Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Forestal

TRATAMIENTOS PRE - GERMINATIVOS DE SEMILLAS DE *CAESALPINIA SPINOSA* (MOL) O. KUNTZE CON DISTINTOS SUSTRATOS EN EL VIVERO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

Trabajo de titulación previa a la obtención del título de Ingeniero Forestal.

AUTOR:

Sandro Alberto Reyes Ramírez

DIRECTOR:

Ing. Oscar Rodrigo Ordóñez Gutiérrez M.Sc.

Loja – Ecuador

2022

Certificación de dirección tesis

Loja, 17 de septiembre de 2021

Ing. Oscar Rodrigo Ordóñez Gutiérrez M.Sc.
DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración de tesis de grado titulado: **"TRATAMIENTOS PRE - GERMINATIVOS DE SEMILLAS DE *CAESALPINIA SPINOSA* (MOL) O. KUNTZE CON DISTINTOS SUSTRATOS EN EL VIVERO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA"** de autoría del estudiante **Sandro Alberto Reyes Ramírez**, previa a la obtención del título de Ingeniero Forestal, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación para la respectiva sustentación y defensa.

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
OSCAR RODRIGO
ORDONEZ
GUTIERREZ

Ing. Oscar Rodrigo Ordóñez Gutiérrez M.Sc.
DIRECTOR DE TESIS

Autoría

Yo, **Sandro Alberto Reyes Ramírez**, declaro ser autor del presente trabajo de titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido de la misma. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mí del trabajo de integración curricular o de titulación en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma

Firmado electrónicamente por:
SANDRO ALBERTO REYES RAMIREZ

Cédula de Identidad: 0706755071
Fecha: Loja, 12 de julio del 2022.
Correo electrónico: sandro.reyes@unl.edu.ec
Celular: 0998822847

Carta de autorización de tesis por parte del autor (a) para la consulta de producción parcial o total, y publicación electrónica de texto completo

Yo, Sandro Alberto Reyes Ramírez, declaro ser autor de la tesis titulada: **"TRATAMIENTOS PRE - GERMINATIVOS DE SEMILLAS DE *CAESALPINIA SPINOSA* (MOL) O. KUNTZE CON DISTINTOS SUSTRATOS EN EL VIVERO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA"**, como requisito para optar el grado de Ingeniería Forestal, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Digital Institucional, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los veintisiete días del mes julio del dos mil veintidós.

Firma: Firmado electrónicamente por: SANDRO ALBERTO REYES RAMIREZ

Autor: Sandro Alberto Reyes Ramírez

Cédula: 0706755071

Dirección: Ciudad de Loja: San Cayetano bajo, calle Tokio

Correo electrónico: sandro.reyes.95r@gmail.com

Teléfono: s/n Celular: 0998822847

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director de Tesis: Ing. Oscar Ordoñez Gutiérrez Mg. Sc.

Tribunal de Grado: Ing. Luis Alfredo Yaguache Ordoñez Mg. Sc.

Ing. Vanessa Alexandra Granda Moser Mg. Sc.

Ing. Tatiana Lizbeth Ojeda Luna Mg. Sc.

Dedicatoria

El presente trabajo de titulación está dedicado a Dios por brindarme salud, fortaleza y sabiduría para cumplir con este sueño anhelado.

A mi amada madre Gloria Ramírez que ha sabido guiarme por el camino correcto, con sus mensajes de aliento y motivación he logrado salir adelante en diferentes circunstancias de la vida; y, por los valores de respeto, honestidad, humildad y perseverancia inculcadas sobre mí, me ha ayudado a cumplir esta meta.

A mis hermanos, Ángel, Paul, Rocío, Edison, Anthony, Génesis y Aracely, a mis sobrinos Luis y Dilan que han sido un apoyo incondicional y estar junto a mí ante cualquier situación y brindándome fortaleza para seguir adelante.

A mi padre Alberto Reyes, que a pesar que físicamente dejó de estar junto a nosotros desde muy temprana edad siempre ha estado en nuestros corazones, guiándonos por el camino de la vida.

A mi tío Tomás Reyes y familia que siempre estuvo apoyándome en toda mi etapa universitaria, y brindándome sus consejos para que pueda alcanzar esta meta.

A mis amigos, en especial a Nicolay por estar compartiendo momentos de alegría y tristeza y contribuir a lograr este sueño.

¡Gracias a ustedes!

Sandro Reyes

Agradecimiento

Agradezco a Dios por brindarme bendiciones en el transcurso de mi vida, permitiéndome finalizar con satisfacción una etapa extraordinaria. A mi familia y amigos que me ofrecieron su apoyo de distintas formas durante mi carrera profesional.

A la Universidad Nacional de Loja, Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables y a la prestigiosa carrera de Ingeniería Forestal por abrirme sus puertas y formar parte de esta noble profesión, a los docentes por compartir sus conocimientos teóricos-prácticos, sus experiencias y mensajes de motivación durante el transcurso de mi etapa universitaria.

Quiero agradecer en especial al Ing. Oscar Ordoñez, por permitirme formar parte de su investigación; así mismo por brindarme su apoyo, confianza, motivación, dedicación y tiempo para finalizar el presente trabajo, por compartirme consejos como profesional y como amigo.

A mi madre Gloria por enseñarme a no rendirse nunca, que con fe y esfuerzo cualquier meta es posible de cumplir. A mis hermanos, Paul y Ángel, a mi tío Tomas y familia que siempre estuvieron apoyándome constantemente durante el transcurso de mi carrera profesional.

A mis amigos y compañeros: Nicolay, Cristian, Guadalupe que me brindaron su amistad y compartir momentos de alegría, por sus motivaciones para lograr alcanzar esta gran profesión.

Sandro Alberto Reyes Ramírez

Índice general

Portada i

Certificación de dirección de tesis ii

Autoría iii

Carta de autorización iv

Dedicatoria v

Agradecimiento vi

Índice general vii

Índice de tablas x

Índice de figuras xi

Índice de anexos xiv

Título. 1

2. Resumen 2

2.1. Abstract 3

3. Introducción 4

3.1. Objetivo general 6

3.2. Objetivos específicos 6

4. Marco teórico 7

4.1. Generalidades del género *Caesalpinia* 7

4.2. Descripción de la especie 7

4.2.1. Descripción botánica 7

4.2.2. Descripción taxonómica de la especie 8

4.3. Formas de reproducción de las especies vegetales 8

4.3.1. Reproducción sexual 8

4.3.2. Reproducción asexual 9

4.4. Germinación 10

4.4.1. Fases de germinación 10

4.4.2. Factores que afectan a la germinación 11
4.5. Tratamientos pre germinativos 11
4.5.1. Métodos pre germinativos 11
4.6. Sustrato 12
4.6.1. Clasificación de sustratos 13
4.6.2. Tipos de sustratos 13
4.7. Factores que inciden en el prendimiento y desarrollo de las plántulas 14
4.7.1. Sombramiento 14
4.7.2. Ubicación 15
4.7.3. Riego 15
4.7.4. Fertilización 15
5. Metodología 16
5.1. Área de ubicación 16
5.2. Metodología para evaluar el porcentaje de germinación de semillas de *Caesalpinia spinosa* provenientes de árboles plus de cuatro cantones de la provincia de Loja a nivel de vivero, mediante diferentes tratamientos pre – germinativos. 17
5.2.1. Colecta y selección de semillas 17
5.2.2. Preparación de las semillas para la siembra a nivel de vivero 17
5.2.3. Preparación de sustrato para la germinación de semillas a nivel de vivero ... 18
5.2.4. Siembra de las semillas de *Caesalpinia spinosa* en el vivero 20
5.2.5. Cuidados generales en el vivero 20
5.2.6. Registro de datos 21
5.2.7. Diseño experimental 21
5.3. Metodología para evaluar la respuesta de prendimiento y crecimiento de las plántulas de *Caesalpinia spinosa* (Mol) O. Kuntze., bajo diferentes tipos de sustratos para conocer el tratamiento más adecuado según sus requerimientos ecológicos y nutricionales durante su desarrollo. 24

5.3.1. Preparación de las plántulas bajo diferentes condiciones físicas 24

5.3.2. Evaluación de características morfológicas de las plántulas 25

6. Resultados 27

6.1. Propagación sexual de *Caesalpinia spinosa* (Mol) 0. Kuntze 27

6.1.1. Germinación de semillas en el invernadero 27

6.1.2. Análisis de varianza para el número y porcentaje de semillas germinadas de *Caesalpinia spinosa* (Mol) O. Kuntze. 33

6.1.3. Evaluación de mortalidad de plántulas de *Caesalpinia spinosa* (Mol) O. Kuntze., en el invernadero 40

6.1.4. Desarrollo de plántulas de *Caesalpinia spinosa* (Mol) O. Kuntze., en condiciones de sombra 43

7. Discusión 48

7.1. Propagación sexual de *Caesalpinia spinosa* (Mol) O. Kuntze., mediante siembra directa en fundas de polietileno en el invernadero. 48

7.1.1. Porcentaje de germinación por tratamientos pre germinativos y tipos de sustratos 48

7.1.2. Desarrollo de plántulas de *Caesalpinia spinosa* (Mol) O. Kuntze en condiciones de sombra 50

8. Conclusiones 53

9. Recomendaciones 54

10. Bibliografía 55

11. Anexos 63

Índice de tablas

Tabla 1. *Descripción de los tratamientos pre germinativos para la siembra de semillas de Caesalpinia spinosa a nivel de vivero.* *18*

Tabla 2. *Descripción de los tratamientos de sustratos para la germinación de semillas de Caesalpinia spinosa a nivel de vivero.* *19*

Tabla 3. *Matriz para el registro de datos para evaluar la germinación de las semillas*.....*21*

Tabla 4. *Tratamiento y repeticiones para la germinación de semillas en el vivero para cada sitio.* *22*

Tabla 5. *Variables evaluadas en el ensayo de germinación de semillas de Caesalpinia spinosa.*..... *24*

Tabla 6. *Datos de germinación de las semillas de Caesalpinia spinosa (Mol) O. Kuntze*.....*63*

Tabla 7. *Datos de crecimiento y desarrollo de las plántulas de Caesalpinia spinosa (Mol). O. Kuntze en condiciones ambientales.*..... *65*

Índice de figuras

Figura 1. *a). Ubicación del vivero de la Universidad Nacional de Loja. b) Procedencia de las semillas de Caesalpinia spinosa.* 16

Figura 2. *Número de semillas a considerar por cada tratamiento pre – germinativo.*.. 18

Figura 3. *Número de semillas a considerar por cada tratamiento de sustrato por procedencia.* 19

Figura 4. *Esquema de la siembra de semillas de Caesalpinia spinosa por tratamiento pre – germinativo y tipo de sustrato en el invernadero por procedencia.* 20

Figura 5. *Esquema de la distribución de las plántulas de Caesalpinia spinosa por tipos de sustrato por cantón, bajo diferentes condiciones de sombra en el vivero.*..... 25

Figura 6. *Curva acumulativa de la germinación de semillas por tratamiento pre – germinativo en el cantón Catacocha.* 28

Figura 7. *Curva acumulativa de la germinación de semillas por tratamiento de sustrato en el cantón Catacocha.* 28

Figura 8. *Curva acumulativa de la germinación de semillas por tratamiento pre – germinativo en el cantón Catamayo.*..... 29

Figura 9. *Curva acumulativa de la germinación de semillas por tratamiento de sustrato en el cantón Catamayo.* 30

Figura 10. *Curva acumulativa de la germinación de semillas por tratamiento pre – germinativo en el cantón Gonzanamá.* 30

Figura 11. *Curva acumulativa de la germinación de semillas por tratamiento de sustratos en el cantón Gonzanamá.* 31

Figura 12. *Curva acumulativa de la germinación de semillas por tratamiento pre – germinativo en el cantón Loja.* 32

Figura 13. *Curva acumulativa de la germinación de semillas por tratamiento de sustrato en el cantón Loja.* 32

Figura 14. *Porcentaje de germinación de semillas de Caesalpinia spinosa provenientes del cantón Catacocha, por tratamientos pre – germinativos.* 33

Figura 15. *Porcentaje de germinación de semillas de Caesalpinia spinosa provenientes del cantón Catacocha, por tratamientos de sustrato.*..... 34

Figura 16. *Porcentaje de germinación de semillas de Caesalpinia spinosa provenientes del cantón Catamayo, por tratamientos pre – germinativos.* 35

Figura 17. *Porcentaje de germinación de semillas de Caesalpinia spinosa provenientes del cantón Catamayo, en distintos tratamientos de sustrato.* 36

Figura 18. *Porcentaje de germinación de semillas de Caesalpinia spinosa provenientes del cantón Gonzanamá, por tratamientos pre – germinativos.* 37

Figura 19. *Porcentaje de germinación de semillas de Caesalpinia spinosa provenientes del cantón Gonzanamá, en distintos tratamientos de sustrato.* 38

Figura 20. *Porcentaje de germinación de semillas de Caesalpinia spinosa provenientes del cantón Gonzanamá, por tratamientos pre – germinativos.* 39

Figura 21. *Porcentaje de germinación de semillas de Caesalpinia spinosa provenientes del cantón Loja, en distintos tratamientos de sustrato.* 39

Figura 22. *Porcentaje de mortalidad de plántulas de Caesalpinia spinosa del cantón Catacocha.* 40

Figura 23. *Porcentaje de mortalidad de plántulas de Caesalpinia spinosa del cantón Catamayo.* 41

Figura 24. *Porcentaje de mortalidad de plántulas de Caesalpinia spinosa del cantón Gonzanamá.* 42

Figura 25. *Porcentaje de mortalidad de plántulas de Caesalpinia spinosa del cantón Loja.* 42

Figura 26. *Crecimiento de plántulas en el tratamiento testigo (T0).* 43

Figura 27. *Crecimiento de plántulas en el T1.* 44

Figura 28. *Crecimiento de plántulas en el T2.* 45

Figura 29. *Crecimiento de plántulas en el T3.* 46

Figura 30. *Crecimiento de plántulas en el T4.* 47

Figura 31. *Crecimiento de plántulas en el T5.* 47

Figura 32. *Semillas de Caesalpinia spinosa aplicado los tratamientos pre – germinativos.* 67

Figura 33. *Lijado de las semillas.* 67

Figura 34. *Semillas en remojo en solución con urea.* 68

Figura 35. *Semillas a temperatura de -10 °C.* 68

Figura 36. *Preparación de sustrato compuesto por tierra, arena y tamo de arroz.* 69

Figura 37. *Siembra directa de las semillas de Caesalpinia spinosa.* 69

Figura 38. *Germinación y mortalidad de las semillas de Caesalpinia spinosa.* 70

Figura 39. *Plántulas de Caesalpinia spinosa en el invernadero.* 70

Figura 40. *Mediciones de las características morfológicas de diámetro y altura de las plántulas.* 71

Figura 41. *Mediciones de las características morfológicas de número de hojas y longitud de la raíz de las plántulas.* 71

Índice de anexos

Anexo 1. Cuadro resumen de germinación de las semillas de *Caesalpinia spinosa* (Mol) O. Kuntze. 63

Anexo 2. Cuadro resumen de crecimiento y desarrollo de las plántulas de *Caesalpinia spinosa* (Mol). O. Kuntze en condiciones ambientales. 65

Anexo 3. Preparación de las semillas de las semillas de *Caesalpinia spinosa* (Mol) O. Kuntze., con los diferentes tratamientos pre – germinativos..... 67

Anexo 4. Preparación de sustratos para la siembra de las semillas. 69

Anexo 5. Germinación de las semillas y mortalidad de plántulas. 70

Anexo 6. Desarrollo de las plántulas de *Caesalpinia spinosa* en el vivero. 71

Anexo 7. Certificado de revisión de Abstract..... 72

TRATAMIENTOS PRE - GERMINATIVOS DE SEMILLAS DE *CAESALPINIA SPINOSA* (MOL) O. KUNTZE CON DISTINTOS SUSTRATOS EN EL VIVERO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.

2. Resumen

La investigación se realizó con la finalidad de evaluar el porcentaje de germinación de las semillas y prendimiento plántulas de *Caesalpinia spinosa* (Mol) O. Kuntze provenientes de cuatro cantones de la provincia de Loja (Catacocha, Catamayo, Gonzanamá y Loja) con diferentes tratamientos pre – germinativos en distintos tipos de sustratos.

Para evaluar el poder germinativo y el porcentaje de germinación de las semillas de *Caesalpinia spinosa*, se aplicó un diseño simple al azar de 5 tratamientos pre – germinativos y 1 testigo, y 5 tipos de sustratos y 1 testigo con tres repeticiones para cada caso. Los tratamientos pre – germinativos fueron: testigo (TP0), escarificación mecánica: lijado de la semilla (TP1), escarificación química: remojo en solución de urea (TP2), escarificación física: remojo en agua caliente por 10 minutos (TP3), remojo en agua fría por 72 horas (TP4) y estratificación: semillas almacenadas a temperatura -10 °C (TP5). Y, los tipos de sustratos utilizados para evaluar el porcentaje de prendimiento de las plántulas fueron: testigo: 100 % tierra negra (T0), tierra negra, arena y nitrosano 2:1:1 (T1), tierra negra, arena y tamo de arroz 2:1:1 (T2), tierra negra, arena y humus 2:1:1 (T3), tierra negra, arena y estiércol de chivo 2:1:1 (T4), tierra negra y humus 2:2 (T5). El tratamiento que tuvo una mayor germinación de las semillas fue el TP1 con el 85,83 % en un sustrato compuesto por tierra, arena y nitrosano en proporción 2:1:1 (T1).

Además, se realizó la evaluación de desarrollo y crecimiento de las plántulas de *Caesalpinia spinosa* mediante el registro de datos de las características morfológicas, como altura, diámetro del tallo, número de hojas y longitud de la raíz bajo distintas condiciones de sombra (CS) con sarán al 50 %, 65 % y 80 % de sombra (CS1) y a cielo abierto (CS2) durante un periodo de 2 meses con registro de datos cada 8 días. El T5 presentó mejores resultados con respecto a la altura de la plántula, bajo la condición de sombra de 50 % con un promedio de 9,75 cm, y en cuanto al diámetro del tallo la condición al aire libre presentó un promedio de 3,43 mm y un promedio de número de hojas de 7,75. Con respecto a la longitud de la raíz de las plántulas, el T0 bajo cubierta de 50 % de sombra presentó mayor crecimiento con un promedio de 14,99 cm.

2.1. Abstract

This research was carried out; in the nursery of the Universidad Nacional de Loja which is located in the Quinta Experimental La Argelia, with the aim of evaluating the percentage of germination and mortality of *Caesalpinia spinosa* seeds (Mol) O. Kuntze coming from four cantons of the province of Loja (Catacocha, Catamayo, Gonzanamá and Loja) with different pre-germination treatments in different substrates types.

A simple randomized design was used with 3 replications, 5 pre-germination treatments and 1 control, 5 substrate treatments and 1 control. The pre-germination treatments were: control (TP0), mechanical scarification: seed sanding (TP1), chemical scarification: soaking solution urea (TP2), physical scarification: soaking hot water for 10 minutes (TP3), soaking cold water for 72 hours (TP4) and stratification: seeds stored at -10 °C (TP5). And, the substrates treatments were: control: 100 % black soil (T0), black soil, sand and nitrosan 2:1:1 (T1), black soil, sand and rice chaff 2:1:1 (T2), black soil, sand and humus 2:1:1 (T3), black soil, sand and goat fertilizer 2:1:1 (T4), black soil and humus 2:2 (T5). The treatment with the highest seed germination was from Loja canton by means of TP1 with 85.83 % in a substrate composed of soil, sand, and nitrosan in a 2:1:1 ratio.

In addition, in this research, a development and growth evaluation of *Caesalpinia spinosa (Mo)* O. Kuntze seedlings was carried out by recording data on morphological characteristics such as height, stem diameter, number of leaves and root length under different shade conditions. The environmental conditions were: covered with saran at 50%, 65% and 80% shade (C1) and open-air (C2), for 2 months period with data recording every 8 days. The T5 presented better results with regard to the seedling height, under the condition of 50% shade with an average of 9.75 cm. Regarding the stem, the diameter presented an average of 3.43 mm and an average number of leaves of 7.75 in an open-air condition. With regard to the root length, the seedlings showed the greatest growth in T0 under a cover of 50% shade, obtaining an average of 14.99 cm.

3. Introducción

El Ecuador es un país considerado megadiverso por la variedad de ecosistemas, especies de flora y fauna, recursos genéticos y valores étnicos - culturales. A pesar de poseer una extensión de 256.370 km^2, alberga 18.198 especies de plantas vasculares, de la cuales 17.748 son especies nativas y 4.500 endémicas (Jorgensen & Leon-Yánez, 1999; MAE, 2015) que representan el 7.6 % de plantas vasculares registradas en todo el planeta. Con respecto a la fauna corresponde a 403 especies de mamíferos, 1.642 especies de aves, 540 especies de anfibios, 432 especies de reptiles, y 1.784 especies marinas (Albuja et al., 2011; MAE, 2017).

La provincia de Loja es una de las zonas megadiversas del país, debido que se encuentra influenciada por la depresión de Huancabamba, por los distintos pisos altitudinales, ubicación geográfica, geomorfología, cuencas hidrográficas que generan hábitats y microhábitats que proveen de condiciones favorables para el desarrollo de flora y fauna (PNUMA, et al., 2007; Aguirre, 2013). Según MAE (2013), la diversidad ecosistémica de la provincia de Loja es de 22 ecosistemas, con un total aproximado de 3.039 especies de plantas (Jorgensen & Leon-Yánez, 1999), siendo 639 endémicas (Aguirre, et al., 2017). Así mismo, para los bosques seco de la provincia de Loja se reportan 150 especies de flora, con un alto porcentaje de endemismo (Aguirre, 2013; Padilla, et al., 2018).

A nivel de la provincia de Loja, *Caesalpinia spinosa* (Mol) O. Kuntze, se distribuye en un rango altitudinal de 1 500 – 3 000 m s.n.m. (Jorgensen & Leon-Yánez, 1999), la especie posee una diversidad de beneficios, característicamente sus vainas sirven para extraer taninos (Melo, et al., 2013) y de las semillas se puede obtener gomas (Villena Velásquez, et al., 2019). Sin embargo, esta especie ha sido aprovechada para cercar los terrenos, como fuente de combustibilidad para la producción de carbón y para establecer sistemas agroforestales (Narváez, et al., 2009).

