UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TESIS DE GRADO

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE CUATRO TRATAMIENTOS PRE-GERMINATIVOS EN SEMILLAS DE MOLLE (*Schinus molle* L.) EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE KALLUTACA

Por:

Joaquin Quispe Ventura

EL ALTO – BOLIVIA

Mayo, 2024

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE CUATRO TRATAMIENTOS PRE-GERMINATIVOS EN SEMILLAS DE MOLLE (*Schinus molle* L.) EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE KALLUTACA

Tesis de Grado presentado
como requisito para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo

Joaquin Quispe Ventura

Asesores:

M. Sc. Lic. Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez .....

Tribunal Revisor:

M. Sc. Lic. Ing. Luis Fernando Machicao Terrazas .....

Lic. Ing. Vicky Ruth Villca Calle .....

Lic. Ing. Laoreano Coronel Quispe .....

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador .....

DEDICATORIA:

A Dios por guiarme en cada momento durante toda la carrera universitaria y sobre todo a mis queridísimos abuelos Remigio Limachi y Teodora Mamani con el mayor agradecimiento por su apoyo, esfuerzo, sacrificio, comprensión y consejos incondicionales para ser una mejor persona y lograr mi meta de ser profesional.

A mi querido hermano Diego Quispe por el apoyo incondicional que me brindo durante el transcurso de mi carrera universitaria.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a la casa de estudios de la Universidad Pública de El Alto por haberme abierto las puertas en especial a la Carrera de Ingeniería Agronómica por ser un medio fundamental y primordial para mi formación académica y profesional.

A mi asesor: M. Sc. Lic. Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez, por todo el apoyo en la revisión, correcciones, recomendación y haberme brindado las herramientas necesarias para la elaboración del presente trabajo de investigación.

Al M. Sc. Lic. Ing. Luis Fernando Machicao Terrazas, por su apoyo incondicional en la corrección, observación, recomendación y orientación durante la redacción del presente trabajo de investigación.

A la Lic. Ing. Vicky Ruth Villca Calle, por su apoyo desinteresado con sus sugerencias y observaciones acertadas para realizar la redacción del presente trabajo; y así poder culminar de manera satisfactoria.

Al Lic. Ing. Laoreano Coronel Quispe por su apoyo incondicional en la observación y corrección para mejorar en la redacción del trabajo de investigación aportando con su amplio conocimiento y por facilitarme todas las condiciones necesarias para realizar el presente trabajo.

Un agradecimiento a todos los docentes de la Carrera de Ingeniería Agronómica por su enseñanza, conocimiento y compartir sus experiencias, lo que hicieron posible mi formación profesional.

A mis queridos amigos (as) y compañeros (as) de la Carrera de Ingeniería Agronómica.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS i
ÍNDICE DE CUADROS vii
ÍNDICE DE FIGURAS viii
ÍNDICE DE ANEXOS ix
RESUMEN x
ABSTRACT xi

ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN 1
1.1. Antecedentes 2
1.2. Planteamiento del problema 2
1.3. Justificación 3
1.4. Objetivos 4
1.4.1. Objetivo general 4
1.4.2. Objetivos específicos 4
1.5. Hipótesis 4
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 5
2.1. Origen y distribución geográfica 5
2.2. Importancia del molle 5
2.2.1. Importancia ambiental 5
2.2.2. Importancia social 6
2.2.3. Importancia económica 6
2.3. Clasificación taxonómica 7
2.4. Aspectos botánicos 7
2.4.1. Árbol 7

