



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Agronómica

Evaluación de tratamientos pre germinativos usando diferentes sustratos sobre la germinación de tara (*Caesalpineia spinosa* (Mol.) Kuntz) bajo condiciones de campo y laboratorio

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo

AUTOR:

Alex Javier Sánchez Romero

DIRECTORA:

Ing. Paulina Fernández Guarnizo. Mg, Sc.

Loja – Ecuador

2023

Educamos para **Transformar**

Certificación

Loja, 03 de marzo de 2023

Ing. Paulina Vanesa Fernández Guarnizo Mg.Sc.

DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

C E R T I F I C O:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **“Evaluación de tratamientos pre germinativos usando diferentes sustratos sobre la germinación de tara (*Caesalpinea spinosa* (Mol.) Kuntz) bajo condiciones de campo y laboratorio”**, de autoría del estudiante: Alex Javier Sanchez Romero, con cédula de identidad Nro. 1106023797 previa a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. Una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Ing. Paulina Vanesa Fernández Guarnizo Mg.Sc.

DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Alex Javier Sánchez Romero**, declaro ser el autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes Jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma: 

Autor: Alex Javier Sánchez Romero

Cédula: 1106023797

Fecha: 28/06/2023

Correo electrónico: alex.sanches@unl.edu.ec

Teléfono: 0989840361

Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo, **Alex Javier Sánchez Romero**, declaro ser el autor del Trabajo de Titulación denominado: **“Evaluación de tratamientos pre germinativos usando diferentes sustratos sobre la germinación de tara (*Caesalpinea spinosa* (Mol.) Kuntz) bajo condiciones de campo y laboratorio”** como requisito para optar al grado de **Ingeniero Agrónomo**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio 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 del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los veintiocho días del mes de junio del dos mil veintitrés.

Firma:



Autor: Alex Javier Sánchez Romero

Cédula: 1106023797

Dirección: Cantón Loja, calle Nicaragua y Guinea Ecuatorial

Correo electrónico: alex.sanches@unl.edu.ec

Celular: 0989840361

DATOS COMPLEMENTARIOS

Directora de Trabajo de Titulación: Ing. Paulina Vanesa Fernández Guarnizo Mg.Sc.

Dedicatoria

El presente trabajo está dedicado primeramente a Dios por haberme dado la oportunidad de seguir adelante en la vida, por ser mi guía y fortaleza para alcanzar mis anhelos deseados. A mi madre Inés Romero por su amor y su paciencia de enseñarme el valor del esfuerzo, sacrificio y entrega. A mi padre Gustavo Sanchez por su apoyo incondicional y su sacrificio. A mis abuelos Josefina, Parcemon y Enriqueta por su apoyo incondicional, por su ejemplo de esfuerzo y perseverancia que me han permitido llegar a cumplir un sueño más. A mis tíos Segundo, Juan, Hermel, Gloria, Gustavo, Rosa y José por sus palabras de aliento, su apoyo incondicional durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento, gracias por inculcar en mi un ejemplo de esfuerzo y valentía.

A mis Primos quienes, me motivaron hacer un ejemplo de jamás rendirse ante la adversidad, permitieron que yo logre cumplir mi meta. A mis amigo/as incondicionales por sus palabras de aliento, sus consejos y por el apoyo incondicional al extender su mano en momentos difíciles, siempre los llevo en mi corazón.

Alex Javier Sánchez Romero

Agradecimiento

Agradezco primeramente a Dios, por haberme dado, salud y sabiduría para cumplir cada una de mis metas. Agradezco a mis padres Inés y Gustavo por su gran amor y apoyo incondicional hacia mí, por sus sabios consejos, su esfuerzo y dedicación para enseñarme a valorar las pequeñas cosas, a mis abuelos, Josefina, Parcemon y Enriqueta quienes han sido mi inspiración, motivación y ejemplo de lucha para seguir adelante hasta verme realizado como un profesional.

Agradecer también de manera especial a mi padrino José Romero y mi tía Yuri Jiménez por haberme acogido en su hogar como un hijo más y guiarme por el camino correcto de la vida.

A mis tíos Segundo, Juan, Hermel, Gustavo por ser mis segundos padres que me han servido de ejemplo en la vida además de brindar su apoyo incondicional en este recorrido para ser un profesional. A mis tías Gloria, Rosa y madrina Rosita por apoyarme siempre y darme consejos de ser un buen hombre.

A la Ing. Adriana Encarnación por brindarme su apoyo y consejos de siempre ser perseverante.

Agradecer también a la Ing. Lucia Quichimbo y la Dra. Narcisa Urgiles por sus sabios consejos, el apoyo y la confianza que pusieron en mi todo este tiempo que duro mi estancia en el laboratorio de fisiología vegetal

A mis amigos los 5ta matricula que han sido mis hermanos en todo el proceso de formación profesional.

A mi Directora del Trabajo de Titulación Ing. Paulina Fernández Guarnizo. Mg, Sc., por su apoyo, por los conocimientos brindados y su orientación en el transcurso del desarrollo de la presente investigación. A la Universidad Nacional de Loja por la formación académica brindada, y en especial a la carrera de Ingeniería Agronómica por su íntegro trabajo en la formación profesional. Así mismo a los docentes por el apoyo brindando en mi formación académica.

Alex Javier Sánchez Romero

Índice de contenidos

Portada.....	i
Certificación.....	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos.....	vii
Índice de tablas	ix
Índice de figuras	x
Índice de anexos.....	xi
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1. Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco Teórico	7
4.1. Origen y distribución geográfica mundial y nacional	7
4.2. Variables edafoclimáticas	7
4.3. Clasificación taxonómica y descripción Botánica de tara (<i>Caesalpinia spinosa</i>)	8
4.3.1. Raíz.....	8
4.3.2. Tallos	8
4.3.3. Hojas	8
4.3.4. Inflorescencia	9
4.3.5. Frutos	9
4.3.6. Semillas	9
4.4. Dormancia o latencia de las semillas	10
4.5. Métodos pre germinativos	10
4.5.1. Escarificación mecánica	10
4.5.2. Escarificación ácida	11
4.5.3. Remojo en agua caliente y fría	11
4.6. Sustrato	12
4.6.1. Funciones del sustrato	12
4.6.2. Descripción de los materiales del sustrato	12
4.6.2.1. Arena fina.	12
4.6.2.2. Turba.	13

4.6.2.3.	Tierra de bosque.....	13
4.6.2.4.	Tierra del lugar.....	13
4.6.2.5.	Humus de lombriz.....	13
5.	Metodología.....	15
5.1.	Área de estudio.....	15
5.2.	Metodología general.....	15
5.2.1.	Diseño experimental.....	17
5.2.2.	Croquis experimental en laboratorio.....	17
5.2.3.	Croquis experimental en condiciones controladas.....	20
5.2.4.	Metodología del primero objetivo.....	22
5.2.4.1.	Tratamientos pre germinativos: aplicación hormonal y escarificación.....	22
5.2.4.2.	Variables a evaluar.....	23
5.2.4.3.	Preparación del sustrato.....	24
5.2.4.4.	Variables a evaluar.....	24
5.2.5.	Análisis estadístico.....	25
6.	Resultados.....	26
6.1.	Resultados para el primer objetivo.....	26
6.2.	Resultados del segundo objetivo.....	30
7.	Discusión.....	33
8.	Conclusiones.....	36
9.	Recomendaciones.....	37
10.	Bibliografía.....	38
11.	Anexos.....	41

Índice de tablas

Tabla 1. Distribución de los factores y codificación de todos los tratamientos.....	18
Tabla 2. Descripción de los tratamientos en los métodos de pre germinación en semillas de tara.	21
Tabla 3. Distribución de los factores y codificación de todos los tratamientos segunda fase.	24
Tabla 4. Componentes del sustrato a utilizar en la metodología del segundo objetivo.....	26
Tabla 5. Calidad física de semillas mediante ensayos de laboratorio de acuerdo a las Normas ISTA.	32

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación del laboratorio y el invernadero de fisiología vegetal.....	15
Figura 2. Croquis del diseño experimental en laboratorio	17
Figura 3. Croquis del diseño experimental en campo.....	20
Figura 4. Porcentaje de germinación de las semillas.....	27
Figura 5. Velocidad de germinación de las semillas con los tratamientos lija y cautín.....	29
Figura 6. Altura de la plántula de la tara.....	30
Figura 7. Determinación de número de hojas.....	31
Figura 8. Diámetro del tallo	32

Índice de anexos

Anexo 1. Análisis de la varianza Porcentaje de germinación.....	41
Anexo 2. Análisis de la varianza Velocidad de germinación.....	43
Anexo 3. Análisis de la varianza Altura de las plántulas.....	44
Anexo 4. Análisis de la varianza número de hojas.....	44
Anexo 5. Análisis de la varianza Diámetro del tallo	46
Anexo 6. Tratamientos pre germinativos: Escarificación	46
Anexo 7. Inmersión de agua en semillas escarificadas por cautín.....	46
Anexo 8. Prueba de tetrazolio	47
Anexo 9. Desinfección de semillas de tara con Captain	48
Anexo 10. Contaminación de semillas por hongo Rhizoctonia solani	47
Anexo 11. Semillas Caesalpinia spinosa colocadas en bandejas bajo inmersión de agua	48
Anexo 12. Presencia de radícula y primeras hojas cotiledonales en semillas de Cesalpinia spinosa	48
Anexo 13. Aplicación de normas ISTA a semillas de Caesalpinia spinosa	49
Anexo 14. Cauterización de semillas.....	50
Anexo 15. Preparación de sustratos y llenado de fundas.....	49
Anexo 16. Trasplante a funda de semillas germinadas mediante escarificación mecánica	50
Anexo 17. Tratamientos silviculturales, evaluación y seguimiento del ensayo	50
Anexo 18. Plántula de Caesalpinia spinosa infectada con Rhizoctonia solani.....	50
Anexo 19. Certificado de traducción del Abstract.....	50

1. Título

“Evaluación de tratamientos pre germinativos usando diferentes sustratos sobre la germinación de tara (*Caesalpinea spinosa* (Mol.) Kuntz) bajo condiciones de campo y laboratorio”

2. Resumen

Un gran número de semillas de especies forestales no germinan, presentan una testa dura impermeable cubierta de células enmalladas; este es el caso de la *Caesalpineia spinosa* conocida comúnmente como tara, que para lograr su germinación se utilizan métodos artesanales para escarificar las semillas como ligero raspado que en algunas ocasiones no se logra el objetivo; a esto se suma que en ocasiones la semilla germina. En esta investigación, se estudia el efecto de los tratamientos pre germinativos mecánico, físico y químico sobre la germinación de semilla de tara (*Caesalpinia spinosa*) y la influencia de los sustratos sobre el crecimiento inicial de plántulas. De acuerdo a la metodología se realizó en primera instancia, un análisis viabilidad (%), pureza (%), peso (g), y contenido de humedad (%) de la semilla aplicando las Normas ISTA 2020 (Asociación Internacional de Análisis de Semillas). Además, se aplicaron 4 métodos pre germinativos a nivel de laboratorio, estos fueron la escarificación: mecánica (lijado- cauterizado), química (ácido sulfúrico), física (inmersión en agua a 80°C) y testigo cada uno bajo diferentes concentraciones de giberelinas 1 000 ppm (Gb), 1 500 ppm (Gm), 2 000 ppm (Ga) 0 ppm (G0). Los resultados de porcentaje de pureza fueron alto con un valor de 91,7 %. En cuanto al peso de las 1000 semillas se obtuvo un valor promedio de 283 g. El contenido de humedad de las semillas fue de 7,95 %, con lo que se pudo concluir que las semillas son tipo ortodoxas. El tratamiento pre germinativo con mayor porcentaje de germinación fue el de escarificación mecánica-lijado con el 78,33% (E2Gb) y el tratamiento (E1Gb), con un 76,67 % al aplicar 1000 ppm de giberelinas. Finalmente, el mejor sustrato y proceso pre germinativo obtenido en la investigación fue la combinación de sustratos, tierra de bosque + arena + humus +Lijado con la que se obtuvo un mejor rendimiento en la plántula, en cuanto a su crecimiento obteniendo promedio de altura de 10,56 cm; con respecto al crecimiento foliar se tuvo un promedio de 7, 7 hojas a los 73 después de la siembra. Podemos recomendar la implementación para romper la dormancia de la semilla de tara los tratamientos pre germinativos mecánicos de lijado y cauterizado, para su rápido desarrollo el uso de la combinación del sustrato de tierra de bosque + arena + humus.

Palabras clave: escarificación, tara, tratamientos pre germinativos, sustrato.

2.1. Abstract

A large number of seeds of forest species do not germinate, they present a hard, impermeable testa covered with meshed cells; this is the case of the *Caesalpinia spinosa* commonly known as tara, which in order to achieve its germination, traditional methods are used to scarify the seeds, such as light scraping, which on some occasions does not achieve the objective; to this is added that sometimes the seed germinates, but when it is placed in a substrate its growth is not achieved. In this research, the effect of mechanical, physical and chemical pre-germination treatments on tara (*Caesalpinia spinosa*) seed germination and the influence of substrates on the initial growth of seedlings are studied. According to the methodology, an analysis of viability (%), purity (%), weight (g), and moisture content (%) was carried out in the first instance. of the seed applying the ISTA 2020 Standards (International Seed Analysis Association). In addition, 4 pre-germination methods were applied at the laboratory level, these were scarification: mechanical (sanding-cautery), chemical (sulfuric acid), physical (immersion in water) and control, each one under different concentrations of gibberellins 1 000 ppm (Gb), 1 500 ppm (Gm), 2 000 ppm (Ga) 0 ppm (G0). The purity percentage results were high with a value of 91.7%. Regarding the weight of the 1000 seeds, an average value of 283 g was obtained. The moisture content of the seeds was 7.95 %, with which it was possible to conclude that the seeds are orthodox type. The pre-germination treatment with the highest percentage of germination was mechanical scarification-sanding with 78.33% (E2Gb) and the treatment (E1Gb), with 76.67% when applying 1000 ppm of gibberellins. Finally, the best substrate and pre-germination process obtained in the investigation was the combination of substrates, forest soil + sand + humus + Sanding with which a better yield was obtained in the seedling, in terms of its growth, obtaining an average height of 10.56cm; Regarding leaf growth, there was an average of 7.7 leaves at 73 after sowing. We can recommend the implementation to break the dormancy of the tara seed the mechanical pre-germination treatments of sanding and cauterizing, for its rapid development the use of the combination of the substrate of forest soil + sand + humus.

Keywords: scarification, tare, pre-germination treatments, substrate.

3. Introducción

La tara (*Caesalpinia spinosa*) es una especie leguminosa nativa propia de los bosques secos andinos que se lo puede encontrar en la cordillera de los Andes y en los valles interandino. En Ecuador se lo encuentra en zonas cuya altitud varía desde los 1 500 hasta los 2 800 m, teniendo una mayor adaptabilidad a altitudes entre los 1 800 y 2 500 m. (FONAG, 2006), las plantaciones principalmente se encuentran en las provincias de: Imbabura, Carchi, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo, Bolívar, Cañar, Azuay y Loja, su aprovechamiento económico está dirigido principalmente a la producción de madera de calidad y frutos con alto contenido de taninos en sus vainas que al procesar da como resultado harina que se utiliza en la industria textil, curtiembre de cueros (IpiALES, 2010; Marca Quito & Vaca Altamirano, 2022).