Caesalpinia spinosa (Mol) O. Kuntze es una especie que tiene gran potencial en la industria por el uso de los derivados provenientes de sus frutos que poseen un elevado contenido de taninos y gomas, que son utilizados para la curtiembre y la industria alimenticia. Además, es una especie que tiene usos en la industria farmacéutica, así como en actividades de protección de suelos y reforestación. Sin embargo, pese a su

gran potencial ha existido un desconocimiento por parte de las familias de las comunidades de su importancia y usos, debido a que han sido explotados con fines maderables, lo que ha provocado la destrucción, disminución y pérdida de individuos de la especie, quedando distribuida de una forma dispersa en cercas vivas, cultivos y en áreas lejanas de difícil acceso y de topografía irregular, concentrándose en mayor cantidad en las provincias de Imbabura, Chimborazo y Loja (Villena & Seminario, 2021).

La identificación de las áreas donde se encuentra distribuida la especie *Caesalpinia spinosa* y árboles plus en la provincia de Loja permite conservar y valorar las poblaciones remanentes, sus productos no maderables como la producción de semillas para una mejor adaptabilidad de las plántulas frente al cambio climático.

Así mismo, es importante indicar que la germinación de las semillas de la especie de *Caesalpinia spinosa* (Mol) Kuntze se debe realizar mediante diferentes tratamientos pre – germinativos, debido a la dureza de la semilla (Lindo-Angulo, et al., 2017). Los tratamientos pre – germinativos ayudan a romper el estado de latencia de las semillas, permitiendo que tengan la capacidad de germinar de acuerdo a las condiciones necesarias que requieren. Por lo tanto, es necesario realizar estudios sobre los métodos más eficaces para la germinación y establecimiento de plantaciones de la especie en la provincia de Loja, con la finalidad de establecer a futuro huertos semilleros, para abastecer de semillas de calidad a los diferentes proyectos, instituciones y propietarios de los predios en la provincia y el país.

Bajo esta perspectiva, y con la finalidad de contribuir al conocimiento de las técnicas de propagación y conservación de la especie se desarrolló la presente investigación donde se aplicó diferentes tratamientos pre – germinativos y sustratos para evaluar la germinación y prendimiento de las plántulas. El ensayo se desarrolló en el vivero de la Universidad Nacional de Loja del cantón Loja, durante el período septiembre 2020 mayo 2021. Esta investigación forma parte del proyecto “Caracterización e industrialización de *Caesalpinia spinosa* en cuatro cantones de la provincia de Loja” que es financiado por la Universidad Nacional de Loja.

3.1. Objetivo general

- Contribuir con información sobre la propagación sexual de *Caesalpinia spinosa* (Mol) O. Kuntze mediante tratamientos pre – germinativos a nivel de vivero, y conocer cuáles son sus requerimientos ecológicos y nutricionales durante su desarrollo.

3.2. Objetivos específicos

- Evaluar el porcentaje de germinación de semillas de *Caesalpinia spinosa* (Mol) O. Kuntze provenientes de árboles plus de cuatro cantones de la provincia de Loja a nivel de vivero, mediante diferentes tratamientos pre – germinativos.

- Evaluar la respuesta de prendimiento y crecimiento de las plántulas de *Caesalpinia spinosa* (Mol) O. Kuntze bajo diferentes tipos de sustratos para conocer el tratamiento más adecuado según sus requerimientos ecológicos y nutricionales durante su desarrollo.

4. Marco teórico

4.1. Generalidades del género *Caesalpinia*

Caesalpinia es un género que corresponde a árboles, arbustos y trepadores espinosos, pertenecen a la familia Caesalpinaceae, se encuentran distribuidas en zonas tropicales y subtropicales (Baldim Zanin, et al., 2012).

La especie de *Caesalpinia spinosa* (Mol) Kuntze, es una especie que se utiliza en la industria y en la medicina, debido que se caracteriza por contener una gran cantidad de taninos en sus vainas y gomas en sus hojas (Martel, et al., 2014).

4.2. Descripción de la especie

4.2.1. Descripción botánica

Aspectos generales: Especie nativa del Ecuador que crece y se desarrolla en los valles secos interandinos que se encuentran a una altitud de 1000 – 3000 m.s.n.m. Es un árbol de 6 – 8 m de altura y 15 – 20 cm de diámetro en poblaciones naturales (Aguirre, 2012) pero pueden alcanzar a medir hasta 12 m de altura y 60 cm de diámetro en condiciones favorables de suelo y agua (Mancero, 2008). Tiene un fuste redondo con una corteza gris, espinoso y a veces torcido, que se ramifica ampliamente en ejes foliosos y espinosos (Dostert, et al., 2009).

Hojas: Presenta hojas compuestas, alternas, pinnadas, persistentes, estipulas pequeñas, con 6 a 8 pares de foliolos ovalados brillantes, glabros de 3 cm de longitud por 2 cm de ancho, generalmente opuestos, verde oscuro (Aguirre, 2012; Ulibarri, 2008).

Fruto: Vainas indehiscentes aplanadas, su coloración es verde amarillentas en vainas jóvenes y café – anaranjadas en su etapa madura; son curvas con una longitud de 5 – 10 cm de largo y 1 – 3 cm de ancho; contienen hasta 10 semillas, aplanadas, con una coloración café negruzcas cuando se encuentran maduras (Mancero, 2008; Aguirre, 2012).

Flores: Inflorescencias en racimos de 40 a 100 flores hermafroditas, presenta un cáliz que contiene 5 sépalos y una corola con 5 pétalos amarillos con manchas de coloración rojiza, 10 estambres, presenta un pistilo encorvado y posee un ovario supero (Aguirre, 2012). Las flores tienen un tamaño que varía entre 1,2 a 13,3 mm de largo y 2,1 a 11,6 mm de ancho (Sánchez Ocharan, et al., 2016).

Semillas: Ovoides, ligeramente aplanadas, en la etapa madura son duras, coloración parda – oscuro, brillosas y verdes presentan un mesocarpio comestible de consistencia blanda (Chávez, 2014). Las semillas pueden tener un 1 cm de longitud y mm de ancho (Aguirre, 2012).

Usos: La madera es utilizada para parquet, leña y postes; las vainas son comercializadas para la extracción de taninos en la industria de la curtiembre y la semilla es aprovechada para extraer del endospermo gomas que son utilizados en la industria alimentaria y el embrión para la elaboración de alimentos para ganado (Novoa, S; Ramirez, 2007; Castell, et al., 2011). Además, el endospermo cocido produce un líquido que sirve para hacer gárgaras y aliviar inflamaciones de garganta. Por otra parte, es una planta resistente, apta para realizar reforestación en zonas secas y degradadas del Ecuador (Aguirre, 2012).

4.2.2. Descripción taxonómica de la especie

Según Alemán, (2009) la clasificación taxonómica de la especie es la siguiente:

Reino: Plantae
Filo: Magnoliophyta
Clases: Magnoliopsida
Orden: Fabales
Familia: Caesalpiniaceae
Género: *Caesalpinia*
Especie: *C. spinosa*
Nombre científico: *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze
Nombres comunes: tara, guarango, vainillo, taya, tanino
Sinónimos: *Caesalpinia pectinata* Cavanilles, *C. stipulata* (Sadwith) J.F., *C. tara* R et P, *C. tinctoria* HBK, *Poinciana spinosa* Molina, *Tara spinosa* (Molina) Britt & Rose.

4.3. Formas de reproducción de las especies vegetales

4.3.1. Reproducción sexual

4.3.1.1. La semilla

Las semillas constituyen el medio de reproducción de las especies vegetales que originan un nuevo individuo, el cual es portador de la variabilidad genética que estuvo

presente en toda una población (Caraguay-Yaguana, et al., 2016). Las semillas son afectadas por factores ambientales por lo que poseen mecanismos bioquímicos que les permiten reaccionar a dichos estímulos ambientales durante su ontogénesis, persistencia en el suelo y germinación (Doria, 2010; Courtis, 2013 Martínez-Camacho, et al., 2018).

La semilla es un recurso que permite el manejo agrícola y silvícola de las poblaciones vegetales con fines de conservación del germoplasma, para la reforestación y recuperación de especies vegetales valiosas que se encuentran en estado crítico en su conservación; estas pueden ser almacenadas vivas por largos períodos, conservando su viabilidad para la preservación de especies (Caraguay-Yaguana, et al., 2016).

Las semillas se clasifican en:

Semillas ortodoxas

Son aquellas semillas que adquieren la capacidad de ser tolerantes a la deshidratación durante la fase final de su desarrollo, mediante diferentes cambios celulares, fisiológicos y bioquímicos, el cual inicia con la perdida de contenido de humedad del suministro vascular de la planta madre a la semilla; estas semillas se pueden almacenar en estado seco, por varios períodos y en condiciones específicas, manteniendo alto valor de vigor y viabilidad (Magnitskiy & Plaza, 2014).

Semillas recalcitrantes

Son aquellas semillas que no experimentan una deshidratación durante su desarrollo en la planta madre, el cual pasa directamente a la germinación, estas semillas presentan cambios en varios días, por lo que el tiempo de almacenamiento es corto. Las semillas recalcitrantes se diseminan en una condición húmeda y metabólicamente activa, perdiendo rápidamente su viabilidad para la germinación, debido a la exposición a condiciones de baja humedad (Magnitskiy & Plaza, 2014).

4.3.2. Reproducción asexual

La propagación vegetativa o asexual es la forma de originar un nuevo individuo a partir de tejidos diferenciados, donde interviene un gameto sin desarrollar el proceso de fecundación. El nuevo individuo genéticamente es casi idéntico al progenitor, empleando para su propagación fragmentos vegetativos de la planta original como hojas

o tallos, siendo posible debido que la información genética necesaria para originar una nueva planta se encuentra en las células (Osuna, et al., 2017). La reproducción asexual se basa en la existencia de tejido meristemático en todas las plantas adultas, el cual es un tejido indiferenciado con alta capacidad de división celular (Reyes, 2015).

En la naturaleza, algunas especies vegetales se propagan de manera asexual sin la intervención de las personas, y en otros casos las personas realizan la propagación asexual con fines de mejorar el aprovechamiento y lograr una fácil propagación; siendo los principales métodos de reproducción asexual la división, la obtención de estacas o esquejes, el acodo y el injerto (Osuna, et al., 2017).

4.4. Germinación

La germinación es la formación de una nueva plántula que se origina a partir de un conjunto de fases que desarrollan en el embrión de la semilla que se encuentra en estado de latencia, el cual reanuda su crecimiento y se desarrolla para originar un nuevo individuo (Navarro, et al., 2003).

4.4.1. Fases de germinación

Inhibición

La inhibición es un proceso físico que corresponde a la absorción de agua por lo tejidos que forman la semilla, donde comienzan a activarse una serie de procesos metabólicos que son indispensables para el desarrollo de las siguientes etapas de la germinación (Navarro, et al., 2003).

Germinación

Se produce una disminución en la absorción de agua de la semilla y se estabiliza el consumo de oxígeno, originando la activación generalizada del metabolismo de la semilla, siendo esencial para la fase siguiente en el desarrollo de la plántula (Navarro, et al., 2003).

Crecimiento

El crecimiento corresponde a la elongación de la radícula, caracterizándose por el incremento en la absorción de agua y de la actividad respiratoria. En esta fase, la

radícula ha roto las cubiertas seminales inicia el proceso de desarrollo de la plántula, el cual es un proceso complejo y variable dependiendo de la especie, implicando un alto gasto energético que se obtiene en sus primeras etapas, mediante la movilización de las reservas nutritivas de la semilla (Navarro, et al., 2003).

4.4.2. Factores que afectan a la germinación

En el proceso de germinación, la semilla se encuentra influenciado por factores internos y externos que afectan su desarrollo. Dentro de los factores internos están la viabilidad del embrión, la cantidad y calidad del tejido de reserva y los tipos de dormancia, y dentro de los factores externos están la humedad, temperatura, oxígeno y luz (Suárez & Melgarejo, 2014).

4.5. Tratamientos pre germinativos

Los tratamientos pre - germinativos son aquellos mecanismos necesarios que ayudan a romper el estado de latencia de las semillas, permitiendo que las semillas tengan la capacidad de germinar de acuerdo a las condiciones necesarias que requieren para ello (Varela & Arana, 2011).

4.5.1. Métodos pre germinativos

4.5.1.1. Estratificación

Tratamiento que permite romper la latencia fisiológica de la semilla, consiste en colocar las semillas en estratos que conservan la humedad, como arena, turba o vermiculita, manteniendo en temperaturas bajas o cálidas durante un período entre 20 a 60 días (Varela & Arana, 2011).

4.5.1.2. Escarificación

La escarificación es un proceso que consiste en romper, ablandar mecánicamente la testa o cubierta seminal de las semillas que son duras e impiden la entrada de agua para la germinación (Varela & Arana, 2011).

4.5.1.3. Escarificación física

Consiste en raspar la cubierta de las semillas con lijas, limas o romperlas con un martillo o pinzas. Se puede realizar manualmente en cantidades pequeñas de semillas y

si es a gran escala se pueden utilizar tambores giratorios, hormigueras con gravas o tambores con material abrasivo (Varela & Arana, 2011).

4.5.1.4. Escarificación química

Proceso que consiste en colocar las semillas en remojo por determinados períodos de tiempo en compuestos químicos. Se puede colocar las semillas en ácido sulfúrico concentrado en proporción 1:2 (Varela & Arana, 2011).

4.5.1.5. Lixiviación

Tratamiento que permite ablandar la testa de las semillas mediante el remojo de las semillas en agua corriente en un tiempo considerado, con la finalidad de remover los inhibidores químicos presentes en la cubierta (Varela & Arana, 2011).

4.5.1.6. Combinación de tratamientos

Tratamiento que consiste en utilizar semillas de especies que tienen más de un tipo de letargo, siendo estos utilizados varios tipos de escarificaciones, estratificaciones o lixiviaciones (Varela & Arana, 2011).

4.5.1.7. Hormonas y otros estimulantes

Proceso que se emplean sustancias en diferente concentración y tiempo de exposición a las semillas con la finalidad de estimular la germinación, se puede usar nitrato de potasio, tiourea, ácido giberélico, citoquininas, entre otros (Varela & Arana, 2011).

4.6. Sustrato

Sustrato se refiere a todo material sólido diferente al suelo que puede ser natural o sintético, mineral u orgánico, que se puede colocar en un contenedor de forma pura o mezclado, permite el anclaje de las plántulas a través de su sistema radicular, brinda soporte, aireación e interviene en la retención de nutrientes y agua (Gayosso, et al., 2016; Martínez & Roca, 2011).

4.6.1. Clasificación de sustratos

4.6.1.1. Según sus propiedades

Los sustratos se clasifican en químicamente inertes que pueden ser perlita, lana de roca, roca volcánica, entre otros; y químicamente activos pueden ser turbas, corteza de pino, compost, tamo de arroz, estiércol de ganado, entre otros (Martínez & Roca, 2011).

4.6.1.2. Según su origen

Los sustratos pueden ser naturales y minerales. Los sustratos naturales son subproductos generados por las actividades agrícolas, urbanas e industriales, que necesitan de un tratamiento de compostaje para ser utilizados en los cultivos; y, los sustratos minerales provienen de rocas, arenas, gravas, gravas volcánicas, entre otros (Martínez & Roca, 2011).

4.6.2. Tipos de sustratos

4.6.2.1. Humus

Es un abono orgánico que proviene de las actividades de la lombricultura sobre el material orgánico. Es un compuesto que brinda materia orgánica, nutrientes y hormonas enraizantes de forma natural. Además, ayuda a la retención de humedad, aireación y cohesión, mejorando la permeabilidad de agua y aire (García, 2015).

4.6.2.2. Tierra agrícola

Se refiere a un tipo de suelo que es fértil para realizar cultivos o plantaciones, permite el crecimiento y desarrollo de las plantas (García, 2015).

4.6.2.3. Arena de mina

La arena de mina, según Vera et al. (2021) se mezcla con polvo de piedra para mejorar su calidad, debido que la arena posee mayormente arcillas.

4.6.2.4. Estiércol

El estiércol posee diversos nutrientes, dependiendo de su procedencia, donde generalmente posee altos contenidos de nitrógeno. El estiércol utilizado como abono es

producido por la ganadería, avicultura, capricultura, entre otros. Estos variarán con la especie animal, manejo y si procede de ganado estabulado o bien si se recoge en el campo o proviene solo de los momentos en que los animales permanecen en los corrales o la lechería (Garro, 2016).

4.6.2.5. Tamo de arroz

Es un sustrato biológico, posee una baja tasa de descomposición debido a su alto contenido de silicio. Es un sustrato liviano, posee buen drenaje, buena aireación, pero presenta problemas de humedecimiento inicial y para retención de humedad homogénea. Para ello se le debe dar un tratamiento especial, colocando en un recipiente con agua y haciendo cambios periódicos del agua cada 2 o 3 días, por el lapso de 20 días; para luego proceder a sembrar utilizándose como sustrato único o mezclado con otros sustratos (Telenchana, 2018).

4.7. Factores que inciden en el prendimiento y desarrollo de las plántulas

Durante el crecimiento, las plántulas necesitan condiciones ambientales que le permitan la absorción de energía para luego transformarla en alimento y liberar energía para obtener un desarrollo óptimo. Existen diversos factores que inciden en el desarrollo de las plántulas tales como el oxígeno, humedad, luz, y el factor determinante es la temperatura (Rodriguez, et al., 2016). Por lo tanto, la producción de plántulas se puede desarrollar a cielo abierto o a cielo cubierto, tomando en consideración los siguientes factores:

4.7.1. Sombramiento

Las condiciones climáticas al aire libre se pueden controlar utilizando mallas plásticas o telas finas de distinto grado de permeabilidad para el ingreso de la luz directa entre un 25 y 40 %, siendo éstas ubicadas sobre los contenedores a diferente altura. Por otro lado, la construcción de invernaderos permite mejor el crecimiento de las plántulas, pero tienden a ser producidas menos resistentes al establecimiento de una plantación (Rodriguez, et al., 2016; Vera, et al., 2021).

4.7.2. Ubicación

La ubicación de los contenedores a cielo abierto debe realizarse asegurando que las plántulas reciban la cantidad de luz suficiente durante su desarrollo. Además, se deben ubicar en un lugar donde permita una fácil manipulación y acondicionamiento de las plántulas para realizar labores culturales. Las plántulas en cielo abierto y en invernadero se debe colocar los contenedores con un sistema de cobertura variable, los que pueden ser sobre mesones especiales (Rodriguez, et al., 2016; Vera, et al., 2021).

4.7.3. Riego

La disponibilidad de agua en los diversos tipos de sustratos es de vital importancia para evitar el estrés hídrico de las plántulas durante la fase de desarrollo, debido que ayuda a disolver e infiltrar nutrientes. Por lo tanto, para cumplir con los requerimientos de agua en las plántulas ésta debe ser aplicada en calidad, cantidad suficiente y frecuencia, con la finalidad de saturar el sustrato. La cantidad y frecuencia de riego va a depender del tipo de especie, sustrato utilizado y tipo de contenedor (Rodriguez, et al., 2016; Vera, et al., 2021).

4.7.4. Fertilización

La fertilización es utilizada con la finalidad de estimular ciertas características morfológicas y fisiológicas en las plántulas, permitiendo un crecimiento rápido y una resistencia a factores climáticos negativos como heladas, siendo esto posible con un manejo adecuado en la fertilización de los sustratos y nutrición de las plántulas. La fertilización de las plantas en contenedores se debe asegurar que posean una cantidad considerable de todos los nutrientes esenciales (Rodriguez, et al., 2016; Vera, et al., 2021).

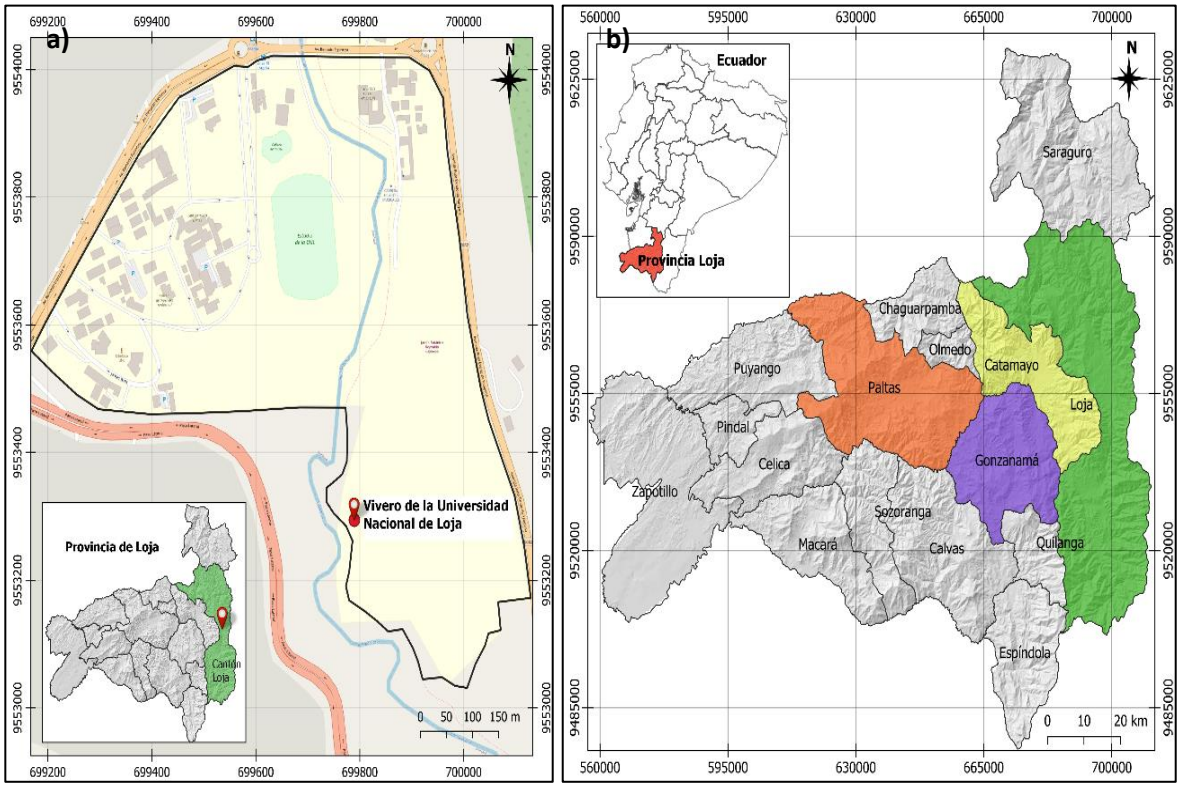
5. Metodología

5.1. Área de ubicación

La presente investigación de germinación de semillas de *Caesalpinia spinosa* (Mol) Kuntze. provenientes de árboles plus de cuatro cantones de la provincia de Loja se realizó en el cantón Loja, específicamente en la Universidad Nacional de Loja ubicada en la parroquia San Sebastián, ciudadela Universitaria, a 3 km al sur de la ciudad de Loja, vía a Malacatos (Figura 1).