2.4.2. Corteza 8
2.4.3. Hojas 8
2.4.4. Inflorescencia 9
2.4.5. Flores 9
2.4.6. Frutos 10
2.4.7. Semillas 10
2.4.8. Raíces 11
2.5. Ecología del molle 11
2.6. Fenología del molle 12
2.7. Aspectos silviculturales del molle 13
2.7.1. Semillas 13
2.7.2. Dispersión y recolección de semillas de molle 13
2.7.3. Propagación de semillas 14
2.7.4. Porcentaje de germinación 14
2.7.5. Número de semillas por kilogramo 14
2.8. Métodos de propagación del molle 14
2.8.1. Propagación sexual 14
2.8.2. Propagación asexual 15
2.9. Germinación 15
2.10. Tipo de germinación 16
2.11. Factores que afecta la germinación 16
2.11.1. Factores internos 16
2.11.2. Factores externos 18
2.12. Tratamientos pre-germinativos 19
2.12.1. Tratamiento pre-germinativo de escarificación mecánica 19
2.12.2. Tratamiento pre-germinativo de remojo de semillas en ácido giberélico 20

2.12.3. Tratamiento pre-germinativo de remojo de semillas en agua fría 20
2.12.4. Tratamiento pre-germinativo de remojo de semillas en agua caliente 21
2.13. Sustrato 21
2.13.1. Función del sustrato 22
2.13.2. Características del sustrato 22
2.13.3. Suelo del lugar 23
2.13.4. Turba 23
2.13.5. Arena 24
2.13.6. Estiércol de ovino 24
2.14. Usos 24
2.14.1. Alimento 25
2.14.2. Medicina 25
2.14.3. Artesanía 25
2.14.4. Repelente de plagas 25
2.14.5. Aceites esenciales 26
2.14.6. Agroforestería 26
2.14.7. Maderable 26
2.14.8. Forraje 26
2.14.9. Herramientas y combustibles 26
2.15. Almácigo 27
2.15.1. Desinfección del sustrato 27
2.12. Manejo de las plántulas en las camas germinadoras 28
2.15.2. Siembra 28
2.15.3. Riegos 28
2.15.4. Sombra 28
2.15.5. Desmalezado 28

2.15.6. Control de plagas y enfermedades 29
2.15.7. Trasplante o repique de plántulas 29
2.16. Plagas y enfermedades del molle 29
2.16.1. Insectos plaga en el almácigo 30
2.16.2. Hongos patógenos 30
2.16.2.1. Damping off 31
2.16.2.2. Pythium spp. 31
2.16.2.3. Phytophthora cinnamomi 32
2.16.2.4. Fusarium spp. 32
3. MATERIALES Y MÉTODO 33
3.1. Localización 33
3.1.1. Ubicación Geográfica 33
3.2. Características Edafoclimáticas 34
3.2.1. Clima 34
3.2.2. Suelo 34
3.2.3. Flora 34
3.3. Materiales 34
3.3.1. Material biológico 34
3.3.2. Insumos 35
3.3.3. Material de campo 35
3.3.4. Material de laboratorio 35
3.3.5. Material de escritorio 36
3.4. Método 36
3.4.1. Desarrollo del ensayo 36
3.4.1.1. Construcción del almácigo 36
3.4.1.2. Preparación del sustrato 36

3.4.1.3. Desinfección del sustrato 37
3.4.1.4. Prueba de flotación de semillas 37
3.4.1.5. Métodos de tratamientos germinativos en las semillas de molle 37
3.4.1.6. Siembra de semilla 38
3.4.1.7. Protección del almácigo 38
3.4.1.8. Labores culturales 38
3.4.1.9. Comportamiento climático en el vivero forestal 39
3.4.2. Diseño experimental 41
3.4.3. Tratamientos en estudio 42
3.4.4. Croquis experimental 42
3.4.5. Dimensiones del experimento 42
3.4.6. Variables de respuesta 43
3.4.6.1. Porcentaje de germinación en laboratorio 43
3.4.6.2. Porcentaje de emergencia de plántulas 43
3.4.6.3. Altura de planta 43
3.4.6.4. Número de hojas 44
3.4.6.5. Longitud de la raíz 44
3.4.6.6. Relación altura / longitud de la raíz 44
3.4.6.7. Análisis económico 44
3.4.7. Análisis estadístico 45
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 46
4.1. Porcentaje de germinación 46
4.2. Porcentaje de emergencia 47
4.2.1. Días a la emergencia (30 días) 47
4.2.2. Días a la emergencia (94 días) 48
4.3. Altura de planta 49