En Ecuador la tara no es un producto tradicional de exportación y tampoco conocido por la mayoría de personas, se utiliza prioritariamente para la industria maderera; sin embargo, en el mercado se han priorizado la explotación y comercialización de otras especies forestales, la población que cultiva tara en pequeñas cantidades, es para uso doméstico o medicinal (Arauz, 2010; Arteaga, 2015).

Existe el interés de un mercado internacional de países como España y Alemania; la demanda es creciente por los productos de la tara lo que origina que los intermediarios especialmente peruanos compren vainas de tara en nuestra provincia (Aguilar & Erazo, 2017).

Actualmente se vienen promoviendo algunos proyectos para el cultivo de Tara gracias a la creciente demanda mundial que hay por sus derivados, en diferentes regiones del Ecuador ya se encuentran cultivando esta especie una de ellas es la provincia de Loja, donde Naturaleza y Cultura Internacional mantiene un convenio de cooperación interinstitucional con la Universidad Nacional de Loja y la Prefectura de Loja, están trabajando con algunas comunidades rurales donde la Dirección General de Desarrollo Productivo de la Prefectura incentiva a la recolección y siembra de la tara en las parroquias Jimbura, cantón Espíndola; Tacamoros, cantón Sozoranga; y, barrio Suanamaca del cantón Calvas para su cultivo, propagación y posterior exportación de la materia prima (Guamán, 2022; Romero, 2021).

Uno de los principales problemas de esta especie es la germinación por la dureza del tegumento de sus semillas, lo cual provoca un retraso en el proceso de propagación (González, 2021). No obstante, este inconveniente se puede superar utilizando algunos métodos de escarificación para ayudar a que el agua ingrese a la semilla y rompa su dormancia.

Los agricultores generalmente utilizan métodos artesanales para escarificar, uno de ellos es rayar la semilla en el suelo y provocar una pequeña ruptura de la testa, este proceso en algunas ocasiones puede que sea efectivo pero también genera que el embrión de la semilla se lastime y ocasione mal formaciones de las hojas lo que retarda la aparición de hojas verdaderas que limitan el proceso fotosintético obteniendo plántulas raquílicas y susceptibles a problemas fitosanitarios; esto retrasa la propagación (Lara Díaz, 2019; Romero, 2021).

Si bien es cierto la germinación es una etapa inicial importante para obtener plántulas de calidad, su desarrollo se ve supeditado a un sustrato que presente características físicas y químicas; dado que el volumen de una maceta es limitado, el sustrato y sus componentes deben de poseer características físicas y químicas que, combinadas con un programa integral de manejo, permitan un crecimiento óptimo (Cabrera, 1999). Esto es debido a que, el sustrato es inadecuada, difícilmente podremos mejorarla una vez que se ha establecido el cultivo.

Es primordial determinar el método de escarificación más eficiente en semillas de tara y poder multiplicar esta especie en vivero a mediana y gran escala, y poder establecer plantaciones y aprovechar beneficios económicos, ecológicos y ambientales que brinda su cultivo.

Teniendo en cuenta lo antes expuesto y con la finalidad de cumplir con el propósito de la presente investigación se plantearon los siguientes objetivos:

3.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de los tratamientos pregerminativos mecánico, físico y químico sobre la germinación de semilla de tara usando varios sustratos.

3.2. Objetivos específicos

- Determinar cuál es el mejor tratamiento pre germinativo que mejora la germinación de semillas de *Caesalpinia spinosa* en condiciones de laboratorio.

- Analizar la influencia de los sustratos sobre el crecimiento inicial de plántulas de tara.

4. Marco Teórico

4.1. Origen y distribución geográfica mundial y nacional

La tara *Caesalpinia spinosa* (Mol.) Kuntze es una planta nativa de Perú, utilizada desde la época prehispánica en la medicina antigua y en tiempos actuales como materia prima en el mercado a nivel mundial de hidrocoloides alimenticios y taninos (Goycochea Ricci, 2010).

En Ecuador la población de tara se registra principalmente, al Sur, en la provincia de Loja, en el Norte, en las provincias de Imbabura, Pichincha y Cotopaxi y en el Centro, en Tungurahua (Baños, Ambato) y Chimborazo (Riobamba) (Velásquez & Seminario, 2021).

Se conoce que la tara se distribuye mundialmente entre los 4 a 32° S, abarcando zonas áridas y semiáridas de Venezuela, Colombia, Ecuador, Bolivia, Perú y el norte de Chile, hoy en día esta especie se encuentra también en otros lugares del mundo como consecuencia de la salida indiscriminada de material genético hacia Europa (Italia), África (Sudáfrica, Kenia, Marruecos y Argelia) y Asia (China), aunque en este último país la especie no prosperó dadas las condiciones agroclimáticas (Polo Villanueva, 2016).

4.2. Variables edafoclimáticas

Su temperatura de adaptación varía entre los 12 a 18 °C, pudiendo aceptar hasta 20 °C. En los valles interandinos la temperatura ideal es de 16 a 17 °C, con una precipitación requerida de 400 a 600 mm, pero también se encuentra en zonas que presentan desde 200 a 750 mm de promedio anual, se desarrolla en un amplio rango de humedad relativa entre 60 a 80 %, se puede desarrollar en suelos de textura franco, franco arenoso y franco arcilloso con un pH que va desde 6 a 7,5, todas estas variables son determinantes en el crecimiento y productividad de los árboles de tara (Mancero, 2009). Requiere poca agua para poder subsistir, en la estación de invierno se benefician de las aguas de lluvia para poder fijarse y aprovechar el agua que necesitan para la estación de verano, son tolerantes a plagas y enfermedades, por lo que es bastante plástica (Díaz Chuquiruna, 2010; Mancero, 2009).

4.3. Clasificación taxonómica y descripción Botánica de tara (*Caesalpinia spinosa*)

La tara es un árbol el cual pertenece a la familia Leguminosaceae, su nombre científico es *Caesalpinia spinosa* (Mol.) Kuntze, posee una copa irregular y globosa de hasta 10 m de fronda, cuando aún son tiernos llegan a una altura promedio de 5 m, y en algunos lugares hasta los 10 m en su senescencia (Díaz, 2010; Mancero, 2009).

4.3.1. Raíz

Su raíz es axonomorfa, tiene la facilidad de profundizarse y buscar la capa freática, esta característica es importante, por ello, encontramos a esta especie en lugares con poca humedad edáfica, en lugares áridos. Las raíces secundarias crecen cercanas a la superficie del terreno, originan yemas adventicias que posteriormente generan nuevas plantas cuando están descubiertas (reproducción vegetativa) y la ramificación de la raíz es muy abundante, de varios órdenes y finalmente terminan en una red de raicillas densas y frágiles (Florián Castillo, 2020).

4.3.2. Tallos

Generalmente el eje del tallo es uno solo, también se encontró individuos con más de un eje principal, tienen tendencia a ramificarse desde abajo formando fustes únicos y rectos, otras veces se encuentra un eje principal y varias ramas secundarias que nacen del cuello de la planta. En tallos de plantas adultas, la corteza es rugosa y el tallo principal es más robusto, la copa más amplia pudiendo llegar de 3 hasta 15 m de longitud (Florián Castillo, 2020).

4.3.3. Hojas

Son verdes lustrosas, glabras, compuestas, bipinnadas y alternas; folíolos de primer orden opuestos de 16 cm de longitud y de uno a cuatro pares; de dos a ocho pares de folíolos subsésiles de segundo orden de 4 cm de largo oblongo asimétrica, con el ápice redondeado o truncado borde entero; nerviación pinnada de los folíolos de segundo orden con diez a catorce pares de 8 nervios secundarios; en el raquis en la zona de inserción de los folíolos de primer y segundo orden en el envés dos acúleos por cada folíolo, y en la parte del haz un acúleo en el raquis entre los folíolos de primer al segundo par de folíolos (Cabello Liu, 2010).

4.3.4. Inflorescencia

En racimos terminales simples o compuestos de 2 a 3 ramas, 15 a 20 cm de largo, número de flores hasta 29 con 10 mm de tamaño, hermafroditas, zigomorfas, heteroclamídeas; cáliz irregular provisto de un sépalo, corona con 5 pétalos libres, amarillos o amarillos rojizos, 5 a 8 mm de largo, estambres 10, adherido a la base del cáliz de 1 cm de largo, incurvado, filamento pubescente en la parte basal, anteras rojas, 0,5 a 0,8 mm de longitud, basifijas, con dehiscencia longitudinal, pistilo pubescente, ovario súpero, unilocular, 1 a 10 óvulos, estilo incurvado, estigma simple (Chávez Soto, 2012).

4.3.5. Frutos

Legumbre indehisciente, comprimida de 6 a 14 cm de longitud, por 1,7 a 2,5 cm de ancho de color rosado, rojiza o amarillenta rojizas, caducas, suaves y quebradizas, que al presionar con los dedos se desintegra con facilidad liberando un polvo blanco amarillento de sabor astringente. Portan entre 6 a 7 semillas, excepcionalmente 8 a 9 semillas (Y. Alanuca & Wilma, 2017).

4.3.6. Semillas

Son ovoides, duras, a veces reniformes, comprimidas, de color verdes en estado inmaduro y café o pardo al madurar, generalmente entre 1 a 6 por fruto, pueden llegar hasta 10 mm de largo por 8 mm de ancho posee tres partes fundamentales (tegumento, endospermo y embrión). Su tegumento posee dos capas, una externa (testa) conformada por macroesclereidas, característica de las leguminosas, y una interna (tegmen). El embrión está conformado por el eje embrionario y los cotiledones, donde el eje embrionario a la vez está conformado por la radícula, hipocótilo y la plúmula. La plúmula desde su inicio es bipinnada y al desarrollar forman los protófilos (hojas primarias) de la joven planta. La especie al ser dicotiledónea, posee dos cotiledones (excepcionalmente hasta tres) oblongos, aplanados, y en la superficie interna presenta nervaduras; ambos cotiledones encierran al eje embrionario, y la radícula sobresale en uno de los bordes (Horna Ortiz, 2022; Saritama & Munt, 2017).

4.4. Dormancia o latencia de las semillas

La latencia se define como un estado fisiológico en el cual una semilla cualquiera esta predispuesta a germinar, cuando cuenta con la presencia de las condiciones ambientales necesarias. Puede presentarse el caso de una “latencia combinada” en el que dos factores de inhibición se juntan, el adormecimiento de la envoltura de la semilla y del embrión (Varela & Arana, 2011; J. D. Velásquez & Magnitskiy, 2012).

4.5. Métodos pre germinativos

Un gran número de semillas de especies forestales no germinan debido a que la testa dura impide la entrada de agua (latencia física) y la semilla no germina al menos que la testa sea escarificada. En muchas de estas especies, la capa exterior consiste en una cubierta impermeable de células enmalladas. Por diversas razones (por ejemplo, latencia fisiológica, dureza de las semillas, sustancias inhibidoras) un número considerable de semillas duras o frescas pueden permanecer al final del análisis de germinación. Para algunas semillas de árboles y arbustos, donde se sabe por experiencias que una parte de las semillas no germinan, debido a la dormancia, se prescribe un segundo análisis que incorpora un procedimiento especial de ruptura de la dormancia que preferiblemente debe ejecutarse simultáneamente con la prueba normal (Varela & Arana, 2011).

MÉTODOS MÉCANICOS

4.5.1. Escarificación mecánica

El objetivo es modificar las cubiertas duras e impermeables de las semillas. Se entiende por escarificación a cualquier proceso de ruptura, rayado o alteración mecánica de las cubiertas de las semillas para hacerlas permeables al agua o los gases. Es probable que durante la cosecha, extracción o limpiado de las semillas se efectúe cierta escarificación. En la mayoría de las semillas de cubierta dura, la germinación se mejora con el tratamiento artificial adicional (Manotoa Chicaiza, 2012).

4.5.2 Cortado de la testa de la semilla

La semilla se corta, perfora, raspa o lija para mejorar la permeabilidad a la humedad y los gases. Se debe tener cuidado para escarificar el tegumento de la semilla en un lugar adecuado con el fin de evitar dañar el embrión y la plántula resultante. Los

mejores lugares son o bien inmediatamente por encima de las puntas de los cotiledones o a los lados de los cotiledones (Varela & Arana, 2011).

4.5.3 Lijado

Frotar las semillas con papel lija, rayarlas con una lima y romper las cubiertas con un martillo o entre las mordazas de un tornillo de banco, son métodos simples y útiles para pequeñas cantidades de semillas de tamaño grande. Para operaciones en gran escala se usan escarificaciones especiales, la escarificación no debe hacerse hasta el punto que dañe las semillas. Para determinar el tiempo óptimo, se puede poner a germinar un lote de prueba, se pueden remojar las semillas para observar el hinchamiento o se puede examinar con un lente de mano la cubierta de la semilla. Estas deben aparecer de tono mate, pero no tan picadas o partidas que queden expuestas las partes internas de las semillas. La escarificación mecánica es simple y efectiva en muchas especies, si se dispone de equipo apropiado. Después del tratamiento las semillas queden secas y pueden ser plantadas de inmediato, con sembradora mecánica, aunque las semillas escarificadas son más susceptibles a ser dañadas por organismos patógenos y no se guarda también como la semilla no escarificada (Aguilar, 2020).

4.5.2. Escarificación ácida

Es un método muy eficaz para interrumpir el reposo debido a la cubierta seminal. Si se sumergen las semillas en ácidos fuertes, como el ácido sulfúrico, o en disolventes orgánicos como la acetona o el alcohol, se puede interrumpir este tipo de reposo. Para este propósito incluso se ha empleado con éxito el agua hirviendo, especialmente para algunas leguminosas (Mérola & Díaz, 2012).

4.5.3. Remojo en agua caliente y fría

La intención de remojar las semillas en agua fría o caliente es suavizar las semillas y reducir el tiempo de germinación, en algunos casos este tratamiento supera la latencia de las cubiertas de las semillas y en algunos casos estimula la germinación, algunas cubiertas impermeables pueden ser suavizadas colocando las semillas de cuatro a cinco veces su volumen en agua, se retira el fuego de inmediato y las semillas se dejan remojar en el agua que se enfríe gradualmente por 12 a 24 horas, a continuación separar las semillas hinchadas de las que no se hincharon mediante cribas adecuadas y se someterá

estas últimas de nuevo al mismo tratamiento, las semillas deben plantarse después del tratamiento con agua caliente (Zambrano Marcos, 2018).