Figura 1

***a**). Ubicación del vivero de la Universidad Nacional de Loja. b) Procedencia de las semillas de Caesalpinia spinosa.*



NOTA: En la figura 1 literal a, el punto rojo muestra el lugar donde se desarrolló la germinación; y, en el literal b, muestra los cantones donde se recolectó las semillas de *Caesalpinia spinosa.*

5.2. Metodología para evaluar el porcentaje de germinación de semillas de *Caesalpinia spinosa* provenientes de árboles plus de cuatro cantones de la provincia de Loja a nivel de vivero, mediante diferentes tratamientos pre – germinativos.

5.2.1. Colecta y selección de semillas

Para la recolección de semillas de *Caesalpinia spinosa* se realizó un estudio de su distribución a nivel de cuatro cantones de la provincia de Loja (Paltas, Gonzanamá, Catamayo y Loja), donde se identificaron, evaluaron y seleccionaron los individuos que presentaron las mejores características fenotípicas (altura, diámetro de copa, diámetro de fuste, vitalidad) para ser considerados como árboles plus, teniendo un total de 53 árboles plus. Una vez definidos los árboles se procedió a la recolección (febrero, marzo y abril), procesamiento (selección de las semillas), almacenamiento y etiquetado de las semillas para su posterior propagación en vivero para evaluar su germinación, crecimiento y desarrollo de las plántulas.

5.2.2. Preparación de las semillas para la siembra a nivel de vivero

Para facilitar la germinación de las semillas se realizaron 5 tratamientos pre – germinativos; escarificación física (lijado de la testa de la semilla), escarificación química (remojo de las semillas en solución de urea) y estratificación (colocación de las semillas a temperatura de – 19°C) y un testigo (sin tratamiento pre – germinativo).

Para el tratamiento pre germinativo testigo 0 (TP0), la siembra de las semillas se realizó de manera directa en la funda. El tratamiento pre germinativo 1 (TP1), se efectuó mediante una escarificación física que consistió en limar un lado de la semilla con una lija número 100 hasta que se rompa la testa, el tratamiento pre germinativo 2 (TP2) se sometió a una escarificación química, colocando las semillas en una solución de 10 g de urea en 1 litro de agua por un tiempo de 2 horas, el tratamiento pre germinativo 3 (TP3) se desarrolló mediante la escarificación física, que consistió en hervir agua durante 10 minutos, se dejó enfriar el agua por cinco minutos y se colocó las semillas, dejando reposar durante 24 horas en un recipiente hermético, el tratamiento pre germinativo 4 (TP4) consistió en una escarificación física, donde se colocó las semillas en remojo con agua fría durante 72 horas, realizando cambios de agua cada 24

horas y el tratamiento 5 (TP5) se desarrolló mediante una estratificación, colocando las semillas a una temperatura - 19 °C durante un período de 120 horas (Tabla 1 y figura 2).

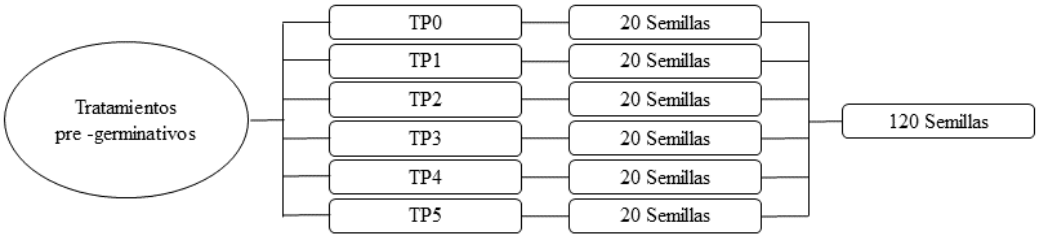
Tabla 1

Descripción de los tratamientos pre germinativos para la siembra de semillas de Caesalpinia spinosa a nivel de vivero.

Tratamiento pre – germinativo	Descripción
TP0 (Testigo)	Sin tratamiento pre germinativo
TP1	Escarificación física: lijado de la semilla
TP2	Escarificación química: remojo de las semillas en una solución con urea.
TP3	Escarificación física: remojo de las semillas en agua caliente
TP4	Escarificación física: remojo de las semillas en agua fría
TP5	Estratificación: semillas en temperatura baja

Figura 2

Número de semillas a considerar por cada tratamiento pre – germinativo.



5.2.3. Preparación de sustrato para la germinación de semillas a nivel de vivero

Para evaluar la germinación de las semillas se probó un testigo y 5 tratamientos: el tratamiento 0 (T0) se realizó como testigo, su composición fue 100 % tierra, el tratamiento 1 (T1) estuvo compuesto por tierra, arena y nitrosano en proporciones 2:1:1, el tratamiento 2 (T2) fue compuesto por tierra, arena y tamo en proporciones 2:1:1, el tratamiento 3 (T3) estuvo constituido por tierra, humus y arena en proporciones 2:1:1, el tratamiento 4 (T4) estuvo compuesto por tierra, arena y estiércol de chivo en proporciones 2:1:1 y el tratamiento 5 (T5) fue compuesto por tierra y humus en

proporciones 2:2. La desinfección del sustrato para el llenado de fundas se realizó 12 horas antes de su utilización, donde se aplicó 100 g (una cucharada) de terraclor y se disolvió en 10 litros de agua, con la finalidad de prevenir hongos en las semillas (Tabla 2 y figura 3).

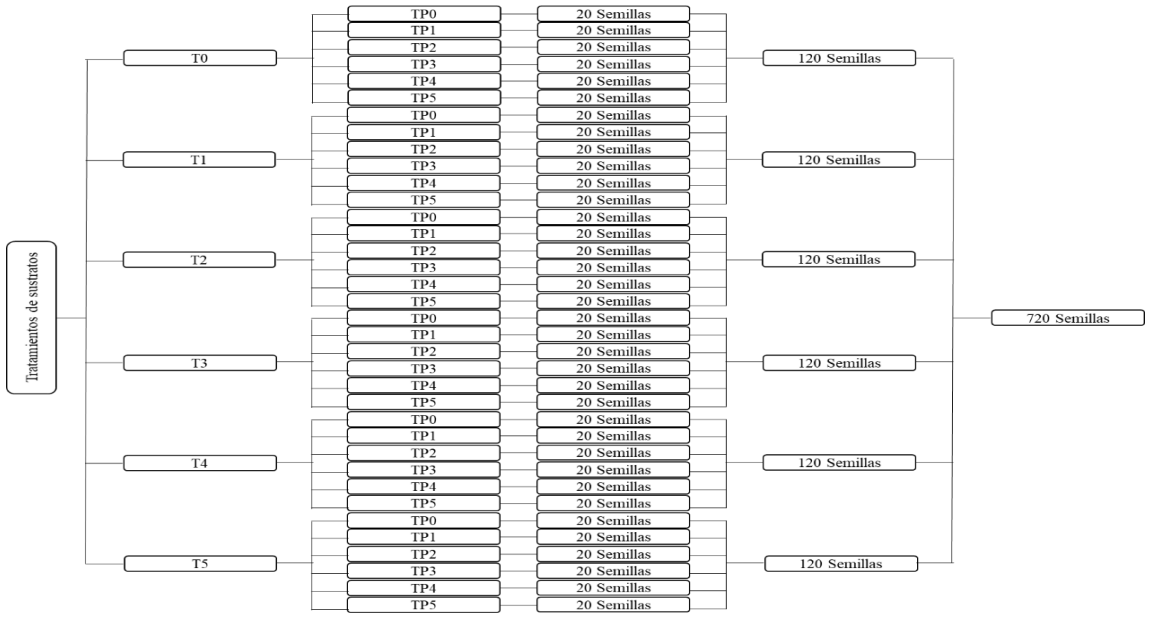
Tabla 2

Descripción de los tratamientos de sustratos para la germinación de semillas de Caesalpinia spinosa a nivel de vivero.

Tratamientos	Descripción
T0 (Testigo)	Sustrato compuesto por: tierra negra 100 %
T1	Sustrato compuesto por: tierra negra, arena y nitrosano en proporción 2:1:1
T2	Sustrato compuesto por: tierra negra, arena y tamo, en proporción 2:1:1
T3	Sustrato compuesto por: tierra negra, humus y arena en proporción 2:1:1
T4	Sustrato compuesto por: tierra, arena y estiércol en proporción 2:1:1
T5	Sustrato compuesto por tierra y humus en proporciones 2:2.

Figura 3

Número de semillas a considerar por cada tratamiento de sustrato por procedencia.

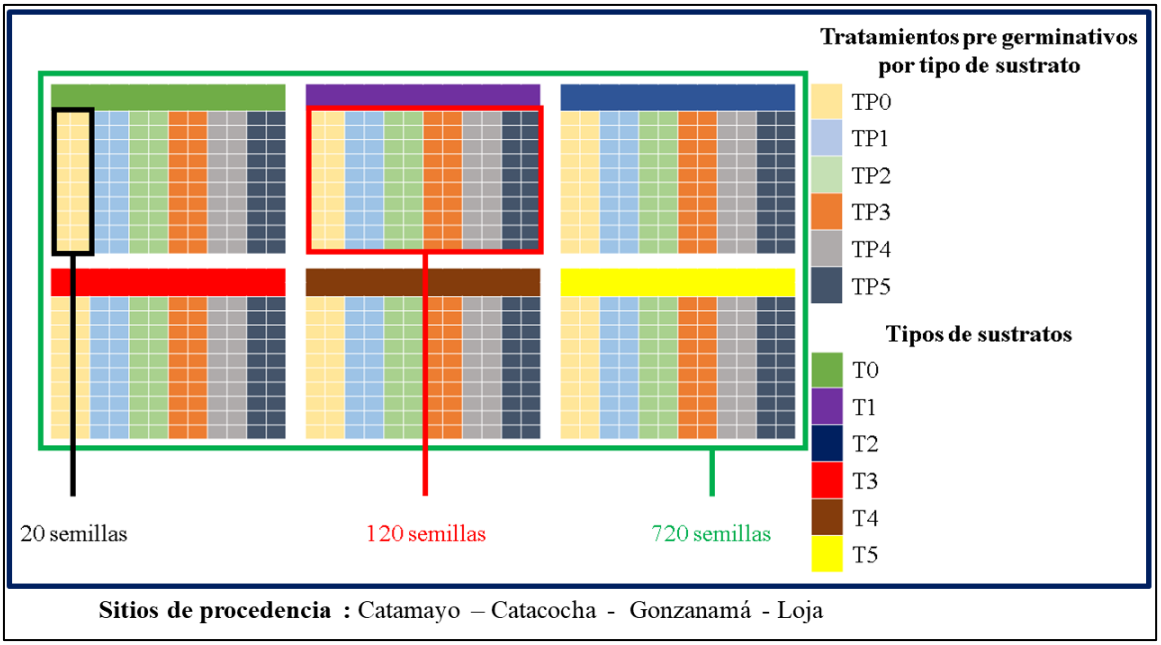


5.2.4. Siembra de las semillas de *Caesalpinia spinosa* en el vivero

La siembra de las semillas se llevó a cabo en fundas de polietileno de 10 x 20 cm, donde se colocó una semilla a un cm de profundidad en cada funda que contenía el sustrato desinfectado. Se sembraron 20 semillas por tratamiento pre – germinativo con un total de tres repeticiones para cada uno de los tratamientos (60 fundas), 120 semillas por cada tipo de sustrato (360 en tres repeticiones), sembrando un total de 720 semillas por cada sitio de procedencia (Figura 4). Finalmente, se procedió a etiquetar cada tipo de sustrato con su tratamiento pre – germinativo. Este ensayo se realizó para los 4 lugares de procedencia de las semillas de *Caesalpinia spinosa*; dando una cantidad de 1440 semillas por cada tipo de sustrato considerado para la germinación de las semillas; teniendo en cuenta los 5 tratamientos de sustrato y un testigo, se sembró un total de 8 640 semillas.

Figura 4

Esquema de la siembra de semillas de Caesalpinia spinosa por tratamiento pre – germinativo y tipo de sustrato en el invernadero por procedencia.



5.2.5. Cuidados generales en el vivero

Una vez sembradas las semillas se realizó el riego cada día durante el tiempo de 45 días que las plántulas estuvieron en el invernadero. Utilizando 12 L de agua por cada

cama semillera (720 plántulas); colocando agua diariamente, debido a la rápida absorción de agua por el calor vertido por el invernadero. Además, se realizó la limpieza manual de malezas en el sustrato y alrededor de las camas semilleras.

5.2.6. Registro de datos

Para la evaluación de la germinación de la semilla se realizó el registro de datos cada 5 días, a partir del quinto día de la siembra por un período de 20 días. En este estudio se evaluaron las variables como: el porcentaje de germinación y porcentaje de mortalidad (Tabla 3).

Tabla 3

Matriz para el registro de datos para evaluar la germinación de las semillas.

Fecha	N° Tratamiento (sustrato)	N° Tratamiento pre-germinativo	Réplicas	N° Total de semillas sembradas	Porcentaje de germinación	Porcentaje de mortalidad

5.2.7. Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó es el diseño simple al azar, que se refiere a una prueba basada en el análisis de varianza, mediante el cual la varianza total se descompone en la "varianza de los tratamientos" y la "varianza del error". La finalidad del estudio es determinar si existe una diferencia significativa entre los tratamientos, para ello se realizó una comparación entre la "varianza del tratamiento" con la "varianza del error" y se determinó si la primera es suficientemente alta según la distribución F. (Chou y Armer, 1977 en Zari, 2018).

Factor A: Tratamientos pre – germinativos

TP0: Testigo – semilla sin ningún tratamiento pre - germinativo

TP1: Lijado de la testa de semillas

TP2: Remojo de las semillas en solución con urea

TP3: Remojo de las semillas en agua caliente

TP4: Remojo de las semillas en agua fría

TP5: Colocación de las semillas a temperatura baja

Factor B: Tratamientos de sustratos

T0: Testigo – 100 % tierra negra

T1: Tierra negra, arena y nitrosano

T2: Tierra negra, arena y tamo de arroz

T3: Tierra negra, arena y estiércol de chivo

T4: Tierra negra, arena y humus

T5: Tierra negra y humus

Factor C: Sitio de procedencia

P1: Catamayo

P2: Catacocha

P3: Gonzanamá

P4: Loja

Combinación de tratamientos

Combinación de factores: Factor A (6) x Factor B (6) x Factor C (4) (Tabla 4)

Tipo de diseño: Diseño simple al azar con arreglo factorial de (6 x 6 x 4) x 3 repeticiones.

Tabla 4

Tratamiento y repeticiones para la germinación de semillas en el vivero para cada sitio.

TRATAMIENTO (sustrato)	TRATAMIENTO (Pre-germinativo)	REPETICIONES		
		R1	R2	R3
Sustrato 0 (T0)	Sin tratamiento (TP0)	T0TP0R1	T0TP0R2	T0TP0R3
	Escarificación física (TP1)	T0TP1R1	T0TP1R2	T0TP1R3
	Escarificación química (TP2)	T0TP2R1	T0TP2R2	T0TP2R3
	Escarificación física (TP3)	T0TP3R1	T0TP3R2	T0TP3R3
	Escarificación física (TP4)	T0TP4R1	T0TP4R2	T0TP4R3
	Estratificación (TP5)	T0TP5R1	T0TP5R2	T0TP5R3
Sustrato 1 (T1)	Sin tratamiento (TP0)	T1TP0R1	T1TP0R2	T1TP0R3
	Escarificación física (TP1)	T1TP1R1	T1TP1R2	T1TP1R3
	Escarificación química (TP2)	T1TP2R1	T1TP2R2	T1TP2R3
	Escarificación física (TP3)	T1TP3R1	T1TP3R2	T1TP3R3
	Escarificación física (TP4)	T1TP4R1	T1TP4R2	T1TP4R3
	Estratificación (TP5)	T1TP5R1	T1TP5R2	T1TP5R3

TRATAMIENTO (sustrato)	TRATAMIENTO (Pre-germinativo)	REPETICIONES		
		R1	R2	R3
Sustrato 2 (T2)	Sin tratamiento (TP0)	T2TP0R1	T2TP0R2	T2TP0R3
	Escarificación física (TP1)	T2TP1R1	T2TP1R2	T2TP1R3
	Escarificación química (TP2)	T2TP2R1	T2TP2R2	T2TP2R3
	Escarificación física (TP3)	T2TP3R1	T2TP3R2	T2TP3R3
	Escarificación física (TP4)	T2TP4R1	T2TP4R2	T2TP4R3
	Estratificación (TP5)	T2TP5R1	T2TP5R2	T2TP5R3
Sustrato 3 (T3)	Sin tratamiento (TP0)	T3TP0R1	T3TP0R2	T3TP0R3
	Escarificación física (TP1)	T3TP1R1	T3TP1R2	T3TP1R3
	Escarificación química (TP2)	T3TP2R1	T3TP2R2	T3TP2R3
	Escarificación física (TP3)	T3TP3R1	T3TP3R2	T3TP3R3
	Escarificación física (TP4)	T3TP4R1	T3TP4R2	T3TP4R3
	Estratificación (TP5)	T3TP5R1	T3TP5R2	T3TP5R3
Sustrato 4 (T4)	Sin tratamiento (TP0)	T4TP0R1	T4TP0R2	T4TP0R3
	Escarificación física (TP1)	T4TP1R1	T4TP1R2	T4TP1R3
	Escarificación química (TP2)	T4TP2R1	T4TP2R2	T4TP2R3
	Escarificación física (TP3)	T4TP3R1	T4TP3R2	T4TP3R3
	Escarificación física (TP4)	T4TP4R1	T4TP4R2	T4TP4R3
	Estratificación (TP5)	T4TP5R1	T4TP5R2	T4TP5R3
Sustrato 5 (T5)	Sin tratamiento (TP0)	T5TP0R1	T5TP0R2	T5P0R3
	Escarificación física (TP1)	T5TP1R1	T5TP1R2	T5TP1R3
	Escarificación química (TP2)	T5TP2R1	T5TP2R2	T5TP2R3
	Escarificación física (TP3)	T5TP3R1	T5TP3R2	T5TP3R3
	Escarificación física (TP4)	T5TP4R1	T5TP4R2	T5TP4R3
	Estratificación (TP5)	T5TP5R1	T5TP5R2	T5TP5R3

5.2.7.1. Especificaciones del Diseño Experimental para cada sitio de procedencia de las semillas

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar.

Características del Experimento:

Número de tratamientos: 5 tratamientos pre germinativos 1 testigo y 5 tratamientos de sustrato y 1 testigo

Número de repeticiones: 03 repeticiones (cada tratamiento).

Unidad experimental: 20 fundas

Número de unidades experimentales: 6 unidades por tratamiento

Número total de unidades experimentales: 36 unidades por sitio

Número de semillas por tratamiento pre – germinativo: 120 semillas

Número de semillas por tratamiento de sustrato: 720 semillas

Número total de semillas por sitio: 2160 semillas

Tabla 5

Variables evaluadas en el ensayo de germinación de semillas de Caesalpinia spinosa.

Variables independientes	Variables dependientes
Tipos de tratamientos pre germinativos y tipos de sustratos	1. Porcentaje de germinación 2. Porcentaje de mortalidad

5.3. Metodología para evaluar la respuesta de prendimiento y crecimiento de las plántulas de *Caesalpinia spinosa* (Mol) O. Kuntze., bajo diferentes tipos de sustratos para conocer el tratamiento más adecuado según sus requerimientos ecológicos y nutricionales durante su desarrollo.

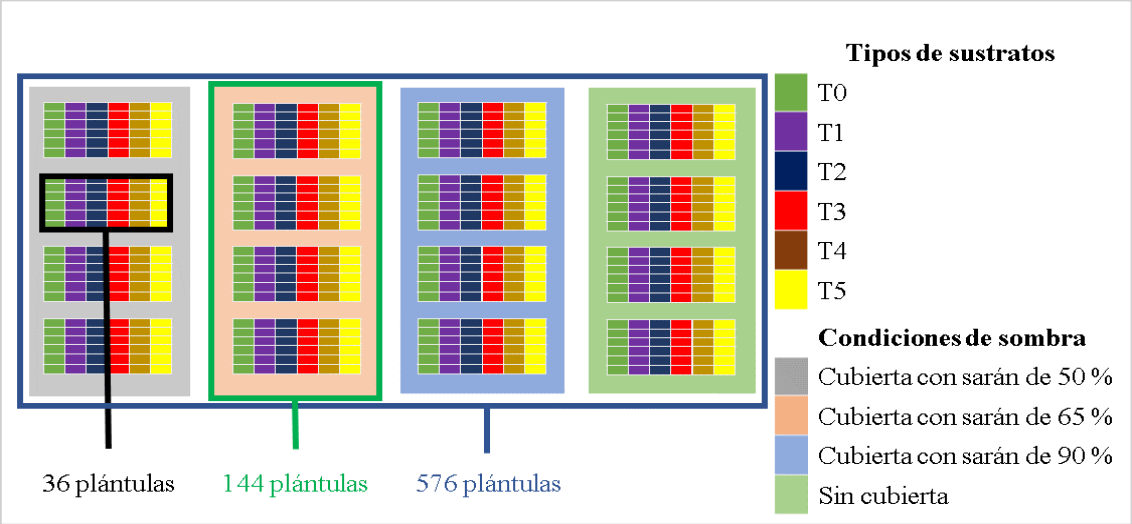
5.3.1. Preparación de las plántulas bajo diferentes condiciones físicas

Una vez que las plántulas lograron su prendimiento fueron transportadas y colocadas en las platabandas que contaron con dos acondicionamientos de sombra diferentes, la condición de sombra 1 (C1) se realizó a cielo abierto y la condición 2 (C2) mediante una cubierta con sarán al 50 %, 65 % y 80 % de sombra. En todos los ambientes se realizó un riego periódico de las plántulas.

Para evaluar el comportamiento y el tiempo de crecimiento de las plántulas en cada uno de los ambientes se tomó 1 plántula al azar de cada tratamiento pre – germinativo, tipo de sustrato y por lugar de procedencia, luego se las agrupó en bloques con la finalidad de conocer, bajo qué condiciones las plántulas tuvieron un mejor desarrollo durante un periodo de 2 meses. En cada ambiente se colocaron 144 plántulas, ubicadas en 4 bloques de 36 plántulas por sitio de procedencia y tipo de sustrato. En cada bloque se seleccionaron 36 plántulas para evaluar las características morfológicas de altura, número de hojas y grosor de tallo (Figura 5).

Figura 5

Esquema de la distribución de las plántulas de Caesalpinia spinosa por tipos de sustrato por cantón, bajo diferentes condiciones de sombra en el vivero.