4.4. Número de hojas 52
4.5. Longitud de la raíz 54
4.6. Relación altura / longitud de la raíz 55
4.7. Costos de producción 57
4.7.1. Beneficio bruto 57
4.7.2. Beneficio neto 57
4.7.3. Relación Beneficio / Costo 58
4.7.4. Análisis de dominancia de los tratamientos pre-germinativos. 59
4.7.5. Análisis de tasa de retorno marginal de costos 60
5. CONCLUSIONES 61
6. RECOMENDACIONES 63
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 64
8. ANEXOS 76

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Análisis del porcentaje de germinación de semillas de molle 46

Cuadro 2. Análisis de varianza para el porcentaje de emergencia (30 días) 47

Cuadro 3. Análisis de varianza para el porcentaje de emergencia (94 días) 48

Cuadro 4. Análisis de varianza para la altura de planta (cm) 50

Cuadro 5. Análisis de varianza para el número de hojas 52

Cuadro 6. Análisis de varianza para la longitud de la raíz (cm) 54

Cuadro 7. Análisis de varianza para la relación altura / longitud de la raíz 55

Cuadro 8. Comparación de ingreso bruto de los diferentes tratamientos 57

Cuadro 9. Comparación de ingresos netos de los diferentes tratamientos 58

Cuadro 10. Relación B/C de los tratamientos 58

Cuadro 11. Análisis de dominancia 59

Cuadro 12. Análisis de tasa de retorno marginal de costos 60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de *Schinus molle* L. (Osorio, 2015) 7

Figura 2. Hoja de *Schinus molle* L. (Osorio, 2015) 8

Figura 3. Flor de *Schinus molle* L. (Osorio, 2015) 9

Figura 4. Fruto de *Schinus molle* L. (Osorio, 2015) 10

Figura 5. Semilla de *Schinus molle* L. (Osorio, 2015) 11

Figura 6. Mapa de ubicación de la Estación Experimental de Kallutaca en el Municipio de Laja (Mamani, 2014). 33

Figura 7. Termohigrómetro 40

Figura 8. Temperatura y humedad relativa registrada durante el periodo de la investigación. 41

Figura 9. Croquis del experimento 42

Figura 10. Comparación de medias para los días de emergencia (30 días) 47

Figura 11. Comparación de medias para los días de emergencia (94 días) 49

Figura 12. Comparación de medias de la altura de planta (cm) 50

Figura 13. Comparación de medias para el número de hojas 52

Figura 14. Comparación de medias para la longitud de la raíz (cm) 54

Figura 15. Comparación de medias para la relación altura / longitud de la raíz 56

Figura 16. Curva de beneficios netos 60

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Compra de semillas de molle (*Schinus molle* L.). 76

Anexo 2. Construcción de las cajas de almácigo para la investigación. 76

Anexo 3. Cubrimiento de las cajas de almácigo con nylon negro y perorado. 76

Anexo 4. Preparación del sustrato para la investigación. 77

Anexo 5. Desinfección del sustrato con el formol. 77

Anexo 6. Prueba de flotación y división de las semillas de molle. 77

Anexo 7. Tratamiento 1 (Remoción mecánica total de las semillas manualmente, testigo). 78

Anexo 8. Tratamiento 2 (Remojo de semillas en agua a temperatura ambiente durante 72 horas). 78

Anexo 9. Tratamiento 3 (Remojo de semillas en agua caliente a 85 °C por 3 minutos). ... 78

Anexo 10. Tratamiento 4 (Remojo de semillas en ácido giberélico 100 ppm durante 24 horas). 78

Anexo 11. Siembra de semillas de molle en hileras. 79

Anexo 12. Protección del sustrato con paja. 79

Anexo 13. Colocado de letreros y protección con malla semisombra de las almacigueras. 79

