio Salazar Castañeda PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: EDUARDO PATRICIO SALAZAR CASTANEDA _____	2022/01/27
Ing. Miguel Ángel Guallpa Calva DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 Firmado electrónicamente por: MIGUEL ANGEL GUALPA CALVA _____	2022/01/27
Ing. Norma Ximena Lara Vásquez MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: NORMA XIMENA LARA VASCONEZ _____	2022/01/27

DEDICATORIA

Le dedico este trabajo a mi hija Danna Anahí Fiallos Castro, ya que ha sido mi motivo principal de superación, y me ha permitido ser una mejor persona cada día, quiero demostrarle que con buena actitud, fuerza y empeño puede lograr todas sus metas y sueños, que nunca olvide que tiene un padre que la ama y la tiene presente en cada instante de su vida. También es un orgullo dedicar este honor a mis padres Nelson Ramiro Fiallos Escobar y Luz Amelia Proaño Ortiz, ya que sin su apoyo y esfuerzo no hubiese sido posible lograrlo, con su ejemplo y consejos, me han permitido ser todo lo bueno que soy ahora, quiero que este sea un logro más de muchos que vienen, ya que, con su excelencia y buenos valores, se merecen toda la felicidad del mundo posible.

Ismael

AGRADECIMIENTO

Agradezco de manera especial a mis padres, Nelson Ramiro Fiallos Escobar y Luz Amelia Proaño Ortiz, por regalarme la vida y brindarme su apoyo y amor incondicional en cada momento. A mis hermanos mayores Ricardo Ramiro Fiallos Proaño y Leonardo David Fiallos Proaño por permitirme contar siempre con su ayuda, confiar en mí y motivarme a esforzarme cada día. También agradezco a mis maestros y maestras por compartir sus conocimientos y prepararnos para nuestra vida profesional. Y cómo no agradecer a mis amigos y amigas, por su cooperación desinteresada y compañía en buenos y malos momentos.

Ismael

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	4
1.1. Marco Conceptual.....	4
1.1.1. Descripción de la Familia Leguminosae.....	4
1.1.2. Género Erythrina.....	5
1.1.2.1. Distribución del Género Erythrina.....	5
1.1.2.2. Producción Científica del Género.....	6
1.1.2.3. Farmacología.....	6
1.1.2.4. Agricultura.....	6
1.1.2.5. Alimentación.....	7
1.1.2.6. Propagación y requerimientos.....	7
1.1.3. Sustratos.....	7
1.1.3.1. Aserrín.....	7
1.1.3.2. Humus.....	7
1.1.3.3. Compostaje.....	8
1.1.4. Tratamientos pre-germinativos.....	8
1.1.5. Manejo de plantas en vivero.....	9
1.1.5.1. Riego.....	9
1.1.5.2. Control de malezas.....	9
1.1.5.3. Germinación.....	9
1.1.6. Fases de la Germinación.....	10
1.1.6.1. Imbibición.....	10
1.1.6.2. Germinación “sensu stricto”.....	10
1.1.6.3. Fase de crecimiento.....	10
1.1.6.4. Movilización de Reservas.....	10

1.1.6.5.	<i>Movilización de glúcidos</i>	11
1.1.6.6.	<i>Movilización de proteínas</i>	11
1.1.6.7.	<i>Movilización de lípidos</i>	11
1.1.7.	<i>Requerimientos para la germinación</i>	11
1.1.7.1.	<i>Agua</i>	11
1.1.7.2.	<i>Oxígeno</i>	12
1.1.7.3.	<i>Temperatura</i>	12
1.1.7.4.	<i>Iluminación</i>	12
1.1.8.	<i>Factores Hormonales que intervienen en la germinación</i>	12
1.1.9.	<i>Dormición</i>	13
1.1.10.	<i>Desarrollo de la plántula</i>	13
1.1.11.	<i>Longevidad, Viabilidad y Vigor de Semillas</i>	14
1.1.12.	<i>Género Erythrina como fijador de nitrógeno</i>	14

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	15
2.1.	Caracterización del lugar	15
2.1.1.	<i>Localización de estudio</i>	15
2.1.2.	<i>Ubicación geográfica</i>	16
2.1.3.	<i>Características climáticas</i>	16
2.1.4.	<i>Zona de vida</i>	16
2.2.	Materiales y equipos	16
2.2.1.	<i>Materiales de oficina</i>	16
2.2.2.	<i>Materiales y equipos de campo</i>	16
2.2.3.	<i>Insumos</i>	16
2.3.	Metodología	17
2.3.1.	<i>Diseño experimental</i>	17
2.3.1.1.	<i>Factores en estudio</i>	17
2.3.2.	<i>Tratamientos en estudio</i>	17
2.3.3.	<i>Distribución de tratamientos por bloque en fase de vivero</i>	18
2.3.4.	<i>Esquema de Análisis de Varianza</i>	19
2.3.5.	<i>Especificaciones de campo experimental</i>	19
2.3.6.	<i>Análisis funcional</i>	19
2.3.7.	<i>Variables evaluadas</i>	19
2.3.8.	<i>Manejo de las unidades experimentales</i>	20
2.3.8.1.	<i>Construcción del vivero forestal</i>	20

2.3.8.2.	<i>Adquisición de semillas</i>	20
2.3.8.3.	<i>Enfundado de los distintos sustratos</i>	20
2.3.8.4.	<i>Preparación de los tratamientos pre-germinativos</i>	20
2.3.8.5.	<i>Siembra</i>	21
2.3.8.6.	<i>Riego</i>	21
2.3.8.7.	<i>Control de malezas</i>	21
2.3.9.	<i>Variables evaluadas</i>	21
2.3.9.1.	<i>Tiempo de emergencia de la semilla</i>	21
2.3.9.2.	<i>Porcentaje de germinación</i>	21
2.3.9.3.	<i>Porcentaje de supervivencia</i>	21
2.3.9.4.	<i>Altura de las plántulas a los 60, 80, 100 y 135 días</i>	21
2.3.9.5.	<i>Número de hojas verdaderas de cada plántula a los 60, 80, 100 y 135 días</i>	22
2.3.10.	<i>Análisis económico de los tratamientos en estudio</i>	22

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
3.1.	Resultados de las variables de evaluación	23
3.1.1.	<i>Tiempo de emergencia de la semilla</i>	23
3.1.1.1.	<i>Número de plántulas emergidas por tratamiento a los 5, 10, 20 y 30 días</i>	23
3.1.2.	<i>Análisis de varianza para el porcentaje de germinación a los 30 días después de la siembra</i>	23
3.1.2.1.	<i>Prueba de Tukey para el porcentaje de germinación a los 30 días</i>	24
3.1.3.	<i>Análisis de varianza para el porcentaje de supervivencia a los 135 días después de la siembra</i>	25
3.1.3.1.	<i>Prueba de Tukey para el porcentaje de supervivencia a los 135 días después de la siembra</i>	25
3.1.4.	<i>Análisis de varianza para el promedio de altura a los 60 días</i>	26
3.1.4.1.	<i>Prueba de Tukey para el promedio de altura a los 60 días</i>	27
3.1.5.	<i>Análisis de varianza para el número de hojas a los 60 días</i>	28
3.1.5.1.	<i>Prueba de Tukey para el número de hojas a los 60 días</i>	28
3.1.6.	<i>Análisis de varianza para el promedio de altura a los 80 días</i>	28
3.1.6.1.	<i>Prueba de Tukey para el promedio de altura a los 80 días</i>	29
3.1.7.	<i>Análisis de varianza para el número de hojas a los 80 días</i>	30
3.1.7.1.	<i>Prueba de Tukey para el número de hojas a los 80 días</i>	30
3.1.8.	<i>Análisis de varianza para el promedio de altura a los 100 días</i>	31
3.1.8.1.	<i>Prueba de Tukey para el promedio de altura a los 100 días</i>	31

3.1.9.	<i>Análisis de varianza para el número de hojas a los 100 días</i>	32
3.1.9.1.	<i>Prueba de Tukey para el número de hojas a los 100 días</i>	32
3.1.10.	<i>Análisis de varianza para el promedio de altura a los 135 días</i>	33
3.1.10.1.	<i>Prueba de Tukey para el promedio de altura a los 135 días</i>	33
3.1.11.	<i>Análisis de varianza para el número de hojas a los 135 días</i>	34
3.1.11.1.	<i>Prueba de Tukey para el número de hojas a los 135 días</i>	34
3.2.	Análisis de los resultados obtenidos con los análisis de varianza	34
3.2.1.	<i>Porcentajes de germinación y supervivencia</i>	34
3.2.2.	<i>Crecimiento en altura y número de hojas</i>	35
3.3.	Análisis económico parcial	36
3.3.1.	<i>Análisis de costos por tratamiento</i>	36
3.3.1.1.	<i>Rendimiento y beneficio neto de los tratamientos</i>	36
3.3.1.2.	<i>Análisis de dominancia</i>	38
3.3.1.3.	<i>Tasa de retorno marginal</i>	38
3.4.	Discusión de resultados	39
CONCLUSIONES		41
RECOMENDACIONES		42
GLOSARIO		
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Beneficios a la salud de algunos compuestos bioactivos presentes en grano de leguminosas.....	5
Tabla 2-1:	Taxonomía del género Erythrina.....	5
Tabla 1-2:	Especificaciones del Factor A / Sustrato.....	17
Tabla 2-2:	Especificaciones del Factor B / Tratamientos pre-germinativos.....	17
Tabla 3-2:	Tratamientos para esta investigación	17
Tabla 4-2:	Esquema de tratamiento por bloque.....	18
Tabla 5-2:	Esquema de análisis de varianza de acuerdo al diseño experimental	19
Tabla 6-2:	VARIABLES evaluadas en esta investigación	20
Tabla 1-3:	Análisis de la Varianza para el porcentaje de germinación, a los 30 días.....	24
Tabla 2-3:	Prueba de Tukey al 5 %, porcentaje de germinación según tratamientos pre-germinativos, a los 30 días.....	24
Tabla 3-3:	Prueba de Tukey al 5 % porcentaje de germinación, a los 30 días	25
Tabla 4-3:	Análisis de la Varianza para el porcentaje de supervivencia a los 135 días	25
Tabla 5-3:	Prueba de Tukey al 5 %, porcentaje de supervivencia según tratamientos pre-germinativos, a los 135 días.....	26
Tabla 6-3:	Prueba de Tukey al 5 % porcentaje de supervivencia, a los 135 días	26
Tabla 7-3:	Análisis de la Varianza para el promedio de altura a los 60 días.....	27
Tabla 8-3:	Prueba de Tukey al 5 % de sustratos a los 60 días.....	27
Tabla 9-3:	Prueba De Tukey al 5 % de tratamientos pre-germinativos a los 60 días.....	27
Tabla 10-3:	Análisis de la Varianza para el número de hojas a los 60 días	28
Tabla 11-3:	Prueba de Tukey al 5 % de tratamientos pre-germinativos número de hojas a los 60 días.....	28
Tabla 12-3:	Análisis de la Varianza para el promedio de altura a los 80 días.....	29
Tabla 13-3:	Prueba de Tukey al 5 % de sustratos altura a los 80 días.....	29
Tabla 14-3:	Prueba de Tukey al 5 % de tratamientos pre-germinativos altura a los 80 días....	29
Tabla 15-3:	Análisis de la Varianza para el número de hojas a los 80 días	30
Tabla 16-3:	Prueba de Tukey al 5 % de sustratos número de hojas a los 80 días	30
Tabla 17-3:	Prueba de Tukey al 5 % tratamientos pre-germinativos número de hojas a los 80 días.....	31
Tabla 18-3:	Análisis de la Varianza para el promedio de altura a los 100 días.....	31
Tabla 19-3:	Prueba de Tukey al 5 % de sustratos altura a los 100 días.....	31
Tabla 20-3:	Prueba de Tukey al 5 % de tratamientos pre-germinativos altura a los 100 días..	32
Tabla 21-3:	Análisis de la Varianza para el número de hojas a los 100 días	32

Tabla 22-3:	Prueba de Tukey al 5 % de sustratos número de hojas a los 100 días	33
Tabla 23-3:	Análisis de la Varianza para el promedio de altura a los 135 días.....	33
Tabla 24-3:	Prueba de Tukey al 5 % de sustratos altura a los 135 días.....	33
Tabla 25-3:	Análisis de la Varianza para el número de hojas a los 135 días	34
Tabla 26-3:	Prueba de Tukey al 5 % de sustratos número de hojas a los 135 días	34
Tabla 27-3:	Resumen de resultados de crecimiento, sustratos y tratamientos pre-germinativos.....	36
Tabla 28-3:	Costos que varían por tratamiento	36
Tabla 29-3:	Rendimiento y beneficio bruto de los tratamientos	37
Tabla 30-3:	Beneficio neto por tratamiento.....	37
Tabla 31-3:	Tratamientos dominados y no dominados	38
Tabla 32-3:	Cálculo de la tasa de retorno marginal.....	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Ubicación del área del estudio	15
---	----

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: Número de plántulas emergidas en los 6 mejores tratamientos	23
Gráfico 2-3: Porcentaje de germinación y supervivencia, tratamiento pre-germinativo, 30 y 135 días	35
Gráfico 3-3: Porcentaje de germinación y supervivencia, sustrato*tratamiento pre-germinativo, 30 y 135 días	35

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: CANTIDAD DE SACOS NECESARIOS, PARA LA CONFORMACIÓN DE SUSTRATOS

ANEXO B: COSTO DE INSUMOS

ANEXO C: TRATAMIENTOS PRE-GERMINATIVOS

ANEXO D: CONSTRUCCIÓN DEL VIVERO TEMPORAL

ANEXO E: MEZCLA DE SUSTRATOS Y ENFUNDADO

ANEXO F: EMERGENCIA DE PLÁNTULAS

ANEXO G: DISTRIBUCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS EN CAMPO

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar tres tipos de sustratos y tres tratamientos pre-germinativos para la propagación sexual de Porotón (*Erythrina* sp.); se determinó el porcentaje de germinación, crecimiento en altura y número de hojas, también el presupuesto parcial para cada tratamiento. Se utilizó un tipo de diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA), con arreglo bifactorial combinado, tres tipos de sustratos y cuatro diferentes tratamientos pre-germinativos. Los tres sustratos fueron: A1: 50 % humus, 40 % tierra negra, 10 % cascarilla de arroz, A2: 50 % compost, 40 % tierra negra, 10 % cascarilla de arroz y A3: 40 % aserrín, 50 % tierra negra, 10 % cascarilla de arroz; junto con tres tratamientos pre-germinativos, B1: Inmersión de la semilla en agua durante 24 horas, B2: Limado de punta de la semilla, B3: Inmersión de la semilla en agua caliente durante 3 segundos, y como testigo B4; se los separó en 12 tratamientos con tres repeticiones en donde: se contó las plántulas emergidas, midió la altura y contaron las hojas a los 60, 80, 100 y 135 días; también se realizó un análisis económico de presupuesto parcial. El mayor porcentaje de germinación se consiguió mediante el limado de punta de la semilla, con 100% en cada sustrato; las plantas mostraron mejor desarrollo en el sustrato compuesto por 50 % humus, 40 % tierra negra y 10 % cascarilla de arroz, junto al limado de semilla; se concluye que el tratamiento T6 es económicamente rentable, con una tasa de retorno marginal del 201,93 %. El uso de tratamientos pre-germinativos y sustratos mejoran la germinación y crecimiento de *Erythrina* sp., por lo que se recomienda usar semillas frescas para una mejor germinación.