4.6. Sustrato

El sustrato es el medio de crecimiento que tiene como función proporcionar a las plantas agua, aire, nutrientes minerales y soporte físico durante su permanencia en el vivero, encontrar un sustrato que cumpla con las funciones antes mencionadas resulta difícil, es por ello que se suele mezclar distintos materiales cuyas propiedades individuales logran en conjunto proveer a la planta nutrientes minerales, agua, aire y soporte físico durante su permanencia en el vivero, para su elaboración se puede utilizar compost, arena de río, estiércol descompuesto, tierra de capa arable de campos agrícolas, viruta, etc. Estos materiales se mezclan buscando que cada uno aporte características al sustrato que favorezcan al crecimiento y desarrollo de las plantas (Buamscha et al., 2012; Raviv et al., 2008).

4.6.1. Funciones del sustrato

El sustrato es el medio en el cual emergen las semillas. Este debe ser de un material fino, poroso, liviano y suelto, de tal manera que permita una buena formación de la raíz principal en todas las especies, por tanto, el sustrato debe tener una textura arenosa a limosa (Fossatti & Olivera, 2010).

4.6.2. Descripción de los materiales del sustrato

4.6.2.1. Arena fina.

Este material permite la penetración de la humedad sea rápida y uniforme en el sustrato debido a su porosidad, permitiendo el drenaje adecuado de excedente agua, además facilita el crecimiento y buena formación de las raíces (Fossatti & Olivera, 2010).

También este tipo de arenilla es de estructura suelta, cuando la húmeda tiende a romperse, no se pega en los dedos, es de textura liviana, 6,5 y 7,5 de pH aproximadamente. Se localizan en los ríos. Permite adecuado drenaje, facilita el crecimiento y buena formación de raíces (Ossio Jimenez, 2010).

4.6.2.2. Turba.

Es un humus fosilizado relativamente reciente. Se forma en los yacimientos llamados turberas, se encuentra en muy pocos lugares, en las cercanías de lagos y ríos en las que el clima y el estancamiento favorecen la descomposición parcial en un ambiente húmedo y sin oxígeno de residuos vegetales y animales. Aporta materia orgánica (CHACON, 2000).

La turba, es un material orgánico compacto, de color pardo claro hasta oscuro y rico en carbono formado en regiones nórdicas con pantanos por una masa esponjosa y ligera en la que aún se aprecian los componentes vegetales que la originaron, además posee propiedades físicas y químicas variables en función de su origen, se la puede clasificar en dos grupos: turbas rubias y negras. Las turbas rubias tienen un mayor contenido en materia orgánica y están menos descompuestas. Las turbas negras están más mineralizadas teniendo un menor contenido en materia. La turba rubia que es naturalmente ácida (pH 3,5 - 4,0), forma la base principal para la producción de substratos profesionales (Merino Jiménez, 2015).

4.6.2.3. Tierra de bosque.

Este material puede ser de dos clases: La primera es la que se encuentra en la ceja de monte presenta características de reacción acida (pH 4,0 a 5,0). Está compuesta de ramas, hojas, corteza y otros residuos vegetales en descomposición. La otra clase se encuentra en la zona de los valles compuesta por: hojas de molle, algarrobo y otro (Fossati y Olivera, 2010).

4.6.2.4. Tierra del lugar.

Los suelos clasificados como franco arenoso o franco son ingredientes buenos para la preparación de mezclas de suelo. Los francos tienen las características físicas deseables de las arcillas y arenas sin mostrar las propiedades indeseables de soltura externa, baja fertilidad y retención de humedad (Olson, 2012)

Los suelos de textura franca reúnen las buenas condiciones, porque son capaces de sostener bosques, de mejor crecimiento que los suelos arcillosos y arenosos (Olson, 2012)

4.6.2.5. Humus de lombriz

El humus son las deyecciones de las lombrices, se le ha dado ese nombre por su semejanza con el humus del suelo, que proviene de la descomposición de todos los

residuos orgánicos del suelo sin embargo, existe diferencias entre ambos; el humus del suelo es el producto del “metabolismo” del suelo, el humus proveniente de las lombrices es un estiércol especial, con características nutritivas para el suelo, el humus de lombriz posee una elevada carga microbiana, contribuyendo a la protección de la raíz de bacterias y hormonas como el ácido indol acético y ácido giberélico, estimulando el crecimiento y las funciones vitales de la planta, es uno de los pocos fertilizantes orgánicos, y este abono orgánico es el único con fibra bacteriana (40 a 60 millones de microorganismo por cm^3), capaz de enriquecer y renovar las tierras. Su aplicación baja hasta un 40% los costos de fertilización (Mamani Yujra, 2014).

5. Metodología

5.1. Área de estudio

La presente investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Nacional de Loja; situada a 2 160 msnm. con una temperatura y precipitación media anual de 16 °C y 967,6 mm entre las siguientes coordenadas: 04°02'90'' S y 79°11'49'' W.

Los tratamientos de escarificación y germinación de semillas, se desarrolló en el Laboratorio de Fisiología Vegetal, y la evaluación del crecimiento de las plántulas, se realizó en el invernadero de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables.

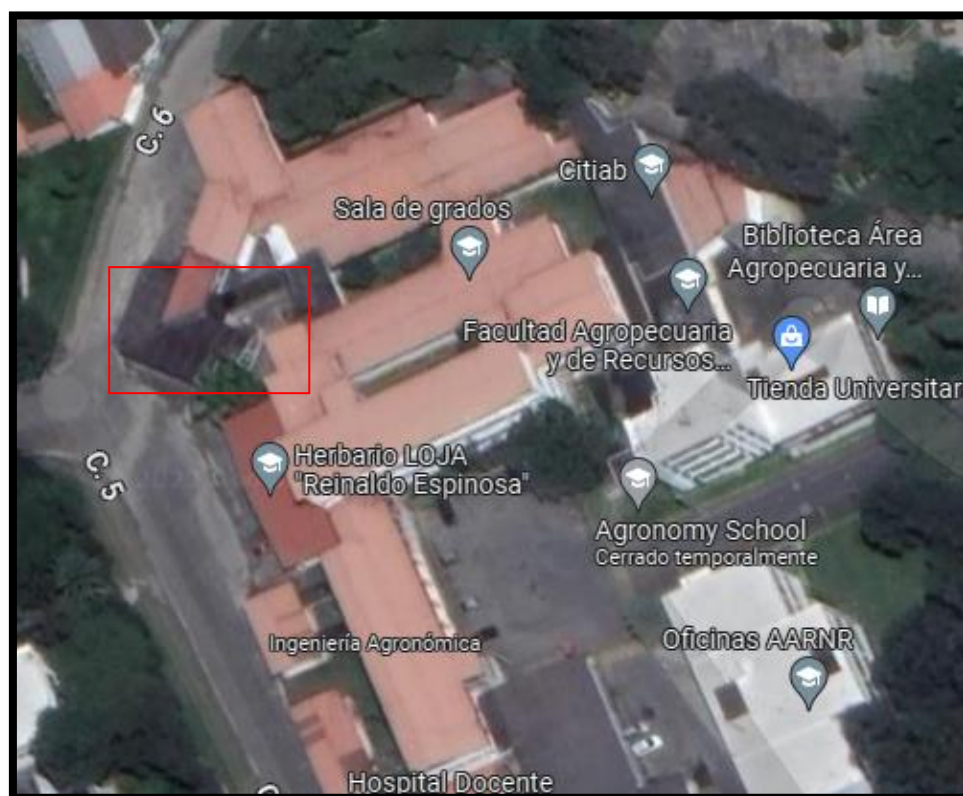


Figura 1. Ubicación del laboratorio y el invernadero de fisiología vegetal
Tomado de: Google maps

5.2. Metodología general

Para realizar el análisis de calidad o viabilidad de las semillas se utilizó las normas ISTA (2020) evaluando las siguientes variables:

a) Pureza

Para determinar la pureza, se pesó dos muestras al azar de pesos similares del lote total de semillas recolectadas de nuestra especie; posteriormente se procedió a separar las impurezas manualmente y con la ayuda de un colador, para seguido pesar cada componente en la balanza de precisión.

El porcentaje de pureza se calculó con la siguiente fórmula:

$$P\% = \frac{\text{peso de semillas puras(g)}}{\text{peso total de la muestra(g)}} \times 100$$

b) Peso de la semilla

Se determinó el peso de las semillas frescas (almacenadas un máximo de tres días después de su recolección en fundas de tela) en la balanza de precisión contando 8 submuestras al azar de 100 semillas tomadas del ensayo de pureza cada una, para luego sacar la media.

Donde:

$$\text{Peso de las 1000 semillas} = \text{media} \times 10$$

c) Contenido de humedad

Para su determinación se utilizó dos muestras por individuo en gramos cada una, tomadas del componente del ensayo de pureza. Se colocó las semillas en la caja petri y se calculó el contenido de humedad con el siguiente método:

- Se pesó la caja petri vacía (9 cm. de diámetro) incluso la tapa (M1)
- Se colocó la muestra de la semilla (gr.) en el recipiente y se pesó junto (M2)
- El recipiente se colocó en un horno a 103 +/- 2 °C por 17 +/- 1 hora.
- Luego se procedió a retirar el recipiente del horno, y se colocó en la cámara de desecación para evitar la reabsorción de humedad de la atmósfera.
- Después de normalizarse la temperatura (30 - 45 min.), se pesaron las semillas en el recipiente de nuevo (M3) (Aponte & Sanmartín, 2011).

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

d) Test de tetrazolio para viabilidad

Se seleccionaron 20 semillas de cada repetición por tratamiento, previamente fueron puestas a una hidratación durante 2 h para ablandar el pericarpio, luego de ello se realizó un corte transversal facilitando la exposición del embrión, los cuales se cubrieron con cloruro de tetrazolio al 1 %, éstas fueron incubadas por 2 h a una temperatura de 35 °C, luego por medio del microscopio óptico se visualizó el tejido de las semillas y de acuerdo a sus características se determinó la viabilidad de estas, la unidad de medida fue el porcentaje (%), para lo cual se empleó la siguiente fórmula (Sosa & Rodríguez, 2016).

$$\text{Semillas viables(\%)} = \frac{N \text{ semillas viables}}{\text{Total de semillas}} \times 100$$

5.2.1. Diseño experimental

Para la evaluación y análisis de datos registrados durante el experimento de esta investigación, fue planteado el diseño experimental completamente al azar con arreglo bifactorial, dentro de los cuales para la primera evaluación el factor A serán los 5 tratamientos pre germinativos incluyendo el testigo y el factor B será el porcentaje de giberelinas requerido con presencia de un testigo por cada tratamiento obteniendo un total de 16 tratamientos, con 4 repeticiones dando un total de un lote de semillas 1 020 unidades experimentales (véase tabla 1). Para la condición de campo se realizó un diseño completamente al azar con 4 tratamientos y 4 repeticiones, dando un total de 320 unidades experimentales que serán las plántulas incluyendo el testigo (véase tabla 2).

5.2.2. Croquis experimental en laboratorio

R1	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
R2	T2	T1	T5	T3	T4	T7	T6	T9	T11	T8	T12	T10	T14	T15	T16	T13
R3	T5	T4	T1	T2	T3	T8	T10	T6	T7	T9	T13	T15	T11	T16	T14	T12
R4	T4	T5	T3	T1	T2	T9	T7	T8	T10	T6	T12	T11	T13	T15	T16	T14

Figura 2. Croquis del diseño experimental en laboratorio.

a. Distribución de los factores y codificación de todos los tratamientos a usar en laboratorio

Tabla 1. Distribución de los factores y codificación de todos los tratamientos a usar en laboratorio de Fisiología vegetal-FARNR.

N.º Tratamientos	Tratamiento pre germinativo Factor E	Volumen giberelinas Factor G	Combinación/ código
T1 T2 T3 T4	E1. Escarificación mecánica-cauterizado	G _b 1 000 ppm, G _m 1 500 ppm G _a 2 000 ppm G ₀ Testigo	E1G _b E1G _m E1G _a E1G ₀
T5 T6 T7 T8	E2. Escarificación mecánica-Lijado		E2G _b E2G _m E2G _a E2G ₀
T9 T10 T11 T12	E3. Escarificación química-Ácido sulfúrico		E3G _b E3G _m E3G _a E3G ₀
T13 T14 T15 T16	E4. Escarificación física-térmica-remojo en agua caliente		E4G _b E4G _m E4G _a E4G ₀
T17	T0. Testigo (germinación natural)		T0

Tabla 2. Descripción de los tratamientos en los métodos de pre germinación en semillas de Tara.

Tipos de tratamientos	Tratamientos	Descripción de los tratamientos	Código
Mecánicos			
Cauterizado	T1	Escarificación mecánica - cauterizado con baja concentración de giberelinas (1000 ppm)	E1G _b
	T2	Escarificación mecánica- cauterizado con media concentración de giberelinas (1500ppm)	E1G _m

	T3	Escarificación mecánica- cauterizado con alta concentración de giberelinas (2000ppm)	E1Ga
	T4	Escarificación mecánica- cauterizado	E1G0
Lijado	T5	Escarificación mecánica-Lijado con baja concentración de giberelinas (1000 ppm)	E2Gb
	T6	Escarificación mecánica-Lijado con media concentración de giberelinas (1500ppm)	E2Gm
	T7	Escarificación mecánica-Lijado con alta concentración de giberelinas (2000ppm)	E2Ga
	T8	Escarificación mecánica-Lijado	E2G0
Químico			
Ácido sulfúrico	T9	Escarificación química-Ácido sulfúrico con baja concentración de giberelinas (1000 ppm)	E3Gb
	T10	Escarificación química-Ácido sulfúrico con media concentración de giberelinas (1500ppm)	E3Gm
	T11	Escarificación química-Ácido sulfúrico con alta concentración de giberelinas (2000ppm)	E3Ga
	T12	Escarificación química-Ácido sulfúrico	E3G0
Físico			
Física-térmica	T13	Escarificación física-térmica remojo en agua caliente a 80°C con baja concentración de giberelinas (1000 ppm)	E4Gb
	T14	Escarificación física-térmica-remojo en agua caliente a 80°C con media concentración de giberelinas (1500ppm)	E4Gm
	T15	Escarificación física-térmica-remojo en agua caliente a 80°C con alta concentración de giberelinas (2000ppm)	E4Ga
	T16	Escarificación física-térmica-remojo en agua caliente a 80°C	E4G0

Testigo	T17	Testigo (germinación natural)	T0
---------	-----	-------------------------------	----

b. Modelo aditivo lineal

El modelo a utilizar en la fase experimental es el modelo estadístico de diseño completamente al azar con un arreglo bifactorial.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Una observación

μ = Media poblacional

α_i = Efecto del i – esimo nivel del factor A tratamiento pregerminativo

β_j = Efecto del i – esimo nivel del factor B porcentaje de giberelinas

$\alpha\beta_{ij}$ = Efecto del i – esimo nivel del factor A, con el j – esimo nivel del factor B

ϵ_{ijk} = Error experimental

5.2.3. Croquis experimental en condiciones controladas

































T1	R1 	R2 	R3 	R4 
T2	R1 	R2 	R3 	R4 
T3	R1 	R2 	R3 	R4 
T4	R1 	R2 	R3 	R4 
T5	R1 	R2 	R3 	R4 
T6	R1 	R2 	R3 	R4 
T7	R1 	R2 	R3 	R4 
T8	R1 	R2 	R3 	R4 

Figura 3. Croquis del diseño experimental en campo.