Anexo 14. Emergencia de las plántulas de molle a los 30 días. 80

Anexo 15. Emergencia de plántulas de molle a los 94 días. 80

Anexo 16. Colocado de las etiquetas para la identificación de las muestras. 81

Anexo 17. Riego y deshierbe de las unidades experimentales. 81

Anexo 18. Prueba del porcentaje de germinación en laboratorio. 81

Anexo 19. Medición de la altura de planta (cm). 82

Anexo 20. Conteo del número de hojas por planta. 82

Anexo 21. Medición de la longitud de la raíz (cm). 82

RESUMEN

El presente estudio se realizó en la Estación Experimental de Kallutaca de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de cuatro tratamientos pre-germinativos en la germinación de semillas de molle (*Schinus molle* L.). Se utilizó un diseño completamente al azar, donde se asignaron 4 tratamientos con 5 repeticiones, obteniendo un total de 20 unidades experimentales, donde se realizó la aplicación de cuatro tratamientos pre-germinativos: T1 (Remoción mecánica total de semillas manualmente, testigo), T2 (Remojo de semillas en agua a temperatura ambiente durante 72 horas), T3 (Remojo de semillas en agua caliente a 85 °C por 3 minutos) y T4 (Remojo de semillas en ácido giberélico 100 ppm por 24 horas). Las variables evaluadas fueron: porcentaje de germinación, porcentaje de emergencia, altura de planta, número de hojas, longitud de la raíz, relación altura / longitud de la raíz, beneficio bruto, beneficio neto, tasa de retorno marginal, relación beneficio-costo. Los datos obtenidos en la investigación se procesaron mediante el programa estadístico InfoStat.

Los datos obtenidos para el porcentaje de germinación el mejor resultado fue por el tratamiento de remojo de semillas en agua a temperatura ambiente durante 72 horas alcanzando un mayor valor de 85%. Con relación al porcentaje de emergencia a los 30 días y 94 días se obtuvo los mayores porcentajes con el tratamiento de remojo de semilla en agua a temperatura ambiente durante 72 horas, con un promedio de 77,87% y 81,84% superiores a los tratamientos T1 y T3.

Para los tratamientos pre-germinativos en altura de planta el T2 obtuvo el mejor resultado con un promedio de 10,43 cm. Con respecto al número de hojas no hubo diferencias significativas en los tratamientos aplicados sobre las semillas de molle (*Schinus molle* L.). Para la longitud de la raíz, el tratamiento T4 obtuvo un mejor resultado con una mayor longitud de 12,49 cm mostrado una superioridad a diferencia de los otros tratamientos aplicados con un buen desarrollo de la raíz y por último el T3 (Remojo de semillas en agua caliente a 85 °C por 3 minutos) con una longitud de 8,97 cm.

ABSTRACT

The research study was carried out at the Kallutaca Experimental Station of the Agronomic Engineering career of the Public University of El Alto, located in the municipality of Laja, in the department of La Paz-Bolivia. The objective of this work was to evaluate the effect of four pre-germination treatments on the germination of molle (*Schinus molle L*.) seeds.

To evaluate the experiment, a completely randomized design was used, where 4 treatments with 5 repetitions were assigned, obtaining a total of 20 experimental units, where the application of four pre-germination treatments was carried out: T1 (Total mechanical removal of seeds manually, control), T2 (Soaking seeds in water at room temperature for 72 hours), T3 (Soaking seeds in hot water at 85 °C for 3 minutes), and T4 (Soaking seeds in 100 ppm gibberellic acid for 24 hours). The variables evaluated were: germination percentage, emergence percentage, plant height, number of leaves, root length, root height/length ratio, gross benefit, net benefit, marginal rate of return, benefit-cost relationship.

The data obtained in the research were processed using the InfoStat statistical program. The data obtained for the germination percentage, the best result was from the treatment of soaking seeds in water at room temperature for 72 hours, reaching a higher value of 85%. In relation to the percentage of emergence at 30 days and 94 days, the highest percentages were obtained with treatment of soaking seeds in water at room temperature for 72 hours, with an average of 77.87% and 81.84% higher. to treatments T1 and T3.