Palabras claves: <SILVICULTURA>, <PROPAGACIÓN SEXUAL>, <GERMINACIÓN>, <TRATAMIENTOS PRE-GERMINATIVOS>, <TASA DE RETORNO MARGINAL>, <POROTÓN (*Erythrina* sp.)>.



0389-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate three types of substrates and three pregerminative treatments for the sexual propagation of Poroton (*Erythrina* sp.); the percentage of germination, height growth and number of leaves were determined, as well as the partial budget for each treatment. A randomized complete block experimental design (RCBD) was used, with a combined bifactorial arrangement, three types of substrates and four different pregerminative treatments. The three substrates were: A1: 50 % humus, 40 % black soil, 10 % rice husk, A2: 50 % compost, 40 % black soil, 10 % rice husk and A3: 40 % sawdust, 50 % black soil, 10 % rice husk; together with three pre-germinative treatments, B1: Immersion of the seed in water for 24 hours, B2: Filing of the seed tip, B3: Immersion of the seed in hot water for 3 seconds, and as a control B4; they were separated into 12 treatments with three replications where: the emerged seedlings were counted, the height was measured and the leaves were counted at 60, 80, 100 and 135 days; an economic analysis of partial budget was also carried out. The highest germination percentage was achieved by seed tip filing, with 100% in each substrate; the plants showed better development in the substrate composed of 50% humus, 40% black soil and 10% rice husk, together with seed filing. It is concluded that the T6 treatment is economically profitable, with a marginal rate of return of 201.93%. The use of pregerminative treatments and substrates improve germination and growth of *Erythrina* sp. Therefore, it is recommended to use fresh seeds for better germination.

Key words: <SILVICULTURE>, <SEXUAL PROPAGATION>, <GERMINATION>, <PRE-GERMINATIVE TREATMENTS>, <MARGINAL RETURN RATE>, <POROTON (*Erythrina* sp.)>.



INTRODUCCIÓN

El género *Erythrina* es una alternativa agroforestal, debido a su fácil adaptabilidad y amplia gama de beneficios que este nos puede ofrecer, como cerca viva, sombra para cultivos, forraje para el ganado y por ser un gran fijador de nitrógeno. Existen alrededor de 100 especies dentro de este género, pero se han usado de manera similar, ya que tienen una alta capacidad de rebrote, estos árboles se pueden podar dos veces al año, en donde las ramas y hojas proveniente de podas nos permiten fertilizar el suelo, evitar la propagación de malezas y disminuye la evaporación, lo que genera un balance hídrico, por lo que ha sido muy utilizado en la producción de café y cacao, también es un gran potenciador de follaje ya que en pasturas que se encuentran junto a estos árboles, poseen un mayor porcentaje de proteína, su madera es aprovechada en artesanías, utensilios y leña, principalmente este género es apetecido mundialmente por la presencia de sustancias activas en sus estructuras como (alcaloides, fenoles y lectinas, etc.) (Oficina Nacional Forestal, 2013. pp. 15-21).

Este género presenta una amplia distribución en América del sur, en las diferentes zonas de vida, por lo que continuar las investigaciones en cuanto a la distribución y reproducción apropiada de la misma, supone una alternativa forestal muy prometedora dentro de nuestro país.

Erythrina edulis, es una especie muy valiosa, que se encuentra dentro de este género, y puede ayudar en gran medida a la soberanía alimentaria nacional ya que posee semillas comestibles muy nutritivas, teniendo un 33 % de almidón, 25 % de proteína en 100 gramos de semillas frescas. Lastimosamente su uso se remonta a tiempos ancestrales y actualmente se encuentra en peligro de extinción (Cárdenas, 2012. p. 97).

A nivel local este género es usado en sistemas agroforestales y silvopastoriles, como cerca viva. Esto nos permite ampliar nuestro conocimiento, en cuanto a la propagación sexual y capacidad de adaptabilidad de la misma.

Identificación del problema

En nuestro país las especies del género *Erythrina*, como *E. megistophylla*, *E. polychaeta*, *E. schimppfii* y *E. smithiana* que se encuentran dentro del Libro Rojo de las plantas endémicas del Ecuador, se han visto desplazadas de los bosques primarios convirtiéndose en especies utilizadas principalmente para la creación de cercas vivas, reduciéndose así sus poblaciones naturales, lo

que podría desembocar en un desequilibrio ecológico dentro de los bosques en los que solían habitar (León et al., 2011. pp. 329-330).

Probablemente su explotación, junto con la de otras especies dentro de bosques naturales, para el aprovechamiento de su madera como leña y carbón haya sido la principal causa de la desaparición de esta especie dentro de los bosques primarios; si a esto le sumamos el desconocimiento de los aportes que tienen las plantas del género *Erythrina*, como fijadores de nitrógeno, usando sus hojas como forraje para ganado, sus semillas y flores como alimento humano, como árboles ornamentales, entre otros; podemos evidenciar la problemática que tiene esta especie dentro del país, siendo vista solo como una especie que no genera beneficios directos al productor (Fernández, 2010. pp. 51-52).

Justificación de la investigación

Al ampliar nuestro conocimiento en cuanto a la propagación sexual de *Erythrina* sp. utilizando tratamientos pre-germinativos y sustratos que eleven el porcentaje de germinación, se espera obtener una mayor cantidad de plantas de buena calidad para satisfacer la demanda de proyectos de reforestación o establecimiento de sistemas agroforestales, que a largo plazo se pueda optimizar sus beneficios ambientales de la especie en estudio, aprovechando también los posibles beneficios económicos que se puedan ofrecer a los productores.

Objetivos de la investigación

Objetivo General

Evaluar tres tipos de sustratos y tres tratamientos pre-germinativos para la propagación sexual de “Porotón” (*Erythrina* sp.).

Objetivos Específicos

- Determinar el porcentaje de germinación.
- Realizar un análisis económico de los tratamientos en estudio con el método de presupuesto parcial.

Hipótesis

Hipótesis nula

Ninguno de los sustratos y tratamientos pre-germinativos tiene efectos positivos en la propagación “Porotón” (*Erythrina* sp.).

Hipótesis alterna

Por lo menos uno de los sustratos y tratamientos pre-germinativos tiene efectos positivos en la propagación del “Porotón” (*Erythrina* sp.).

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Marco Conceptual

1.1.1. Descripción de la Familia Leguminosae

Esta Familia es muy importante, ya que a nivel mundial es la tercera más diversa, y la segunda económicamente más activa debido a sus principales fuentes de alimento, madera, miel, resina, forraje y compuestos químicos. También es muy importante ecológicamente, ya que fija nitrógeno atmosférico al suelo, se caracteriza por presentar un fruto en legumbre, dehiscente seco producto de un ovario simple (Velásquez et al, 2019. p. 13).

Según Lewys, Schrire, Mackinder, y Lock, para el año 2005 las leguminosas contaban con un aproximado de 727 géneros y 19500 especies distribuidas, en tres subfamilias (Faboideae, Caesalpinioideae, y Mimosoideae) sin embargo para el año 2017 estas cifras incrementaron a 946 géneros y 24505 especies distribuidas en seis subfamilias (Papilionoideae, Cercidoideae, Caesalpinioideae, Deterioideae, Duparquetioideae, Dialioideae) de acuerdo con los estudios filogenéticos realizados por Phylogeny and classification of the Leguminosae (LPWG, 2017; citado en Velásquez et al, 2019. p. 13).

Desde la antigüedad, estas plantas han estado presentes en las canastas familiares, especialmente las que se encuentran en la subfamilia Papilinoideae, por el aporte nutricional y proteico que ofrecen sus frutos, también son de fácil acceso, bajo valor económico y resistente a climas adversos, características que reflejan su importancia en la soberanía alimentaria mundial (Gómez, 2012; FAO, 2016; FAO, 2017; citados en Velásquez et al, 2019. p. 14).

El consumo de leguminosas nos trae muchos beneficios, ya que estas presentan sustancias como fibra, componentes proteicos, isoflavonas, y algunos polifenoles, que ayudan al desarrollo adecuado de nuestro organismo, como también a prevenir y combatir enfermedades, como se muestra en la Tabla 1-1 (Velásquez et al, 2019. p. 16).

Tabla 1-1: Beneficios a la salud de algunos compuestos bioactivos presentes en grano de leguminosas

Tipo de compuesto	Efecto benéfico reportado
Inhibidores de proteasa y amilasa	Posible anticancerígeno y rol terapéutico en la diabetes tipo 2.
Saponinas	Pueden ayudar a reducir el colesterol, efecto anticancerígeno, inhibición de la agregación plaquetaria.
Fitatos	Actividad antioxidante mediante la reducción de la oxidación del hierro.
Compuestos fenólicos (Flavonoides, Isoflavonoides, Taninos condensados, Antiocianinas, Lignanos, Ácidos Fenólicos)	Reducen el riesgo de enfermedades cardiovasculares, reducen el riesgo de cáncer de dependencia hormonal, antioxidantes, reducen el factor de riesgo de menopausia, actividad antiinflamatoria y actividad anticancerígena.
Lectinas	Rol en el tratamiento de la obesidad, reduce el crecimiento de tumores.
Fitoesteroles	Reducen los niveles y absorción del colesterol, incremento en la excreción de ácidos biliares, efecto antioxidante.
Almidón, Oligosacáridos	Mejoran el perfil lípido sanguíneo.

Fuente: Velásquez et al, 2019

1.1.2. Género *Erythrina*

Tabla 2-1: Taxonomía del género *Erythrina*

Phylum	Tracheophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Leguminosae
Género	<i>Erythrina</i>

Fuente: Neill, 1993; citado en Velásquez et al, 2019

1.1.2.1. Distribución del Género *Erythrina*

Este género presenta una amplia variedad de hábitats desde desiertos subtropicales muy áridos, bosques tropicales lluviosos, hasta bosques montanos superiores a 3000 m s.n.m. Distribuidos con alrededor de 70 especies en América, 31 en África, y 12 especies en Asia y Oceanía (Neill, 1993; Granados, Ruiz y Forero, 2005; citados en Velásquez et al, 2019. p. 17).

La amplia distribución de este género a nivel mundial ha permitido su diferente uso en las diferentes culturas antiguas como: medicina, artesanía, alimento, construcción, forraje, tinte y colorante. Sus hojas y corteza son las más empleadas como medicina (Ariza et al., 2010; citado en Velásquez et al, 2019. p. 20).

Algunas semillas presentes en este género son usadas para la elaboración de artesanías, también como alimentación para humanos y animales, lo que genera una mayor rentabilidad en el sector pecuario y la soberanía alimentaria. La inclusión de este género en sistemas agroforestales y silvopastoriles se muestra muy acentuada, al tener la capacidad de fijar nitrógeno con la asociación de microorganismos es un género muy apetecido en estos sectores, también es una planta ornamental al presentar flores vistosas, atraen a un sin número de insectos y aves. También algunas especies son de interés comercial, pudiendo aprovechar su madera para la construcción de casas, muebles y combustible. Todos estos usos han despertado un interés en la comunidad científica, que busca aumentar el conocimiento sobre estas plantas, sus principios activos y mecanismos de acción, en pro de la mejora de calidad de vida en los diferentes sectores (Velásquez et al, 2019. p. 23).

1.1.2.2. Producción Científica del Género

Empieza en el año de 1901, por Wagner en su publicación en donde se detalla la descripción botánica de algunas especies del género, a partir de la década de los 40, las investigaciones se centran en la caracterización química y biológica, en toda la gama de metabolitos secundarios presentes en la planta. Las principales áreas de investigación han sido la agricultura y la bioquímica, sin embargo en los últimos 10 años los estudios realizados con la farmacología han empezado a incrementarse (Wagner, 1901; Folkers y Koniuszy, 1940; citados en Velásquez et al, 2019. p. 24).

1.1.2.3. Farmacología

Se ha comprobado la presencia de componentes, que tienen un gran potencial como antioxidante, anticancerígena, antimalárica, y antibacteriana, lo que ha llamado la atención a entidades como la Organización Mundial de la Salud (OMS) (OMS, 2013; citado en Velásquez et al, 2019. p. 25).