Fuente: Sánchez A.

a. Distribución de los factores y codificación de todos los tratamientos a usar en campo.

Tabla 3. Distribución de los factores y codificación de todos los tratamientos a usar en condiciones controladas.

N° de tratamiento	Tratamiento pre germinativo seleccionados mejor resultado germinación	Sustratos	Combinación/ código
T1	ELI = Escarificación mecánica lijado	S1 = Turba (100 %)	ELIS1
T2	ELI = Escarificación mecánica lijado	S2 = Testigo tierra agrícola (100 %)	ELIS2
T3	ELI = Escarificación mecánica lijado	S3 = Tierra de boque (33 %) + arena (17 %) + humus (50 %)	ELIS3
T4	ELI = Escarificación mecánica lijado	S4 = Turba (50 %) + tierra agrícola (50 %)	ELIS4
T5	ECA= Escarificación mecánica cauterizado	S1 = Turba (100 %)	ECAS1
T6	ECA= Escarificación mecánica cauterizado	S2 = Testigo tierra agrícola (100 %)	ECAS2
T7	ECA= Escarificación mecánica cauterizado	S3 = Tierra de boque (33 %) + arena (17 %) + humus (50 %)	ECAS3
T8	ECA= Escarificación mecánica cauterizado	S4 = Turba (50 %) + tierra lugar (50 %)	ECAS4

b. Modelo aditivo lineal

El modelo a utilizar en la fase experimental es el modelo estadístico de diseño completamente al azar.

$$X_{ij} = u + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

X_{ij}: Observación j-esima del tratamiento i-esimo

u: Media general

α_i: Efecto del i-esimo tratamiento

ξij: Error aleatorio

5.2.4. Metodología del primero objetivo

“Determinar cuál es el mejor tratamiento pre-germinativo que mejora la germinación de semillas de *Caesalpinia spinosa* en condiciones de laboratorio”

5.2.4.1. Tratamientos pre germinativos: aplicación hormonal y escarificación.

Etapa de Germinación

Cada caja Petri conteniendo las semillas de tara, constituye la unidad experimental. La caja contenía 15 semillas de tara, 60 semillas por tratamiento.

a. Escarificación Mecánico-Cauterizado

Se realizó un pequeño quemado con un el cautín, en el costado de la semilla para facilitar el intercambio de agua y oxígeno y acelerar su germinación. Cabe aclarar que, si el orificio es muy profundo, puede afectar parcial o en su totalidad la semilla. a continuación, las semillas se sumergieron en 1000, 1500 y 2000 de ácido giberélico por 24 horas, para luego colocarlas en cajas petri dentro de la estufa a 20 °C hasta completar su germinación (Mercedes, 2019)

b. Escarificación Mecánico-Lijado

La semilla de tara se lijó a los lados de los cotiledones para mejorar la permeabilidad, se tuvo cuidado para escarificar el tegumento de la semilla en un lugar adecuado con el fin de no dañar el embrión y la plántula resultante, a continuación, las semillas se sumergieron en 1000, 1500 y 2000 de ácido giberélico por 24 horas posteriormente se colocaron en las cajas petri, añadiendo agua destilada para colocarlas en estufa a 20 °C hasta completar su germinación.

c. Escarificación Químico-Ácido sulfúrico

Se maneja el ácido sulfúrico al 5 %, y se empapo las semillas por completo en la solución durante 5 min. Después, las semillas se lavan a fondo con agua destilada a continuación, las semillas se sumergieron en 1000, 1500 y 2000 de ácido giberélico por 24 horas y se colocan en cajas petri y luego puestas en la estufa a 20 °C hasta completar su germinación (Piere, 2012).

d. Escarificación física-térmica

Se sumergieron las semillas en agua hervida por 10 min luego en agua fría 24 h con el fin de suavizar las semillas y reducir el tiempo de germinación, a continuación, las semillas se sumergieron en 1000, 1500 y 2000 de ácido giberélico por 24 horas después las semillas se colocaron en cajas petri y puesta en estufa a 20 °C hasta completar su germinación (Torres Benavente, 2018).

e. Testigo

Se colocó las semillas en cajas Petri con agua destilada sin realizar ningún tratamiento pre germinativo para posteriormente colocarlas en estufa a 20 °C hasta completar su germinación.

5.2.4.2. Variables a evaluar.

a. Porcentaje de germinación en laboratorio

Para la determinación del porcentaje de germinación se tuvo en cuenta la aparición de la radícula en las semillas (FAO, 2011).

Para el cálculo del porcentaje de germinación se utilizó la siguiente fórmula matemática:

$$\%G = \frac{N^{\circ} S G}{N^{\circ} \text{ Total de S E}} * 100$$

Dónde: N° SG = Numero de semillas germinadas en n días

N°totalSE = Número total de semillas ensayadas

b. Velocidad de germinación

Para la determinación de la velocidad de germinación se tomaron datos del número de semillas germinadas por días hasta llegar a un punto donde se estabilizó la germinación.

$$M = \frac{n_i}{t}$$

donde M= velocidad de germinación, n_i = número de semillas germinadas el día i, t = tiempo de germinación desde la siembra hasta la germinación de la última semilla.

Metodología de Segundo objetivo

“Analizar la influencia de los sustratos sobre el crecimiento inicial de plántulas de tara”

5.2.4.3. Preparación del sustrato.

Para la preparación del sustrato se utilizó: turba, tierra agrícola y de bosque, arena y humus, se desinfectó el sustrato con agua hervida, hasta alcanzar unos 5 cm de profundidad del mismo, además se realizó la limpieza, mezcla y desinfección de los sustratos en proporciones volumétricas (ver tabla 4) de la siguiente manera:

Tabla 4. Componentes del sustrato a utilizar en la metodología del segundo objetivo dichas en sus proporciones a mezclar.

N° de sustrato	Código	Proporción del sustrato en volumen (%)				
		Turba	Tierra agrícola	Tierra de bosque	Arena	Humus
1	S1	100				
2	S2		100			
3	S3			33	17	50
4	S4	50	50			

5.2.4.4. Variables a evaluar

Las variables se evaluaron cada 8 días hasta los 72 días después de la siembra.

a. Determinación de la altura de la plántula de la tara (cm)

Para la determinación de esta variable se realizó la medición de la altura de los plantines desde el cuello hasta la parte más alta de la planta, haciendo uso de una regla.

b. Determinación de número de hojas

Para la determinación de esta variable de respuesta se realizó un conteo del número de hojas compuestas por tratamiento cada 8 días.

c. Diámetro del tallo (mm)

Para la determinación de esta variable se tomó la medida de la parte baja de la planta, con la ayuda el calibrador pie de rey digital para tomar un dato exacto del diámetro del tallo

5.2.5. *Análisis estadístico*

Los datos obtenidos fueron sometidos al análisis de supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza para cada variable. Los datos obtenidos fueron procesados por un análisis de varianza bifactorial (ANOVA) usando un nivel de significancia $p < 0,05$, para determinar las diferencias entre los tratamientos se realizó una prueba de comparación de Tukey (0,05 %), Estos datos fueron analizados con el software estadístico (Infostat).

6. Resultados

6.1. Resultados para el primer objetivo

a. Calidad física de semillas mediante ensayos de laboratorio

Para realizar una buena evaluación de las semillas es esencial la utilización de métodos estandarizados confiables que permitan obtener resultados uniformes y reproducibles. La calidad física de la semilla de *Caesalpinia spinosa* se lo obtuvo aplicando las normas internacionales para evaluación de semillas elaboradas por la Asociación Internacional para la Evaluación de Semillas (ISTA 2020). Donde realizados los métodos obtuvimos los siguientes resultados.

Tabla 5. Calidad física de semillas mediante ensayos de laboratorio de acuerdo a las Normas ISTA

Especie	Normas ISTA	Procedimiento	TOTAL																				
<i>Caesalpinia spinosa</i>	Porcentaje de pureza	Peso total de la muestra(g) 674.5g peso de semillas puras(g) 618,7 g peso de las impurezas (g) 55.3 g $P\% = \frac{618,7}{674,5} \times 100$	91.7%																				
	Peso de 1000 semillas	M1=22.7 M6=22.8 Total: 226.4 M7=22.7 Media:28.30 M2=22.7 M7=22.7 M3=22.7 M8=22.4 M4=22.8 M9=22.5 M5=22.4 M10=22.7 Peso de las 1000 semillas=28.30 * 10	283gr																				
	Contenido de humedad	<table border="0"> <tr> <td>Caja 1</td> <td>Caja 2</td> <td>Suma</td> <td>Promedio</td> </tr> <tr> <td>92.6</td> <td>92.6</td> <td>185.2</td> <td>92.6</td> </tr> <tr> <td>102.5</td> <td>102.6</td> <td>205.1</td> <td>102.55</td> </tr> <tr> <td>101.8</td> <td>101.8</td> <td>203.6</td> <td>101.8</td> </tr> <tr> <td colspan="3">CH= (102,55-101.8)</td> <td>$\frac{100}{102.55 - 92.6}$</td> </tr> </table>	Caja 1	Caja 2	Suma	Promedio	92.6	92.6	185.2	92.6	102.5	102.6	205.1	102.55	101.8	101.8	203.6	101.8	CH= (102,55-101.8)			$\frac{100}{102.55 - 92.6}$	7.53%
	Caja 1	Caja 2	Suma	Promedio																			
92.6	92.6	185.2	92.6																				
102.5	102.6	205.1	102.55																				
101.8	101.8	203.6	101.8																				
CH= (102,55-101.8)			$\frac{100}{102.55 - 92.6}$																				
Prueba de tetrazolio	muestra total 50 semillas viables 44 $\text{Semillas viables}(\%) = \frac{44}{50} \times 100$	88%																					

a. Porcentaje de germinación en laboratorio

El porcentaje de germinación por tratamiento pre germinativo, presentó como mejor opción los tratamientos mecánicos tanto el lijado como el cauterizado con porcentajes de 65.45 y 67.92 a diferencia de los tratamientos químico y físico térmico con porcentajes muy bajos de 2.92 y 10.84 respectivamente, para el porcentaje de germinación con la interacción entre el tratamiento pre germinativo vs volumen de giberelinas, presentó como mejor opción los tratamientos mecánicos tanto el lijado (E2Gb) como el cauterizado (E1Gb) con porcentajes de 78.33 y 76.67 a diferencia de los tratamientos químico (E3Ga) y físico térmico (E4Gb) con porcentajes muy bajos de 0 y 8.34 respectivamente. (Anexo 1).

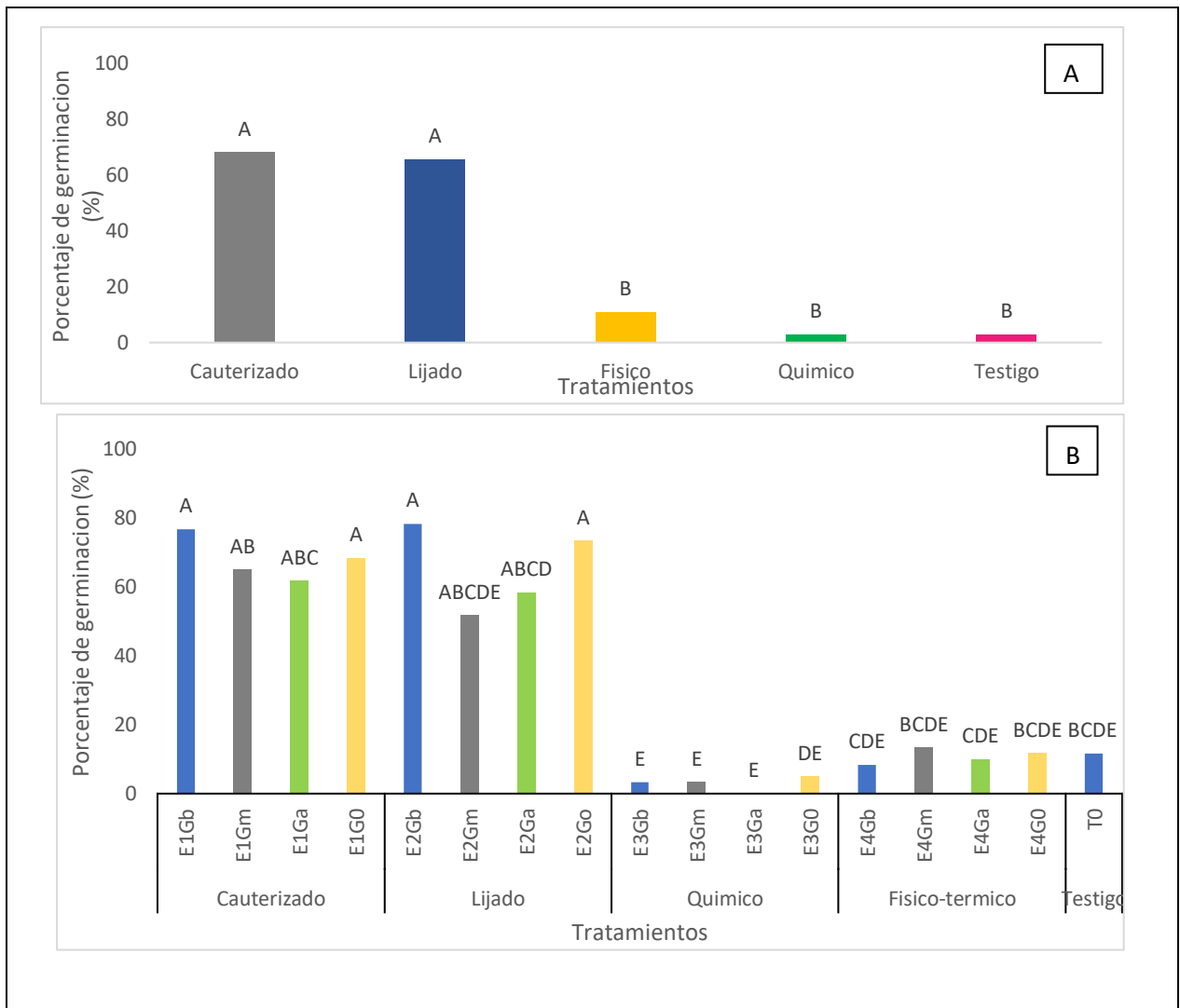


Figura 4. A) Porcentaje de germinación por tratamiento pre germinativo. **B)** Porcentaje de germinación tratamiento pre germinativo vs volumen de giberelinas, escarificación-Cauterizado T1 (E1Gb), T2 (E1Gm), T3 (E1Ga), T4 (E1G0). Porcentaje de germinación con escarificación- Lijado T5 (E2Gb), T6 (E2Gm), T7 (E2Ga), T8 (E2G0). Porcentaje de germinación con escarificación-Química T9 (E3Gb), T10

(E3Gm), T11 (E3Ga), T12 (E3G0). Porcentaje de germinación con escarificación-Física térmica. T13 (E4Gb), T14 (E4Gm), T15 (E4Ga), T16 (E4G0). Testigo T17 (T0). Los datos utilizados para elaborar la gráfica corresponden a los valores medios según la prueba de Tukey ($\alpha < 0,05$)

b. Velocidad de germinación

La velocidad de germinación por tratamiento pre germinativo nos dio como resultado que los tratamientos mecánicos de lijado y cauterizado presentaron una germinación gradual hasta alcanzar promedios altos de 9.81 y 10.19 semillas germinadas en 21 días sin diferencias significativas entre ambas, en cambio los resultados más bajos fueron los hallados con los tratamientos químico con 0.44 de germinación y físico-térmico 1.63 de semillas germinadas en 21 días, para la interacción entre tratamiento pre germinativo vs volumen de giberelinas se pudo observar el proceso de germinación de semillas de *Caesalpinia spinosa* llevado a cabo durante 21 días, desde su implantación en laboratorio hasta la aparición de las primeras hojas cotiledonales, que los tratamientos mecánicos de lijado (E2Gb) y cauterizado (E1Gb) presentaron una mayor germinación hasta alcanzar promedios altos de 11.75 y 11.5 de semillas germinadas en los días evaluados, los mismos que no presentaron diferencias significativas entre ambas, en cambio sí con los resultados de los tratamientos químico (E3Ga) con 0 de germinación y físico-térmico (E4Gb) 1,25 semillas germinadas en 21 días.