For the pre-germinative treatments in plant height, T2 obtained the best result with an average of 10.43 cm. Regarding the number of leaves, there were no significant differences in the treatments applied to molle seeds (*Schinus molle* L.). For root length, treatment T4 obtained a better result with a greater length of 12.49 cm, showing superiority compared to the other treatments applied with good root development and finally T3 (Soaking of seeds in hot water at 85 °C for 3 minutes) with a length of 8.97 cm.

1. INTRODUCCIÓN

El molle (*Schinus molle* L.*)* es una especie de gran importancia ecológica para ser introducida en la área urbana y rural de la región del altiplano y valles por sus características de adaptarse a climas fríos, no es exigente en suelos, no requiere mucha humedad, proporciona una fuente de materia orgánica, controla la erosión del suelo, ya que son una fuente de innumerables beneficios para la sociedad.

Es una especie que ofrece una amplia posibilidad para la reforestación y forestación de la región del altiplano y valles, siendo a ser prioritario para las áreas rurales que presenta suelos muy degradados y para mejorar la calidad de aire en las áreas urbanas. Y a falta de información se desconoce el mejor tratamiento pre-germinativo en semillas de molle, para la producción de plantas de calidad.

La importancia del uso de tratamientos pre-germinativos para algunas especies es de gran importancia forestal en la región andina para vencer el letargo según la especie y el tipo de latencia, pudiendo ser aplicadas en semillas de molle que nos permitirá acelerar y homogenizar la germinación. En este sentido, el presente estudio contribuye al uso de los tratamientos pre-germinativos para mejorar la producción de plantines de molle a partir de un lote de semillas. Las semillas son de gran importancia en la preservación de esta especie, estas en condiciones naturales pueden ser limitadas por factores ambientales que no son apropiadas y afectan en la germinación.

El manejo de semillas forestales como la especie del molle presenta dificultades en la baja germinación y el tiempo de germinación prolongada, ocasionados por los mecanismos de latencia que presenta la semilla, lo cual ocasiona que no germinen, siendo un problema para la producción masiva de plántulas en vivero.

El objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar el efecto de los diferentes tratamientos pre-germinativos en semillas de molle para mejora la germinación y que acorte el tiempo de emergencia de las plántulas bajo condiciones controladas en vivero para la propagación de esta especie. Por lo tanto la aplicación de los cuatro tratamientos pre-germinativos tiene la finalidad de identificar cual logró mayor porcentaje de germinación de forma sincrónica.

1.1. Antecedentes

Huaynoca (2020), en su investigación sobre la evaluación de los efectos de tres tratamientos pre-germinativos y tres combinaciones de sustrato en molle (*Schinus areira* L.) en el macro - distrito de Cotahuma - La Paz, determinó que la aplicación del tratamiento de remojo en agua hirviendo durante 1 minuto obtuvo una mayor porcentaje de germinación con mejor desarrollo de hojas, mayor altura de planta y diámetro de tallo, a diferencia de los otros tratamientos pre-germinativos, por lo que concluye que es el método pre-germinativo más apropiado para la germinación de semillas de molle.

Parra (2017), señala en su estudio del efecto de tres niveles de sustrato y tratamientos germinativos en semillas de molle (*Schinus molle* L.) en Cota Cota – La Paz, confirmó que el tratamiento de remojo en agua fría durante 7 días (168 horas) fue la más recomendable en combinación con el sustrato (1 parte de tierra del lugar: 2 partes de arena: 1 parte de turba) en comparación con los otros niveles de tratamiento pre-germinativo impulsando un desarrollo acelerado llegando a germinar en 20 días uniformemente, además facilitó el crecimiento y buena formación de la raíz, por lo que concluye que es el más apto para la producción en fase de vivero, de semillas de molle.