1.1.2.4. Agricultura

Se han evaluado diversos principios activos para el control biológico de plagas, dando interés en el ámbito agroforestal y silvopastoril, como también por la fijación de nitrógeno que se puede obtener tras el cultivo de este género (Velásquez et al, 2019. p. 26).

1.1.2.5. Alimentación

Según la FAO, algunas especies dentro de este género se encuentran en estado promisorio para la seguridad alimentaria, debido al aporte de proteína, minerales, carbohidratos y fibra, que ofrece un gran suplemento alimenticio para personas y animales (Velásquez et al, 2019. p. 27).

1.1.2.6. Propagación y requerimientos

Este género posee un alto porcentaje de germinación en semillas y prendimiento en estacas, aunque es recomendable sumergir las semillas en un periodo de 24 o 48 horas bajo el agua, como tratamiento pre-germinativo (Pérez, 2019. p. 2).

La vía de propagación más recomendada es por semilla, ya que las estacas son poco resistentes. Los envases deben perforarse para asegurar un buen drenaje y un adecuado desarrollo radicular. Se deben colocar tres semillas por envase para garantizar la siembra y las plántulas deben trasplantarse en campo, cuando tengan entre 60 y 80 cm de altura (Toral y Wencomo, 1999. p. 92).

1.1.3. Sustratos

Es todo material distinto del suelo, natural o sintético, mineral u orgánico que, colocado en un contenedor, en forma pura o mezclada permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando por tanto un soporte para el desarrollo adecuado de la planta, ya sea por semilla o estacas (Pastor, 1999. p. 232).

1.1.3.1. Aserrín

Es el residuo resultante del proceso de aserrado de la madera, el cual se caracteriza por tener consistencia fuerte y densidad anhidra que normalmente es de 0,3891 gr/cm³. Se ha usado en el ámbito forestal, con éxito para la formación de sustratos y la propagación de plantas (Garzón et al., 2005. p. 101).

1.1.3.2. Humus

El humus de lombriz o lombricomposta se obtiene de deyecciones de lombrices, las más utilizadas son las rojas californianas. Las propiedades físicas, químicas y microbiológicas de la lombricomposta varían considerablemente según el alimento con que se nutren las lombrices. La lombricomposta presenta entre 22-55 % de materia orgánica y nutrientes esenciales: N, P, K, Ca,

Mg, Fe, Cu, Zn, Mo. Por otra parte, el N y P orgánicos se transforman fácilmente en formas más asimilables. También es un buen componente para la formación de sustratos de propagación porque sirve de sostén para la planta, permite el intercambio de aire, facilita la absorción de agua por las raíces y el drenaje, favorece la nutrición y en consecuencia el crecimiento de la planta (Olivares et al., 2012. p. 27).

1.1.3.3. Compostaje

El compostaje se entiende como un proceso biológico, en el cual ocurre descomposición de la materia orgánica mediante la acción metabólica de los microorganismos en condiciones aerobias, con una adecuada humedad y temperatura, se asegura una transformación higiénica de los restos orgánicos en un material homogéneo y asimilable por las plantas, por lo que es muy usado en viveros (Román et al., 2013. p. 23).

1.1.4. Tratamientos pre-germinativos

Son los procesos mecánicos, físicos o químicos, que se aplican a las semillas, antes de su siembra, para mejorar la germinación de especies forestales de difícil propagación.

- **Mecánicos:** Son procesos que ejercen fuerza en el endocarpio de la semilla para debilitarlo y permitir el ingreso de humedad y así activar mecanismos germinativos, como son el limado y la estratificación.
- **Físicos:** Estos se aplican gradualmente con la intensidad lumínica, dependiendo de la especie y las características medio ambientales necesarias para su adecuada propagación. También el aumento o disminución de la temperatura son usados para la germinación de semillas, según los requerimientos específicos de cada variedad.
- **Químicos:** El porcentaje óptimo de humedad para la germinación en la semilla, es distinto para cada especie forestal, por lo que la inmersión de las semillas en agua durante determinado tiempo puede facilitar la germinación de algunas especies. También existen en el mercado productos sintetizados artificialmente (ácidos giberélicos, cloruro de calcio, nitrato de potasio) diseñados para la germinación de especies (Varela y Aparicio, 2011. pp. 5-6).

1.1.5. Manejo de plantas en vivero

1.1.5.1. Riego

Es fundamental para la producción de plántulas en vivero, tener una planificación de riego, en donde no exista una falta de agua, que puede producir daños e incluso la muerte de plántulas en cualquier estado de desarrollo, o a su vez un exceso de agua que facilite el ataque de hongos y enfermedades (Irigoyen y cruz, 2005. pp. 16-22).

La calidad de agua juega un papel muy importante, ya que puede ser conductora de elementos tóxicos que pueden afectar la producción, como también puede presentar un exceso de sales que dificulte el desarrollo normal de las plántulas, por lo que conocer las fuentes de agua e implementar un sistema de riego óptimo es clave para la producción en viveros (Irigoyen y cruz, 2005. pp. 16-22).

1.1.5.2. Control de malezas

Se consideran malezas a todas las plantas que crecen sobre plantaciones, y alteran el desarrollo normal del cultivo, al competir por luz y nutrientes disminuyen rendimientos y calidad de producción. Por lo cual se realizan distintos tipos de control que permiten eliminar o disminuir plantas no deseadas en el cultivo. Entre los principales tenemos: mecánico (manualmente/herramienta), químico (“glifosato” etc.), físico (solarización) (Bonilla et al., 2014. p. 16).

1.1.5.3. Germinación

Las semillas son el principal mecanismo de reproducción, y están constituidas por un embrión y compuestos de reserva (glúcidos, lípidos y proteínas), rodeados ambos por cubiertas seminales, esta estructura general puede variar según la especie, en relación al tipo y proporción de compuestos y características en cubiertas seminales (Irigoyen y cruz, 2005. pp. 8-16).

Una vez finalizado su proceso de desarrollo en la planta madre, las semillas pueden encontrarse en dos fases como son la dormición, en donde la semilla no se encuentra en condiciones favorables para su desarrollo, en cuanto a humedad, temperatura, oxígeno e iluminación. La siguiente fase se denomina quiescencia, y es en donde las semillas se encuentran en condiciones óptimas, que permiten su germinación y el posterior desarrollo de la plántula gracias a la activación de procesos fisiológicos dentro de ella (Irigoyen y cruz, 2005. pp. 8-16).

1.1.6. Fases de la Germinación

1.1.6.1. Imbibición

Es la primera etapa de germinación y consiste en la entrada de agua a la semilla, para su posterior activación, este proceso es variable según las características de la semilla de cada especie, por lo que en algunas es necesario un daño mecánico en su cubierta, para el ingreso prematuro del agua e inducir a la germinación de manera acelerada (Pita y Pérez, 1998. p. 4).

La sensibilidad de las semillas a un déficit hídrico depende según su especie, pero en su mayoría retrasa el proceso germinativo, y las hace más propensas al ataque de hongos. Por el contrario, si existe un exceso de agua en las semillas imposibilita la germinación, ya que se dificulta la entrada de suficiente oxígeno a la semilla. La imbibición en bajas temperaturas de semillas de origen tropical y subtropical, pueden provocar alteraciones en su posterior desarrollo y crecimiento (Pita y Pérez, 1998. p. 5).

1.1.6.2. Germinación “sensu stricto”

En esta etapa se produce una disminución en la absorción de agua por las semillas, y se da la activación del metabolismo de la misma, esencial para la fase de crecimiento (Pita y Pérez, 1998. p. 5).

1.1.6.3. Fase de crecimiento

En esta última fase se produce el crecimiento y emergencia de la radícula a través de las cubiertas seminales, paralelamente al incremento de la actividad metabólica de la semilla. Una vez que la semilla ha roto las cubiertas seminales, se inicia el desarrollo de la plántula, que implica un elevado gasto de energía que se obtiene mediante la movilización de las reservas nutritivas de la semilla. Las semillas que han alcanzado la fase de crecimiento no pueden regresar a fases anteriores, y en el caso que las condiciones no sean favorables para su desarrollo, estas morirán (Doria, 2010. p. 75).

1.1.6.4. Movilización de Reservas

Las reservas presentes en las semillas son proteínas, glúcidos y lípidos, su proporción dependen de la especie, estas sustancias son muy importantes, ya que permiten la supervivencia de la semilla hasta que la plántula se desarrolle lo suficiente y pueda realizar la fotosíntesis (Doria, 2010. p. 75).

1.1.6.5. Movilización de glúcidos

Los glúcidos están compuestos básicamente de glucosa y almidón, estas son sustancias de reserva, que se activan con la hidrólisis de esta, dando energía para el inicio del metabolismo en la semilla. El proceso inicia con la liberación de giberelinas, por parte del embrión, una hormona vegetal que determina la síntesis de enzimas responsables de la degradación del almidón (Pita y Pérez, 1998. p. 6).

1.1.6.6. Movilización de proteínas

La movilización de proteínas provee a las semillas de aminoácidos, los cuales sirven de energía para el metabolismo de estas, las proteínas son sintetizadas por enzimas llamadas proteasas, que se generan por la presencia de giberelinas liberadas por el embrión (Pita y Pérez, 1998. p. 7).

1.1.6.7. Movilización de lípidos

Los lípidos presentes en las semillas son básicamente triglicéridos, que por la acción de enzimas denominadas lipasas se degradan a glicerol y ácidos grasos, que se incorporan al metabolismo energético de la semilla. Todo lo anterior mencionado, pone en manifiesto que cada compuesto degradado por enzimas presentes en la semilla sirve para la obtención de energía química para su desarrollo (Doria, 2010. p. 76).

1.1.7. Requerimientos para la germinación

1.1.7.1. Agua

El agua debe encontrarse disponible en el suelo, para que la semilla pueda captarla, por capilaridad a través de las cubiertas seminales. El exceso o déficit de agua impide la germinación de las semillas, o puede causar un disminuido porcentaje de germinación, las condiciones de estrés hídrico son superadas por algunas especies, que son capaces de adaptarse, en condiciones adversas, como es el caso de las plantas denominadas “malas hierbas” (Pita y Pérez, 1998. p. 8).

Se ha comprobado que, en algunos casos, las plantas obtenidas a partir de semillas sometidas a uno o más ciclos de hidratación-deshidratación, son más resistentes a las sequías. Es muy importante conocer la salinidad para asegurar su germinación, ya que al encontrarse en un suelo

muy salino se impide la entrada de agua a la semilla, impidiendo la germinación (Pita y Pérez, 1998. p. 8).

1.1.7.2. Oxígeno

El oxígeno es imprescindible para que se dé lugar a la germinación, a excepción de algunas plantas sobre todo las acuáticas, que pueden desarrollarse en concentraciones bajas o nulas de oxígeno. Debemos tomar en cuenta que, en altas temperaturas, se dificulta la solubilidad de oxígeno en el agua, afectando así la germinación (Doria, 2010. p. 75).

1.1.7.3. Temperatura

Cada especie presenta un rango de temperatura donde se puede dar lugar a la germinación, esto depende de las características fisiológicas de cada especie, en condiciones de laboratorio, no se puede usar una temperatura constante, ya que se deben simular las condiciones normales ambientales para su correcta germinación (Pita y Pérez, 1998. p. 10).

1.1.7.4. Iluminación

Las condiciones favorables de germinación en cuanto a iluminación nos permiten separar a las semillas en los siguientes grupos:

- **Semillas con fotosensibilidad positiva:** Son semillas que germinan efectivamente bajo iluminación.
- **Semillas con fotosensibilidad negativa:** Son semillas que germinan exitosamente en la oscuridad, mientras la luz inhibe su germinación.
- **Semillas no fotosensibles:** Son semillas que germinan independientemente de las condiciones de iluminación (Pita y Pérez, 1998. p. 11).

1.1.8. Factores Hormonales que intervienen en la germinación

Las hormonas vegetales que intervienen en la germinación están divididas en dos grupos:

- **Promotoras de la germinación:** En este grupo se encuentran las giberelinas, y son capaces de activar la germinación en semillas durmientes y no durmientes, por eso la importancia fisiológica de esta hormona en cuanto a germinación.

- **Inhibidoras de la germinación:** En este grupo existen varias hormonas, pero la más representativa es el ácido abscísico, que se encuentra presente en mayor cantidad en semillas con escaso o nulo poder germinativo (Pita y Pérez, 1998. p. 12).

1.1.9. Dormición

Es un estado fisiológico presente en las semillas en donde, teniendo condiciones favorables, estas no pueden germinar, las causas de ello pueden ser debido a sus cubiertas seminales o al embrión (Doria, 2010. p. 78).

En el primer caso se debe a que el embrión es incapaz de romper las cubiertas seminales y proceder a la germinación, y se puede dar por los siguientes factores (Doria, 2010. p. 75):

- Restricciones mecánicas
- Interferencia con la captación de agua
- Interferencia con el intercambio gaseoso
- Presencia de inhibidores en las cubiertas

En el segundo caso, el embrión es durmiente y la eliminación de sus cubiertas seminales no dan paso a la germinación. La dormición de las semillas tiene una gran importancia ecológica, ya que permite una óptima distribución de las especies en tiempo y espacio, teniendo así semillas durmientes y no durmientes permitiendo perpetuar la especie (Doria, 2010. p. 78).

1.1.10. Desarrollo de la plántula

La germinación ha finalizado cuando la radícula de las semillas emerge rompiendo sus cubiertas seminales, para luego aparecer la plántula sobre el suelo. La nacencia de las plántulas se divide en dos, según la situación de los cotiledones. La emergencia epigea, se define porque los cotiledones emergen sobre el nivel del suelo, y la emergencia hipogea, cuando los cotiledones permanecen por debajo del nivel del suelo (Pita y Pérez, 1998. p. 15).