5.3.2. Evaluación de características morfológicas de las plántulas

La evaluación de las variables morfológicas de las plántulas se realizó a los 45 días después de la siembra de las semillas (Payares, Mario, Medrano, & Millán, 2014), donde se tomó el registro de datos de altura de la plántula (AP), número de hojas (NH), grosor de tallo (GT) y longitud de la raíz (LR)

5.3.2.1. Altura de plántulas (AP)

La altura de las plántulas se midió con un flexómetro desde la base del sustrato hasta el meristemo apical, tomando el registro de plántulas cada 8 días durante un periodo de tiempo de 2 meses, para cada tratamiento de sustrato.

5.3.2.2. Número de hojas (NH)

El número de hojas se determinó mediante el conteo únicamente las hojas que se encontraron abiertas en su totalidad, tomando el registro de datos de plántulas cada 8 días durante un tiempo de 2 meses, para cada tratamiento de sustrato.

5.3.2.3. Grosor del tallo (GT)

Se registró los datos del grosor del tallo realizando mediciones en la base de la plántula con un calibrador, tomando datos a de plántulas cada 8 días durante un tiempo de 2 meses, para cada tratamiento de sustrato.

5.3.2.4. Longitud de la raíz (LR)

Se determinó mediante la medición con una regla graduada de la raíz de las plántulas, el cual consistió en eliminar el sustrato adherido a la raíz con agua para su posterior medición de la longitud de la misma desde la base de la plántula hasta la ramificación más larga. Se realizó una medición a 36 plántulas a los 45 días y otra a 120 días después de la germinación.

6. Resultados

6.1. Propagación sexual de *Caesalpinia spinosa* (Mol) 0. Kuntze

6.1.1. Germinación de semillas en el invernadero

Los resultados de germinación de semillas de *Caesalpinia spinosa* mediante el método de siembra directa en las fundas de polietileno, permitieron conocer el porcentaje de semillas germinadas en el invernadero durante un período de tiempo de 25 días que perduró la evaluación del ensayo. En las figuras 6 al 25 se presentan el número y porcentaje de germinación de semillas por cada tratamiento pre – germinativo, en cada tipo de sustrato y de acuerdo al sitio de procedencia de las semillas.

6.1.1.1. Evaluación de la germinación de semillas de *Caesalpinia spinosa* (Mol) O. Kuntze., del cantón Catacocha.

Para evaluar el porcentaje de germinación se aplicó diferentes tratamientos pre – germinativos, los mismos que presentaron un porcentaje de germinación durante el período de evaluación, como se puede ver en la Figura 6. El tratamiento pre – germinativo 1(TP1) que consistió en el lijado de la testa de la semilla, fue el que presentó el valor más alto de germinación con el 84,72 %, seguido del tratamiento 4 (TP4) donde se colocó las semillas en agua fría por 72 horas, que presentó una germinación de 39, 72 %. Por otro lado, en el tratamiento 3 (TP3) que se desarrolló mediante el remojo de las semillas en agua caliente, se obtuvo un porcentaje de germinación del 39,17 %, en cuanto al tratamiento 2 (TP2) que consistió en remojo de las semillas en una solución con urea, se tuvo una germinación del 36,39 %, mientras que en el tratamiento 5 (TP5) donde se puso las semillas en temperatura de -19 °C, se consiguió una germinación de las semillas del 35 % y en el tratamiento pre – germinativo testigo (TP0) presentó el más bajo porcentaje de germinación con el 33,61 (Figura 6).

Las semillas de *Caesalpinia spinosa*, de acuerdo a los distintos tipos de sustrato, presentaron un porcentaje de germinación más alta en el tratamiento 4 (T4) compuesto de tierra, arena y estiércol de chivo, en una proporción 2:1:1con el 50,83 %, seguido del tratamiento testigo (T0) constituido por 100 % tierra con el 45 % de germinación, mientras que los tratamientos 1 (T1) compuesto por tierra, arena y nitrosano, en una proporción 2:1:1, y 5 (T5) constituido por tierra y humus, en proporción 2:2, tuvieron

un porcentaje de germinación fue del 44,44 % respectivamente. Por otro lado, en el tratamiento 3 (T3), sustrato constituido por tierra, arena y humus, en proporción 2:1:1, se obtuvo una germinación del 43,33 %; y, el porcentaje de germinación más bajo presentó el tratamiento 2 (T2), con el 40,56 %, sustrato compuesto por tierra, arena y tamo de arroz, en una proporción 2:1:1, como se puede ver en la Figura 7.

Figura 6

Curva acumulativa de la germinación de semillas por tratamiento pre – germinativo en el cantón Catacocha.

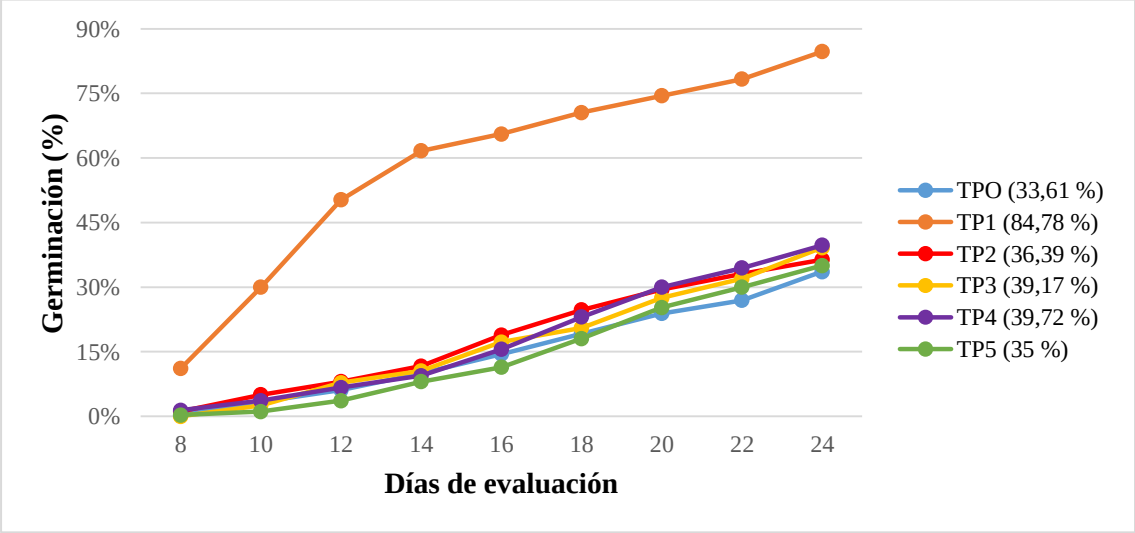
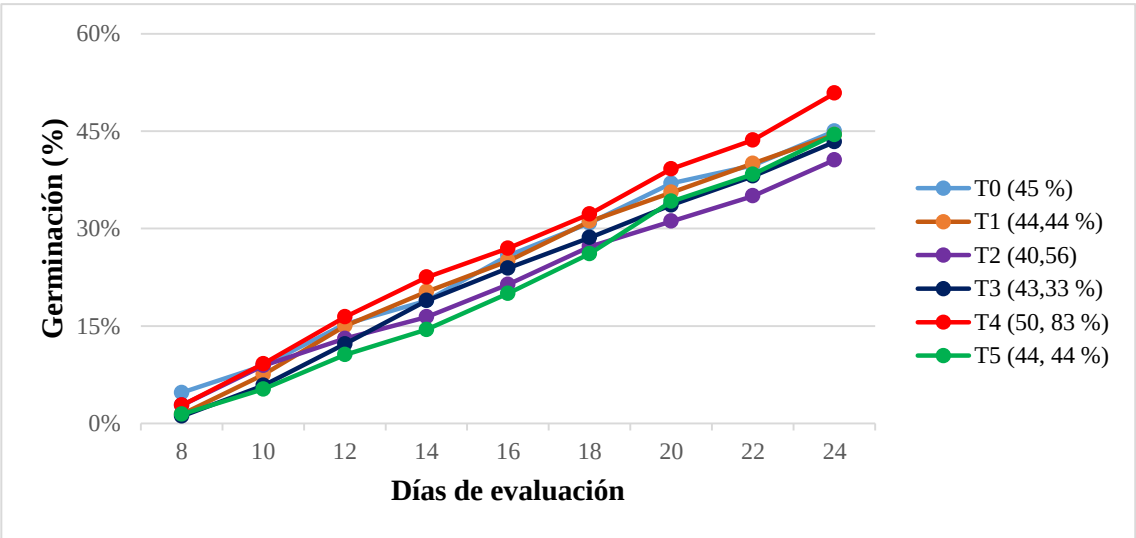


Figura 7

Curva acumulativa de la germinación de semillas por tratamiento de sustrato en el cantón Catacocha.

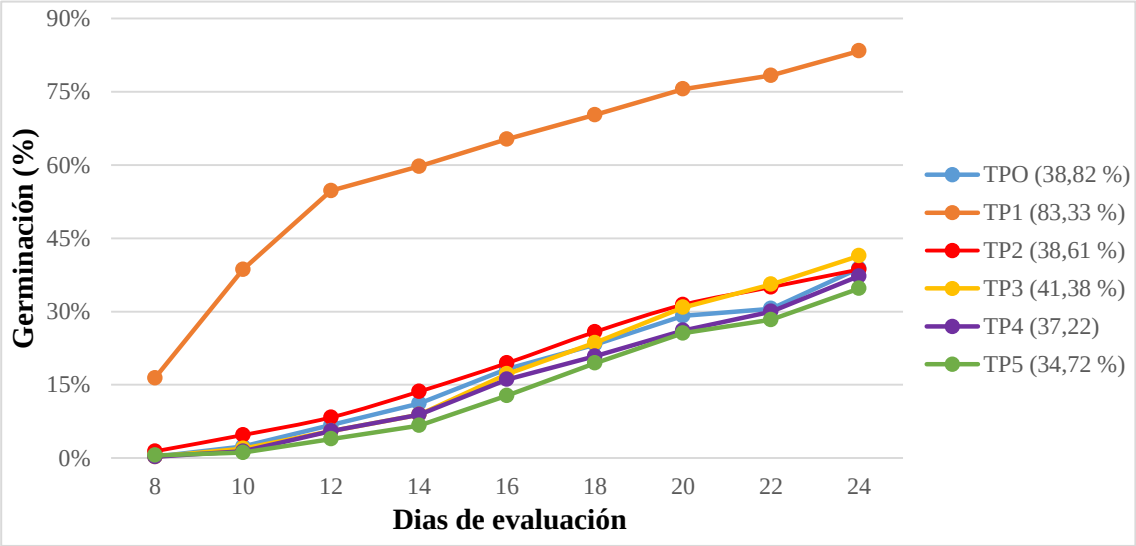


6.1.1.2. Evaluación de la germinación de semillas de *Caesalpinia spinosa* (Mol) O. Kuntze., del cantón Catamayo.

El porcentaje de germinación de las semillas se obtuvo el valor más alto en el tratamiento pre – germinativo 1 (TP1) con el 83,33 %, seguido por el TP3 con una germinación de 41,38 %, mientras que el TP0 tuvo un porcentaje de germinación de 38,82 % y TP2 presentó una germinación de 38,61 %. Por otro lado, el TP4 y TP5 presentaron los porcentajes más bajos de germinación con el 37,22 % y 34,72 % respectivamente (Figura 8).

Figura 8

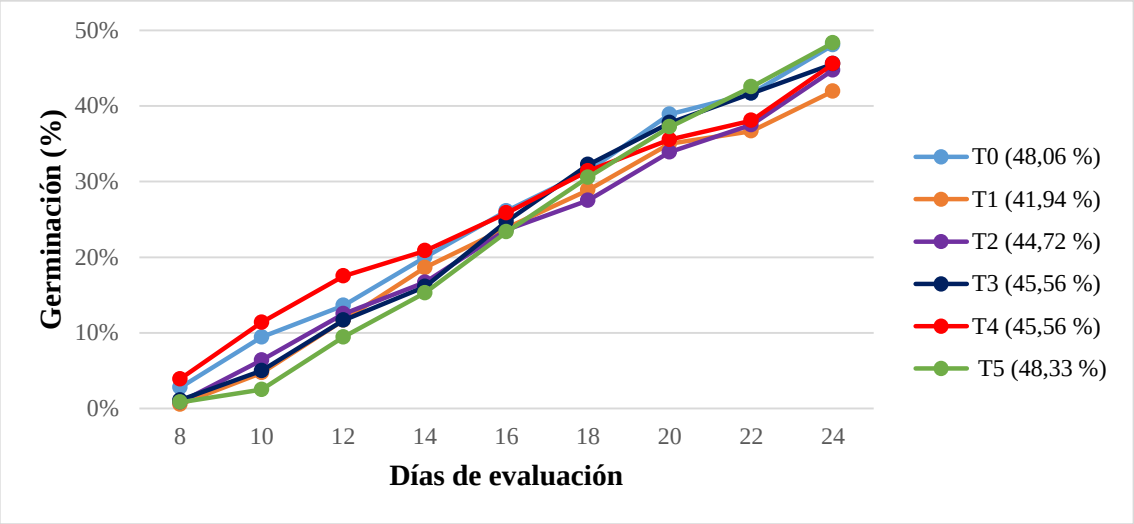
Curva acumulativa de la germinación de semillas por tratamiento pre – germinativo en el cantón Catamayo.



En relación a los tipos de sustratos, el tratamiento 5 (T5) alcanzó el porcentaje de germinación más alto con el 48,33 %, seguido por el tratamiento testigo (T0) con un porcentaje de 48,06 %, mientras que el T3 y T4 obtuvieron un porcentaje de germinación de 45,56 %. En cuanto al T2 y al T1 presentaron los porcentajes de germinación más bajos, con el 44,72 y 41,94% respectivamente (Figura 9).

Figura 9

Curva acumulativa de la germinación de semillas por tratamiento de sustrato en el cantón Catamayo.

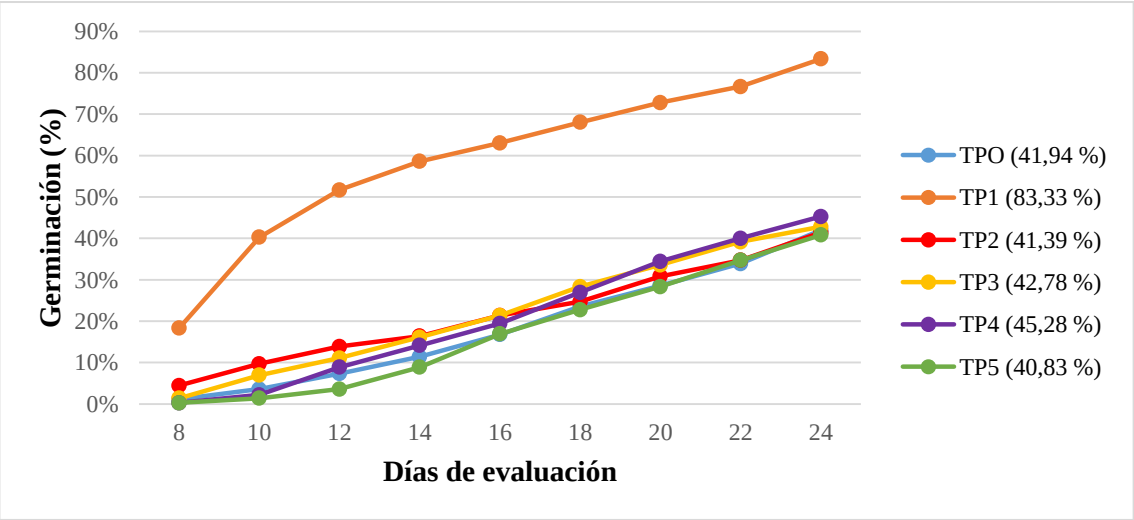


6.1.1.3. Evaluación de la germinación de semillas de *Caesalpinia spinosa* (Mol) O. Kuntze., del cantón Gonzanamá.

En el cantón Gonzanamá, las semillas alcanzaron el porcentaje de germinación más alto en el TP1 con el 83,33 %, seguido por el TP4 con el 45,28 % de germinación, mientras que el TP3 obtuvo un porcentaje de germinación de 42,78 %, el TP0 alcanzó el 41,94 %, el TP2 tuvo 41,39 %; y, en cuanto al porcentaje de germinación más bajo presentó el TP5 con el 40,83% (Figura 10).

Figura 10

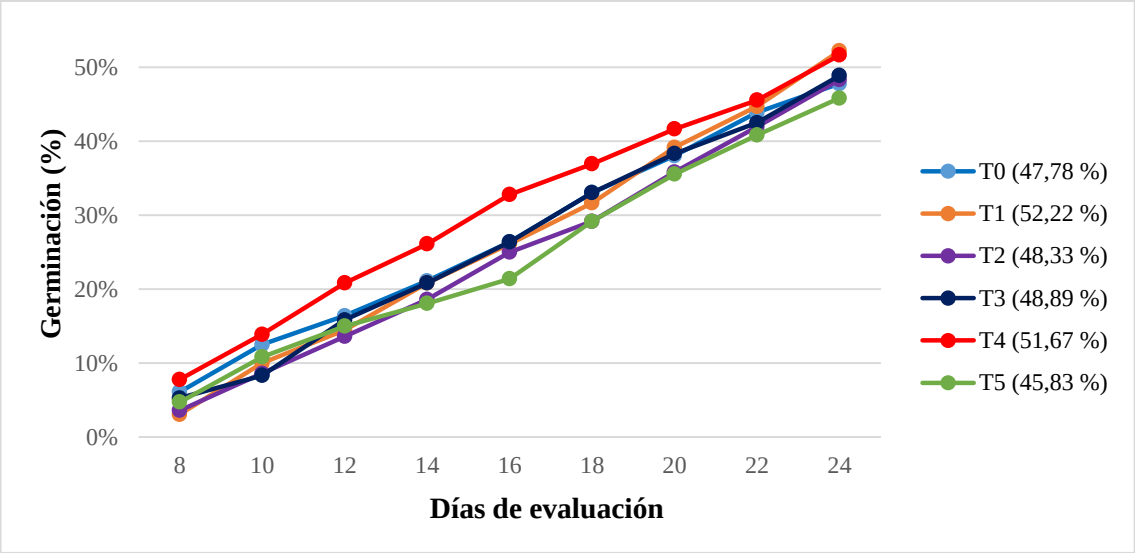
Curva acumulativa de la germinación de semillas por tratamiento pre – germinativo en el cantón Gonzanamá.



De acuerdo a los tipos de sustratos, la germinación más alta de las semillas se obtuvo en el T1 con el 52,22 %, seguido por el T4 que presentó el 51,67 %, mientras que el T2 y T3 alcanzaron un porcentaje de germinación de 48,89 y 48,33 % respectivamente. Por otro lado, el T0 presentó una germinación de 47,78 % y el T5 alcanzó un valor de 45,83 %, siendo los porcentajes de germinación más bajos para este sitio ((Figura 11).

Figura 11

Curva acumulativa de la germinación de semillas por tratamiento de sustratos en el cantón Gonzanamá.

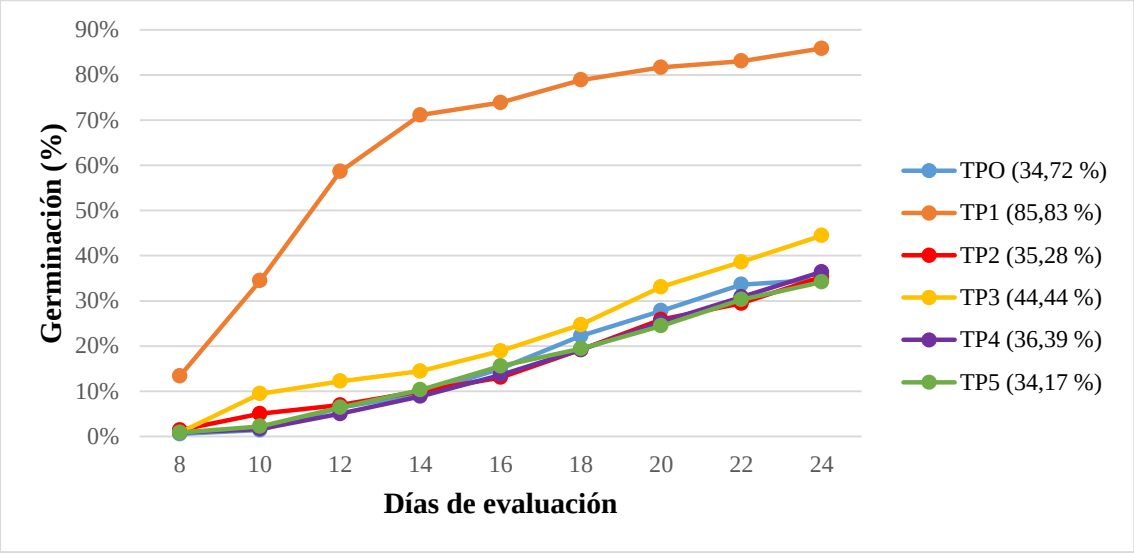


6.1.1.4. Evaluación de la germinación de semillas de *Caesalpinia spinosa* (Mol) O. Kuntze., del cantón Loja.

Las semillas de *Caesalpinia spinosa* presentaron mayores porcentajes de germinación en el TP1 con el 85,83 %, seguido por el TP3 con el 44,44 % de germinación, mientras que el TP4 tuvo un porcentaje de germinación de 36,39 %, el TP2 presentó un valor de 35, 28 % de germinación. Por otro lado, el TP0 obtuvo una germinación del 34,72 %, con un porcentaje casi similar al TP5 con el 34,17 % (Figura 12).

Figura 12

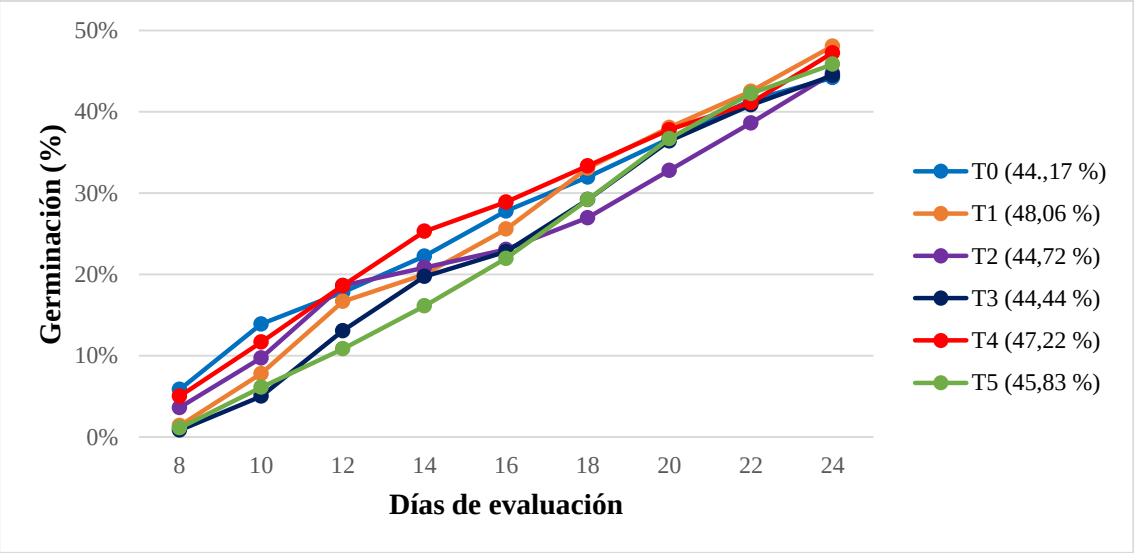
Curva acumulativa de la germinación de semillas por tratamiento pre – germinativo en el cantón Loja.