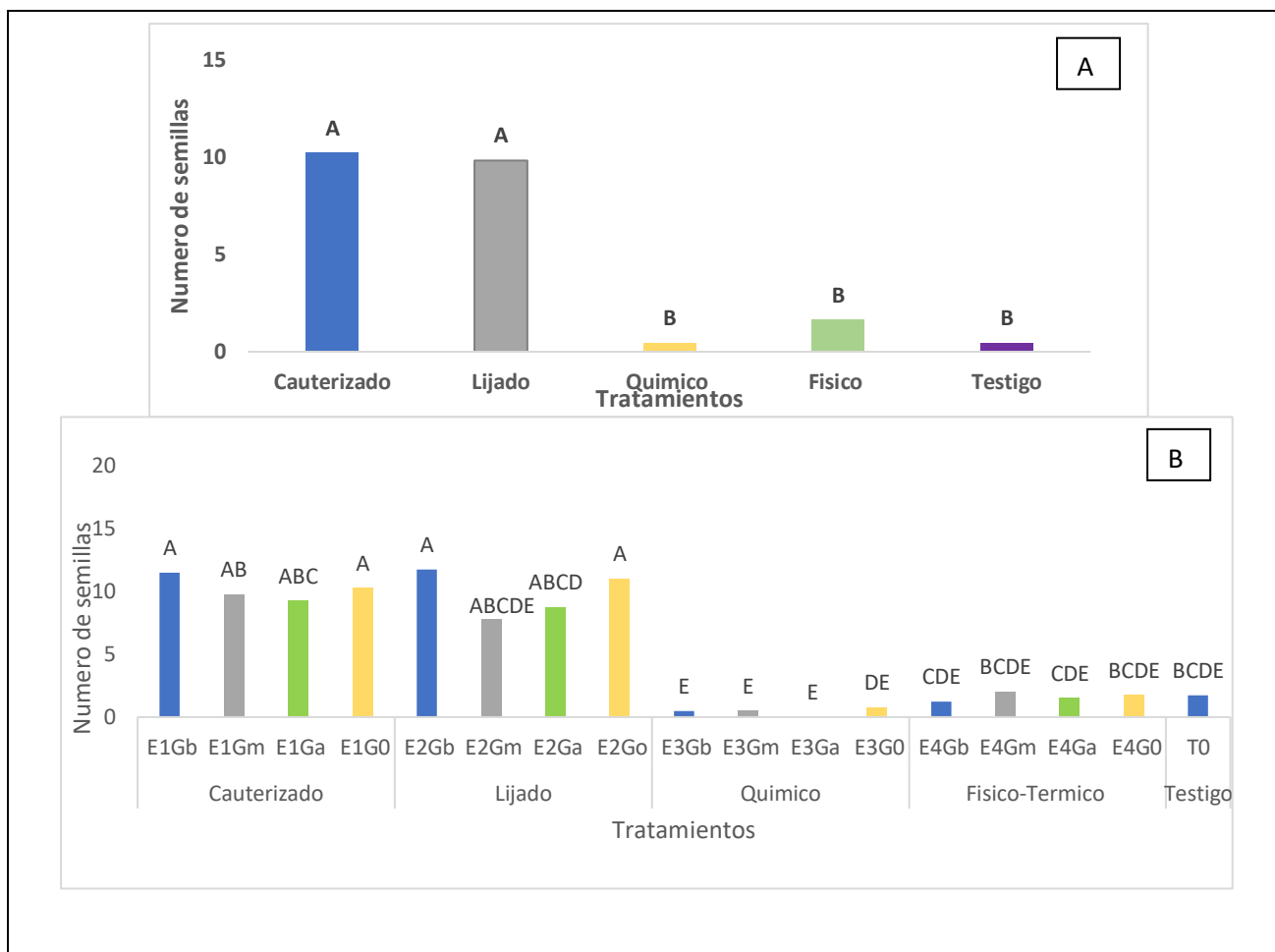


Figura 6. **A)** Velocidad de germinación por tratamiento pre germinativo. **B)** Velocidad de germinación tratamiento pre germinativo vs volumen de giberelinas, escarificación-Cauterizado T1 (E1Gb), T2 (E1Gm), T3 (E1Ga), T4 (E1G0). Velocidad de germinación con escarificación-Lijado T5 (E2Gb), T6 (E2Gm), T7 (E2Ga), T8 (E2G0). Velocidad de germinación con escarificación-Química T9 (E3Gb), T10 (E3Gm), T11 (E3Ga), T12 (E3G0). Velocidad de germinación con escarificación Física-térmica T13 (E4Gb), T14 (E4Gm), T15 (E4Ga), T16 (E4G0). Testigo T17 (T0). Los datos utilizados para elaborar la gráfica corresponden a los valores medios según la prueba de Tukey ($\alpha < 0,05$)

6.2. Resultados del segundo objetivo

a. Determinación de la altura de la plántula de la tara

Al transcurrir 73 días del desarrollo vegetativo de las plántulas se determinó que el tratamiento de mayores resultados fue el mecánico lijado así mismo que el sustrato con mayor rendimiento fue la mezcla de tierra de bosque + arena + humus (ELIS3) que presentaron el mayor porcentaje de crecimiento en altura de las plántulas con un valor de 10.56 cm significativamente diferente a los demás tratamientos que utilizó como tratamiento pre germinativo el cauterizado (Ver Anexo 2).

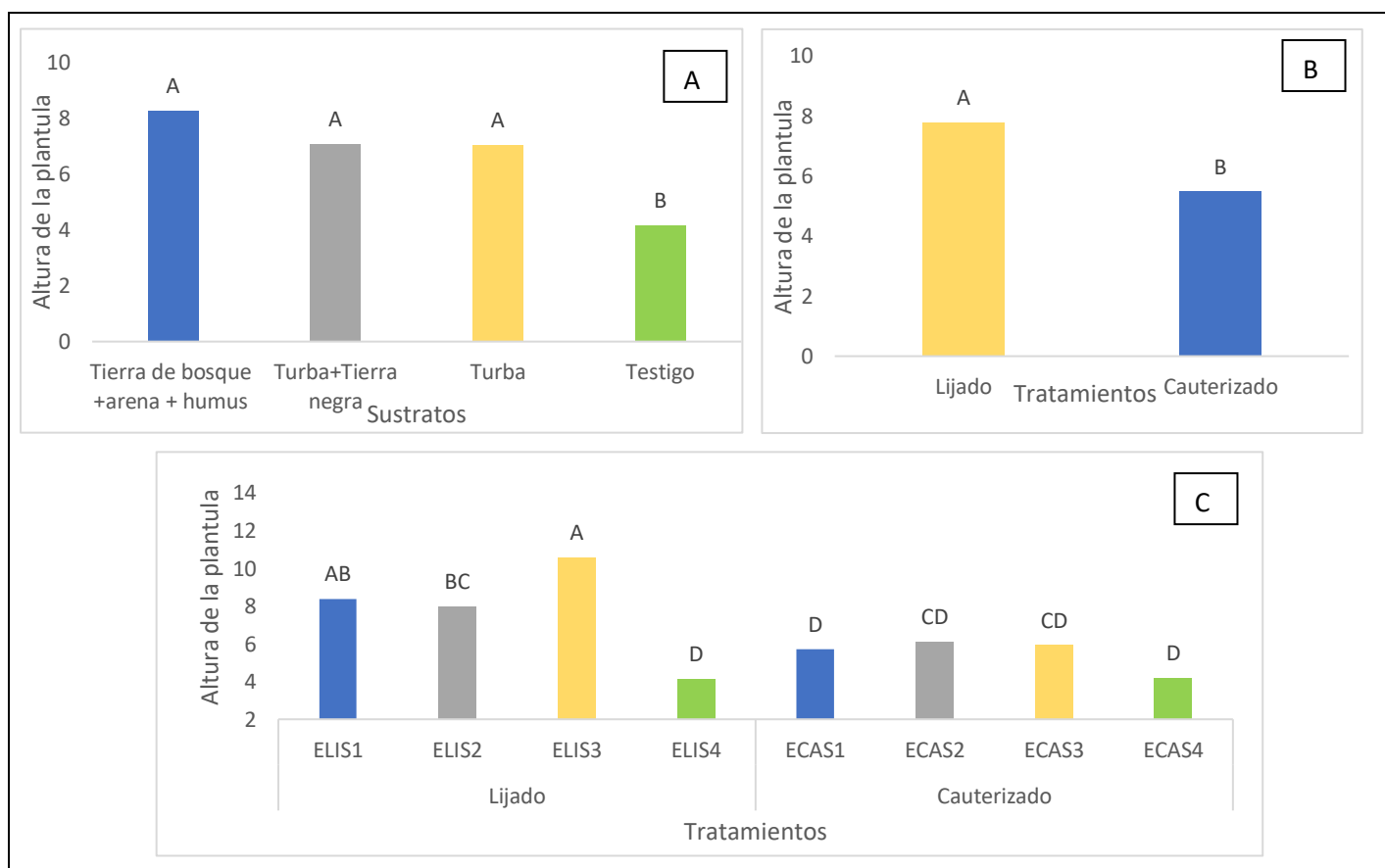


Figura 7. A) Tipos de sustratos B) Tipos de tratamientos. C) Altura de la plántula con los tratamientos pregerminativos vs los Diferentes sustratos, escarificación-mecánica - lijado. T1(ELIS1), T2 (ELIS2), T3 (ELIS3), T4 (ELIS4). Altura de la plántula en los tratamientos con escarificación- mecánico - cauterizado. T5 (ECAS1), T6 (ECAS2), T7 (ECAS3), T8 (ECAS4). Los datos utilizados para elaborar la gráfica corresponden a los valores medios según la prueba de Tukey ($\alpha < 0,05$)

b. Determinación de número de hojas

Al transcurrir 73 días del desarrollo vegetativo de las plántulas, se determinó que el mejor tratamiento fue el mecánico lijado y el sustrato de mayor resultado fueron la mezcla de tierra de bosque +arena + humus (ELIS3) que en conjunto presentaron el mayor número de hojas un promedio total de 7.7. Así mismo los tratamientos (ELIS1) y (ELIS4) presentan promedios medios de 6.95 y 6.1 respectivamente, a su vez el tratamiento que menor resultados dio fue el (ECAS4) con un promedio de 4.95 hojas al finalizar el estudio (Anexo 3).

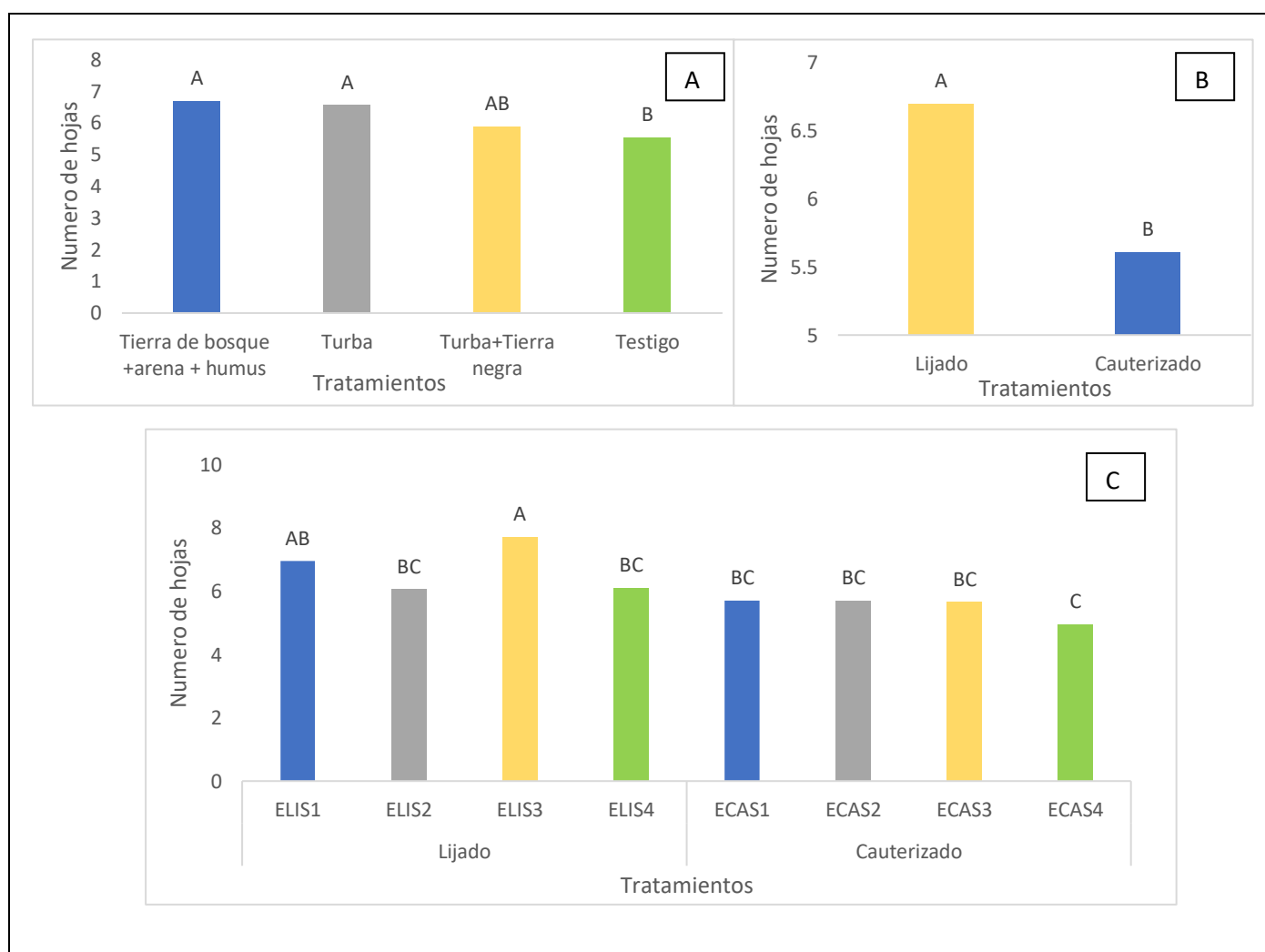


Figura 8. A) Tipos de sustratos B) Tipos de tratamientos. C) Número de hojas con los tratamientos pregerminativos vs los diferentes sustratos. Escarificación-mecánica - lijado. T1(ELIS1), T2 (ELIS2), T3 (ELIS3), T4 (ELIS4). Número de hojas en los tratamientos con escarificación-mecánica - Cauterizado. T5 (ECAS1), T6 (ECAS2), T7 (ECAS3), T8 (ECAS4). Los datos utilizados para elaborar la gráfica corresponden a los valores medios según la prueba de Tukey ($\alpha < 0,05$)

c. Diámetro del tallo

A los 73 días el mayor diámetro de los tallos de las plántulas se obtuvo con la utilización de la mezcla de sustratos (Tierra de bosque + arena + humus) con un promedio de diámetros de 1.09 mm con diferencias significativas del resto de sustratos. Mientras que los resultados obtenidos entre la interacción tratamiento pre germinativo vs sustratos nos arrojaron que los tratamientos (ELIS3) y (ECAS3) son las mejores con 1.09 y 1.08 de promedios de diámetro del tallo y no presentaron diferencias significativas entre ellas, mientras que el tratamiento (ELIS4) fue el que presentó un menor diámetro del tallo, mediante la prueba de Tukey ($\alpha < 0,05$).