Una vez establecida la plántula y lista para realizar la fotosíntesis, esta es capaz de absorber nutrientes y captar el agua del suelo, hasta llegar a ese estado las plántulas dependen netamente de los recursos de la semilla para su desarrollo, las primeras etapas de las plantas son difíciles y su tasa de mortalidad es muy alta debido a la desecación, depredación, enfermedades y la competencia entre las propias plántulas (Pita y Pérez, 1998. p. 15).

1.1.11. Longevidad, viabilidad y vigor de semillas

En general las semillas se pueden almacenar sin perder su poder germinativo. si se guardan a bajas temperaturas y con bajo contenido de humedad, ambas condiciones deben coincidir, ya que, si se produce la congelación, el daño en sus tejidos es irreversible (Doria, 2010. p. 76).

La longevidad es definida como el tiempo en el que las semillas pueden sobrevivir bajo condiciones de almacenamiento, ya que van perdiendo su poder germinativo. La viabilidad se refiere al porcentaje de semillas que pueden germinar bajo óptimas condiciones, entonces una mayor viabilidad va ligada a un mayor porcentaje de germinación. El vigor en cambio se define por la velocidad de germinación, y este se mide según el tiempo necesario para que germine el 50 % de las semillas , según su especie (Pita y Pérez, 1998. p. 17).

1.1.12. Género Erythrina como fijador de nitrógeno

La fijación del nitrógeno molecular, se da lugar gracias a la simbiosis presente entre determinados tipos de plantas y distintos tipos de microorganismos o bacterias como “Rizhobium”. Estos microorganismos se incorporan al sistema radicular, generando abultamientos denominados “nódulos” que no afectan a la planta y permiten obtener el nitrógeno atmosférico convirtiéndolo en compuestos nitrogenados asimilables para las plantas (Escalante et al., 1984. pp. 223-230).

Los árboles que pertenecen a este género tienen la capacidad de fertilizar al suelo de dos maneras (Escalante et al., 1984. pp. 223-230):

- Por sus hojas, ya que estas caen al suelo y permiten la mineralización, convirtiéndolo en un medio apto para el cultivo y aprovechamiento silvopastoril, ya que en estos tipos de sistemas el contenido de proteína en el pasto es mayor y existe un mayor rendimiento en cultivos.
- Por su sistema radicular, en donde existen microorganismos fijadores de nitrógeno, que incluso en su senescencia fijan gran cantidad de nitrógeno al suelo.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Caracterización del lugar

2.1.1. Localización de estudio

La presente investigación fue realizada en un vivero temporal ubicado en el barrio Solís, cantón Ambato, provincia de Tungurahua.

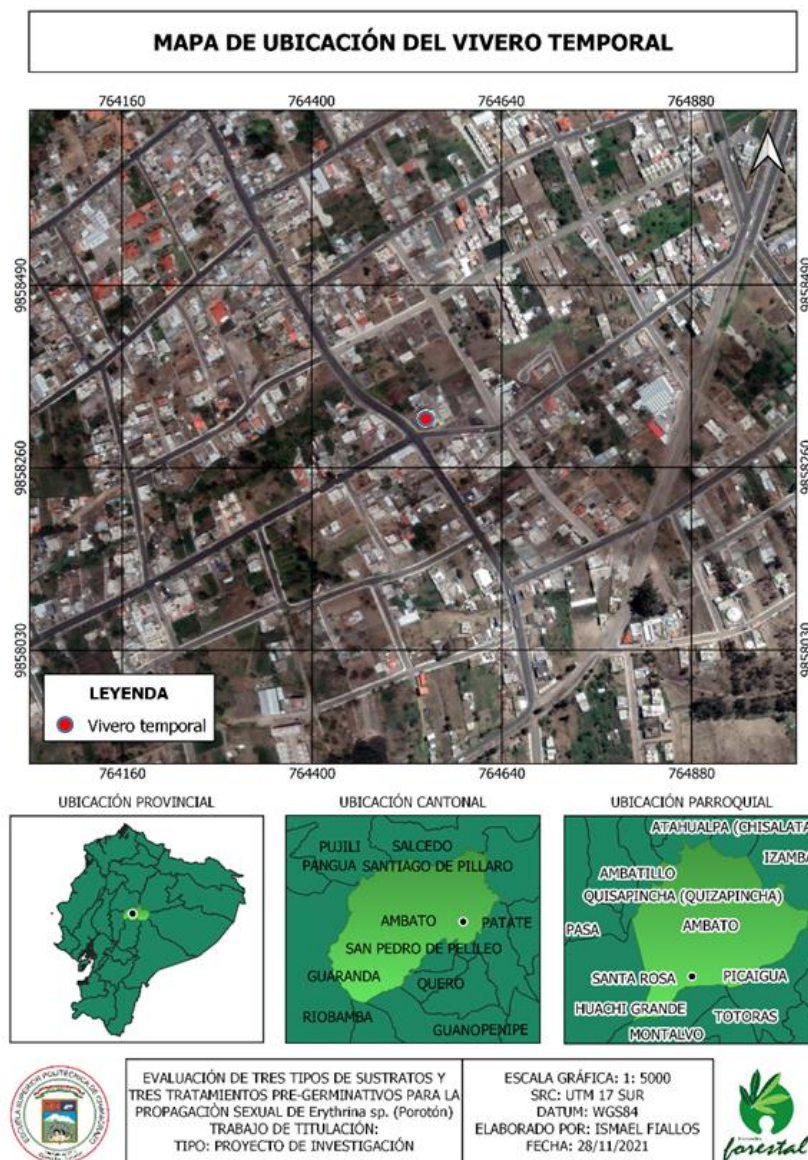


Figura 1-2. Ubicación del área del estudio

Realizado por: Fiallos, 2021

2.1.2. Ubicación geográfica

Altitud: 2596 m s.n.m.

Latitud: 01°16'48,6264'' S

Longitud: 78°37'21,7344'' W

Datum: WGS 84 (Geodatos, 2021. párr. 1-3).

2.1.3. Características climáticas

Temperatura media anual: 11,6 °C

Precipitación media anual: 403,4 mm

Humedad relativa: 84,5 % (Climate-Data, 2021. párr. 4-5).

2.1.4. Zona de vida

Ambato se encuentra en una zona de vida de bosque seco montano bajo, se distribuye en cotas de 2000 a 3000 m s.n.m. (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013. pp.72-73).

2.2. Materiales y equipos

2.2.1. Materiales de oficina

Libreta de apuntes, computadora, impresora, hojas de papel bond, carpetas, esferos, tablero de apuntes.

2.2.2. Materiales y equipos de campo

Regaderas, pala, cinta métrica, letreros, fundas, lima, cámara fotográfica, bomba de aspersión, sarán, pingos, clavos, martillo, sierra.

2.2.3. Insumos

Sustratos: humus, compost, aserrín, tierra negra, cascarilla de arroz; agua, “carvin” (ingredientes activos: carboxin + captan), y semillas de *Erythrina* sp.

2.3. Metodología

2.3.1. Diseño experimental

Se utilizó un tipo de diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA), con arreglo bifactorial combinado, tres tipos de sustratos y cuatro diferentes tratamientos pre-germinativos, teniendo un total de 12 tratamientos en estudio, con tres repeticiones por tratamiento.

2.3.1.1. Factores en estudio

Factor A / Sustrato

Tabla 1-2: Especificaciones del Factor A / Sustrato

A1:	50 % humus + 40 % tierra negra + 10 % cascarilla de arroz
A2:	50 % compost + 40 % tierra negra + 10 % cascarilla de arroz
A3:	40 % aserrín + 50 % tierra negra + 10 % cascarilla de arroz

Realizado por: Fiallos, 2021

Factor B / Tratamientos Pre-germinativos

Tabla 2-2: Especificaciones del Factor B / Tratamientos pre-germinativos

B1:	Inmersión de la semilla en agua durante 24 horas
B2:	Limado de punta de la semilla
B3:	Inmersión de la semilla en agua caliente durante 3 segundos
B4:	Sin tratamiento pre-germinativo

Realizado por: Fiallos, 2021

2.3.2. Tratamientos en estudio

En la Tabla 3-2, se enlistan, codifican y describen los tratamientos a evaluarse en esta investigación.

Tabla 3-2: Tratamientos para esta investigación

Tratamientos	Códigos	Descripción
T1	A1B1	Inmersión de la semilla en agua durante 24 horas; 50 % humus + 40 % tierra negra + 10 % cascarilla de arroz
T2	A2B1	Inmersión de la semilla en agua durante 24 horas; 50 % compost + 40 % tierra negra + 10 % cascarilla de arroz
T3	A3B1	Inmersión de la semilla en agua durante 24 horas; 40 % aserrín + 50 % tierra negra + 10 % cascarilla de arroz

T4	A1B2	Limado de punta de la semilla; 50 % humus + 40 % tierra negra + 10 % cascarilla de arroz
T5	A2B2	Limado de punta de la semilla; 50 % compost + 40 % tierra negra + 10 % cascarilla de arroz
T6	A3B2	Limado de punta de la semilla; 40 % aserrín + 50 % tierra negra + 10 % cascarilla de arroz
T7	A1B3	Inmersión de la semilla en agua caliente durante 3 segundos; 50 % humus + 40 % tierra negra + 10 % cascarilla de arroz
T8	A2B3	Inmersión de la semilla en agua caliente durante 3 segundos; 50 % compost + 40 % tierra negra + 10 % cascarilla de arroz
T9	A3B3	Inmersión de la semilla en agua caliente durante 3 segundos; 40 % aserrín + 50 % tierra negra + 10 % cascarilla de arroz
T10	A1B4	Sin tratamiento pre-germinativo; 50 % humus + 40 % tierra negra + 10 % cascarilla de arroz
T11	A2B4	Sin tratamiento pre-germinativo; 50 % compost + 40 % tierra negra + 10 % cascarilla de arroz
T12	A3B4	Sin tratamiento pre-germinativo; 40 % aserrín + 50 % tierra negra + 10 % cascarilla de arroz

Realizado por: Fiallos, 2021

2.3.3. Distribución de tratamientos por bloque en fase de vivero

El diseño bifactorial, para esta investigación se distribuyó mediante el siguiente esquema, como se muestra en la Tabla 4-2.

Tabla 4-2: Esquema de tratamiento por bloque

R1	R2	R3
T10= A1B4	T11= A2B4	T7= A1B3
T9= A3B3	T7= A1B3	T4= A1B2
T6= A3B2	T5= A2B2	T11= A2B4
T4= A1B2	T3= A3B1	T2= A2B1
T8= A2B3	T9= A3B3	T3= A3B1
T11= A2B4	T6= A3B2	T10= A1B4
T12= A3B4	T8= A2B3	T5= A2B2
T3= A3B1	T4= A1B2	T8= A2B3
T7= A1B3	T12= A3B4	T6= A3B2
T1= A1B1	T1= A1B1	T12= A3B4
T2= A2B1	T10= A1B4	T1= A1B1
T5= A2B2	T2= A2B1	T9= A3B3

Realizado por: Fiallos, 2021

2.3.4. Esquema de Análisis de Varianza

Las fórmulas y los valores de grados de libertad para el análisis de varianza se especifican en la Tabla 5-2.

Tabla 5-2: Esquema de análisis de varianza de acuerdo al diseño experimental

Fuente de variación (F.V.)	Fórmula	Grados de Libertad
Total	n-1	35
Repeticiones	r-1	2
Factor tratamientos pre-germinativos	a-1	3
Factor sustratos	b-1	2
Tratamientos pre-germinativos por sustratos	(a-1) (b-1)	6
Error	(t-1) (r-1)	22
CV		

Realizado por: Fiallos, 2021

2.3.5. Especificaciones de campo experimental

Número de tratamientos: 12

Número de repeticiones: 3

Número de unidades experimentales: 36

Número de plantas por tratamiento: 5

Número total de plantas: 180

Número de plantas a evaluar: 15/ tratamiento

Número total de plantas evaluadas: 180

Área total de la investigación: 3,22 m x 3,7 m = 8,7 m²

2.3.6. Análisis funcional

Se utilizó el programa Infostat, para la comprobación de la normalidad de los datos mediante el estadígrafo Shapiro Wilk, la determinación de diferencias estadísticas con base en el análisis de varianza, el coeficiente de variación y la separación de medias con la prueba de Tukey al 5 %.

2.3.7. Variables evaluadas

Como parte de la evaluación en esta investigación se muestra a continuación las variables valoradas (Tabla 6-2).

Tabla 6-2: Variables evaluadas en esta investigación

CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADOR	ÍNDICE
Variables dependientes			
Características morfológicas	Planta	Altura	cm
		Número de hojas	Número
Calidad de planta	Planta	Cantidad de plantas por m ²	Número
Variable Independiente			
Tratamientos pre-germinativos Sustratos	Semillas	Emergencia	Días
		Germinación	%

Realizado por: Fiallos, 2021

2.3.8. Manejo de las unidades experimentales

2.3.8.1. Construcción del vivero forestal

Se construyó un vivero forestal temporal de 8,7 m², con paredes de sarán y techo de plástico para así aumentar y mantener la temperatura dentro.

2.3.8.2. Adquisición de semillas

Las semillas fueron compradas en la vía Santo Domingo-Quevedo, en el vivero “Loor”.

2.3.8.3. Enfundado de los distintos sustratos

Se mezclaron las proporciones con ayuda de una pala para formar los distintos tipos de sustratos, realizándose 4 volteos en cada sustrato, de acuerdo a las especificaciones descritas en la Tabla 1-2. Luego de ser enfundados los sustratos se desinfectaron con “carvin” en solución 1 ml por funda.

2.3.8.4. Preparación de los tratamientos pre-germinativos

El presente estudio contó con tres tratamientos pre-germinativos y un grupo testigo, que se describe en la Tabla 2-2; para el caso de B2, este se realizó con una lima de uñas, hasta que aparezca un ligero tono blanquecino en la semilla, sin causar daños físicos en la misma.