De acuerdo a los tipos de sustratos, el T1 presentó el porcentaje de germinación más alto con el 48,06 %, seguido del T4 que alcanzó el 47,22 % de germinación, mientras que el T5 tuvo una germinación del 45,83 %. Por otro lado, el T2 obtuvo una germinación de 44,72 %, el T3 tuvo el 44,44% y T2 presentó un porcentaje de germinación de 44,17% (Figura 13).

Figura 13

Curva acumulativa de la germinación de semillas por tratamiento de sustrato en el cantón Loja.



6.1.2. Análisis de varianza para el número y porcentaje de semillas germinadas de *Caesalpinia spinosa* (Mol) O. Kuntze.

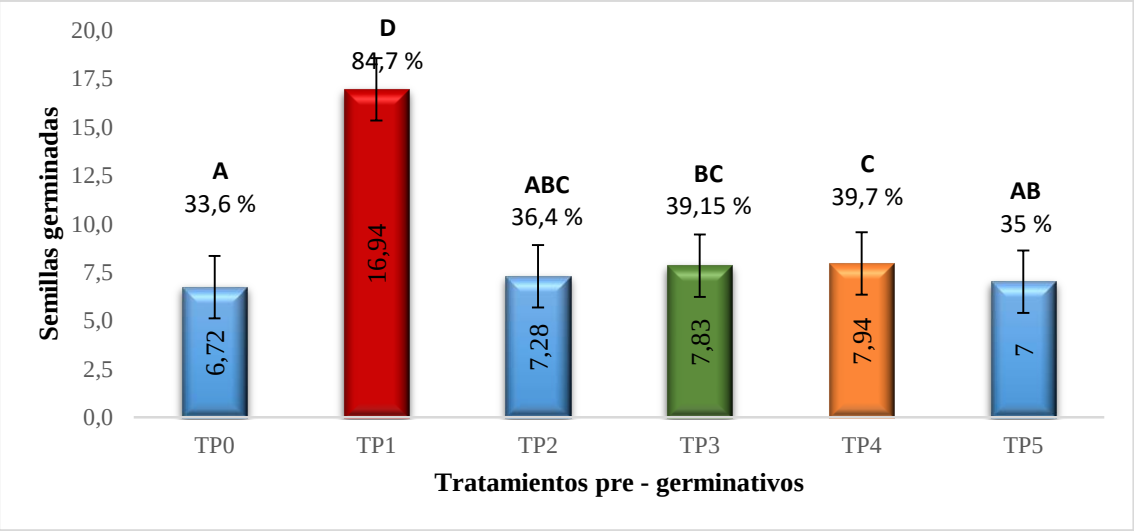
El ensayo de la germinación de las semillas de *Caesalpinia spinosa* por cada sitio de procedencia se realizó mediante 5 tipos de sustrato y 1 testigo; y, en cada tipo de sustrato se realizó 5 tratamientos pre – germinativos y 1 testigo, en cada tratamiento pre – germinativo se utilizó 20 semillas, teniendo un total de 120 semillas por cada tipo sustrato.

6.1.2.1. Análisis de varianza para el porcentaje de semillas germinadas de *Caesalpinia spinosa* provenientes del cantón Catacocha.

Según el análisis de varianza (ANOVA) se obtuvo un coeficiente de variación (CV) de 15,18 en todos los tratamientos pre – germinativos aplicados; demostrando que la prueba LSD Fisher presenta diferencias significativas de $p < 0,001$ que representa un valor alto de significancia entre tratamientos. Siendo el tratamiento (TP1) el que presentó una mayor diferencia significativa en relación a los otros tratamientos, con 16,94 semillas germinadas que representa el 84,7 %; mientras que el TP4 presentó 7,94 semillas germinadas, correspondiendo el 39,7 %, y el TP3 presentó 7,83 semillas germinadas, representando el 39,15 %, con una mayor diferencia significativa en relación al TP1. Finalmente, en los TP0, TP2 y TP5 se registró que no existen diferencias significativas, obteniendo como resultado de 6,72; 7,28 y 7 semillas germinadas respectivamente durante el período de evaluación del ensayo (Figura 14).

Figura 14

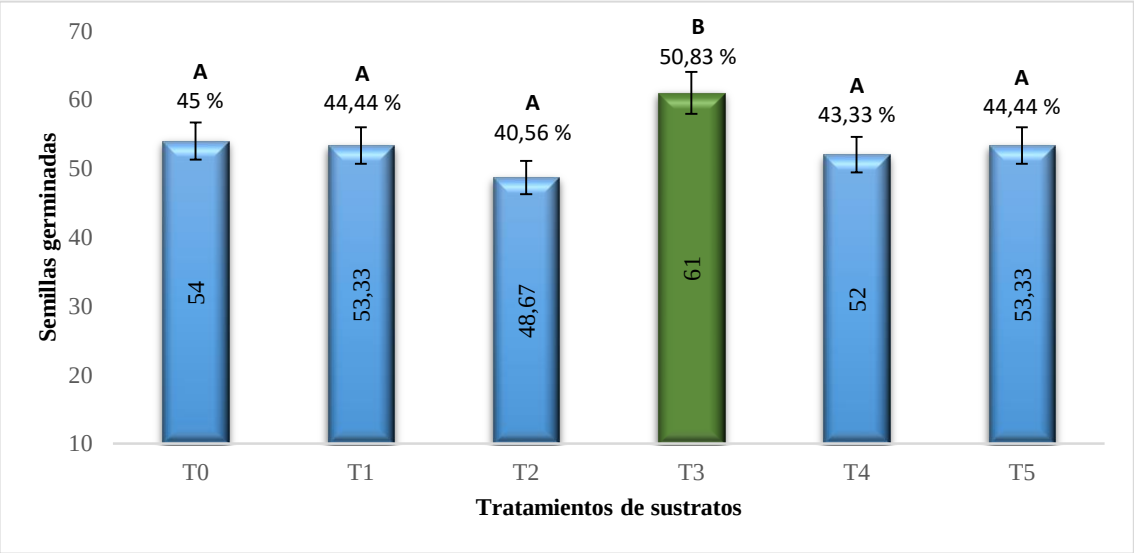
Porcentaje de germinación de semillas de Caesalpinia spinosa provenientes del cantón Catacocha, por tratamientos pre – germinativos.



Según el análisis de varianza (ANOVA) realizado por cada tipo de sustrato para el cantón Catacocha, se obtuvo un coeficiente de variación (CV) de 6,54, demostrando en la prueba LSD Fisher que existen diferencias significativas de p = 0,0232 que representa un valor medio de significancia entre tratamientos. El T3 fue el que presentó diferencias significativas en relación a los demás tratamientos, con 61 semillas germinadas que corresponde al 50,83 %. Por otro lado, en los tratamientos restantes no existen diferencias significativas en la germinación de semillas (Figura 15).

Figura 15

Porcentaje de germinación de semillas de Caesalpinia spinosa provenientes del cantón Catacocha, por tratamientos de sustrato.



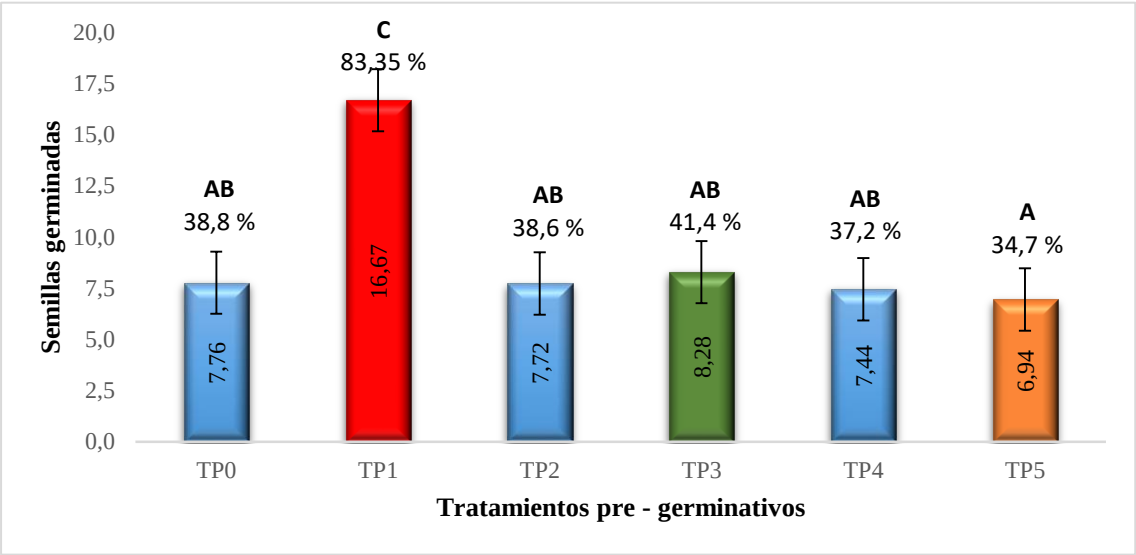
6.1.2.2. Análisis de varianza para el número y porcentaje de semillas germinadas de *Caesalpinia spinosa* provenientes del cantón Catamayo.

Según el análisis de varianza (ANOVA) se obtuvo un coeficiente de variación (CV) de 16,19 en los diversos tratamientos pre – germinativos aplicados; demostrando en la prueba LSD Fisher que presentan diferencias significativas de p < 0,001que representa un valor alto de significancia entre tratamientos. Siendo el TP1 el que presentó una diferencia significativa en relación a los demás tratamientos, con 16,67 semillas germinadas que representa el 83,35 % de germinación, mientras que el TP3 presentó 8,28 semillas germinadas, que corresponde a 41,4 %. Por otra parte, el TP0 obtuvo 7,76 semillas germinadas que equivale a 38,8 %, el TP2 alcanzó 7,72 semillas

germinadas, correspondiendo a 38,6 % y el TP4 presentó una cantidad de 7,44 semillas germinadas, que representa el 37,2 %, teniendo menor diferencias significativas; en cuanto al TP5 presentó menor germinación con 6,94 semillas germinadas que corresponde el 34,7 % de germinación, existiendo mayor diferencia significativa en relación al TP1 (Figura 16).

Figura 16

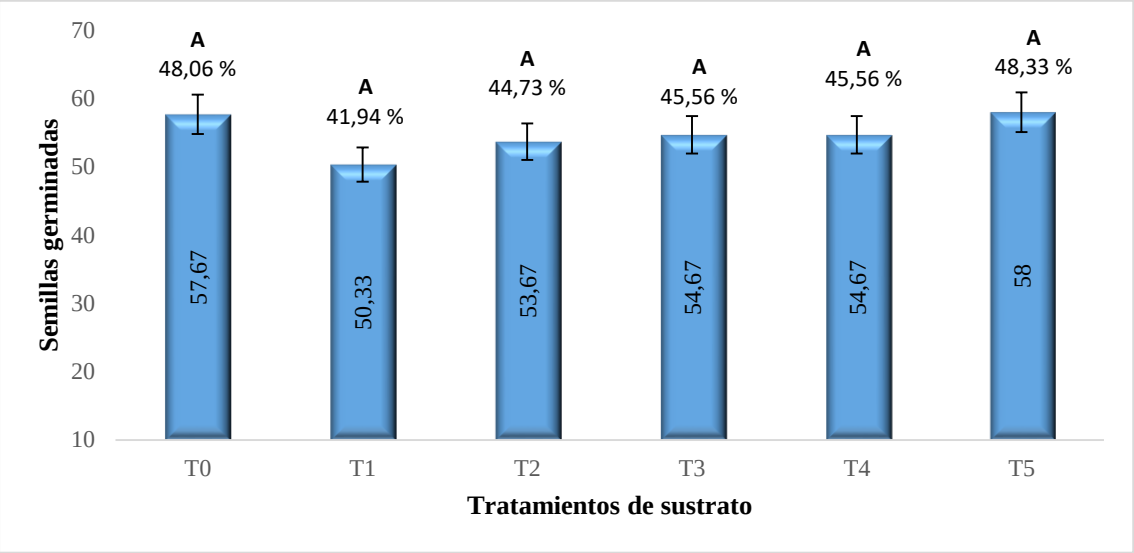
Porcentaje de germinación de semillas de Caesalpinia spinosa provenientes del cantón Catamayo, por tratamientos pre – germinativos.



Según el análisis de varianza (ANOVA) realizado por tipo de sustrato para el cantón Catamayo, se obtuvo un coeficiente de variación (CV) de 8,01, demostrando en la prueba LSD Fisher que existen diferencias significativas de p = 0,3513 que representa un valor medio de significancia entre tratamientos. Por lo tanto, el T5 fue el que presentó diferencias significativas en relación a los demás tratamientos, con una germinación de 58 semillas, que corresponde al 48,33 %, seguido por el T0 donde el porcentaje de germinación fue de 57,67 semillas germinadas que equivale a 48,06 %. Por otro lado, el T1 tuvo una germinación de 50,33 semillas, lo que equivale al 41,94 %, teniendo mayor diferencia significativa en relación al T5 (Figura 17).

Figura 17

Porcentaje de germinación de semillas de Caesalpinia spinosa provenientes del cantón Catamayo, en distintos tratamientos de sustrato.

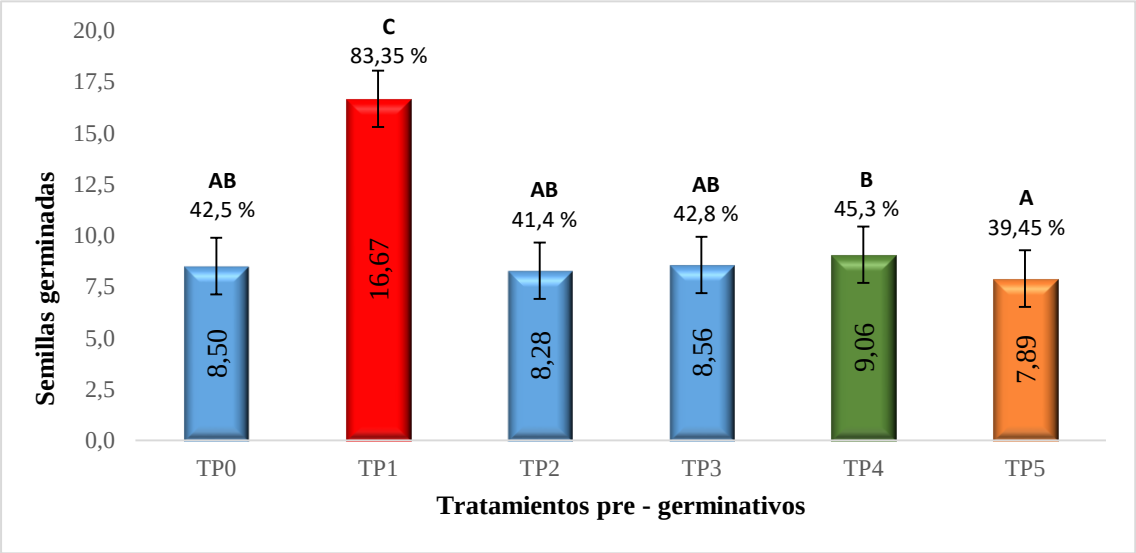


6.1.2.3. Análisis de varianza para el número y porcentaje de semillas germinadas de *Caesalpinia spinosa* provenientes del cantón Gonzanamá.

Según el análisis de varianza (ANOVA) para la germinación de las semillas provenientes del cantón Gonzanamá, se obtuvo un coeficiente de variación (CV) de 13,42 en los diversos tratamientos pre – germinativos aplicados, demostrando en la prueba LSD Fisher que presentan diferencias significativas de $p < 0,001$ que representa un valor alto de significancia entre tratamientos. Siendo TP1 el que alcanzó una mayor diferencia significativa en relación a los demás tratamientos, con 16,67 semillas germinadas que representa el 83,35 %; mientras que el TP4 presentó 9,06 semillas germinadas, que corresponde a 45,3 %, teniendo menor diferencia significativa en relación al TP3, TP0 y TP2. Sin embrago, el TP5 presentó una germinación de 7,89 semillas germinadas que corresponde el 39,45 % de germinación, teniendo mayor diferencia significativa en relación a los demás tratamientos (Figura 18).

Figura 18

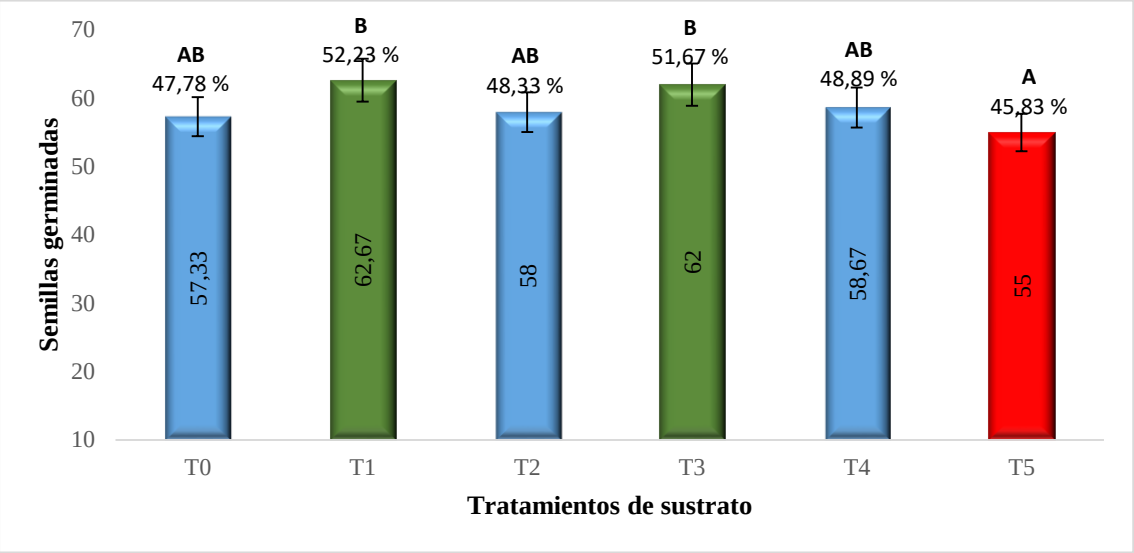
Porcentaje de germinación de semillas de Caesalpinia spinosa provenientes del cantón Gonzanamá, por tratamientos pre – germinativos.



Según el análisis de varianza (ANOVA) realizado por tipo de sustrato para el cantón Gonzanamá, se obtuvo un coeficiente de variación (CV) de 5,58, demostrando en la prueba LSD Fisher que existen diferencias significativas de p = 0,1053 que representa un valor medio de significancia entre tratamientos. Siendo el T1 y T3 los que presentaron mayor diferencia significativa en relación con los demás tratamientos, donde obtuvieron mayor germinación con 62,27 y 62 semillas, lo cual corresponde a 52,23 % y 51,67 % respectivamente, mientras que el T0, T2, y T4 no son significativamente diferentes entre sí, donde el T0 tuvo una germinación de 57,33 semillas, lo que representa el 47,78 % de las semillas sembradas; el T2 la germinación fue de 58 semillas, lo que equivale a 48,33 % y el T4 obtuvo una germinación de 58,89 semillas, correspondiendo a 48,89 %. Por otra parte, el T5 presentó una germinación de 55 semillas correspondiendo al 45,83 % de las semillas sembradas, teniendo mayor diferencia significativa con relación al T1 y T3 (Figura 19).

Figura 19

Porcentaje de germinación de semillas de Caesalpinia spinosa provenientes del cantón Gonzanamá, en distintos tratamientos de sustrato.

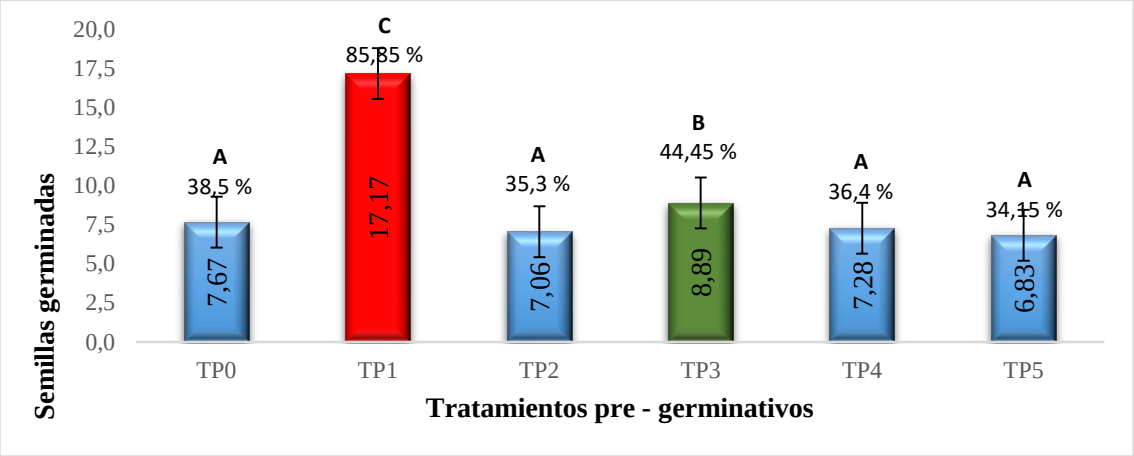


6.1.2.4. Análisis de varianza para el número y porcentaje de semillas germinadas de *Caesalpinia spinosa* provenientes del cantón Loja.

Según el análisis de varianza (ANOVA) para las semillas provenientes del cantón Loja, se obtuvo un coeficiente de variación (CV) de 16,03 en los diversos tratamientos pre – germinativos aplicados, demostrando en la prueba LSD Fisher que existen diferencias significativas de $p < 0,001$ entre tratamientos. Siendo el TP1 el que presentó mayor significancia en relación a los demás tratamientos, con 17,17 semillas germinadas que representa el 85,85 % de germinación; mientras que el TP3 tuvo 8.89 semillas germinadas, que corresponde a 44,45 %, teniendo mayor significancia con respecto al TP1. Además, en el TP0, TP2, TP4 y TP5 no existen diferencias significativas entre ellos, en el cual el TP0 presentó 7,67 semillas germinadas que equivale el 38,5 %, el TP2 germinaron 7,06 semillas, lo que representa el 35,3 %, en el TP4 tuvo una germinación de 7,28 semillas correspondiendo a 36,4 % y el TP5 presentó una germinación baja con 6,83 semillas germinadas que corresponde el 34,15 % de germinación, durante el período de evaluación del ensayo (Figura 20).