Según Mendoza (2015), indica en su investigación realizada sobre la aplicación de dos tratamientos pre-germinativos y componentes de sustrato en la germinación de semillas de molle (*Schinus molle* L.) en viveros de Cota Cota, determinó que el tratamiento de remojo en agua caliente con un tiempo de 30 segundos obtuvo mejores resultados para un buen desarrollo de la longitud de la raíz y altura de planta, en cuanto al sustrato más óptimo fue la combinación de (1 parte de turba: ½ parte de tierra del lugar: 2 partes de arena) para obtener una mayor número de altura, diámetro y longitud de plántula, pero no tuvieron efectos significativos en el porcentaje de emergencia sino hasta después de los 30 días desde la siembra, debido a los factores externos como la época de siembra, tiempo de recolección de la semilla e intensidad de luz en la almaciguera.

1.2. Planteamiento del problema

La producción de plantines de calidad es muy poca y se debe principalmente al desconocimiento de la aplicación de tratamientos pre-germinativos, haciendo difícil la propagación sexual de esta especie por el tipo de latencia y viabilidad de las semillas que hace que presenten problemas en la germinación, lo cual origina una demora y

desuniformidad, en otros casos no lleguen a germinar, también debido al manejo de semillas y a falta de interés en los viveros de la producción de plantines de molle, ya que esto es muy importante en la emergencia, desarrollo, crecimiento y supervivencia de los plantines.

El uso de los tratamientos pre-germinativos es muy importante para algunas especies forestales de la región andina ya que son afectadas por diversos factores ambientales y las condiciones desfavorables para la reproducción a partir de las semillas están condicionan en la germinación, lo cual hace necesario la utilización de los tratamientos para mejorar la producción de plantines tanto en calidad y cantidad en viveros.

Los diversos factores como el cambio climático, erosión y degradación del suelo, sobre pastoreo, desequilibrio de cuencas hidrográficas, contaminación del aire, ampliación de fronteras agrícolas, crecimiento acelerado de zonas urbanas, deforestación en el altiplano y valles interandinos afectan de manera significativa y son uno de los grandes problemas de la humanidad, provocando la pérdida de la cobertura vegetal y la biodiversidad, por lo que hace necesario desarrollar este tipo de estudio para la producción y conservación de plantines forestales nativos.

1.3. Justificación

El propósito de este trabajo de investigación busca proporcionar información para la producción de plantines de molle con la aplicación de tratamientos pre-germinativos para obtener un mayor número de plántulas, acelerar y homogenizar la germinación, ya que de esta manera se reduce la latencia de la semilla y no sea una limitante para producir plantines de buena calidad. Ya que hace que esta especie sea de gran importancia para mejorar y recuperar el equilibrio ambiental, para la conservación y mejoramiento de la fertilidad del suelo, en fin para los innumerables beneficios ambientales y sociales.

Ante la necesidad de la restauración ecológica y conservación de especies nativas como el molle se requiere tener un acceso a la producción del material vegetal apropiado en cantidad y calidad, ya que para esto los viveros son un elemento principal para contribuir con los programas de forestación y reforestación en zonas urbanas y rurales, estos cuentan con una infraestructura necesaria para la producción masiva de plantines de calidad; en ellas se puede diseñar metodologías y técnicas orientadas en la reproducción sexual o

asexual de especies nativas para disminuir la mortalidad en campo y que puedan adaptarse en el sitio donde se establezca asegurando su desarrollo.

Por sus propiedades repelentes, insecticidas y fungicidas del molle que se emplean para el control de plagas y enfermedades, para lo cual hace necesario la producción de esta especie.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de cuatro tratamientos pre-germinativos en la germinación de semillas de molle (*Schinus molle* L.) en la Estación Experimental de Kallutaca.