2.3.8.5. Siembra

Se realizó el 2 de febrero del 2021, en donde se humedeció las fundas previamente, con los diferentes tipos de lo sustrato para luego colocar cada semilla con su respectivo tratamiento pre-germinativo, separándolos en grupos para así formar correctamente los tratamientos de estudio.

2.3.8.6. Riego

Con agua des clorada y por aspersión se regaron las plantas pasando un día, con 2 litros de agua aproximadamente por cada riego, sin provocar un estrés hídrico en las mismas, ya sea por exceso o escasez de agua.

2.3.8.7. Control de malezas

Se realizaron limpiezas manuales de malezas una vez a la semana.

2.3.9. Variables evaluadas

2.3.9.1. Tiempo de emergencia de la semilla

Se registró el tiempo de emergencia de la planta, de cada unidad experimental después de la siembra.

2.3.9.2. Porcentaje de germinación

Se registró el número de plántulas germinadas por cada tratamiento, en condiciones similares de temperatura y humedad, con igual tiempo de siembra, para cada unidad experimental.

2.3.9.3. Porcentaje de supervivencia

Se obtuvo el porcentaje de supervivencia de cada uno de los tratamientos, hasta los 135 días.

2.3.9.4. Altura de las plántulas a los 60, 80, 100 y 135 días

Se registraron medidas de altura en cm, de cada una de las plántulas germinadas a los 60, 80, 100 y 135 días.

2.3.9.5. *Número de hojas verdaderas de cada plántula a los 60, 80, 100 y 135 días.*

Se registró el número de hojas verdaderas en cada una de las plántulas germinadas a los 60, 80, 100 y 135 días.

2.3.10. *Análisis económico de los tratamientos en estudio*

El análisis económico se realizó de acuerdo con el método PERRIN, se procedió de la siguiente manera:

- Se ordenó los tratamientos de la investigación
- Se definió el total de costos variables de los tratamientos
- Se definió los requerimientos (número de plantas de tratamiento)
- Se obtuvo el beneficio neto del ensayo por tratamiento
- Se realizó el análisis de dominancia, para lo cual se ordenó los tratamientos de menor a mayor, según el costo de variación y se determinó los Nominados y No Dominados en base al Beneficio Neto.
- Finalmente se determinó el análisis de la tasa marginal de los tratamientos No Dominados (CIMMYT, 1988. pp. 2-22).

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados de las variables de evaluación

3.1.1. Tiempo de emergencia de la semilla

3.1.1.1. Número de plántulas emergidas por tratamiento a los 5, 10, 20 y 30 días

Se determinó que los tratamientos que produjeron la mayor cantidad de plantas germinadas a los 30 días de plantadas las semillas fueron: T4 (limado de punta de la semilla; 50 % humus + 40 % tierra negra + 10 % cascarilla de arroz), T5 (limado de punta de la semilla; 50 % compost + 40 % tierra negra + 10 % cascarilla de arroz) y T6 (limado de punta de la semilla; 40 % aserrín + 50 % tierra negra + 10 % cascarilla de arroz); con 15 plántulas cada uno (Gráfico 1-3).

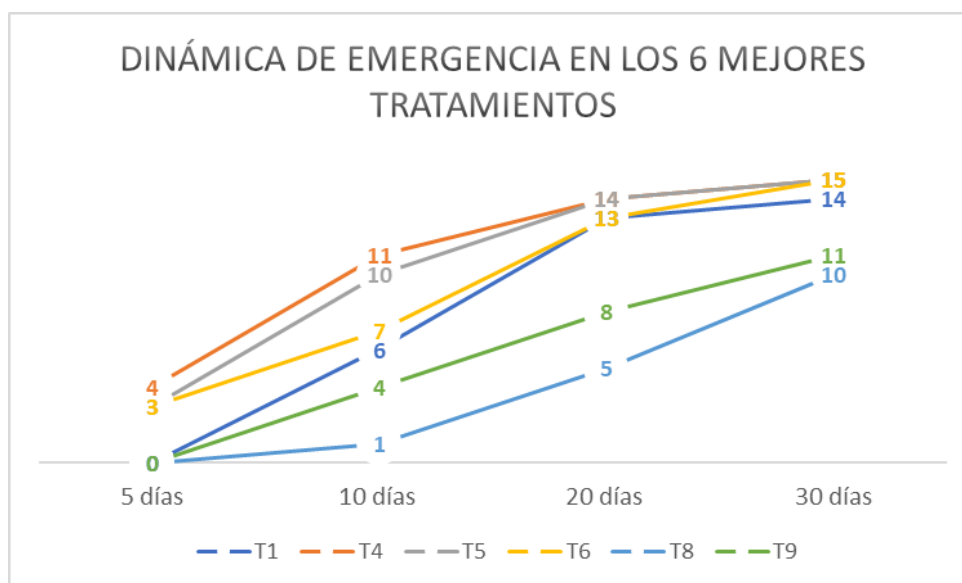


Gráfico 1-3. Número de plántulas emergidas en los 6 mejores tratamientos

Realizado por: Fiallos, 2021

3.1.2. Análisis de varianza para el porcentaje de germinación a los 30 días después de la siembra

Según el análisis de varianza (Tabla 1-3) para la variable porcentaje de germinación, los resultados presentaron diferencias altamente significativas en tratamientos pre-germinativos,

además presentó diferencias significativas en la interacción sustratos y tratamientos pre-germinativos. El coeficiente de variación fue de 15,94 %.

Tabla 1-3: Análisis de la Varianza para el porcentaje de germinación, a los 30 días

FV	SC	gl	CM	F	p-valor	CV
Bloques	912,50	2	456,25	3,02	0,0692	
Sustratos	254,17	2	127,08	0,34	0,4443	
Tratamientos pre-germinativos	6352,08	3	2117,36	14,03	<0,0001	
Sustratos*(Tratamientos pre-germinativos)	2529,17	6	421,53	2,79	0,0357	
Error	3320,83	22	150,95			
Total	13368,75	35				15,94 %

Realizado por: Fiallos, 2021

3.1.2.1. Prueba de Tukey para el porcentaje de germinación a los 30 días

Mediante la prueba de Tukey al 5 % de significancia para el porcentaje de germinación se estableció que en la interacción entre tratamientos pre-germinativos se presentaron dos rangos de significancia (A-B), en donde el tratamiento pre-germinativo B2 (limado de punta de la semilla) alcanzó el rango “A” con la media más alta de 100 %, mientras que los tratamientos pre-germinativos B1 (inmersión en agua durante 24 horas), B4 (sin tratamiento pre-germinativo) y B3 (inmersión en agua caliente durante 3 segundos) se ubicaron en el rango “B” con valores de 71,11, 69,44 y 67,78 %, respectivamente (Tabla 2-3).

Tabla 2-3: Prueba de Tukey al 5 %, porcentaje de germinación según tratamientos pre-germinativos, a los 30 días

T pre-germinativos	Medias	n	Grupo
B2	100,00	9	A
B1	71,11	9	B
B4	69,44	9	B
B3	67,78	9	B

Realizado por: Fiallos, 2021

Según la separación de medias según Tukey al 5 % para el porcentaje de germinación en la interacción sustrato y tratamiento pre-germinativo, se obtuvieron cuatro rangos (A, A-B, A-B-C y C) en donde las combinaciones A1B2, A2B2 y A3B2 (todos los sustratos con limado de punta de la semilla) pertenecen al rango “A” con una media de 100 % mientras que la combinación A3B1 (inmersión en agua durante 24 horas; 40 % aserrín + 50 % tierra negra + 10 % cascarilla de arroz) se ubica en el rango “C” con una media de 53,33 % (Tabla 3-3).

Tabla 3-3: Prueba de Tukey al 5 % porcentaje de germinación, a los 30 días

Tratamientos	Medias	n	E.E.	Grupo
A3B2	100,00	3	7,09	A
A2B2	100,00	3	7,09	A
A1B2	100,00	3	7,09	A
A1B1	93,33	3	7,09	A B
A3B4	75,00	3	7,09	A B C
A3B3	73,33	3	7,09	A B C
A2B4	66,67	3	7,09	A B C
A1B4	66,67	3	7,09	A B C
A2B1	66,67	3	7,09	A B C
A2B3	66,67	3	7,09	A B C
A1B3	63,33	3	7,09	A B C
A3B1	53,33	3	7,09	C

Realizado por: Fiallos, 2021

3.1.3. Análisis de varianza para el porcentaje de supervivencia a los 135 días después de la siembra

Según el análisis de varianza (Tabla 4-3) para la variable porcentaje de supervivencia, los resultados presentaron diferencias altamente significativas en tratamientos pre-germinativos, y diferencias significativas en la interacción sustratos por tratamientos pre-germinativos. El coeficiente de variación fue de 20,48 %.

Tabla 4-3: Análisis de la Varianza para el porcentaje de supervivencia a los 135 días

FV	SC	gl	CM	F	p-valor	CV
Bloques	816,67	2	408,33	1,85	0,1805	
Sustratos	304,17	2	152,08	0,69	0,5122	
Tratamientos pre-germinativos	9141,67	3	3047,22	13,82	<0,0001	
Sustratos*(Tratamientos pre-germinativos)	4312,50	6	718,75	3,26	0,0190	
Error	4850,00	22	220,45			
Total	19425,00	35				20,48 %

Realizado por: Fiallos, 2021

3.1.3.1. Prueba de Tukey para el porcentaje de supervivencia a los 135 días después de la siembra

Mediante la prueba de Tukey al 5 % de significancia para el porcentaje de supervivencia se estableció que en la interacción entre tratamientos pre-germinativos se presentaron dos rangos de significancia (A y B), en donde el tratamiento pre-germinativo B2 (limado de punta de la semilla)

alcanzó el rango “A” con la media más alta de 100 %; mientras que los tratamientos B3, B1 y B4 se ubicaron en el rango “B” con 64,44, para los primeros dos y 61,11 % para el último tratamiento pre-germinativo (Tabla 5-3).

Tabla 5-3: Prueba de Tukey al 5 %, porcentaje de supervivencia según tratamientos pre-germinativos, a los 135 días

T pre-germinativos	Medias	n	Grupo
B2	100,00	9	A
B3	64,44	9	B
B1	64,44	9	B
B4	61,11	9	B

Realizado por: Fiallos, 2021

Según la separación de medias según Tukey al 5 % para el porcentaje de supervivencia en la interacción sustrato y tratamiento pre-germinativo, se obtuvieron cuatro rangos (A, A-B, A-B-C y C) en donde los tratamientos A1B2, A2B2 y A3B2 (todos los sustratos con limado de punta de la semilla) pertenecen al rango “A” con una media de 100 % mientras que el tratamiento A3B1 (inmersión en agua durante 24 horas; 40 % aserrín + 50 % tierra negra + 10 % cascarilla de arroz) se ubicó en el rango “C” con la media más baja de 40 % (Tabla 6-3).

Tabla 6-3: Prueba de Tukey al 5 % porcentaje de supervivencia, a los 135 días

Tratamientos	Medias	n	E.E.	Grupo
A3B2	100,00	3	8,57	A
A2B2	100,00	3	8,57	A
A1B2	100,00	3	8,57	A
A1B1	86,67	3	8,57	A B
A3B4	75,00	3	8,57	A B C
A3B3	73,33	3	8,57	A B C
A2B1	66,67	3	8,57	A B C
A1B3	60,00	3	8,57	A B C
A2B3	60,00	3	8,57	A B C
A1B4	58,33	3	8,57	A B C
A2B4	50,00	3	8,57	A B C
A3B1	40,00	3	8,57	C

Realizado por: Fiallos, 2021

3.1.4. Análisis de varianza para el promedio de altura a los 60 días

En el análisis de varianza para la variable altura a los 60 días, los resultados presentaron diferencias significativas para los factores sustratos y tratamientos pre-germinativos. El coeficiente de variación fue de 17,96 % (Tabla 7-3).

Tabla 7-3: Análisis de la Varianza para el promedio de altura a los 60 días

FV	SC	gl	CM	F	p-valor	CV
Bloques	0,16	2	0,08	0,12	0,8917	
Sustratos	5,46	2	2,73	4,01	0,0327	
Tratamientos pre-germinativos	8,91	3	2,97	4,37	0,0148	
Sustratos*(Tratamientos pre-germinativos)	1,04	6	0,17	0,25	0,9522	
Error	14,97	22	0,68			
Total	30,54	35				17,96 %

Realizado por: Fiallos, 2021

3.1.4.1. Prueba de Tukey para el promedio de altura a los 60 días

Mediante la prueba de Tukey al 5 % de significancia para la altura a los 60 días, se estableció que, en la interacción entre sustratos, se presentaron tres rangos de significancia (A, A-B y B), en donde el sustrato A1 (50 % humus + 40 % tierra negra + 10 % cascarilla de arroz) alcanzó el rango “A” con la media más alta de 5,10 cm, siendo el que tiene mayor diferencia significativa con respecto a los otros sustratos (Tabla 8-3).

Tabla 8-3: Prueba de Tukey al 5 % de sustratos a los 60 días

Sustratos	Medias	n	E.E.	
A1	5,10	12	0,24	A
A2	4,54	12	0,24	A B
A3	4,15	12	0,24	B

Realizado por: Fiallos, 2021

En la prueba de Tukey al 5 % de significancia para la altura a los 60 días, se estableció que en la interacción entre tratamientos pre-germinativos se presentaron tres rangos de significancia (A, A-B y B), en donde el tratamiento pre-germinativo B2 (limado de punta de la semilla) alcanzó el rango “A” con la media más alta de 4,42cm, siendo el que tiene mayor diferencia significativa con respecto a los otros tratamientos pre-germinativos (Tabla 9-3).