Figura 20

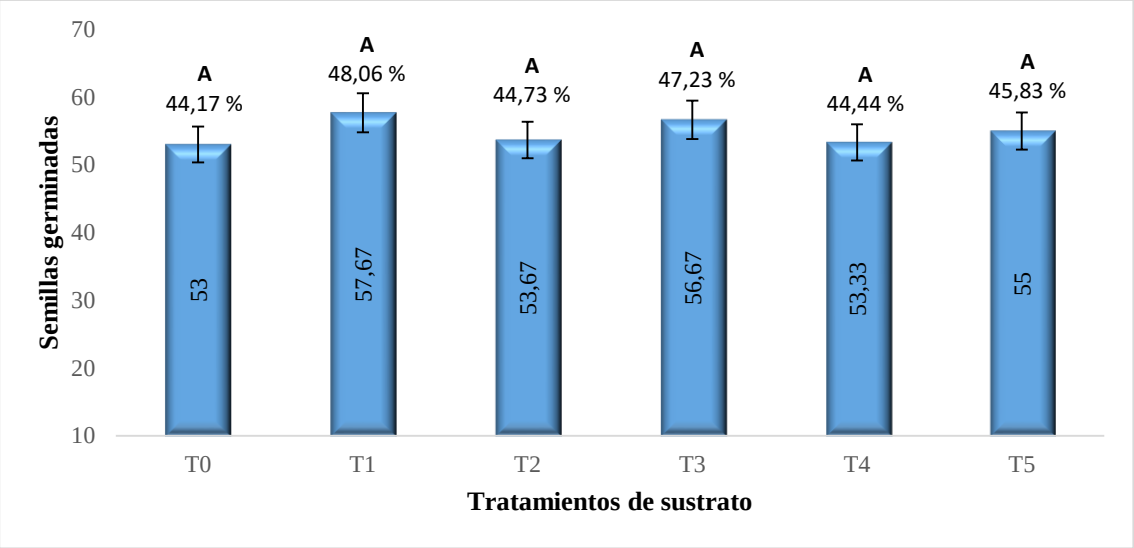
Porcentaje de germinación de semillas de Caesalpinia spinosa provenientes del cantón Gonzanamá, por tratamientos pre – germinativos.



Según el análisis de varianza (ANOVA) realizado por tipo de sustrato para el cantón Loja, se obtuvo un coeficiente de variación (CV) de 5,68, demostrando en la prueba LSD Fisher que no son significativamente diferentes, obteniendo un valor de p = 0,1053 entre tratamientos. En este cantón se logró una germinación mayor en el T1 con 57,67 semillas germinadas que corresponde a 48,06 % y, se tuvo una germinación menor en el tratamiento testigo (T0), con 53 semillas germinadas, lo que equivale a 44,17 % del total de semillas sembradas (Figura 21).

Figura 21

Porcentaje de germinación de semillas de Caesalpinia spinosa provenientes del cantón Loja, en distintos tratamientos de sustrato.



6.1.3. Evaluación de mortalidad de plántulas de *Caesalpinia spinosa* (Mol) O. Kuntze., en el invernadero

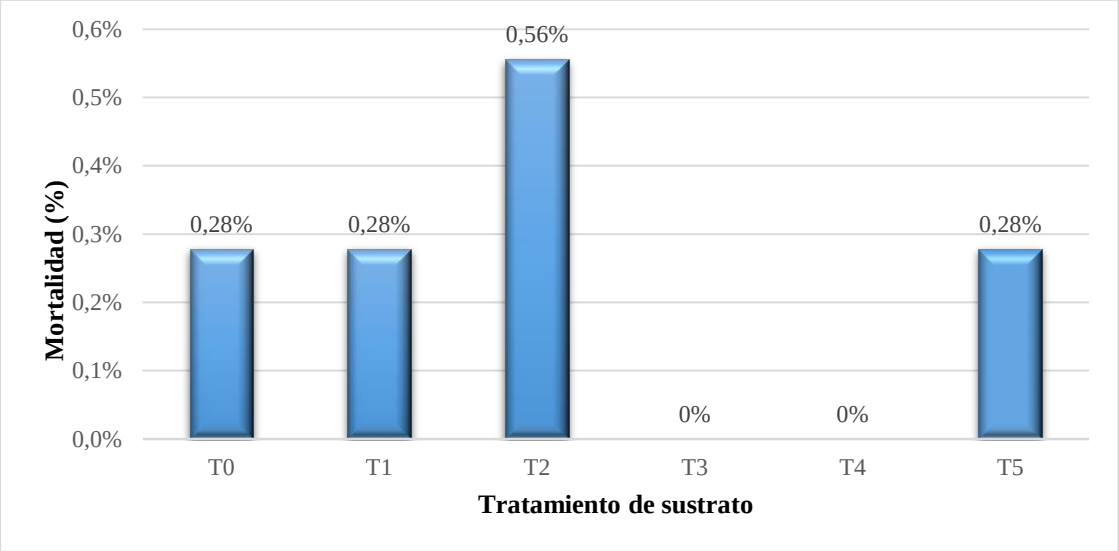
Para evaluar la mortalidad de las plántulas *Caesalpinia spinosa* en el invernadero se tomó registros durante 25 días, donde se pudo observar una baja mortalidad de plántulas, que se dio a los primeros días del crecimiento por causa de hongos, que afectan el tallo y las hojas. Según De la Cruz (2015), las enfermedades más frecuentes de la muerte de plántulas son ocasionadas por fugamina y oidium; y, en menor frecuencia por presencia de nemátodos en el suelo.

6.1.3.1. Evaluación de la mortalidad de plántulas de *Caesalpinia spinosa* (Mol) O. Kuntze., del cantón Catacocha.

Según los resultados de la evaluación de la germinación de las semillas provenientes de los sitios del cantón Catacocha, tuvieron una tasa de mortalidad baja. Siendo el tratamiento 2 (T2) el que presentó una mayor mortalidad de las plántulas con el 0,56 %. De igual forma, en el T0, T1 y T5 se registró un porcentaje de mortalidad de plántulas de 0,28 % y en el T3 y T5 no hubo mortalidad (Figura 22).

Figura 22

Porcentaje de mortalidad de plántulas de Caesalpinia spinosa del cantón Catacocha.

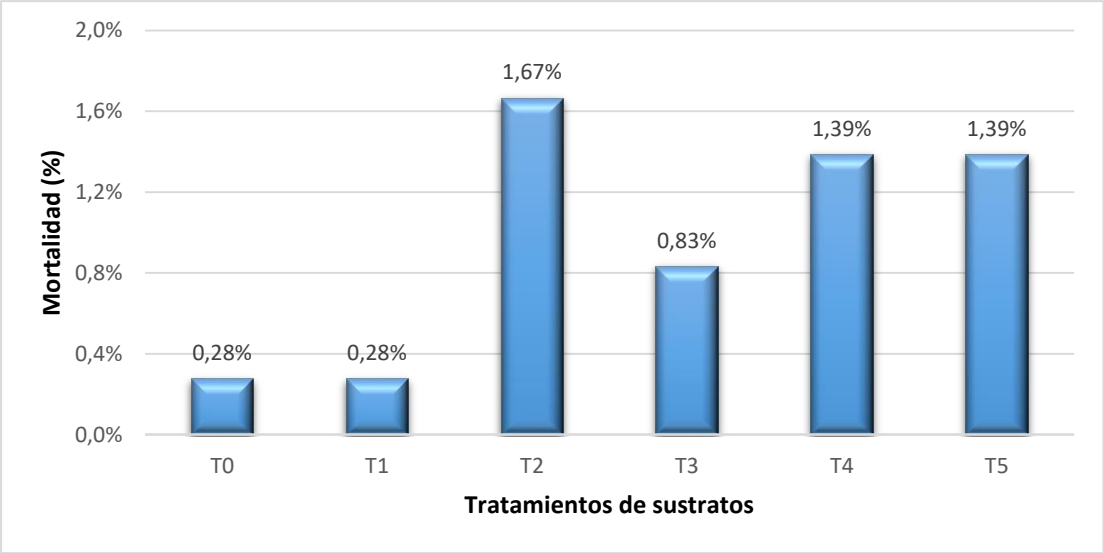


6.1.3.2. Evaluación de la mortalidad de plántulas de *Caesalpinia spinosa* (Mol) O. Kuntze., del cantón Catamayo

Según los resultados de la evaluación de la germinación de las semillas procedentes de los distintos sectores del cantón Catamayo, mostraron una tasa de mortalidad baja. Siendo el T2 el que tuvo mayor porcentaje de mortalidad de las plántulas con 1,67 %; mientras que el T4 y T5 presentaron 1,39 % de la mortalidad. Por otra parte, el T3 tuvo un porcentaje de mortalidad de 0,83 %; y, en cuanto al T0 y T1 se registró una mortalidad de las plántulas de 0,28 %, durante 20 días después de la germinación de las semillas (Figura 23).

Figura 23

Porcentaje de mortalidad de plántulas de Caesalpinia spinosa del cantón Catamayo.

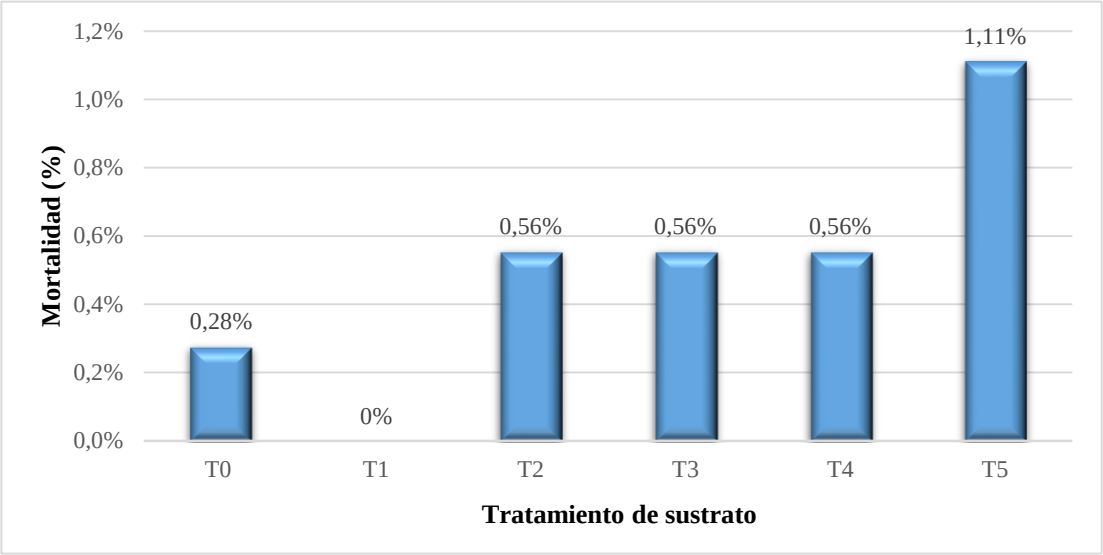


6.1.3.3. Evaluación de la mortalidad de plántulas de *Caesalpinia spinosa* (Mol) O. Kuntze., del cantón Gonzanamá

Según los resultados de la evaluación de la germinación de las semillas provenientes de los diferentes sitios del cantón Gonzanamá, presentaron una mortalidad baja. Siendo el T5 el que presentó el porcentaje de mortalidad de plántulas más alto con 1,11 %, seguido con el 0,56 % de mortalidad de plántulas en el T2, T3 y T4. Asimismo, el T0 tuvo el 0,28 % de mortalidad de las plántulas, mientras que en el T1 no se registró muerte de plántulas durante la evaluación de la germinación de las semillas (Figura 24).

Figura 24

Porcentaje de mortalidad de plántulas de Caesalpinia spinosa del cantón Gonzanamá.

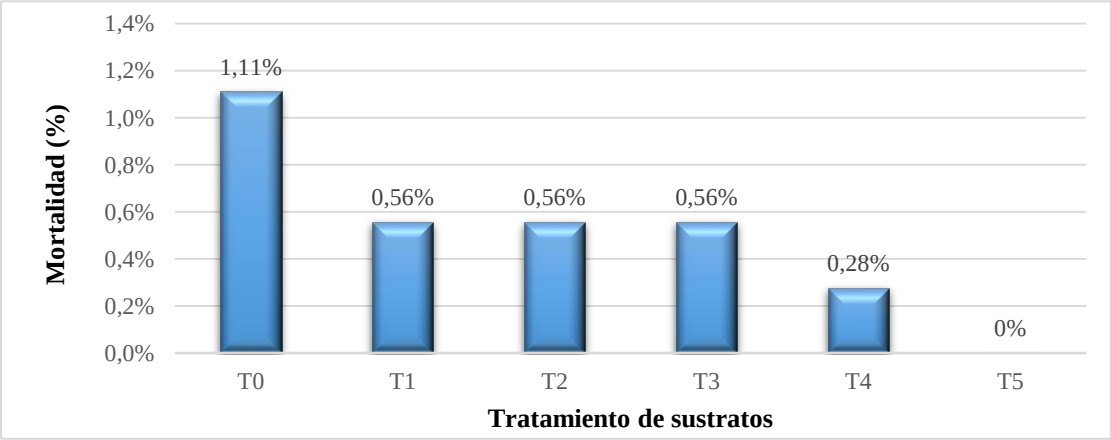


6.1.3.4. Evaluación de la mortalidad de plántulas de *Caesalpinia spinosa* (Mol) O. Kuntze., del cantón Loja

Según los resultados de la evaluación de la germinación de las semillas procedentes de los diversos sectores del cantón Loja, tuvieron una mortalidad más alta en el T0 con el 1,11 %, seguido del T1, T2, T3 con una mortalidad de plántulas de 0,56 % y el T4 fue de 0,28 % de mortalidad de las plántulas; mientras que el T5 no presentó muerte de las plántulas durante el periodo de evaluación de la germinación de semillas (Figura 25).

Figura 25

Porcentaje de mortalidad de plántulas de Caesalpinia spinosa del cantón Loja.



6.1.4. Desarrollo de plántulas de *Caesalpinia spinosa* (Mol) O. Kuntze., en condiciones de sombra

6.1.4.1. Evaluación de desarrollo de plántulas en las condiciones bajo sombra

La evaluación del desarrollo de las plántulas de *Caesalpinia spinosa* (Mol) O. Kuntze., se realizó en 4 condiciones de sombra durante un período de 2 meses. Donde se evaluó las características morfológicas como altura, diámetro del tallo, número de hojas y longitud de la raíz de las plántulas, para lo cual se seleccionaron 6 plántulas al azar por cada tipo de sustrato y 36 por cada sitio de procedencia, dando un total de 144 plántulas por cada condición de sombra.

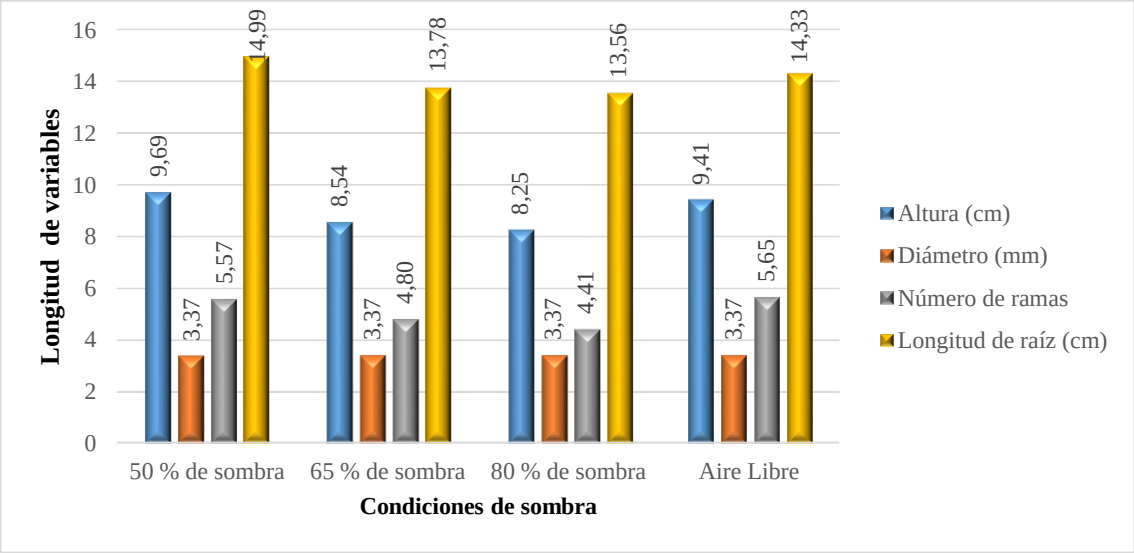
6.1.4.1.1. Desarrollo de las plántulas por tratamiento de sustrato, condiciones de sombra y sitios de procedencia

6.1.4.1.2. Desarrollo de las plántulas en el tratamiento de sustrato testigo (T0)

El T0 presentó mejores resultados de desarrollo de las plántulas en una condición de sombra de 50 %, registrándose un promedio de crecimiento en altura de 9,69 cm, diámetro del tallo de 3,37mm, número de hojas de 5,57 (en este caso menor que la condición al aire libre) y en la longitud de la raíz obtuvo un promedio de 14,99 cm (Figura 26).

Figura 26

Crecimiento de plántulas en el tratamiento testigo (T0).



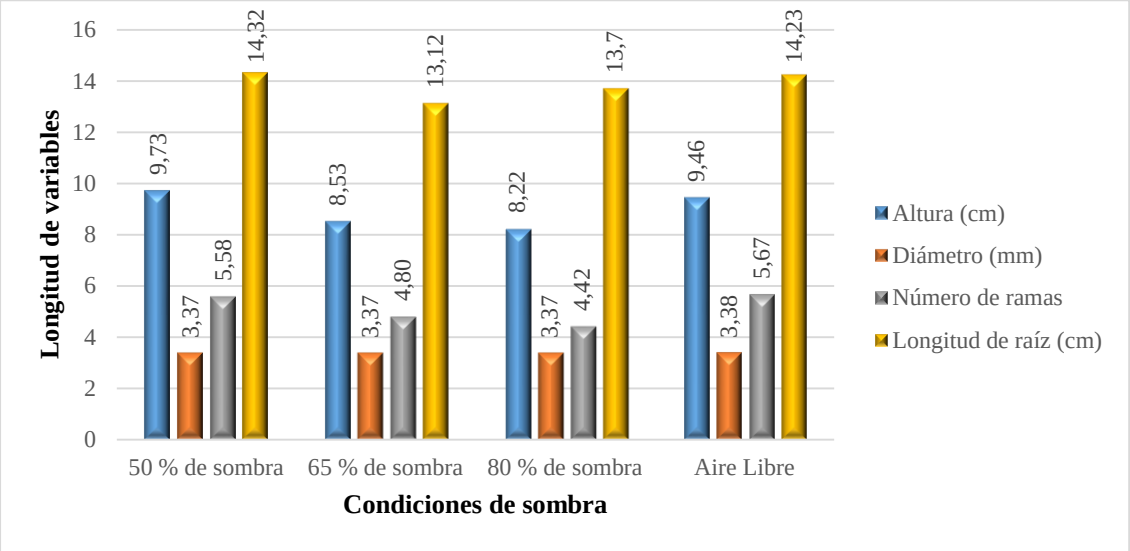
Mientras, que la condición al aire libre presentó mejores resultados con respecto a las otras condiciones de sombra al 65 % y 80 %, presentando un promedio de crecimiento de altura de 9,41 cm, un diámetro del tallo similar en todas las condiciones evaluadas con 3,37 mm, en el número de hojas se obtuvo un promedio de 5,65 y en la longitud de la raíz tuvo 14,33 cm. Cabe mencionar que la evaluación se llevó a cabo durante un período de 2 meses, a partir de la ubicación de las plántulas en el umbráculo.

6.1.4.1.3. Desarrollo de las plántulas en el tratamiento de sustrato 1 (T1) compuesto por tierra, arena y nitrosano en composición 2:1:1

El T1 presentó mayor crecimiento de las plántulas bajo condiciones de sombra de 50 %, donde se tuvo un promedio de 9,73 cm en altura, diámetro del tallo promedio de 3,37 mm, el número de hojas promedio fue de 5,58 y la longitud de la raíz presentó 14,32 cm. Sin embargo, el diámetro de tallo y numero de hojas tuvieron menor promedio en relación a la condición a aire libre, donde el diámetro del tallo tuvo un promedio de 3.38 mm de diámetro y 5.67 número de hojas En este tratamiento se presentó mejores resultados en condiciones bajo sombra de 50 % y al aire libre, con respecto a condiciones de sombra al 65 y 80 % (Figura 27).

Figura 27

Crecimiento de plántulas en el T1.

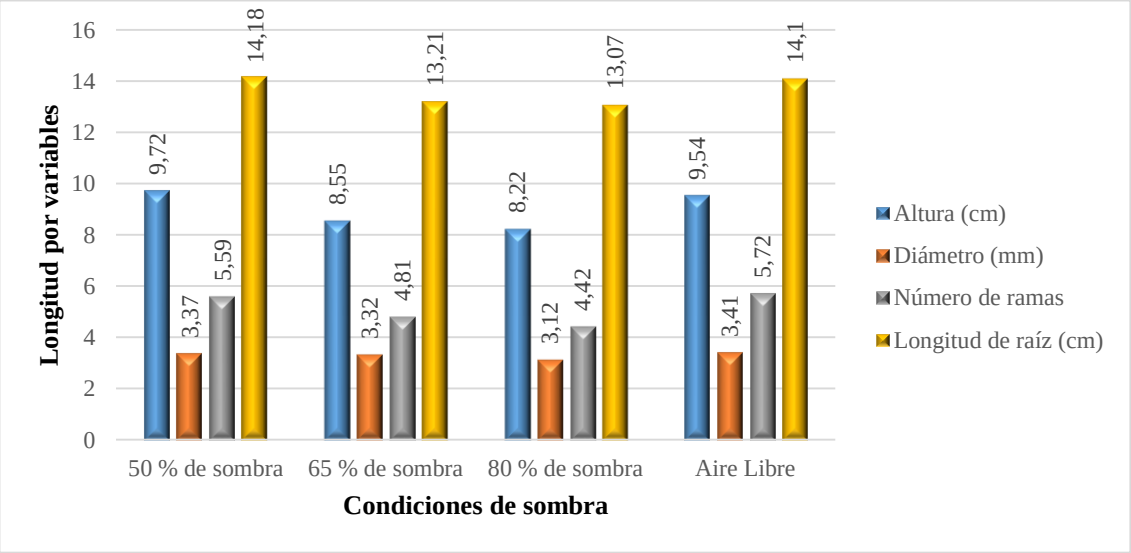


6.1.4.1.4. Desarrollo de las plántulas en el tratamiento 2 (T2) compuesto por tierra, arena y tamo de arroz en proporción 2:1:1

En el T2 se obtuvo mejores resultados de desarrollo de las plántulas bajo una condición de sombra de 50 % donde se tuvo un promedio de altura de 9,72 cm, siendo un promedio mayor a la condición al aire libre, que tuvo 9,54 cm de altura promedio. Con respecto a la condición a aire libre presentó un promedio de 3,41 mm de diámetro y 5,72 de ramas, teniendo un promedio mayor a la condición de 50 % de sombra con 3,37mm de diámetro promedio y 5,59 de ramas promedio. Sin embargo, en la longitud de la raíz, la condición de sombra al 50% presentó un promedio de 14,18 cm siendo mayor con respecto a la condición a aire libre que tuvo un promedio de 14,10 cm. Mientras que en la condición bajo sombra de 80 %, se tuvo menor desarrollo de las plántulas con una altura promedio de 8,22 cm, diámetro de 3,12 mm, número de ramas de 4,42 y la longitud de 13,07 cm (Figura 28).