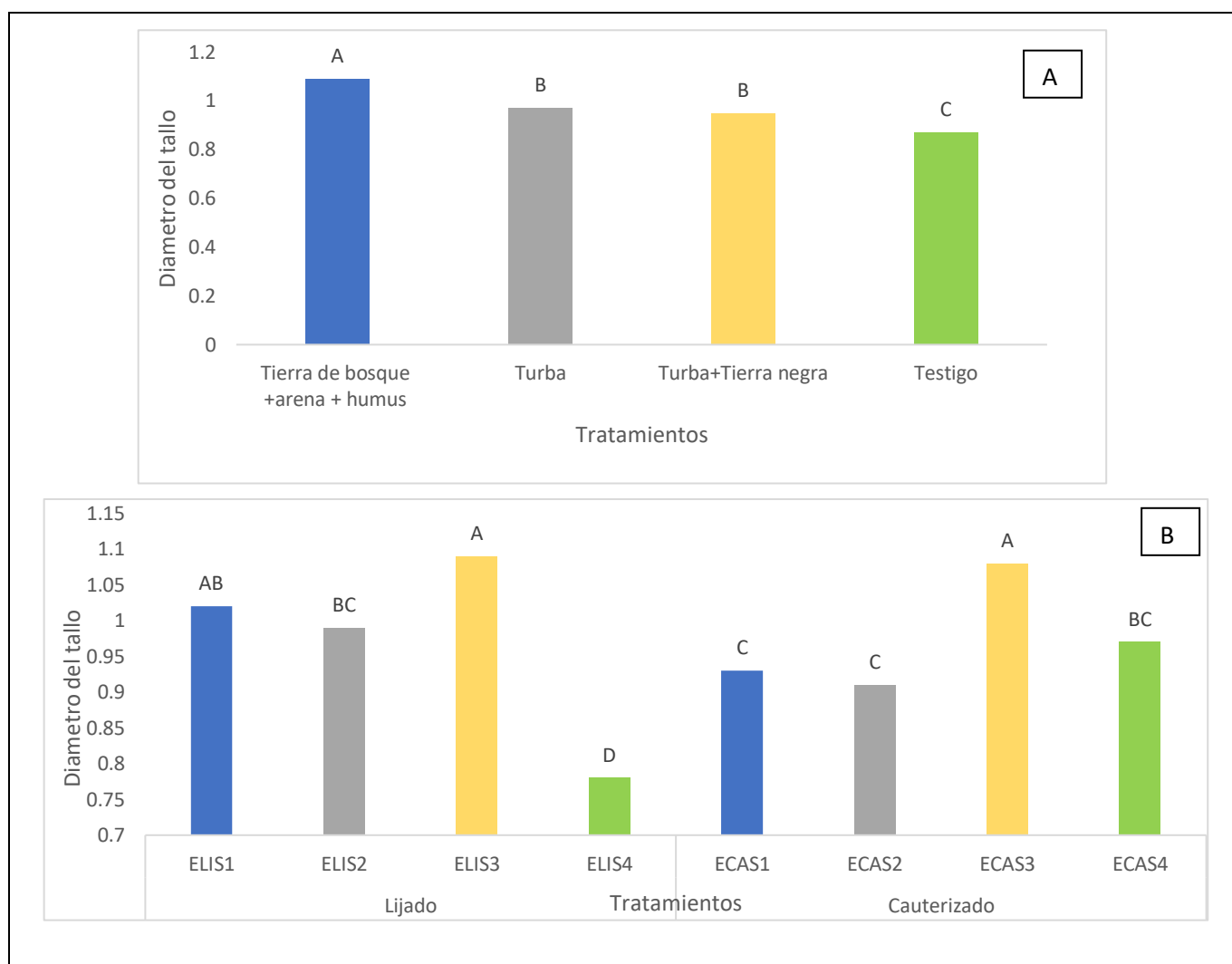


Figura 9. A) Tipos de sustratos **B)** Diámetro del tallo con los tratamientos pregerminativos vs los diferentes sustratos. Escarificación-mecánica - lijado. T1(ELIS1), T2 (ELIS2), T3 (ELIS3), T4 (ELIS4). Escarificación-mecánica -Cauterizado. T5 (ECAS1), T6 (ECAS2), T7 (ECAS3), T8 (ECAS4). Los datos utilizados para elaborar la gráfica corresponden a los valores medios según la prueba de Tukey ($\alpha < 0,05$)

7. Discusión

a. Calidad física de semillas mediante ensayos de laboratorio

Se obtuvo un porcentaje de pureza del 91,7 %, valor aproximado a los reportados por Saritama and Munt (2017) con 99,94% de pureza; esto concuerda con lo encontrado por Canaviri (2015); Mamani (2020) que en sus estudios sobre el porcentaje de pureza de semillas de tara obtuvieron 97,1% y 99,42 % respectivamente.

En el peso de 1000 semillas de tara Saritama and Munt (2017) lograron un valor de 271,38 g tara, que se relaciona con lo obtenido en la investigación con un peso de 1000 semillas de 283 g, sin embargo, difieren de lo encontrado por Rodríguez & Trejo, D. A. (2021) quienes obtuvieron 160,85 g de peso de semillas de *Caesalpinia eriostachys*.

Para el contenido de humedad según el estudio realizado por Mamani (2020) la semilla de tara posee un 4% de humedad mientras que Canaviri (2015); Muñoz (2018) obtuvieron resultados similares con un 6.5 % y 6% respectivamente, estos resultados se asemejan con el resultado de 7,53% de humedad obtenido en nuestra investigación.

Por su parte Goitia (2003), considera que la humedad de las semillas es relativamente dependiente del manejo, de la zona de recolección y otros factores. Por lo que se recomienda secar las semillas en superficies aireadas, sin dejar que los rayos solares lleguen de forma directa a las semillas para su mejor almacenamiento.

Según Sosa and Rodríguez (2016) aplicando la prueba de viabilidad de tetrazolio obtuvieron un porcentaje de viabilidad de un 86%, dicho resultado se asemeja con el obtenido en la investigación realizada que alcanzo un 88% de viabilidad utilizando dicha prueba.

b. Porcentaje de germinación en laboratorio

Los estudios realizados por Chávez and García (2018) quienes señalan que la escarificación mecánica lijado tuvo mayor influencia en el proceso de germinación de semillas por haber eliminado latencia en forma más rápida y práctica, resultados similares a los obtenidos en esta investigación con el tratamiento lijado (E2Gb) quien tuvo un mayor porcentaje de germinación de las semillas de 78,33 %, al aplicar el corte de la testa se propicia que la semilla absorba el agua del exterior de forma inmediata y se active el proceso de germinación; resultado similar obtenidos por Marino (2014); Hartmann

and Kester (1990) donde los máximos porcentajes de germinación se registraron con el tratamiento de mecánico lijado.

c. Velocidad de germinación

Como mencionan en su estudio Atencio, Colmenares, Ramírez-Villalobos, and Marcano (2003) el proceso de germinación se inició entre los 4 y 6 días, incrementándose paulatinamente hasta los 10 días con el tratamiento de lija sobresaliendo al resto de tratamientos, esto concuerda con la investigación de Sanhueza and Zalba (2014) que menciona que la escarificación mecánica con lija resulta un factor clave en la adelanto de la germinación dado que ayuda con el ingreso del agua para romper la dormancia de las semillas, Monta (2019) menciona que la diferencia entre tratamientos se debe a que los métodos pre germinativos, influyeron en los días de emergencia ya que unos fueron más precoces que otros.

Lo que concuerda con la investigación realizada que se obtuvieron los mejores resultados de germinación por días con los tratamientos donde se aplicó un proceso escarificación mecánica, siendo uno de ellos el tratamiento con lijado (E2Gb) que obtuvo en 23 días un promedio de 11.75 semillas germinadas, como en el tratamiento de cauterización (E1Gb) que obtuvo un promedio de 11.5 semillas germinadas en los 23 días.

d. Determinación de la altura de la plántula de la tara

Con respecto a la altura de las plántulas de tara el resultado de la investigación los mejores tratamientos fueron el tratamiento ELIS3 con 10,53 cm de altura, similar a lo obtenido en sus investigaciones González (2021); Robayo (2021) que mencionan que alcanzaron los mejores resultados en altura de plántula con el tratamiento mecánico lijado, la misma que permitió un desarrollo más rápido de las plántulas, corroborando con el estudio de Mercedes (2019) donde señala que los métodos más comprometedores que ayudan para una mayor producción de la especie son los métodos mecánicos.

Esto además concuerda con Guevara (2021) que obtuvo resultados muy favorables en altura de la planta al utilizar humos de lombriz, además Canaviri (2015) alcanzó un promedio de alturas elevado al utilizar tierra de bosque con arena en proporciones iguales, así como Piere (2012) al utilizar tierra de bosque registro un promedios bastantes buenos de altura.

Cabe mencionar que las alturas de nuestra investigación fueron superiores de las otras investigaciones debido al uso de las giberelinas, como lo menciona Bustamante et al. (2012) que las giberelinas producen un mayor aumento en el tamaño de los hipocótilos de las plántulas.

e. Determinación de número de hojas

Al término de la investigación se observó que las plántulas con el tratamiento ELIS3 presentó el mayor número de hojas con un promedio de 7,7 hojas, esto coincide con lo mencionado por Marino (2014); Robayo (2021) que en sus investigaciones alcanzaron un promedio alto en el número de hojas mediante la aplicación de escarificación mecánica por medio del lijado.

Según Guevara (2021); Nieto (2014) en sus investigaciones obtuvieron promedios similares de número de hojas con la utilización de humus, mientras que Canaviri (2015) tuvo un número máximo de 7 hojas con la mezcla de tierra del lugar, humus, arenilla. Así mismo Callejas (2012) al evaluar el número de hojas en Leucena utilizando tierra del lugar obtuvo un promedio de 7,96 hojas por planta.

Se debe destacar en la especie las hojas compuestas bipinnadas, lo cual hace que las plántulas se retrasen en el desarrollo de las hojas, por eso la necesidad de acelerar la germinación y el crecimiento con los tratamientos pre germinativos Fossatti and Olivera (2010)

f. Diámetro del tallo

Con respecto a dicha variable, al finalizar la investigación el mayor diámetro del tallo obtenido en las plántulas estuvo en el tratamiento ECAS3, lo que concuerda con Marino (2014) que en su investigación menciona que los sustratos tierra bosque + turba + arena dieron un mejor resultado en el diámetro de los tallos en plántulas de tara, determinando una variación en el crecimiento del diámetro del tallo, así como menciona Callejas (2012) al evaluar el efecto de los sustratos en el diámetro de los platines de Leucaena, obtuvo diferencias significativas entre los sustratos, pero el sustrato que presentó un mayor diámetro fue tierra de bosque y arena con resultados favorables en cuanto al diámetro, mientras que Becerra Vásquez and Zeña Fiestas (2018) menciona en su investigación que con distintos porcentajes de humus obtuvo resultados favorables y con diferencias altamente significativas a otros sustratos.

8. Conclusiones

- Para apresurar el proceso de germinación en semillas de *Caesalpinia spinosa* el tratamiento pre germinativo y volumen de giberelinas más óptimo fueron los procesos es por escarificación mecánica lijado y cauterizado con 1000 ppm de giberelinas obteniendo resultados de 78,33 % y 76, 67 % de semillas germinadas a diferencia de los tratamientos de escarificación con química y físico térmica quienes tuvieron porcentajes bajos en comparación a los antes mencionados.
- La curva de germinación de *Caesalpinia spinosa*, bajo el tratamiento de escarificación mecánica inicia entre los 2-4 días mientras que, para los tratamientos de escarificación químico, físico y testigo inician a los 11 días el
- Con la aplicación de las normas ISTA para comprobar la calidad y viabilidad de las semillas obtuvimos buenos resultados iniciando con el porcentaje de pureza de un 91,7 %, luego al determinar el peso de 1000 semillas que se obtuvo un peso aceptable de 283g, además de un contenido de humedad del 7,53 % y un porcentaje de viabilidad con la prueba de tetrazolio de un 88%.
- Utilizando como tratamiento pre germinativo de lijado y la combinación de sustrato tierra de bosque + arena + humus se obtiene un mejor rendimiento en la planta en cuanto al crecimiento de *Caesalpinia spinosa* obteniendo un promedio de altura de 10,56 cm, y un crecimiento foliar de 7, 7 hojas a los 73 días.

9. Recomendaciones

- Podemos recomendar la implementación para romper la dormancia de la semilla de tara los tratamientos pre germinativos mecánicos de lijado y cauterizado.
- Seguir con los estudios en el ámbito agronómico de esta especie ya que su valor económico, ecológico y social en el mercado esta incrementado cada año y puede ser de gran ayuda en la economía de los pequeños productores del Ecuador.
- Tener precaución en el momento de siembra, de debe desinfectar el suelo y las semillas porque esta especie que pertenece a la familia fabácea es muy subsestible al ataque de los hongos que ocasionan una alta mortalidad en el momento de la siembra.
- Para la rápida propagación de esta especie se recomienda utilizar sustratos que no conserven mucha humedad porque incita el ataque rápido de hongos sus raíces.
- Utilizar la tara (*Caesalpinia spinosa*) en planes de reforestación, en sistemas agroforestales y agroecológicos a nivel local y regional por ser una especie con una alta viabilidad y de rápido crecimiento.
- Enfocar la tara (*Caesalpinia spinosa*) como una especie que podría ser utilizada como materia prima como la extracción de la goma de las semillas, para elaborar balanceados y de sus vainas de adquiere taninos para curtir cuero entre otros.