Tabla 9-3: Prueba De Tukey al 5 % de tratamientos pre-germinativos a los 60 días

Tratamientos pre-germinativos	Medias	n	E.E.	
B2	5,42	9	0,27	A
B3	4,49	9	0,27	A B
B1	4,38	9	0,27	A B
B4	4,08	9	0,27	B

Realizado por: Fiallos, 2021

3.1.5. Análisis de varianza para el número de hojas a los 60 días

Con el análisis de varianza aplicado a la variable número de hojas a los 60 días, los resultados presentaron diferencias significativas para el factor tratamientos pre-germinativos. El coeficiente de variación fue de 40,70 % (Tabla 10-3).

Tabla 10-3: Análisis de la Varianza para el número de hojas a los 60 días

FV	SC	gl	CM	F	p-valor	CV
Bloques	6,74	2	3,37	1,53	0,2385	
Sustratos	12,98	2	6,49	2,95	0,0735	
Tratamientos pre-germinativos	28,97	3	9,66	4,38	0,0145	
Sustratos*(Tratamientos pre-germinativos)	10,11	6	1,68	0,76	0,6053	
Error	48,45	22	2,20			
Total	107,25	35				40,70 %

Realizado por: Fiallos, 2021

3.1.5.1. Prueba de Tukey para el número de hojas a los 60 días

Mediante la prueba de Tukey al 5 % de significancia para el número de hojas a los 60 días, se estableció que en la interacción entre tratamientos pre-germinativos se presentaron tres rangos de significancia (A, A-B y B), en donde el tratamiento pre-germinativo B2 (limado de punta de la semilla) alcanzó el rango "A" con la media más alta de 5,07 hojas (Tabla 11-3).

Tabla 11-3: Prueba de Tukey al 5 % de tratamientos pre-germinativos número de hojas a los 60 días

Tratamientos pre-germinativos	Medias	n	E.E.	
B2	5,07	9	0,49	A
B1	3,69	9	0,49	A B
B3	3,17	9	0,49	A B
B4	2,66	9	0,49	B

Realizado por: Fiallos, 2021

3.1.6. Análisis de varianza para el promedio de altura a los 80 días

De acuerdo al análisis de varianza para la variable altura a los 80 días, los resultados presentaron diferencias significativas para los factores sustratos y tratamientos pre-germinativos. El coeficiente de variación fue de 17,93 % (Tabla 12-3).

Tabla 12-3: Análisis de la Varianza para el promedio de altura a los 80 días

FV	SC	gl	CM	F	p-valor	CV
Bloques	0,43	2	0,22	0,28	0,7552	
Sustratos	5,76	2	2,88	3,79	0,0386	
Tratamientos pre-germinativos	9,86	3	3,29	4,33	0,0153	
Sustratos*(Tratamientos pre-germinativos)	2,74	6	0,46	0,60	0,7261	
Error	16,71	22	0,76			
Total	35,51	35				17,93 %

Realizado por: Fiallos, 2021

3.1.6.1. Prueba de Tukey para el promedio de altura a los 80 días

Mediante la prueba de Tukey al 5 % de significancia para la altura a los 80 días, se estableció que, en la interacción entre sustratos, se presentaron tres rangos de significancia (A, A-B y B), en donde el sustrato A1 (50 % humus + 40 % tierra negra + 10 % cascarilla de arroz) alcanzó el rango “A” con la media más alta de 5,41 cm (Tabla 13-3).

Tabla 13-3: Prueba de Tukey al 5 % de sustratos altura a los 80 días

Sustratos	Medias	n	E.E.	
A1	5,41	12	0,25	A
A2	4,71	12	0,25	A B
A3	4,46	12	0,25	B

Realizado por: Fiallos, 2021

Según la prueba de Tukey al 5 % de significancia para la altura a los 80 días, se estableció que en la interacción entre tratamientos pre-germinativos se presentaron tres rangos de significancia (A, A-B y B), en donde el tratamiento pre-germinativo B2 (limado de punta de semilla) alcanzó el rango “A” con la media más alta de 5,74 cm (Tabla 14-3).

Tabla 14-3: Prueba de Tukey al 5 % de tratamientos pre-germinativos altura a los 80 días

Tratamientos pre-germinativos	Medias	n	E.E.	
B2	5,74	9	0,29	A
B1	4,71	9	0,29	A B
B3	4,60	9	0,29	B
B4	4,39	9	0,29	B

Realizado por: Fiallos, 2021

3.1.7. Análisis de varianza para el número de hojas a los 80 días

Mediante el análisis de varianza (Tabla 15-3) para la variable número de hojas a los 80 días después de la siembra, los resultados presentaron diferencias significativas para los factores sustratos y tratamientos pre-germinativos. El coeficiente de variación fue de 41,80 % (Tabla 15-3).

Tabla 15-3: Análisis de la Varianza para el número de hojas a los 80 días

FV	SC	gl	CM	F	p-valor	CV
Bloques	5,77	2	2,89	1,28	0,2992	
Sustratos	15,63	2	7,82	3,45	0,0496	
Tratamientos pre-germinativos	31,02	3	10,34	4,57	0,0124	
Sustratos*(Tratamientos pre-germinativos)	14,19	6	2,37	1,05	0,4238	
Error	49,79	22	2,26			
Total	116,41	35				41,80 %

Realizado por: Fiallos, 2021

3.1.7.1. Prueba de Tukey para el número de hojas a los 80 días

Mediante la prueba de Tukey al 5 % de significancia para el número de hojas a los 80 días, se estableció que en la interacción entre sustratos se presentó un rango de significancia (A), en donde el sustrato A1 alcanzó la media más alta con 4,53 hojas, mientras que el sustrato A3, la media más baja con 3,13 hojas; por lo que se puede decir que no hubo diferencia significativa entre los sustratos (Tabla 16-3).

Tabla 16-3: Prueba de Tukey al 5 % de sustratos número de hojas a los 80 días

Sustratos	Medias	n	E.E.	
A1	4,53	12	0,43	A
A2	3,14	12	0,43	A
A3	3,13	12	0,43	A

Realizado por: Fiallos, 2021

Mediante la prueba de Tukey al 5 % de significancia para el número de hojas a los 80 días, se estableció que en la interacción entre tratamientos pre-germinativos se presentaron tres rangos de significancia (A, A-B y B), en donde el tratamiento pre-germinativo B2 (limado de punta de semilla) alcanzó el rango "A" con la media más alta de 5,07 hojas (Tabla 17-3).

Tabla 17-3: Prueba de Tukey al 5 % tratamientos pre-germinativos número de hojas a los 80 días

Tratamientos pre-germinativos	Medias	n	E.E.	
B2	5,07	9	0,50	A
B1	3,69	9	0,50	A B
B3	3,01	9	0,50	B
B4	2,63	9	0,50	B

Realizado por: Fiallos, 2021

3.1.8. Análisis de varianza para el promedio de altura a los 100 días

Según el análisis de varianza (Tabla 18-3) para la variable altura a los 100 días, los resultados presentaron diferencias altamente significativas para el factor sustratos y diferencias significativas en tratamientos pre-germinativos. El coeficiente de variación fue de 16,78 %.

Tabla 18-3: Análisis de la Varianza para el promedio de altura a los 100 días

FV	SC	gl	CM	F	p-valor	CV
Bloques	2,16	2	1,08	0,99	0,3864	
Sustratos	19,54	2	9,77	8,97	0,0014	
Tratamientos pre-germinativos	10,75	3	3,58	3,29	0,0396	
Sustratos*(Tratamientos pre-germinativos)	12,41	6	2,07	1,90	0,1259	
Error	23,95	22	1,09			
Total	68,82	35				16,78 %

Realizado por: Fiallos, 2021

3.1.8.1. Prueba de Tukey para el promedio de altura a los 100 días

Según la prueba de Tukey al 5 % de significancia para la altura a los 100 días, se estableció que, en la interacción entre sustratos, se presentaron tres rangos de significancia (A, A-B y B), en donde el sustrato A1 (50 % humus + 40 % tierra negra + 10 % cascarilla de arroz) alcanzó el rango “A” con la media más alta de 7,14 cm (Tabla 19-3).

Tabla 19-3: Prueba de Tukey al 5 % de sustratos altura a los 100 días

Sustratos	Medias	n	E.E.	
A1	7,14	12	0,30	A
A2	6,18	12	0,30	A B
A3	5,34	12	0,30	B

Realizado por: Fiallos, 2021

En la prueba de Tukey al 5 % de significancia para la altura a los 100 días, se estableció que en la interacción entre tratamientos pre-germinativos se presentaron tres rangos de significancia (A, A-B y B), en donde el tratamiento pre-germinativo B2 (limado de punta de semilla) alcanzó el rango “A” con la media más alta de 7,14 cm (Tabla 20-3).

Tabla 20-3: Prueba de Tukey al 5 % de tratamientos pre-germinativos altura a los 100 días

Tratamientos pre-germinativos	Medias	n	E.E.	
B2	7,14	9	0,35	A
B3	6,03	9	0,35	A B
B1	6,02	9	0,35	A B
B4	5,70	9	0,35	B

Realizado por: Fiallos, 2021

3.1.9. Análisis de varianza para el número de hojas a los 100 días

En el análisis de varianza para la variable número de hojas a los 100 días después de la siembra, los resultados presentaron diferencias altamente significativas para el factor sustratos. El coeficiente de variación fue de 31,81 % (Tabla 21-3).

Tabla 21-3: Análisis de la Varianza para el número de hojas a los 100 días

FV	SC	gl	CM	F	p-valor	CV
Bloques	5,14	2	2,57	0,51	0,6056	
Sustratos	113,79	2	56,90	11,35	0,0004	
Tratamientos pre-germinativos	17,72	3	5,91	1,18	0,3406	
Sustratos*(Tratamientos pre-germinativos)	25,09	6	4,18	0,83	0,5564	
Error	110,24	22	5,01			
Total	271,98	35				31,81 %

Realizado por: Fiallos, 2021

3.1.9.1. Prueba de Tukey para el número de hojas a los 100 días

Mediante la prueba de Tukey al 5 % de significancia para el número de hojas a los 100 días, se estableció que en la interacción entre sustratos se presentaron dos rangos de significancia (A y B), en donde el sustrato A1 (50 % humus + 40 % tierra negra + 10 % cascarilla de arroz) alcanzó la media más alta con 8,83 hojas (Tabla 22-3).

Tabla 22-3: Prueba de Tukey al 5 % de sustratos número de hojas a los 100 días

Sustratos	Medias	n	E.E.	
A1	8,83	12	0,65	A
A2	7,67	12	0,65	A
A3	4,62	12	0,65	B

Realizado por: Fiallos, 2021

3.1.10. Análisis de varianza para el promedio de altura a los 135 días

Según el análisis de varianza (Tabla 23-3) para la variable altura a los 135 días, los resultados presentaron diferencias altamente significativas entre sustratos. El coeficiente de variación fue de 16,31 %.

Tabla 23-3: Análisis de la Varianza para el promedio de altura a los 135 días

FV	SC	gl	CM	F	p-valor	CV
Bloques	5,43	2	2,72	1,73	0,2004	
Sustratos	95,44	2	47,72	30,42	0,0001	
Tratamientos pre-germinativos	13,62	3	4,54	2,89	0,0582	
Sustratos*(Tratamientos pre-germinativos)	18,79	6	3,13	2,00	0,1096	
Error	34,52	22	1,57			
Total	167,80	35				16,31 %

Realizado por: Fiallos, 2021

3.1.10.1. Prueba de Tukey para el promedio de altura a los 135 días

En la prueba de Tukey al 5 % de significancia para la altura a los 135 días, se estableció que, en la interacción entre sustratos, se presentaron tres rangos de significancia (A, B y C), en donde el sustrato A1 (50 % humus + 40 % tierra negra + 10 % cascarilla de arroz) alcanzó el rango “A” con la media más alta de 9,55 cm (Tabla 24-3).

Tabla 24-3: Prueba de Tukey al 5 % de sustratos altura a los 135 días

Sustratos	Medias	n	E.E.	
A1	9,55	12	0,36	A
A2	7,92	12	0,36	B
A3	5,58	12	0,36	C

Realizado por: Fiallos, 2021

3.1.11. Análisis de varianza para el número de hojas a los 135 días

Con el análisis de varianza (Tabla 25-3) para la variable número de hojas a los 135 días después de la siembra, los resultados presentaron diferencias altamente significativas entre sustratos. El coeficiente de variación fue de 31,81 %.

Tabla 25-3: Análisis de la Varianza para el número de hojas a los 135 días

FV	SC	gl	CM	F	p-valor	CV
Bloques	11,42	2	5,71	0,32	0,7290	
Sustratos	753,25	2	376,63	21,15	<0,0001	
Tratamientos pre-germinativos	87,46	3	29,15	1,64	0,2096	
Sustratos*(Tratamientos pre-germinativos)	82,49	6	13,75	0,77	0,6002	
Error	391,82	22	17,81			
Total	1326,44	35				31,81 %

Realizado por: Fiallos, 2021

3.1.11.1. Prueba de Tukey para el número de hojas a los 135 días

Según la prueba de Tukey al 5 % de significancia para el número de hojas a los 100 días, se estableció que en la interacción entre sustratos se presentaron dos rangos de significancia (A y B), en donde el sustrato A1 (50 % humus + 40 % tierra negra + 10 % cascarilla de arroz) alcanzó el rango “A” la media más alta con 14,85 hojas, junto con el sustrato A2 (50 % compost + 40 % tierra negra + 10 % cascarilla de arroz) que tuvo una media de 13,47, valores que no son significativamente diferente (Tabla 26-3).