Figura 28

Crecimiento de plántulas en el T2.



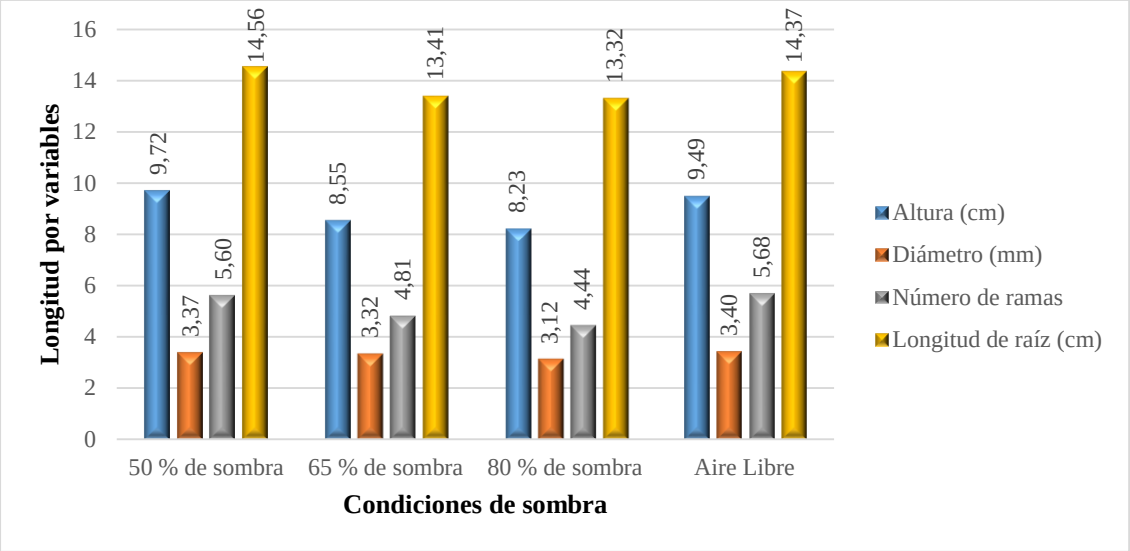
6.1.4.1.5. Desarrollo de las plántulas en el tratamiento 3 (T3) compuesto por tierra negra, humus y arena en proporción 2:1:1

El T3 presentó mayores resultados en condiciones de sombra de 50 % y al aire libre, donde la condición de sombra de 50 % presentó mejor promedio en altura de la

plántula y longitud de la raíz, con promedio de 9,72 cm y 14,56 cm respectivamente, mientras que el diámetro del tallo y número de hojas se obtuvo mejor resultado en la condición a aire libre con promedio de 3,40 mm de diámetro y 5,68 promedio en número de hojas. Sin embargo, en condiciones de sombra a 80 % de sombra presentó el menor promedio de las características morfológicas evaluadas (Figura 29).

Figura 29

Crecimiento de plántulas en el T3.

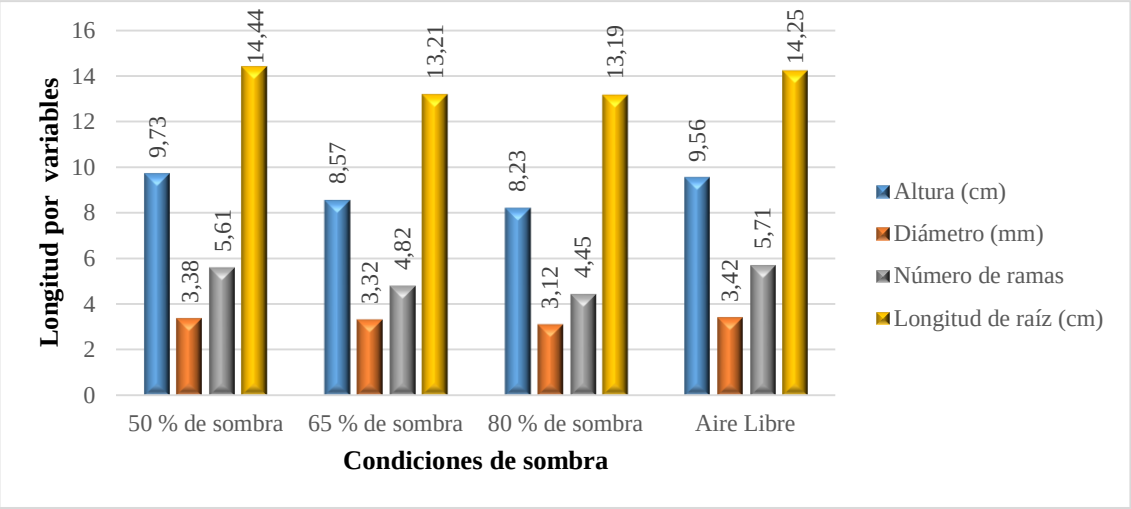


6.1.4.1.6. Desarrollo de las plántulas en el tratamiento 4 compuesto por tierra, arena y estiércol de chivo en proporción 2:1:1

El desarrollo de las plántulas en el T4 presentó un resultado mayor en la condición de sombra de 50 %, teniendo un promedio de 9,73 cm de altura y un promedio de 14,44 cm en la longitud de la raíz. Sin embargo, en esta condición presentó menor resultado en el promedio de diámetro del tallo y número de hojas, obteniendo un resultado mayor en la condición a aire libre con promedio de 3,42 mm de diámetro y un promedio de 5,71 de número de hojas. Por otra parte, se obtuvo menor desarrollo de plántulas en la condición de sombra al 80 %, seguido de la condición de 65 % de sombra (Figura 30).

Figura 30

Crecimiento de plántulas en el T4.

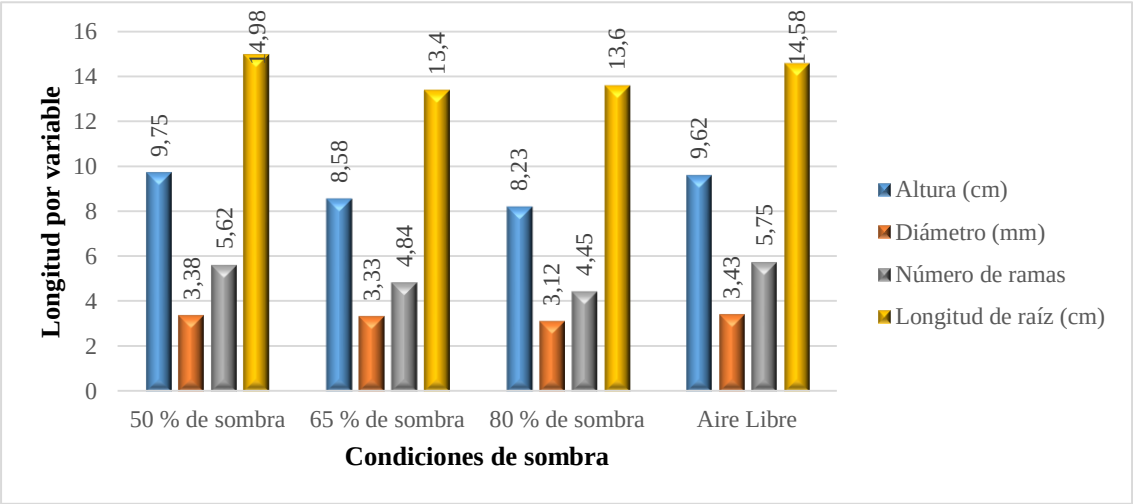


6.1.4.1.7. Desarrollo de las plántulas en el tratamiento 5 (T5) compuesto por tierra y humus en proporción 2:2

El T5 presentó mayor resultado de desarrollo de las plántulas en condiciones de 50 % de sombra y a aire libre, donde se obtuvo una altura de la plántula con promedio de 9,75 cm y longitud de la raíz con un promedio de 14,98 cm. Mientras, que el diámetro del tallo y número de hojas se obtuvo mejor desarrollo en la condición al aire libre, con promedio de 3,43 mm de diámetro y 5,75 de hojas promedio. En cuanto a la condición de 80 % de sombra tuvo menor promedio en el desarrollo de las plántulas (Figura 31).

Figura 31

Crecimiento de plántulas en el T5.



7. Discusión

7.1. Propagación sexual de *Caesalpinia spinosa* (Mol) O. Kuntze., mediante siembra directa en fundas de polietileno en el invernadero.

7.1.1. Porcentaje de germinación por tratamientos pre germinativos y tipos de sustratos

Según los resultados obtenidos, el tratamiento pre – germinativo de escarificación mecánica, que consistió en el lijado de la testa de la semilla, fue el que presentó un mayor porcentaje promedio de germinación de semillas de *Caesalpinia spinosa* con 84,31 %, estos resultados son corroborados por Neri Chávez, et al. (2018), quienes en su estudio aplicaron el corte de la testa y dejo en remojo de las semillas de *Caesalpinia spinosa* por 12 y 24 horas, obteniendo un valor promedio de porcentaje de germinación de 91,67 % y 93,75 % respectivamente. Así mismo, en otro estudio realizado por Torres (2019) aplicando el lijado de la semilla obtuvo un porcentaje de germinación del 76 %. Esto demuestra que el lijado de la semilla induce a obtener mejores resultados en el porcentaje de germinación debido a que la semilla de la especie posee una testa dura por lo que requiere de este tipo de tratamiento para acelerar e incrementar su porcentaje de germinación.

Además, se puede señalar que la escarificación mecánica mediante el lijado de la testa de las semillas presenta porcentajes de germinación altos, como en el caso de la especie de *Caesalpinia glabrata* donde Romero-Saritama et al. (2016) reportaron una germinación de 96 % ligada directamente a la ruptura de la testa. Asimismo, en la especie de *Caesalpinia platyloba* Sánchez-Soto et al. (2016) obtuvieron un porcentaje de germinación del 98,9 % aplicando el tratamiento del lijado de la testa de las semillas.

En cuanto a la escarificación física de las semillas de *Caesalpinia spinosa* que consistió en el tratamiento de remojo de las semillas durante 10 minutos en agua caliente y luego dejándolas en remojo en agua fría por 24 horas, se tuvo una germinación promedio del 41,94 %; mientras que en el tratamiento de remojo de las semillas en agua fría durante 72 horas se obtuvo una germinación promedio del 39,65 %. Al comparar estos resultados con los reportados por Neri Chávez et al. (2018) quienes aplicaron tratamientos pre germinativos de remojo de semillas en agua fría por

3 días, obteniendo un porcentaje de germinación de 20,42 % y remojo de las semillas en agua caliente a temperatura de ebullición por 5 minutos y dejando en remojo en agua fría por 12 horas donde obtuvo un porcentaje de germinación de 4,17 %, siendo estos resultados bajos al relacionarlos con el porcentaje de germinación que se tuvo en esta investigación.

Según Neri Chávez et al. (2018) en su estudio menciona que la germinación de las semillas por escarificación física mediante el remojo de las semillas en agua caliente a temperatura de ebullición a 60 °C por más de 10 minutos puede dañar el embrión ocasionando bajas tasas en el porcentaje de germinación, teniendo un resultado de 14,4 %. Esta deducción es corroborada por Quispe (2014), donde sumergió las semillas de *Paraserianthes lophanta* en agua hirviendo por 1 minuto y alcanzó un porcentaje de germinación de 99,42 %.

Por otro lado, el remojo de las semillas en agua fría por 72 horas tuvo un porcentaje de germinación baja con 39,65 % siendo muy similares a los reportados por Neri Chávez et al. (2018) quienes obtuvieron una germinación de 20,23 % mediante el remojo de las semillas en agua fría durante 72 horas y difieren con los resultados presentados por López & Gil (2017) quienes obtuvieron una geminación de 83,3 % en el mismo tiempo de remojo de las semillas. Mendoza (2015) menciona que las semillas de tara poseen una testa dura y una cutícula impermeable, que limita la capacidad de absorción de agua, por ello sería importante colocar en remojo a las semillas por más tiempo, para lograr un mayor porcentaje de germinación.

Mediante el tratamiento pre – germinativo de escarificación química donde se colocó en remojo a las semillas en solución con urea durante 2 horas, se tuvo un porcentaje de germinación de 37,92 % siendo mayor en relación a los resultados reportados por Lara (2019), quien sumergió a las semillas en ácido giberélico durante 2 horas, teniendo una germinación de 23,8 % y Robayo (2021) quien puso en remojo a las semillas en ácido giberélico durante 24 horas, obteniendo una germinación del 21,67 % en 20 días. Por otro lado, Torres (2019) en su estudio difiere con los resultados obtenidos, ya que obtuvo una germinación de 74 % mediante la escarificación química aplicando ácido sulfúrico durante 10 minutos.

Con respecto al tratamiento de estratificación, que consistió en colocar las semillas a una temperatura menor a 19 °C por un tiempo de 24 horas, se obtuvo una germinación de 35,83 %. Robayo (2021) menciona que las semillas de *Caesalpinia spinosa* deben contar con las condiciones de temperatura requeridas para acelerar el proceso de germinación. Sin embargo, estudios realizados en otras especies forestales donde las semillas han sido colocadas a temperaturas que oscilan entre 3 – 5 °C han alcanzado un porcentaje de germinación hasta el 96 %.

En cuanto a la germinación de las semillas de *Caesalpinia spinosa* considerando el tipo de sustrato para los diferentes tratamientos pre – germinativos, el T3 compuesto por tierra, arena y humus en proporción 2:2:1, presentó un mayor porcentaje de germinación de 48,82 %, y el T1 compuesto por tierra, nitrosano y arena en proporción 2:2:1, tuvo una germinación de 46,67 %, iniciando la germinación a partir del día 8 hasta el día 20, período que las semillas de la especie *Caesalpinia spinosa* presenta su proceso de germinación. Estos resultados son similares a los reportados en el estudio de Lara (2019), quien, utilizando un sustrato compuesto por tierra negra, cascarilla de arroz y arena, obtuvo un porcentaje de germinación de 38,48 % durante una evaluación de 20 días y Mendoza (2015) quien utilizó un sustrato compuesto por tierra, humus de lombriz y arena en proporción 2:2:1 obtuvo una germinación de 52,62 %. Mientras que Benito (2012) mediante siembra directa en fundas de polietileno obtuvo un mayor poder germinativo de 73,33 %, utilizando como sustrato tierra de plantaciones de tara.

7.1.2. Desarrollo de plántulas de *Caesalpinia spinosa* (Mol) O. Kuntze en condiciones de sombra

Para conocer el comportamiento en cuanto al desarrollo de las plántulas en el vivero se adecuaron diferentes ambientes de sombra, donde se realizó mediciones del crecimiento por un tiempo de 60 días con mediciones periódicas cada 8 días. Siendo la condición 1 conformada por sarán a un 50 % de sombra, en donde se registró un mayor crecimiento de las plántulas en el T5, sustrato compuesto por tierra y humus en proporción 2:2, con una altura promedio de 9,75 cm al final de la evaluación.

El seguimiento y evaluación de germinación, prendimiento y desarrollo de las plántulas se lo realizo por un tiempo de 105 días, de los cuales: 25 días fueron

destinados para evaluar el porcentaje de germinación en invernadero; 20 días para evaluar el prendimiento bajo invernadero y 60 días para evaluar el desarrollo de las plántulas en vivero bajo diferentes ambientes de sombra.

Los resultados obtenidos en cuanto al desarrollo de las plántulas son similares con respecto a un estudio realizado por Espinosa (2018), quien utilizo un sustrato compuesto por tierra agrícola, compost con microorganismos eficientes y compost tradicional en proporción 3:2:1, obteniendo un crecimiento de las plántulas de 10,97 cm de altura, en un tiempo de evaluación de 80 días después de la germinación. Así mismo, Mamani (2020) menciona que, utilizando un sustrato constituido por tierra agrícola, tierra de bosque y arena en proporción 3:2:1, obtuvo el crecimiento de las plántulas con un promedio de 11,30 cm de altura, a los 120 días después de la germinación, teniendo una evaluación de 1 mes y una semana adicional con respecto a este estudio. Por otro lado, Merchán (2014) reporta un mayor crecimiento de las plántulas de *Caesalpinia spinosa* en comparación con este estudio y el de Mamani (2020) alcanzando un promedio de altura de 20,73 cm después de 120 días de la germinación, en un sustrato constituido por 100 % tierra negra.

Los resultados reportados por Merchán (2014) difieren con los resultados de esta investigación, estas diferencias en cuanto al crecimiento de las plántulas pueden darse ya sea por el tipo de sustrato aplicado o por las condiciones climáticas donde se desarrolló la evaluación y por el tiempo de evaluación. Cabe mencionar que la presente investigación se ejecutó en el vivero de la Universidad Nacional de Loja, ubicado a una altitud de 2 160 m s.n.m. a una temperatura promedio de 17,1 °C y una precipitación de 377,2 mm INAMI (2021). Mientras que el estudio de Merchán (2014) se desarrolló a una altitud de 1 858 m s.n.m., con una temperatura promedio de 15 °C y una precipitación de 579 mm.

Con respecto al diámetro del tallo de las plántulas, se obtuvo mejores resultados bajo condiciones de aire libre, con un promedio en el diámetro del tallo de 3,43 mm en el T5, sustrato compuesto por tierra y humus en proporción 2:2. Cuyos resultados son similares al estudio de Mondragón (2016), quien aplicó un sustrato compuesto por tierra agrícola y tierra de monte, obteniendo un resultado promedio de 3,67 mm de diámetro del tallo. Por otro lado, Cruz, (2019) obtuvo un promedio mayor en el diámetro del tallo

con 3,82 mm durante 120 días de evaluación, teniendo en este estudio mejores resultados en un sustrato compuesto por tierra agrícola, tierra de monte y arena de mina, en proporciones 3:2:1; cabe mencionar que esta diferencia en cuanto al diámetro del tallo está relacionada con el tiempo considerado para la evaluación.

En relación al diámetro del tallo, Cordero (2016) menciona que el diámetro es una característica muy importante para la supervivencia de la plántula en campo, quien considera que la robustez y longitud del tallo inciden en el éxito de la plantación. Para ello, las plántulas deben tener un diámetro mayor a 5 mm, debido a que serán más resistentes al doblamiento y llegan a tolerar daños de plagas.

Las plántulas de *Caesalpinia spinosa* en la presente investigación presentaron un número promedio de 6 hojas en condiciones al aire libre en el T5, sustrato compuesto por tierra y humus en proporción 2:2. Siendo estos resultados similares a los obtenidos por Cruz (2019), durante 120 días después de la germinación, teniendo como resultado un promedio de 6 hojas en un sustrato compuesto por suelo agrícola y suelo de bosque. Además, Mondragón (2016) en su estudio reporta que las plántulas presentaron un promedio total de 7 hojas, durante una evaluación de 90 días, donde se ha empleado un sustrato constituido por tierra negra, humus y arenilla, en proporción 2:2:2.

Finalmente, las plántulas de *Caesalpinia spinosa* presentaron mejores resultados en cuanto a la longitud de la raíz con un promedio de 14,99 cm en el T0, sustrato compuesto por 100 % tierra y bajo la condición de 50 % de sombra durante los 105 días de evaluación. Cuyos resultados son bajos en relación al estudio realizado por Cruz (2019) que obtuvo un mayor resultado en un sustrato compuesto por tierra agrícola, tierra de monte y arena, en proporción 2:2:1, alcanzando un promedio de 18,01 cm de longitud de raíz durante una evaluación de 120 días después de la germinación de plántulas de tara; la diferencia puede ser debido al mayor tiempo considerado para la evaluación.

8. Conclusiones

Mediante el método de siembra directa en fundas de polietileno en el invernadero, la escarificación mecánica alcanzó un mayor porcentaje de germinación de 83,33 %, ya que permite eliminar la latencia física de la semilla, facilitando la rápida absorción de agua del exterior para activar de manera inmediata el embrión y dar paso al proceso germinativo.

Las semillas provenientes del cantón Loja alcanzaron el mayor porcentaje de germinación con el 85,83 % bajo el tratamiento pre-germinativo de escarificación mecánica que consistió en el lijado de la testa de las semillas con una lija de grano grueso número 100 y con un sustrato compuesto por tierra negra, arena y nitrosano en proporción 2:1:1.

Los tratamientos de escarificación física y química no incidieron mayoritariamente en la germinación de las semillas, debido que al introducir las semillas en agua caliente a una temperatura de ebullición pierden su viabilidad, por el daño que pueden ocasionar al embrión de la semilla.

Las plántulas de *Caesalpinia spinosa* (Mol) O. Kuntze., en vivero presentaron un mayor desarrollo y crecimiento en condiciones de sombra a aire libre, con un sustrato constituido por tierra y humus en proporción 2:2, debido que esta especie es propia de climas secos y no es exigente a requerimientos edáficos.

9. Recomendaciones

Por la dureza de la semilla de *Caesalpinia spinosa* (Mol) O. Kuntze. se recomienda colectar las semillas y seguidamente aplicar una escarificación mecánica y física (lijado y remojo) para sembrar de manera inmediata, con la finalidad obtener un mayor porcentaje de germinación. Asimismo, sembrar solamente las semillas que presentan un hinchamiento, debido a que presentan una activación del embrión para el proceso germinativo.