10. Bibliografía

- Aponte, R., & Sanmartín, J. J. T. L. U. N. d. L. (2011). Fenología y ensayos de germinación de diez especies forestales nativas, con potencial productivo maderable y no maderable del bosque protector el bosque de la parroquia San Pedro de Vilcabamba, Loja.
- Aguilar Laura, N. d. R. (2020). Comparativo de dos métodos de escarificación mecánico y químico en semillas de ponciana (*DELONIX REGIA*) en el fundo la banda Huasacache, Arequipa.
- Alanuca, M. W. Y. (2017). *Diagnóstico del potencial agroindustrial de la tara (Caesalpinia spinosa) en Cotopaxi*. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi; Facultad de Ciencias ...,
- Alanuca, Y., & Wilma, M. (2017). *Diagnóstico del potencial agroindustrial de la tara (Caesalpinia spinosa) en Cotopaxi*. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi; Facultad de Ciencias ...,
- Arauz Salazar, R. S. (2010). *Estudio de factibilidad para la creación de una empresa productora, procesadora y exportadora de goma de Guarango (TARA) hacia Alemania, España e Italia*. Quito; 2010,
- Arteaga Rodríguez, B. A. (2015). *Estudio de factibilidad para la implementación de una finca productora de guaranga (Caesalpinia spinosa) en el sector San Guillermo, Imbabura, Ecuador 2014*.
- Atencio, L., Colmenares, R., Ramírez-Villalobos, M., & Marcano, D. J. R. d. I. F. d. A. (2003). Tratamientos pregerminativos en acacia San Francisco (*Peltophorum pterocarpum*) Fabaceae. 20(1), 63-71.
- Becerra Vásquez, D. N., & Zeña Fiestas, H. P. (2018). Efecto de tres dosis de tres tipos de abono orgánico en el crecimiento y desarrollo de tara (*caesalpinia spinosa*) en campo definitivo en el caserío las Lomas, distrito de Pueblo Nuevo, provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque 2016-2017.
- Buamscha, G., Contardi, L., Dumroese, R., Enricci, J., Escobar, R., Gonda, H., . . . Mexal, J. (2012). Producción de plantas en viveros forestales.(en línea). Buenos Aires, AR, Consejo Federal de Inversiones (CFI). 193 p. Consultado 03 ene. 2015. In.
- Bustamante, G., Imata, J., Linares, L., Mostajo, D., Pacheco, R., & Vilca, A. J. C. d. F. V. U. N. d. S. A., Arequipa, Perú. (2012). Efectos de las fitohormonas (auxinas, giberelinas y citoquininas) en el crecimiento de hipocótilos de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze "Tara".
- Cabello Liu, I. (2010). Monografía: Tara *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze.
- Cabrera, R. J. R. c. s. h. (1999). Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. 5(1), 5-11.
- Callejas Mamani, F. E. (2012). *Efecto de tratamiento pregerminativo en la germinación de semilla de Leucaena (Leucaena leucocephala), en diferentes sustratos*.
- Canaviri, M. R. (2015). *Evaluación germinativa de la semilla de tara (Caesalpinia spinosa (Molina) Kuntze) bajo el efecto de dos tratamientos pre germinativos y tres diferentes niveles de sustratos en la comunidad de Inquisivi*.
- Chávez, J. C. N., Silva, R. C., Oliva, M., Huaman, E. H., & García, J. V. J. R. d. I. d. A. S. (2018). Aplicación de la escarificación física y mecánica en la emergencia y crecimiento de semillas de tara (*Caesalpinia spinosa*). 2(2), 45-53.
- Chávez Soto, F. T. (2012). Biología reproductiva de la Tara (*Caesalpinia spinosa* Molina Kuntze). en Paquecc 2418 msnm Huanta, Ayacucho.
- Díaz Chuquiruna, P. G. (2010). Forestación piloto con la tara en la microcuenca de San Juan (Alto Jequetepeque) Cajamarca.
- Florián Castillo, E. (2020). Morfología y biometría de la vaina y semilla de la "Tara" (*Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze) del valle de Cajamarca.

- Fossatti, J. O. T., & Olivera, T. J. P. I. c. C. S. e. v. f. C. (2010). Programa de redoblamiento forestal.
- Goitia, L. J. U. M. d. S. A., Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 159p. (2003). Manual de Dasonomía y silvicultura.
- González Lascano, D. K. (2021). Propagación de *Caesalpinia spinosa* (Molina) kuntze mediante cuatro tratamientos pre germinativos en tres tipos de sustratos, bajo condiciones de invernadero.
- Goycochea Ricci, R. A. (2010). Evaluación de taninos y goma del fruto de la tara *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze provenientes de las lomas de Atiquipa, Arequipa-Perú.
- Guamán Orozco, B. E. (2022). Evaluación de la germinación de semilla de guarango (*Caesalpinia spinosa*)(Mol.) O. kuntze aplicando dos métodos de escarificación en la comunidad Alacao, Guano, Chimborazo.
- Guevara Delgado, D. (2021). Influencia de tres dosis de humus de lombriz (*Eisenia foetida*) en el crecimiento y desarrollo de la tara (*Caesalpinia spinosa*) var. Molina Kuntze-en Cajamarca.
- Hartmann, H. T., & Kester, D. E. (1990). Propagación de plantas. Principios y prácticas.
- Horna Ortiz, C. G. (2022). Ecología de las poblaciones y biometría del fruto de la tara silvestre en la provincia de Celendín.
- Ipiales, V. (2010). *Ensayo de procedencias y comportamiento inicial de Caesalpinia spinosa (Guarango)*. Tesis de Grado de Ingeniera Forestal. Ibarra, Ecuador. Universidad Técnica ...,
- Lara Díaz, R. M. (2019). *Evaluación de Métodos de Producción de Plántulas de Guarango (caesalpinia spinosa), en el Vivero Experimental CEASA de la Universidad Técnica de Cotopaxi, 2019*. Ecuador, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC),
- Mamani, L. P. J. (2020). *Evaluación de la aplicación de dos tratamientos pregerminativos y tres componentes de sustratos en la germinación de semilla de tara (Caesalpinia spinosa) en el jardín botánico de Cota Cota*.
- Mamani Yujra, I. I. (2014). *Efecto de dos niveles de humus de lombriz, estiércol tratado y estiércol fresco en la producción de semilla de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) en el Centro Experimental de Quipaquipani, Viacha*.
- Mancero, L. (2009). *LA TARA (Caesalpinia spinosa) EN PERÚ, BOLIVIA Y ECUADOR: Análisis de la Cadena Productiva en la Región* (P. d. R. Galo Medina Ed. Vol. 2).
- Manotoa Chicaiza, S. P. (2012). *Escarificación mecánica y química como tratamientos pregerminativos en semillas de olivo (olea europea)*.
- Marca Quito, L. A., & Vaca Altamirano, E. E. (2022). *Análisis del potencial ecológico del Guarango (Caesalpinia spinosa) en la comunidad Chingazo Alto, cantón Guano, como una estrategia de protección y recuperación de suelos en zonas de Bosque Andino Seco*. Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo,
- Mercedes, L. D. 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*. Ecuador, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC),
- Merino Jiménez, P. M. (2015). *Evaluación de una técnica de propagación asexual con esquejes apicales del ciprés limón (Cupressus macrocarpa) Var. Gold crest*.
- Mérola, R., & Díaz, S. J. F. d. C. A. T. P. M., Uruguay. (2012). Métodos, técnicas y tratamientos para inhibir dormancia en semillas de plantas forrajeras.
- Monta Eres, G. N. (2019). *Evaluación de Cuatro Métodos de Germinación en dos Especies Nativas de Interés Ambiental en el Vivero del Campus Salache-UTC*. Ecuador, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC),
- Muñoz Peralta, I. L. (2018). *Evaluación del efecto de dos tratamientos pre germinativos en tres tipos de sustratos en la germinación de la tara (Caesalpinia spinosa) en el Centro Experimental de Cota Cota*.

- Nieto Delgado, W. (2014). Estudio comparativo del efecto de dosis creciente de Humus en el cultivo de Tara (*Caesalpinia spinosa* (Mol) O. Kuntz) durante los primeros 120 días después del trasplante en campo definitivo, en la parte baja del Valle Chancay-Lambayeque.
- Olson, G. (2012). *Soils and the environment: A guide to soil surveys and their applications*: Springer Science & Business Media.
- Ossio Jimenez, A. M. (2010). *Determinacion de diferentes combinaciones de sustratos y tratamientos pre-germinativos en molle (Schinus molle) en la zona de Cota Cota de la ciudad de La Paz*.
- Paco Marino, J. M. (2014). *Evaluación del efecto de tres tratamientos pregerminativos en tres tipos de sustrato en la germinación de la Tara (Caesalpinia spinosa) en Centro Experimental Cota Cota Facultad de Agronomía*.
- Piere, B. J. A. (2012). Comportamiento de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze a tratamientos pre germinativos en campo definitivo y diferentes niveles altitudinales, Quishuar, Tayacaja, Huancavelica.
- Polo Villanueva, F. D. (2016). Insectos y Acaros perjudiciales de una plantación de Tara (*Caesalpinia spinosa*) durante la primavera en Lurín.
- Raviv, M., Lieth, J. H., Bar-Tal, A., Silber, A. J. S. c. T., practice. Raviv, M., & Elsevier, J. L. (2008). Growing plants in soilless culture: operational conclusions. 545-567.
- Robayo Carrillo, A. G. (2021). *Evaluación de cinco tratamientos pregerminativos a tres niveles de luminosidad en la producción de guarango (Caesalpinia spinosa), en el Vivero del Centro Experimental, Académico Salache, 2021*. Ecuador, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC),
- Romero, J. (2021). El Guarango, Campeche, Vainillo, Espino, Tara en la provincia de Loja In A. Sanchez (Ed.).
- Sanhueza, C., & Zalba, S. J. B. d. I. S. A. d. B. (2014). Banco de semillas, germinación y longevidad de semillas de retama (*Spartium junceum*, Fabaceae): implicancias para su control. 49(1), 67-76.
- Saritama, J. M. R., & Munt, D. D. (2017). ALMACENAMIENTO Y MORFOLOGÍA DE SEMILLAS.
- Sosa, R. G., Indacochea, I. L., Mora, H. E. G., Serrudo, C. F., & Rodríguez, A. C. J. R. d. I. F. d. C. F. d. I. U. N. A. L. M. (2016). Determinación de la viabilidad de semilla de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze y su correlación con el contenido de goma y tanino. 31(2), 69-80.
- Torres Benavente, M. A. (2018). Tratamiento Mecánico, Físico y Químico de la Semilla en la Germinación y Emergencia de Plántulas de Tara (*Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze. Arequipa.
- Varela, S. A., & Arana, M. V. (2011). *Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos (1853-4775)*. Retrieved from
- Velásquez, J. D., Melgarejo, L. M., & Magnitskiy, S. J. E. d. c. d. I. g. (2012). Tratamientos pregerminativos en semillas de *Gulupa Passiflora edulis* Sims. 81-89.
- Velásquez, J. J. V., & Seminario, J. F. J. L. (2021). Origen y domesticación de Tara spinosa (Leguminosae, Caesalpinioideae). 131-159.
- Zambrano Marcos, A. J. (2018). Superación de la latencia en semilla de Kudzu (*Pueraria phaseoloides*).

11. Anexos

Anexo 1. Análisis de la varianza Porcentaje de germinación.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Germinación	80	0.75	0.67	67.86

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	75307.59	19	3963.56	9.56	<0.0001
Factor E	72418.61	4	18104.65	43.69	<0.0001
Factor G	1240.15	3	413.38	1.00	0.4003
Factor E*Factor G	1648.82	12	137.40	0.33	0.9803
Error	24865.57	60	414.43		
Total	100173.16	79			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=20.24253

Error: 414.4261 gl: 60

Factor E	Medias	n	E.E.	
Cauterizado	67.92	16	5.09	A
Lijado	65.42	16	5.09	A
Fisico	10.84	16	5.09	B
Quimico	2.92	16	5.09	B
Testigo	2.92	16	5.09	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=17.01148

Error: 414.4261 gl: 60

Factor G	Medias	n	E.E.	
1000ppm	35.67	20	4.55	A
0ppm	31.67	20	4.55	A
1500ppm	26.67	20	4.55	A
2000ppm	26.00	20	4.55	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=53.34875

Error: 414.4261 gl: 60

Factor E	Factor G	Medias	n	E.E.					
Lijado	1000ppm	78.33	4	10.18	A				
Cauterizado	1000ppm	76.67	4	10.18	A				
Lijado	0ppm	73.33	4	10.18	A				
Cauterizado	0ppm	68.34	4	10.18	A				
Cauterizado	1500ppm	65.00	4	10.18	A	B			
Cauterizado	2000ppm	61.67	4	10.18	A	B	C		
Lijado	2000ppm	58.33	4	10.18	A	B	C	D	
Lijado	1500ppm	51.67	4	10.18	A	B	C	D	E
Fisico	1500ppm	13.33	4	10.18		B	C	D	E
Fisico	0ppm	11.67	4	10.18		B	C	D	E
Testigo	1000ppm	11.67	4	10.18		B	C	D	E
Fisico	2000ppm	10.00	4	10.18			C	D	E
Fisico	1000ppm	8.33	4	10.18			C	D	E
Quimico	0ppm	5.00	4	10.18				D	E
Quimico	1500ppm	3.33	4	10.18					E
Quimico	1000ppm	3.33	4	10.18					E
Testigo	1500ppm	0.00	4	10.18					E
Testigo	2000ppm	0.00	4	10.18					E
Quimico	2000ppm	0.00	4	10.18					E
Testigo	0ppm	0.00	4	10.18					E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 2. Análisis de la varianza Velocidad de germinación.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
21DDS	80	0.75	0.67	67.86

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1694.50	19	89.18	9.56	<0.0001
Factor E	1629.50	4	407.38	43.69	<0.0001
Factor G	27.90	3	9.30	1.00	0.4004
Factor E*Factor G	37.10	12	3.09	0.33	0.9803
Error	559.50	60	9.33		
Total	2254.00	79			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.03645

Error: 9.3250 gl: 60

Factor E	Medias	n	E.E.	
Cauterizado	10.19	16	0.76	A
Lijado	9.81	16	0.76	A
Fisico	1.63	16	0.76	B
Quimico	0.44	16	0.76	B
Testigo	0.44	16	0.76	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.55178

Error: 9.3250 gl: 60

Factor G	Medias	n	E.E.	
1000ppm	5.35	20	0.68	A
0ppm	4.75	20	0.68	A
1500ppm	4.00	20	0.68	A
2000ppm	3.90	20	0.68	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=8.00249