Tabla 26-3: Prueba de Tukey al 5 % de sustratos número de hojas a los 135 días

Sustratos	Medias	n	E.E.	
A1	14,85	12	1,22	A
A2	13,47	12	1,22	A
A3	4,53	12	1,22	B

Realizado por: Fiallos, 2021

3.2. Análisis de los resultados obtenidos con los análisis de varianza

3.2.1. Porcentajes de germinación y supervivencia

Según los datos obtenidos en las Tablas 2-3, 3-3, 5-3 y 6-3, de las pruebas de separación de medias de Tukey al 5 % se elaboraron los Gráficos 2-3 (tratamiento pre-germinativo) y 3-3

(sustrato*tratamiento pre-germinativo), que expresan los porcentajes de germinación, a los 30 días de sembrada la semilla, y de supervivencia de plántulas a los 135 días de haber emergido. Con estos gráficos y la significancia de la diferencia entre las medias de las tablas, se determinó que el mejor tratamiento pre-germinativo para la germinación y supervivencia de *Erythrina* sp. fue el de limado de punta de la semilla, dando un 100 % en ambos conteos de porcentajes.

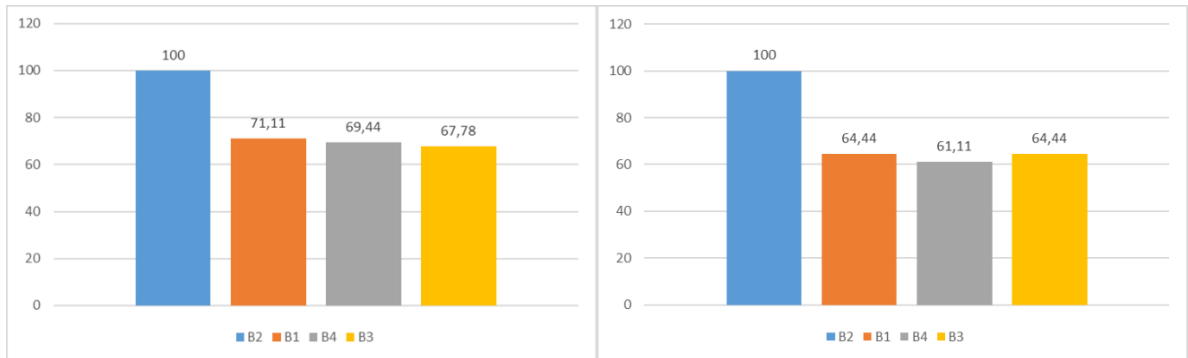


Gráfico 2-3. Porcentaje de germinación y supervivencia, tratamiento pre-germinativo, 30 y 135 días

Realizado por: Fiallos, 2021

En cuanto a los tratamientos combinados de sustrato y tratamiento pre-germinativo se evidenció que los mejores porcentajes de germinación y supervivencia fueron los del tratamiento de limado de punta de la semilla, independientemente de cualquiera de los sustratos analizados.

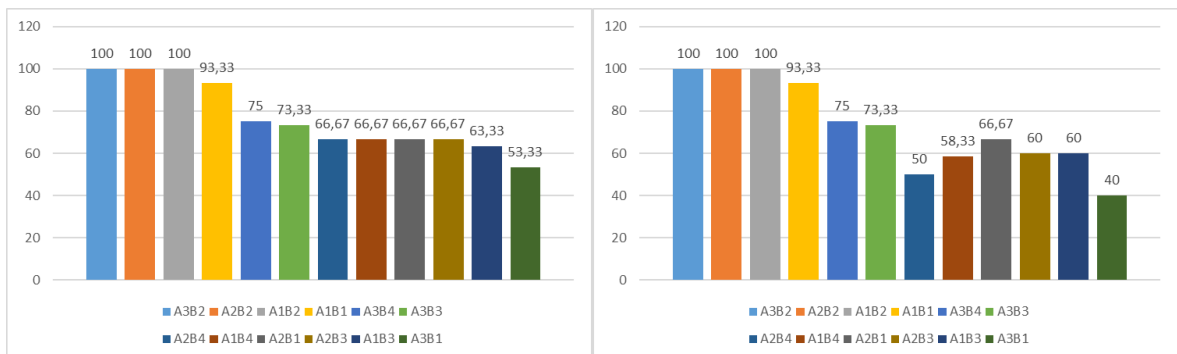


Gráfico 3-3. Porcentaje de germinación y supervivencia, sustrato*tratamiento pre-germinativo, 30 y 135 días

Realizado por: Fiallos, 2021

3.2.2. Crecimiento en altura y número de hojas

Según la Tabla 27-3, creada a base de los resultados de los análisis de varianza y pruebas de Tukey, anotando con una “X” los sustratos y tratamientos pre-germinativos que dieron un valor de significancia superior a los otros para cada variable evaluada (altura de plantas y número de

hojas) en los distintos tiempos de medición (60, 80, 100 y 135 días); se determinó que el mejor sustrato analizado fue el A1, conformado por 50 % humus + 40 % tierra negra + 10 % cascarilla de arroz, y el mejor tratamiento pre-germinativo fue el B2 que consiste en la lijadura de la punta de la semilla de *Erythrina* sp.

Tabla 27-3: Resumen de resultados de crecimiento, sustratos y tratamientos pre-germinativos

Sustrato	60 días		80 días		100 días		135 días	
	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas
A1	X		X		X	X	X	X
A2								X
A3								
Tratamiento pre-germinativo								
B1								
B2	X	X	X	X	X			
B3								
B4								

Realizado por: Fiallos, 2021

3.3. Análisis económico parcial

3.3.1. Análisis de costos por tratamiento

3.3.1.1. Rendimiento y beneficio neto de los tratamientos

La Tabla 28-3 contiene los costos que varían por tratamiento, teniendo que el T4 tiene el mayor costo y T12 el menor, con 19,60 y 11,88 USD, respectivamente.

Tabla 28-3: Costos que varían por tratamiento

Tratamiento	Sustrato	Fundas	Venta, cuidados	T pre-germinativos	Costos que varían
T1	9,76	1,44	8	0,30	19,50
T2	3,74	1,44	8	0,30	13,48
T3	2,34	1,44	8	0,30	12,08
T4	9,76	1,44	8	0,40	19,60
T5	3,74	1,44	8	0,40	13,58
T6	2,34	1,44	8	0,40	12,18
T7	9,76	1,44	8	0,34	19,54
T8	3,74	1,44	8	0,34	13,52
T9	2,34	1,44	8	0,34	12,12
T10	9,76	1,44	8	0,10	19,30

T11	3,74	1,44	8	0,10	13,28
T12	2,34	1,44	8	0,10	11,88

Realizado por: Fiallos, 2021

El rendimiento fue calculado con una tasa del 10 % para cada uno de los tratamientos, como se muestra en la tabla 29-3.

Tabla 29-3: Rendimiento y beneficio bruto de los tratamientos

Tratamiento	Rendimiento	Rendimiento ajustado 10 %	Precio de campo \$	Beneficio Bruto \$
T1	36,11	32,50	0,85	27,50
T2	27,78	25,00	0,80	20,00
T3	16,67	15,00	0,67	10,00
T4	41,67	37,50	0,87	32,50
T5	41,67	37,50	0,87	32,50
T6	41,67	37,50	0,87	32,50
T7	25,00	22,50	0,78	17,50
T8	25,00	22,50	0,78	17,50
T9	30,56	27,50	0,82	22,50
T10	19,44	17,50	0,71	12,50
T11	16,67	15,00	0,67	10,00
T12	25,00	22,50	0,78	17,50

Realizado por: Fiallos, 2021

La Tabla 30-3, para el beneficio neto por tratamiento, nos indica que el tratamiento T6 (A3B2: limado de punta de la semilla; 40 % aserrín + 50 % tierra negra + 10 % cascarilla de arroz), nos presenta el mayor beneficio neto que es de 20,32 USD y un total de costos de 12,18 USD, a diferencia de T10 (A1B4: sin tratamiento pre-germinativo; 50 % humus + 40 % tierra negra + 10 % cascarilla de arroz) con un beneficio neto de -6,80 USD y un total de costos de 19,30 USD.

Tabla 30-3: Beneficio neto por tratamiento

Tratamiento	Superficie m ²	Rendimiento u/m ²	Rendimiento Ajustado	Beneficio Bruto	Beneficio Neto
T1	0,36	36,11	32,50	27,50	8,00
T2	0,36	27,78	25,00	20,00	6,52
T3	0,36	16,67	15,00	10,00	-2,08
T4	0,36	41,67	37,50	32,50	12,90
T5	0,36	41,67	37,50	32,50	18,92
T6	0,36	41,67	37,50	32,50	20,32
T7	0,36	25,00	22,50	17,50	-2,04
T8	0,36	25,00	22,50	17,50	3,98
T9	0,36	30,56	27,50	22,50	10,38
T10	0,36	19,44	17,50	12,50	-6,80

T11	0,36	16,67	15,00	10,00	-3,28
T12	0,36	25,00	22,50	17,50	5,62

Realizado por: Fiallos, 2021

3.3.1.2. Análisis de dominancia

El análisis de dominancia (Tabla 31-3) nos indica que T12 (A3B2: limado de punta de la semilla; 40 % aserrín + 50 % tierra negra + 10 % cascarilla de arroz), T9 (A3B3: inmersión de la semilla en agua caliente durante 3 segundos; 40 % aserrín + 50 % tierra negra + 10 % cascarilla de arroz) y T6 (A3B2: limado de punta de la semilla; 40 % aserrín + 50 % tierra negra + 10 % cascarilla de arroz) son no dominados debido a que están evaluados de acuerdo al mayor costo establecido y en relación con el beneficio neto obtenido para cada tratamiento.

Tabla 31-3: Tratamientos dominados y no dominados

Tratamiento	Costos que varían	Beneficio neto	Dominancia
T12	11,88	5,62	ND
T3	12,08	-2,08	D
T9	12,12	10,38	ND
T6	12,18	20,32	ND
T11	13,28	-3,28	D
T2	13,48	6,52	D
T8	13,52	3,98	D
T5	13,58	18,92	D
T10	19,30	-6,80	D
T1	19,50	8,00	D
T7	19,54	-2,04	D
T4	19,60	12,90	D

Realizado por: Fiallos, 2021

3.3.1.3. Tasa de retorno marginal

La Tabla 32-3, nos indica que T6 (A3B2: limado de punta de la semilla; 40 % aserrín + 50 % tierra negra + 10 % cascarilla de arroz), fue el tratamiento que presentó los mejores resultados en todas las variables económicas evaluadas, siendo económicamente rentable ya que presenta una tasa de retorno marginal del 201,93 %.

Tabla 32-3: Cálculo de la tasa de retorno marginal

Tratamiento	CV	BN	Δ BN	Δ CV	TRM
T12	11,88	5,62			
T9	12,12	10,38			
T6	12,18	20,32	-25,08	-12,42	201,93%

Realizado por: Fiallos, 2021

3.4. Discusión de resultados

En estudios realizados por Toral, en pruebas de germinación de semillas de especies de *Erythrina* en fase de vivero, se obtuvieron un 37 % de germinación a semillas tratadas con agua caliente a 80 °C durante dos minutos y un 50 % en las no tratadas, en ambos casos la germinación se inició a partir de los 3 días de la siembra (Toral y Wencomo, 1999. p. 92).

En *Erythrina edulis* se ha calculado un 90 % de germinación con una alta viabilidad, si se siembran en los primeros 15 días después de cosechadas, pero deben estar libres de larvas e insectos que son muy frecuentes en esta especie (Barrera, 1989. citado en Toral y Wencomo, 1999. p. 95). Aguilar (2020. pp. 45-48) menciona que, para la misma especie obtiene porcentajes de germinación que van desde 57,77 hasta 72,22 % y tuvo porcentajes de supervivencia desde 73,08 hasta el 100 %, en un estudio en el que la semilla se sometía a variables de luz y abono.

Para *Erythrina fusca*, en el vivero se determinó que las semillas sumergidas en agua durante 24 horas antes de ser sembradas alcanzaron un 21 % de germinación, la cual se inició a los 13 días con periodo germinativo de 21 días (Acero, 1985: citado en Toral y Wencomo, 1999. p. 97).

Erythrina berteriana en la etapa de vivero se ha determinado que las semillas tratadas con agua caliente a 80 °C durante dos minutos alcanzaron un 55 % de germinación, y las no tratadas un 30 % de germinación, se inició a partir de los tres días de siembra en ambos casos (Toral y Wencomo, 1999. p. 99).

Los anteriores porcentajes de germinación al utilizar los tratamientos pre-germinativos como: agua caliente a 80 °C, inmersión de semillas en agua durante 24 horas, variables de luz y abono, siembra inmediata después de la cosecha de semillas, fueron superados por el tratamiento pre-germinativo de limado de punta de la semilla que se aplicó en el presente estudio y se obtuvo un 100 % de germinación, para el caso de las semillas que no fueron sometidas a ningún tratamiento se obtuvieron porcentajes inferiores a los obtenidos por Barrera para *Erythrina edulis*, 61 a 90 %,

respectivamente; pero superiores a los obtenidos a Toral en plantas de *Erythrina berteroana*, 61 a 30 %.

Pérez (2019. pp. 5-14) en su investigación de *E. fusca*, realizada a una altura de 56 m s.n.m., una precipitación promedio anual de 1132 a 1200 mm, temperatura media anual de 28°C y una humedad relativa mayor al 68%; menciona que en término de 30 días observó que en su tratamiento suelo (textura franco arcilloso, pardos grisáceos oscuros, moderadamente profundos, bien drenado) las plantas alcanzan una altura de 9,21 cm, seguida del tratamiento cascarilla con 5,60 cm, y bokashi con una altura de 5,42, a los 90 días el tratamiento suelo sigue sobresaliendo en su crecimiento respecto a los demás con un 12,8 cm. De acuerdo a Román (2012; citado en Pérez, 2019. p. 14) menciona que el crecimiento en vivero de la especie *Erythrina fusca* es muy rápido. Las plántulas pueden alcanzar 15-25 cm de altura en un tiempo de 3 meses. Requieren luz plena durante su desarrollo inicial.