Realizar futuros ensayos de desarrollo y crecimiento de las plántulas de *Caesalpinia spinosa* (Mol) O. Kuntze., efectuando una evaluación tanto en el invernadero como en vivero, con el fin conocer y comparar las características morfológicas que desarrollan en un ambiente controlado y al aire libre hasta que las plántulas tengan el tamaño óptimo para establecer una plantación.

Aplicar ensayos de germinación directa empleando sustratos compuestos por compost, para conocer si presentan mayor porcentaje de germinación durante una evaluación de 2 a 4 meses. Además, realizar una evaluación mayor con respecto al desarrollo de las plántulas para conocer el prendimiento y mortalidad en el vivero hasta que alcance el tamaño ideal para el establecimiento de plantaciones.

10. Bibliografía

Aguirre, Z; (2012). Especies forestales de los bosques secos del Ecuador. Guía dendrológica para su identificación y caracterización. *Proyecto Manejo Forestal Sostenible Ante El Cambio Climático*, 162–187. http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/Bosques-Secos4.pdf

Aguirre, Z. (2013). Estructura del bosque seco de la provincia de Loja y sus productos forestales no maderables: caso de estudio Macará. *Tesis En Opción Al Grado Científico de Doctor En Ciencias Forestales*, 1–108.

Aguirre, Z, Aguirre, N., & Muñoz, J. (2017). Biodiversidad de la provincia de Loja, Ecuador. *Arnaldoa*, *24*(2), 523–542. https://doi.org/10.22497/arnaldoa.242.24206

Albuja, L., Almendáriz, A., Barriga, R., Montalvo, L., Cáceres, F., & Roman, J. (2011). Fauna de vertebrados del Ecuador. In *Instituto de Ciencias Biológicas. Escuela Politécnica Nacional*.

Alemán, F. (2009). La tara Caesalpinea spinosa (Mol.) O. Kuntze, especie prodigiosa para los sistemas agroforestales en valles interandinos. *Acta Nova*, *4*(2–3), 300–307. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892009000100009&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Baldim Zanin, J. L., De Carvalho, B. A., Martineli, P. S., Dos Santos, M. H., Lago, J. H. G., Sartorelli, P., Viegas, C., & Soares, M. G. (2012). The genus Caesalpinia L. (Caesalpiniaceae): Phytochemical and pharmacological characteristics. *Molecules*, *17*(7), 7887–7902. https://doi.org/10.3390/molecules17077887

Benito, J. (2012). *Comportamiento de Caesalpinia spinosa (Molina) Kuntze a tratamientos pre germinativos en campo definitivo y diferentes niveles altitudinales, Quishuar, Tayacaja, Huancavelica.* [Universidad Nacional del Centro del Perú]. http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/5992

Caraguay-Yaguana, K. A., Eras-Guaman, V. H., Gonzalez-Zaruma, D., Moreno-Serrano, J., Minchala-Patiño, J., Yaguana-Arevalo, M., & Valarezo-Ortega, C. (2016). Potencial reproductivo y análisis de calidad de semillas de Cinchona officinalis L., provenientes de relictos boscosos en la provincia de Loja – Ecuador.

Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research, *18*(3), 271–280. https://doi.org/10.18271/ria.2016.216

Castell, J. C., Sorolla, S., Jorba, M., Aribau, J., Bacartit, A., & Ollé, L. (2011). Tara (Caesalpinia spinosa): The sustainable source of tannins for innovative tanning processes. *31st IULTCS Congress, March 2016*.

Chávez, Y. A. J. (2014). *Dendrocronologia de Caesalpinia spinosa (Molina) Kuntze, "taya", en bosques naturales de la provinvia de San Marcos y distrito de Matara*.

Cordero, I. (2016). Respuesta ecofisiológica de Caesalpinia spinosa (Mol.) Kuntze a condicionantes abióticos, bióticos y de manejo, como referente para la restauración y conservación del bosque de nieblas de Atiquipa (Perú). *Ecosistemas*, *25*(3), 128–133.

Courtis, A. C. (2013). *Cátedra de Fisiología Vegetal Carreras : Profesorado y Licenciatura en*. 1–22.

Cruz, R. (2019). *Efecto de cinco sustratos, en los parámetros de crecimiento de plantones de Caesalpinia spinosa K.:* [Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/untrm/1482/chapa grandez sally patricia.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales*, *31*(1), 00–00.

Dostert, N. ., Roque, J. ., Brokamp, G. ., Cano, A. ., La Torre, M., & M., W. (2009). Factsheet: Datos botánicos de Tara Caesalpinia spinosa (Molina) Kuntze. *Proyecto Peru Biodiverso PBD. Lima, Perú.*, 10.

Espinosa, R. (2018). *Evaluación del crecimiento inicial de plántulas de Caesalpinea spinosa (Tara) y Enterolobium cyclocarpum (oreja de negro) en diferentes sustratos en siembra directa en bolsas bajo tinglado*. Universidad Nacional Agraria La Molina.

García, A. G. (2015). Lombrices y la Agricultura: Información Técnica. *AgroCabildo*,

2–20.

Garro, J. (2016). El suelo y los abonos orgánicos. *Sector Agro Alimentario*, 1–113. http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F04-10872.pdf

Gayosso, S., Borges, L., Villanueva, E., Estrada, M., & Garruña, R. (2016). Sustratos para la producción de flores. *Agrociencia*, *50* num *5*, 617–621.

INAMHI. (2021). *Red de estaciones Metereológicas e hidrológicas*.

Jorgensen, P., & Leon-Yánez, S. (1999). *Catalogue of the vascular plants of Ecuador*. St. Lois. USA: Missouri Botanical Garden Press.

Lara, R. (2019). *Evaluación de métodos de producción de plántulas de guarango (Caesalpinia spinosa), en el vivero experimental ceasa de la Universidad Técnica de Cotopaxi, 2019*. Universidad Técnica de Cotopaxi.

Lindo-Angulo, T., La Torre-Acuy, M., & Luján-Roca, D. (2017). Efecto de la temperatura y el ácido giberélico en la germinación de semillas de *Caesalpinia spinosa* (tara). *The Biologist (Lima)*, *15 (1)*(1), 61–72.

López, S., & Gil, A. (2017). Efecto del acondicionamiento osmótico en la germinación de semillas de Caesalpinia spinosa (Feuillée ex Molina) Kuntze (Fabaceae) "taya." *Arnaldoa*, *24*(1), 333–342. https://doi.org/10.22497/arnaldoa.241.24115

MAE. (2013). Sistema de clasificación de los ecosistemas de Ecuador Continental. In *Quito. Ecuador: Subsecretaría de Patrimonio Natural*. https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2

MAE. (2015). *Quinto Informe Nacional para el Convenio sobre Diversidad Biológica*.

MAE. (2017). *Estrategia Nacional de Biodiversidad 2015-2030 - calidad web.pdf* (p. 225). http://maetransparente.ambiente.gob.ec/documentacion/WebAPs/Estrategia Nacional de Biodiversidad 2015-2030 - calidad web.pdf

Magnitskiy, S., & Plaza, G. (2014). Fisiología de semillas recalcitrantes de árboles tropicales. *Agronomía Colombiana*, *25(1)*(December), 96–103.

Mamani, J. (2020). *Evaluación de la aplicación de dos tratamientos pre - germinativos*

y tres componentes de sustratos en la germinación de semillas de tara (Caesalpinia spinosa) en el Jardin Botánico de Cota Cota (Vol. 3, Issue 2017) [Universidad Mayor de San Andrés]. http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf

Mancero, L. (2008). La Tara (Caesalpinia spinosa) en Perú, Bolivia y Ecuador: Análisis de la Cadena Productiva en la Región. *Programa Regional ecobona - intercooperation*, 103.

Martel, C., Rojas, N., Marín, M., Avilés, R., Neira, E., & Santiago, J. (2014). Caesalpinia spinosa (Caesalpiniaceae) leaves: anatomy, histochemistry, and secondary metabolites. *Revista Brasileira de Botanica*, *37*(2), 167–174. https://doi.org/10.1007/s40415-014-0059-0

Martínez-Camacho, Y. D., Castillo-Argüero, S., Martínez-Orea, Y., & Sánchez-Coronado, M. E. (2018). Ecofisiología de la germinación de Acaena elongata (Rosaceae), una especie indicadora de perturbación de un bosque templado, al sur de la Ciudad de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, *89*(3), 806–814. https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.3.2306

Martínez, P.-F., & Roca, D. (2011). Sustratos para el cultivo sin suelo. Materiales, propiedades y manejo. *Sustratos, Manejo Del Clima, Automatización y Control En Sistemas de Cultivo Sin Suelo*, *december 2011*, 37–77.

Melo, M., Glorio, P., & Tarazona, G. (2013). Efecto de la madurez en los componentes de valor comercial (taninos y goma) de tara Caesalpinia spinosa (Molina) Kuntze. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, *79*(3), 218–228.

Mendoza, R. (2015). *Evaluación germinativa de la semilla de TARA (Caesalpinia spinosa) bajo el efecto de dos tratamientos pre germinativos y tres diferentes niveles de sustratos en la comunidad de Inquisivi* [Universidad Mayor de San Andres]. https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/5734

Merchán, J. (2014). *Comportamiento de las especies forestales Cascol (Caesalpinia spinosa) y Algarrobo Amarillo (Prosopis pallida), a través de tres niveles de sustratos, en vivero.* [Universidad Estatal del Sur de Manabí]. http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/115

Mondragón, G. (2016). Evaluación del crecimiento de plántulas de Caesalpinia spinosa, Sapindus saponaria y Tecoma stans en diferentes sustratos durante su propagación en vivero - Lima. In *Tesis Para Optar El Título De Ingeniero Forestal*. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Narváez, A., Calvo, A., & Troya, A. (2009). Las poblaciones naturales de la tara *(Caesalpinia spinosa*) en el Ecuador : una aproximación al conocimiento de la diversidad genética y el contenido de taninos por medio de estudios moleculares y bioquímicos. . *Programa Regional ecobona-intercooperation*, *7*(October 2016), 24.

Navarro, R., Iglesias, S., Montavez, I., Lora, A., Galvez, C., & Perez, F. (2003). *Material vegetal de reproduccion: manejo, conservacion y tratamiento* (1st ed.).

Neri Chávez, J. C., Collazos Silva, R., Oliva, M., Huamán Huaman, E., & Vásquez García, J. (2018). Aplicación de la escarificación física y mecánica en la emergencia y crecimiento de semillas de tara (*Caesalpinia espinosa*). *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, *2*(2), 45. https://doi.org/10.25127/aps.20182.392

Novoa, S., & Ramirez, K. (2007). Evaluación del estado de conservación de la tara Caesalpinia spinosa en el departamento de Ayacucho. *INRENA-Intendecia Forestal y Fauna Silvestre. Direccion de Conservacion de La Biodiversidad*, 6.

Osuna, H. R., Osuna Fernández, A. M., & Fierro Álvarez, A. F. (2017). *Manual de propagación de plantas superiores*. https://www.casadelibrosabiertos.uam.mx/contenido/contenido/Libroelectronico/manual_plantas.pdf

Padilla, N. A., Espejo, J. A., & Pardo, J. G. (2018). Bienes y servicios ecosistémicos de los bosques secos de la provincia de Loja. *Bosques Latitud Cero*, *8*(2), julio-diciembre.

Piñuela, A., Guerra, Á., & Pérez, E. (2013). Guía para el establecimiento y manejo de viveros agroforestales. *Fundacion Danac*, *July 2013*, 40. https://www.researchgate.net/publication/278679789_guia_para_el_establecimiento_y_manejo_de_viveros_agroforestales

PNUMA, Municipalidad de Loja, & Naturaleza y Cultura Internacional. (2007). *Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Municipalidad de Loja, Naturaleza y Cultura Internacional. Perspectivas del Medio Ambiente Urbano: GEO Loja*. http://www.naturalezaycultura.org/docs/Geo Loja.pdf

Quispe, I. A. (2014). *Evaluación Del Efecto de tres tratamientos pregerminativos en tres tipos de sustratos en la germinación de Paraserianthes lophanta en el centro experimental de Cota Cota de la UMSA.*

Reyes, J. (2015). Guía de técnicas, métodos y procedimientos de reproducción asexual o vegetativa de las plantas. *Vivero Agroforestal Loma Grande*, 1–64. http://www.competitividad.org.do/wp-content/uploads/2016/05/Guía-de-técnicas-métodos-y-procedimientos-de-reproducción-asexual-o-vegetativa-de-las-plantas.pdf

Robayo, A. (2021). Evaluación de cinco tratamientos pregerminativos a tre niveles de luminosidad en la producción de guarango (Caesalpinia spinosa), en el vivero del Centro Experimental, Académico Salache, 2021 [Universidad Técnica de Cotopaxi]. In *Universidad técnica de cotopaxi* (Vol. 1). http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4501/1/PI-000727.pdf

Rodriguez, S., Tenorio, M., Ramos, J., & Sainz, C. (2016). Germinación y manejo de especies forestales tropicales. *Forestales Tropicales*, *1*(1), 187.

Romero-Saritama, J., Orellana-Armijos, V., & Balseca-Ruiz, M. (2016). Morphology, imbibition and germination of Caesalpinia glabrata Kunth (Fabaceae) seeds distributed in a tropical dry forest. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, *15*(2), 89–101. https://doi.org/10.5154/r.rchsza.2016.05.004

Sánchez-Soto, B., Pacheco-Aispuro, E., Reyes-Olivas, A., Lugo-García, G., Casillas-Álvarez, P., & Sauceda-Acosta, C. (2016). Ruptura de latencia física en semillas de Caesalpinia platyloba S. Watson. *Interciencia*, *41*(10), 691–695.

Sánchez Ocharan, C., Molinari-Novoa, E., Núñez-Linares, E., & Arista, A. (2016). Advances in flora morphology of Caesalipinia spinosa (Feuilleé ex Molina) Kuntze “Tara” , a native tree to peruvian flora. *The Biologist*, *14*(1), 35–43.

Suárez, D., & Melgarejo, L. (2014). Biología y germinación de semillas. Laboratorio de fisiología y bioquímica vegetal. Departamento de biología. Universidad Nacional de Colombia. *ResearchGate*, *May*, 11–24.

Telenchana, J. (2018). *Evaluación de sustratos alternativos a base de cascarilla de arroz y compost de plantúlas de pimiento (Capsicum annuum L.)*. Universidad técnica de Ambato.

Torres, M. (2019). *Tratamiento Mecánico, Físico y Químico de la Semilla en la Germinación y Emergencia de Plántulas de Tara (Caesalpinia spinosa (Molina) Kuntze*. Universidad Católica de Santa María.

Ulibarri, E. (2008). Los géneros de caesalpinoideae (Leguminosae) presentes en Sudamérica). *Darwiniana*, *46*, 69–100.

Varela, S., & Arana, V. (2011). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. *Unidad de Genética Ecológica y Mejoramiento Forestal, INTA EEA Bariloche Arana@agro.Uba.Ar*, *1*, 1–10.

Vera, O., Herebia, O., Rodrigues, C., Sampietro, J., Almeida, A., Bandeira, F., Kratz, D., Leguizamón, C., Britos, C., Goncalves, S., Grabowski, C., Soilán, L., Konig, F., Elias, L., Barúa, H., Brun, E., & Benítez, A. (2021). *Viveros forestales urbanos: Construcción y manejo. Proyecto "Asunción cuidad verde de las Américas"* (Primer edi). 2021.

Villena, J., & Seminario, J. (2021). Origen y domesticación de Tara spinosa (Leguminosae, Caesalpinioideae). *Lilloa*, *58*(2), 131–159. https://doi.org/10.30550/j.lil/2021.58.2/2021.11.14

Villena Velásquez, J., Seminario Cunya, J., & Valderrama Cabrera, M. (2019). Variabilidad morfológica de la "tara" Caesalpinia spinosa (Molina.) Kuntze (Fabaceae), en poblaciones naturales de Cajamarca: descriptores de fruto y semilla. *Arnaldoa*, *26*(2), 555–574. https://doi.org/10.22497/arnaldoa.262.26203

Zari, J. (2018). Evaluación de la germinación de semillas y potencial reproductivo de Cinchona officinalis L., provenientes de relictos boscosos de la provincia de Loja. In *Universidad Nacional De Loja*.

https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/21550/1/Jimmy Javier Zari Arévalo.pdf

11. Anexos

Anexo 1. Cuadro resumen de germinación de las semillas de *Caesalpinia spinosa* (Mol) O. Kuntze.

Tabla 6

Datos de germinación de las semillas de Caesalpinia spinosa (Mol) O. Kuntze.

Cantón	Tratamiento pre - germinativo	% Germinación	Sustrato	% Germinación	% Mortalidad
Catacocha	TP0	38,82%	T0	39,72%	0,28%
Catacocha	TP1	83,33%	T1	40,00%	0,28%
Catacocha	TP2	38,61%	T2	35,00%	0,56%
Catacocha	TP3	41,39%	T3	38,06%	0,00%
Catacocha	TP4	37,22%	T4	43,61%	0,00%
Catacocha	TP5	34,72%	T5	38,33%	0,28%
Catamayo	TP0	33,61%	T0	48,06%	0,28%
Catamayo	TP1	84,72%	T1	41,94%	0,28%
Catamayo	TP2	36,39%	T2	44,72%	1,67%
Catamayo	TP3	39,17%	T3	45,56%	0,83%
Catamayo	TP4	39,72%	T4	45,56%	1,39%
Catamayo	TP5	35,00%	T5	48,33%	1,39%
Gonzanamá	TP0	41,94%	T0	47,78%	0,28%
Gonzanamá	TP1	83,33%	T1	52,22%	0,00%
Gonzanamá	TP2	41,39%	T2	48,33%	0,56%
Gonzanamá	TP3	42,78%	T3	48,89%	0,56%
Gonzanamá	TP4	45,28%	T4	51,67%	0,56%
Gonzanamá	TP5	40,83%	T5	45,83%	1,11%
Loja	TP0	34,72%	T0	44,17%	1,11%
Loja	TP1	85,83%	T1	48,06%	0,56%

Cantón	Tratamiento pre - germinativo	% Germinación	Sustrato	% Germinación	% Mortalidad
Loja	TP2	35,28%	T2	44,72%	0,56%
Loja	TP3	44,44%	T3	44,44%	0,56%
Loja	TP4	36,39%	T4	47,22%	0,28%
Loja	TP5	34,17%	T5	45,83%	0,00%

Anexo 2. Cuadro resumen de crecimiento y desarrollo de las plántulas de *Caesalpinia spinosa* (Mol). O. Kuntze en condiciones ambientales.

Tabla 7

Datos de crecimiento y desarrollo de las plántulas de Caesalpinia spinosa (Mol). O. Kuntze en condiciones ambientales.

Tratamientos	Condiciones de sombra	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Número de ramas	Longitud de raíz (cm)
T0	50 % de sombra	9,69	3,37	5,57	14,99
T0	65 % de sombra	8,54	3,37	4,80	13,78
T0	80 % de sombra	8,25	3,37	4,41	13,56
T0	Aire Libre	9,41	3,37	5,65	14,33
T1	50 % de sombra	9,73	3,37	5,58	14,32
T1	65 % de sombra	8,53	3,37	4,80	13,12
T1	80 % de sombra	8,22	3,37	4,42	13,70
T1	Aire Libre	9,46	3,38	5,67	14,23
T2	50 % de sombra	9,72	3,37	5,59	14,18
T2	65 % de sombra	8,55	3,32	4,81	13,21
T2	80 % de sombra	8,22	3,12	4,42	13,07

Tratamientos	Condiciones de sombra	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Número de ramas	Longitud de raíz (cm)
T2	Aire Libre	9,54	3,41	5,72	14,10
T3	50 % de sombra	9,72	3,37	5,60	14,56
T3	65 % de sombra	8,55	3,32	4,81	13,41
T3	80 % de sombra	8,23	3,12	4,44	13,32
T3	*Aire Libre*	9,49	3,40	5,68	14,37
T4	50 % de sombra	9,73	3,38	5,61	14,44
T4	65 % de sombra	8,57	3,32	4,82	13,21
T4	80 % de sombra	8,23	3,12	4,45	13,19
T4	Aire Libre	9,56	3,42	5,71	14,25
T5	50 % de sombra	9,75	3,38	5,62	14,99
T5	65 % de sombra	8,58	3,33	4,84	13,40
T5	80 % de sombra	8,23	3,12	4,45	13,60
T5	Aire Libre	9,62	3,43	5,75	14,58

Anexo 3. Preparación de las semillas de las semillas de *Caesalpinia spinosa* (Mol) O. Kuntze., con los diferentes tratamientos pre – germinativos.

Figura 32

Semillas de Caesalpinia spinosa aplicado los tratamientos pre – germinativos.

Figura 33

Lijado de las semillas.

Figura 34

Semillas en remojo en solución con urea.

Figura 35

Semillas a temperatura de -10 °C.

Anexo 4. Preparación de sustratos para la siembra de las semillas.

Figura 36

Preparación de sustrato compuesto por tierra, arena y tamo de arroz.

Figura 37

Siembra directa de las semillas de Caesalpinia spinosa.

Anexo 5. Germinación de las semillas y mortalidad de plántulas.

Figura 38

Germinación y mortalidad de las semillas de Caesalpinia spinosa.

Figura 39

Plántulas de Caesalpinia spinosa en el invernadero.

Anexo 6. Desarrollo de las plántulas de *Caesalpinia spinosa* en el vivero.

Figura 40

Mediciones de las características morfológicas de diámetro y altura de las plántulas.

Figura 41

Mediciones de las características morfológicas de número de hojas y longitud de la raíz de las plántulas.

Anexo 7. Certificado de revisión de Abstract.

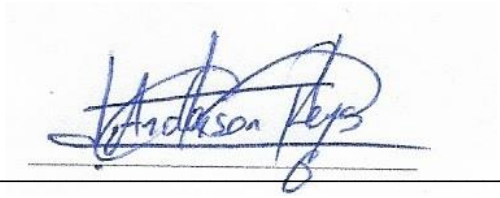
Loja, 12 de julio de 2022

CERTIFICO:

El Sr. **Sandro Alberto Reyes Ramirez,** con cedula de identidad **0706755071** ha acudido hacia mi servicios profesionales con la finalidad de realizar y verificar el **RESUMEN/ABSTRACT en ingles** de su tesis denominada "TRATAMIENTOS PRE - GERMINATIVOS DE SEMILLAS DE *CAESALPINIA SPINOSA* (MOL) O. KUNTZE CON DISTINTOS SUSTRATOS EN EL VIVERO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA".

Es cuanto certifico en honor a la verdad, para fines que el interesado convenga.

Atentamente,



Lic. Anderson Fernando Reyes Benítez
CI: 1104124464
Reg. Senescyt: 1008-15-1421365
Reg. SETEC: MDT-3104-CCL-252079