Error: 9.3250 gl: 60

Factor E	Factor G	Medias	n	E.E.					
Lijado	1000ppm	11.75	4	1.53	A				
Cauterizado	1000ppm	11.50	4	1.53	A				
Lijado	0ppm	11.00	4	1.53	A				
Cauterizado	0ppm	10.25	4	1.53	A				
Cauterizado	1500ppm	9.75	4	1.53	A	B			
Cauterizado	2000ppm	9.25	4	1.53	A	B	C		
Lijado	2000ppm	8.75	4	1.53	A	B	C	D	
Lijado	1500ppm	7.75	4	1.53	A	B	C	D	E
Fisico	1500ppm	2.00	4	1.53		B	C	D	E
Fisico	0ppm	1.75	4	1.53		B	C	D	E
Testigo	1000ppm	1.75	4	1.53		B	C	D	E
Fisico	2000ppm	1.50	4	1.53			C	D	E
Fisico	1000ppm	1.25	4	1.53			C	D	E
Quimico	0ppm	0.75	4	1.53				D	E
Quimico	1500ppm	0.50	4	1.53					E
Quimico	1000ppm	0.50	4	1.53					E
Quimico	2000ppm	0.00	4	1.53					E
Testigo	2000ppm	0.00	4	1.53					E
Testigo	1500ppm	0.00	4	1.53					E

Testigo Oppm 0.00 4 1.53 E
 Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 3. Análisis de la varianza Altura de las plántulas

Variable N R² R² Aj CV
 73DDS 160 0.46 0.43 34.87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	681.92	7	97.42	18.26	<0.0001
Metodo	209.58	1	209.58	39.29	<0.0001
Sustrato	360.20	3	120.07	22.51	<0.0001
Metodo*Sustrato	112.13	3	37.38	7.01	0.0002
Error	810.70	152	5.33		
Total	1492.61	159			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.71656

Error: 5.3335 gl: 152

Metodo	Medias n	E.E.
Lijado	7.77 80	0.26 A
Cauterizado	5.48 80	0.26 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.32890

Error: 5.3335 gl: 152

Sustrato	Medias n	E.E.
Tierra de bosque +arena + ..	8.24 40	0.37 A
Turba+Tierra negra	7.05 40	0.37 A
Turba	7.04 40	0.37 A
Testigo	4.16 40	0.37 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.21820

Error: 5.3335 gl: 152

Metodo	Sustrato	Medias n	E.E.
Lijado	Tierra de bosque +arena + ..	10.56 20	0.52 A
Lijado	Turba	8.38 20	0.52 A B
Lijado	Turba+Tierra negra	7.99 20	0.52 B C
Cauterizado	Turba+Tierra negra	6.12 20	0.52 C D
Cauterizado	Tierra de bosque +arena + ..	5.92 20	0.52 C D
Cauterizado	Turba	5.70 20	0.52 D
Cauterizado	Testigo	4.18 20	0.52 D
Lijado	Testigo	4.15 20	0.52 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 4. Análisis de la varianza número de hojas

Variable N R² R² Aj CV
 73 DDS 160 0.25 0.22 22.67

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	98.94	7	14.13	7.25	<0.0001
Metodo	47.31	1	47.31	24.28	<0.0001
Sustrato	36.07	3	12.02	6.17	0.0006
Metodo*Sustrato	15.57	3	5.19	2.66	0.0500

Error	296.15	152	1.95
Total	395.09	159	

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.43309

Error: 1.9484 gl: 152

Metodo	Medias	n	E.E.	
Lijado	6.70	80	0.16	A
Cauterizado	5.61	80	0.16	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.80319

Error: 1.9484 gl: 152

Sustrato	Medias	n	E.E.	
Tierra de bosque +arena + ..	6.68	40	0.22	A
Turba	6.55	40	0.22	A
Turba+Tierra agricola	5.88	40	0.22	A B
Testigo	5.53	40	0.22	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.34069

Error: 1.9484 gl: 152

Metodo	Sustrato	Medias	n	E.E.	
Lijado	Tierra de bosque +arena + ..	7.70	20	0.31	A
Lijado	Turba	6.95	20	0.31	A B
Cauterizado	Turba	6.15	20	0.31	B C
Lijado	Testigo	6.10	20	0.31	B C
Lijado	Turba+Tierra agricola	6.05	20	0.31	B C
Cauterizado	Turba+Tierra agricola	5.70	20	0.31	B C
Cauterizado	Tierra de bosque +arena + ..	5.65	20	0.31	B C
Cauterizado	Testigo	4.95	20	0.31	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 5. Análisis de la varianza Diámetro del tallo

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
73DDS	160	0.57	0.55	8.68

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.41	7	0.20	28.35	<0.0001
Metodo	1.4E-03	1	1.4E-03	0.20	0.6531
Sustrato	0.92	3	0.31	43.13	<0.0001
Metodo*Sustrato	0.49	3	0.16	22.95	<0.0001
Error	1.08	152	0.01		
Total	2.49	159			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.02614

Error: 0.0071 gl: 152

Metodo	Medias	n	E.E.	
Cauterizado	0.97	80	0.01	A
Lijado	0.97	80	0.01	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.04848

Error: 0.0071 gl: 152

Sustrato	Medias	n	E.E.	
Tierra de bosque +arena + ..	1.09	40	0.01	A
Turba	0.97	40	0.01	B
Turba+Tierra agricola	0.95	40	0.01	B
Testigo	0.87	40	0.01	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.08092

Error: 0.0071 gl: 152

Metodo	Sustrato	Medias	n	E.E.	
Lijado	Tierra de bosque +arena + ..	1.09	20	0.02	A
Cauterizado	Tierra de bosque +arena + ..	1.08	20	0.02	A
Lijado	Turba	1.02	20	0.02	A B
Lijado	Turba+Tierra agricola	0.99	20	0.02	B C
Cauterizado	Testigo	0.97	20	0.02	B C
Cauterizado	Turba	0.93	20	0.02	C
Cauterizado	Turba+Tierra agricola	0.91	20	0.02	C
Lijado	Testigo	0.78	20	0.02	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 6. Tratamientos pre germinativos: Escarificación.

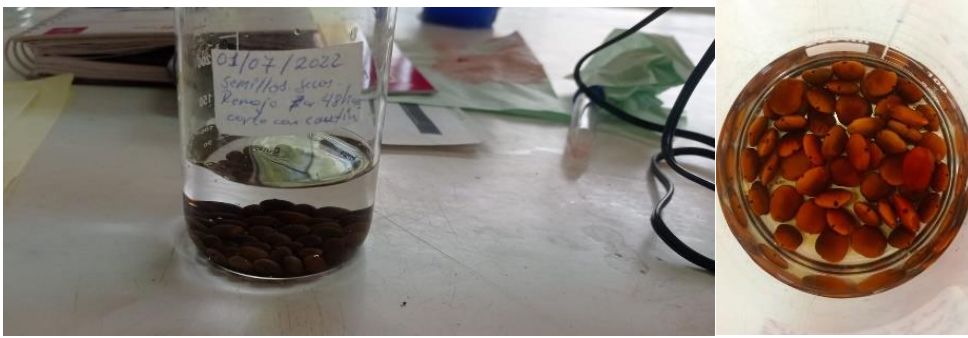
Escarificación mecánica: Lija



Escarificación mecánica: Cautín



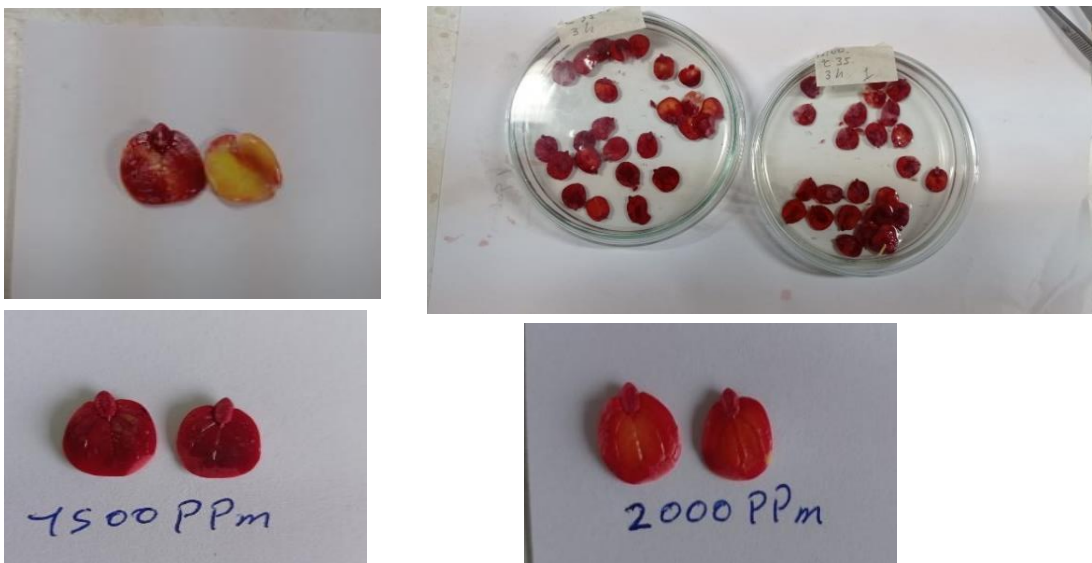
Anexo 7. Inmersión de agua en semillas escarificadas por cautín



Anexo 8. Prueba de tetrazolio



Tinción de semillas bajo concentración hormonal de 1500 ppm y 2000 ppm de giberelinas



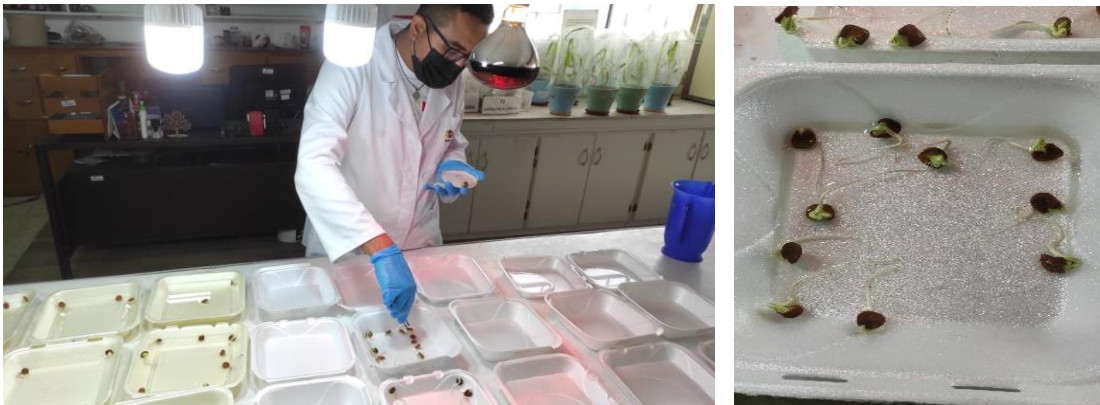
Anexo 9. Desinfección de semillas de Tara con Captain



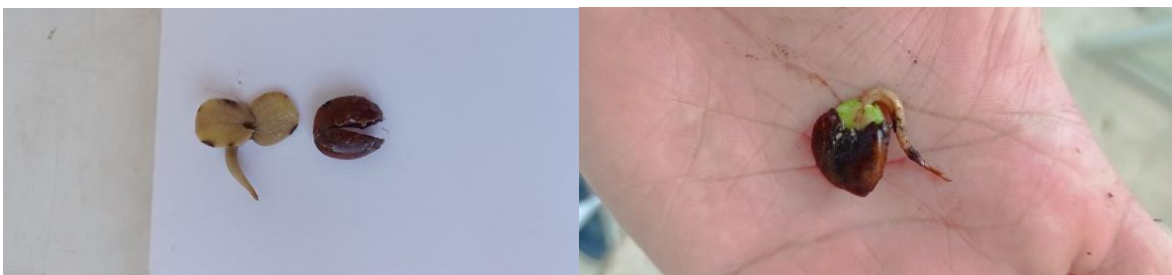
Anexo 10. Contaminación de semillas por hongo *Rhizoctonia solani*



Anexo 11. Semillas *Caesalpinia spinosa* colocadas en bandejas bajo inmersión de agua



Anexo 12. Presencia de radícula y primeras hojas cotiledonales en semillas de *Cesalpinia spinosa*



Anexo 13. Aplicación de normas ISTA a semillas de *Caesalpinia spinosa*

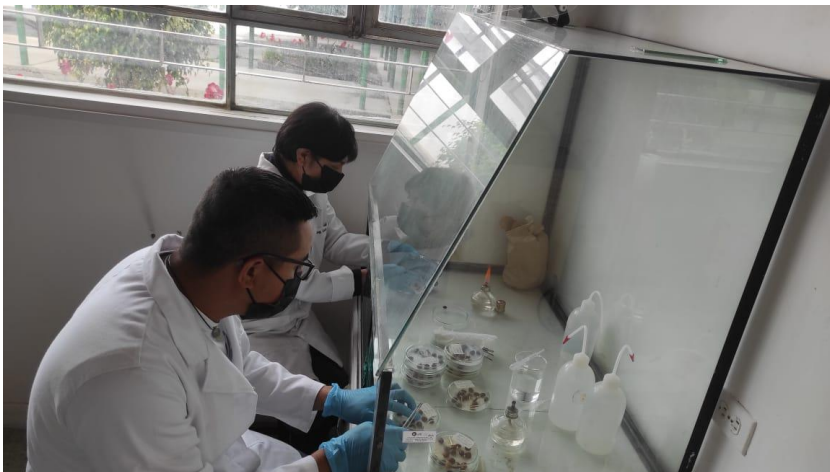
Selección, limpieza y pesaje de semillas



Desecado de semillas



Anexo 14. Cauterización de semillas



Anexo 15. Preparación de sustratos y llenado de fundas



Anexo16. Trasplante a funda de semillas germinadas mediante escarificación mecánica (LIJADO-CAUTERIZADO) y etiquetado.



Anexo 17. Tratamientos silviculturales, evaluación y seguimiento del ensayo



Anexo 18. Plántula de *Caesalpinia spinosa* infectada con *Rhizoctonia solani*



CERTIFICADO DEL RESUMEN

Yo **Siria Elicia Torres Rivera**, portadora de la cedula de identidad N° 1102609433 Licenciada en ciencias de la educación especialidad idioma inglés. Certifico la traducción al idioma inglés el resumen de la tesis denominada: **“Evaluación de tratamientos pre germinativos usando diferentes sustratos sobre la germinación de tara (*Caesalpineia spinosa* (Mol.) Kuntz) bajo condiciones de campo y laboratorio”**, perteneciente al señor **Alex Javier Sanchez Romero**, esta corresponde al texto original en español.

A la parte interesada muy atentamente.



Siria Elicia Torres Rivera

Licenciada en Ciencias de la Educación Especialidad Idioma Inglés

Registro Nro 1008-07-798209CONESUP.