Las especies *Erythrina poeppigiana* (Walp.) Cook y *Erythrina fusca* Lour se desarrollan bien en altitudes entre los 0 y 2000 m, en sitios con temperatura media anual entre 16 y 24 °C, precipitación anual de 1200 a 3000 mm (Farfán et al., 2016. p. 3). Los valores de crecimiento en altura mencionados por Pérez y Román superan a los obtenidos en el presente estudio, teniendo que a los 30 días de germinadas las plantas del sustrato A1 alcanzaron una altura de alrededor de los 5,10 cm en el mejor de los casos, y 9,55 cm a los 105 días; esto se puede deber a la diferencia de altitud, temperatura y humedad relativa del sitio de procedencia de la semilla, con respecto a las características climáticas del sitio donde se realizó la investigación, teniendo que las plantas del género *Erythrina* están acostumbrados a ambientes con menor altitud, mayor temperatura y mayor precipitación, a diferencia de las presentadas en la ciudad de Ambato (Altitud: 2596 m s.n.m., Temperatura media anual: 11,6 °C, Precipitación media anual: 403,4 mm, Humedad relativa: 84,5 %).

Moreta (2019. p. 48), en un estudio similar realizado con la especie *Olea europea* en la ciudad de Ambato, según su análisis económico obtiene una Tasa de Retorno Marginal del 3,73 %. Al mismo tiempo menciona que su tratamiento, a pesar de ser prometedor, no sería aceptado por viveristas puesto que su tasa de retorno es inferior a una tasa de retorno mínima que debe oscilar entre el 50 y 100 % (Reyes, 2001; citado en Moreta, 2019. p. 51). A diferencia de Moreta, en la investigación se obtuvo una Tasa de Retorno Marginal de 201,93 %, que si sería agradable para productores de plantas de *Erythrina* sp. en vivero.

CONCLUSIONES

- Se acepta la hipótesis alterna, puesto que se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, que permiten una mejor propagación de *Erythrina* sp. (Porotón).
- Para la propagación de *Erythrina* sp. (Porotón) en condiciones climáticas de la ciudad de Ambato, se concluye que el mejor porcentaje de germinación y supervivencia, con un valor del 100 % respectivamente. Se obtuvo usando el tratamiento pre-germinativo de limado de punta de la semilla, indistintamente de los tres sustratos utilizados para la fase de emergencia por el método de siembra directa.
- El mejor tratamiento para el crecimiento en altura y número de hojas fue al limar la punta de la semilla y colocarlas en un sustrato conformado por 50 % humus, 40 % tierra negra y 10 % cascarilla de arroz. Mientras que se evidenciaron medias de crecimiento muy bajas en las plantas a las que no se aplicó ningún tratamiento pre-germinativo y en los sustratos conformados por 40 % aserrín + 50 % tierra negra + 10 % cascarilla de arroz.
- De acuerdo al análisis económico de presupuesto parcial el tratamiento T6 (A3B2: con limado de punta como tratamiento pre-germinativo; 40 % aserrín + 50 % tierra negra + 10 % cascarilla de arroz), es económicamente rentable ya que presenta una tasa de retorno marginal del 201,93 %.

RECOMENDACIONES

- Establecer diferentes modelos de plantación agroforestal con el empleo de plantas de *Erythrina* sp. a las que se hayan aplicado los tratamientos investigados y comparar su desarrollo y crecimiento en diferentes condiciones de sitio.
- Complementar el presente estudio con otra investigación que se ejecute en condiciones climáticas similares del lugar de procedencia de la semilla, y a la vez evaluar más parámetros morfológicos y químicos de calidad de plántulas en vivero.
- Determinar los costos y beneficios ecológicos al utilizar especies arbóreas y arbustivas fijadoras de nitrógeno en sistemas agroforestales y comparar con sistemas integrados por especies no leguminosas, que requieren de la aplicación de fertilizantes.

GLOSARIO

FAO: por sus siglas en inglés *Food and Agriculture Organization*, es la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, su objetivo es poner fin al hambre a nivel mundial (FAO, 1998, párr. 1).

LPWG: *The Legume Phylogeny Working Group*, por sus siglas en inglés, en español es el Grupo de Trabajo sobre Filogenia de Leguminosas, encargado de una nueva clasificación de subfamilia de Leguminosae basada en una filogenia taxonómicamente completa (LPWG, 2017. p. 44).

m s.n.m.: metros sobre el nivel del mar, son una unidad de medida estándar del sistema métrico decimal para describir la elevación de un lugar del planeta Tierra respecto del nivel medio del mar en ese lugar (fundéuRAE, 2013. párr. 1).

USD: Dólar Estadounidense, moneda oficial de los Estados Unidos de América, es la divisa más intercambiada en el mundo (Wise, 1999. párr. 1).

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR, M. Evaluación de las tasas de germinación y supervivencia de cinco especies vegetales en vivero y en áreas degradadas en los bosques montanos del noroccidente de Pichincha (Tesis) (Maestría). Universidad Andina Simón Bolívar Sede Ecuador, Área de Gestión. Quito-Ecuador. 2020. pp. 45-48.

BONILLA, C., PINO, M.; & LOGROÑO, J. *Guía técnica de vivero forestal* [En línea]. Ecuador: Agencia de Cooperación Internacional del Japón, 2014. p. 16. [Consulta: 5 octubre 2021]. Disponible en: <http://www.congope.gob.ec/wp-content/uploads/2017/10/Manejo-de-Viveros-Forestales.pdf>.

CÁRDENAS, S. "El Pajuro (*Erythrina edulis*) alimento andino en extinción". *Investigaciones sociales*, vol. 16, n° 28 (2012), (Perú) pp. 97-104.

CIMMYT. *La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica*. México D.F.-México, 1988. ISBN: 968-6127-24-0. pp. 2-22.

CLIMATE-DATA. *Clima Ambato (Ecuador)* [En línea]. 2021. [Consulta: 7 octubre 2021]. Disponible en: <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-de-tungurahua/ambato-2957/>.

DORIA, J. "Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento". *Cultivos tropicales*, vol. 31, n° 1 (2010), (Cuba) pp. 74-85.

FAO. *Acerca de* [En línea]. 1998. [Consulta: 03 enero 2022]. Disponible en: <https://www.fao.org/about/es/>.

FARFÁN, F., BAUTE, J., MENZA, H.; & SÁNCHEZ, P. "Erythrina sp. para sistemas agroforestales con café". *Cenicafe*, (2016), (Colombia) p. 3.

FERNÁNDEZ, R. "Importancia y ventajas de *Erythrina* sp. en sistemas agroforestales". Xilema [En línea], 2010, (Perú) 23, pp. 51-52. [Consulta: 7 septiembre 2021]. Disponible en: <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/xiu/article/view/690/673>.

FUNDÉURAE. *Metros sobre el nivel del mar* [En línea]. España, 2013. [Consulta: 03 enero 2022]. Disponible en: <https://www.fundeu.es/consulta/metros-sobre-el-nivel-del-mar-9674/>.

GARZÓN, G., MONTENEGRO, E.; & LÓPEZ, F. “Uso de aserrín y acículas como sustrato de germinación y crecimiento de *Quercus humboldtii* (roble)”. *Colombia forestal*, vol. 9, n° 18 (2005), (Colombia) pp. 98-108.

GEODATOS. *Coordenadas geográficas de Ambato* [En línea]. 2021. [Consulta: 7 octubre 2021]. Disponible en: <https://www.geodatos.net/coordenadas/ecuador/ambato>.

IRIGOYEN, J.; & CRUZ, M. *Guía técnica de semilleros y viveros frutales* [En línea]. Santa Tecla-El Salvador: Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2005. pp. 8-22. [Consulta: 5 octubre 2021]. Disponible en: <http://repiica.iica.int/docs/B0507e/B0507e.pdf>.

LEÓN, S., VALENCIA, R. PITMAN, N., ENDARA, L., ULLOA, C.; & NAVARRETE, H. *Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador, 2ª edición*. Quito- Ecuador: Publicaciones del Herbario QCA, 2011. ISBN: 978-9942-03-393-2. pp. 329-330.

LPWG. “A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny”. *Taxon* [En línea], 2017, (Países Bajos) 66(1), pp. 44-77. [Consulta: 03 enero 2022]. DOI: <https://doi.org/10.12705/661.3>. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.12705/661.3>.

MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR. *Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental* [En línea]. Quito-Ecuador: Subsecretaría de Patrimonio Natura, 2013. pp. 72-73. [Consulta: 15 octubre 2021]. Disponible en: [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/NIVEL %20NACIONAL/MAE/ECOSISTEMAS/DOCUMENTOS/Sistema.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/NIVEL%20NACIONAL/MAE/ECOSISTEMAS/DOCUMENTOS/Sistema.pdf).

MORETA, D. Evaluación de cuatro tratamientos pregerminativos con tres tipos de sustratos para la propagación sexual de olivo (*Olea europea*), en el vivero forestal, sector Catiglata, cantón Ambato (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Carrera de Ingeniería Forestal. Riobamba-Ecuador. 2019. pp. 48-51.

OFICINA NACIONAL FORESTAL. *Guía Técnica SAF para la implementación de Sistemas Agroforestales (SAF) con árboles forestales maderables* [En línea]. Costa Rica: EuroDigital,

2013. pp. 15-21. [Consulta: 5 septiembre 2021]. Disponible en: https://www.biopasos.com/biblioteca/guia_sistemas_agroforestales.pdf.

OLIVARES, M., HERNÁNDEZ, A., VENCES, C., JÁQUEZ, J.; & OJEDA, D. "Lombricomposta y composta de estiércol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y mejoradores de suelo". *Universidad y Ciencia* [En línea], 2012, (México) 28(1), pp. 27-37. [Consulta: 17 septiembre 2021]. ISSN: 0186-2979. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/uc/v28n1/v28n1a3.pdf>.

PASTOR, J. "Utilización de sustratos en viveros". *Terra Latinoamericana*, vol. 17, n° 3 (1999), (México) pp. 231-235.

PÉREZ, B. Evaluación de la sobrevivencia y crecimiento inicial del Eléqueme (*Erythrina fusca*) bajo condiciones de vivero en la Universidad Nacional Agraria, 2019 (Trabajo de graduación) (Ingeniería). Universidad Nacional Agraria, Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. Managua-Nicaragua. 2019. pp. 5-14.

PITA, J. y PÉREZ, F. *Germinación de semillas*. Madrid-España: Hojas divulgadoras, 1998. ISBN: 84-491-0356-8. pp. 1-20.

ROMÁN, P., MARTÍNEZ, M.; & PANTOJA, A. Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina. Santiago de Chile-Chile: FAO, 2013. ISBN: 978-92-5-307844-8. p. 23.

TORAL, O. & WENCOMO, H. "Especies de *Erythrina* para la ganadería tropical". *Pastos y forrajes* [En línea], 1999, (Cuba) 22(2), pp. 87-103. [Consulta: 15 septiembre 2021]. ISSN: 2078-8452. Disponible en: [https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=download&path\[\]=984&path\[\]=486&path\[\]=](https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=download&path[]=984&path[]=486&path[]=).

VARELA, S.; & APARICIO, A. "Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos". *INTA-EEA* [En línea], 2011, (Argentina) 3, pp. 1-10. [Consulta: 20 septiembre 2021]. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_latencia.pdf.

VELÁSQUEZ, L., MONTOYA, D., JIMÉNEZ, A., MURILLO, W.; & MÉNDEZ, J. *Género Erythrina: actualidad en la investigación y perspectivas de desarrollo científico* [En línea].

Ibagué-Colombia: Universidad de Tolima, 2019. pp. 13-27. [Consulta: 7 septiembre 2021].
Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/335704326>.

WISE. *Dólar estadounidense (USD)* [En línea]. 1999. [Consulta: 03 enero 2022]. Disponible en:
<https://wise.com/es/currency-convert/currencies/usd-us-dollar>.

ANEXOS

ANEXO A: CANTIDAD DE SACOS NECESARIOS, PARA LA CONFORMACIÓN DE SUSTRATOS

Compuestos	Humus	Compost	Cascarilla de arroz	Aserrín	Tierra negra
Sustrato 1	3,26 sacos		0,65 sacos		0,78 sacos
Sustrato 2		0,98 sacos	0,65 sacos		0,78 sacos
Sustrato 3			0,65 sacos	2,61 sacos	0,98 sacos
Total/cantidad	3,26 sacos	0,98 sacos	1,95 sacos	2,61 sacos	2,54 sacos

ANEXO B: COSTO DE INSUMOS

Compuestos	Costo por saco	Cantidad necesaria/sacos	Total
Humus	7\$	4	28\$
Compost	5\$	1	5\$
Cascarilla de arroz	1,80\$	2	3,6\$
Tierra negra	1,25\$	3	3,75\$
Aserrín	1\$	3	3\$
			43,35\$

ANEXO C: TRATAMIENTOS PRE-GERMINATIVOS



ANEXO D: CONSTRUCCIÓN DEL VIVERO TEMPORAL



ANEXO E: MEZCLA DE SUSTRATOS Y ENFUNDADO



ANEXO F: EMERGENCIA DE PLÁNTULAS



ANEXO G: DISTRIBUCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS EN CAMPO





esPOCH

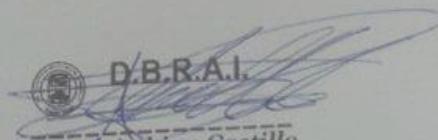
Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 27 / 04 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Ismael Alejandro Fiallos Proaño
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Recursos Naturales
Carrera: Ingeniería Forestal
Título a optar: Ingeniero Forestal
f. responsable:


D.B.R.A.I.
Ing. Cristhian Castillo



0389-DBRA-UTP-2022