1.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la aplicación de los tratamientos pre-germinativos sobre la influencia en la germinación y emergencia de las semillas de molle.
- Determinar el método del tratamiento pre-germinativo más adecuado para la germinación del molle (*Schinus molle* L.).
- Evaluar el efecto de los tratamientos sobre las variables agronómicas del molle en etapa de vivero.
- Determinar la relación beneficio costo de la producción de molle con diferentes tratamientos pre-germinativos.

1.5. Hipótesis

Ho: No existen diferencias significativas del efecto de los cuatro tratamientos pre-germinativos sobre la germinación de las semillas de molle (*Schinus molle* L.) en el vivero forestal de la Estación Experimental de Kallutaca.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Origen y distribución geográfica

Según Schulte *et al*. (1992) descrita por Rodríguez *et al.* (2020), el molle se encuentra en zonas semiáridas y en los valles interandinos, donde es capaz de crecer en áreas bastantes secas, con varios meses sin lluvias. Está ausente en la parte más cálida y húmeda de su área de distribución y rehúye a las cercanías del mar. Su distribución vertical, según la latitud geográfica, oscila entre los 2000 hasta los 3900 m.s.n.m.

De acuerdo a Bulnes *et al*. (2017), mencionan que se distribuye naturalmente desde México hasta América del Sur, pasando por Colombia, Ecuador, Perú y en la zona interandina de Bolivia, hasta Chile, Argentina, Paraguay y Uruguay. Para Bolaños (2014), el molle es oriundo en los valles interandinos, se encuentra distribuido entre en las regiones de Tarija, Chuquisaca, Potosí, Cochabamba y La Paz en forma silvestre.

El molle (*Schinus molle* Linneo) es un árbol originario del área andina (Perú, Bolivia y Ecuador). Después de la conquista fue llevado por los españoles a Centroamérica, donde recibió el nombre de "Perú" o de "Árbol del Perú" y se fue extendiendo a otros países (Orozco, 2013).

2.2. Importancia del molle

2.2.1. Importancia ambiental

Desde la perspectiva de Ayala (2011), el molle tiene la ventaja de que gracias a su plasticidad edáfica, climática y a su rápido crecimiento, se lo puede aplicar en diversos usos. Es considerado como una especie prioritaria y de gran importancia ambiental en la reforestación de áreas muy degradadas, ya que soporta sequías, heladas no muy prolongadas, moderadamente es resistente al frío, tolera suelos ligeramente salinos, no es palatable para el ganado, además es una de las pocas especies que prospera en pedregales y en terrenos con pendientes, también capacidad de mejorar el suelo, ya que sus hojas, ramas y frutos caen abundantemente y al caer constituye una fuente de materia orgánica; además se la utiliza como barrera rompevientos y en el control de la erosión del suelo, usada para protección de riberas y conservación de cuencas hidrográficas.

2.2.2. Importancia social

Según Eyzaguirre (2011), el molle es una especie ornamental para el arbolado urbano que se los encuentra en caminos, calles, parques y jardines, es uno de los pocos árboles que da verdor al paisaje en la época seca, cuenta con un potencial atractivo, el cual protege contra el calor y daños del sol, puede llegar a reducir la velocidad del viento, reduce la contaminación por ruidos, llega a atrapar grandes cantidades de polvo y mejora la estética urbana favoreciendo a la presencia de la fauna.

De acuerdo con Sánchez (2011), la actividad forestal puede aportar a elevar la calidad de vida de los pobladores que forman parte de los trabajos de aprovechamiento y manejo forestal en las comunidades, generando empleos, participando en las actividades de aprovechamiento de recursos generados en poblaciones rurales.

Los bosques de todo el mundo tienen una función vital, que proporcionan numerosos productos esenciales para los habitantes del medio rural y urbano, protegen las cuencas hidrográficas, son el medio de vida de la fauna silvestre y contribuye a estabilizar ecosistemas. Desempeñan un papel económico para aumentar la cantidad de divisas y la renta (FAO, 2008).

2.2.3. Importancia económica

El uso del molle tiene una función vital en numerosos productos esenciales para el medio rural y urbano, desempeñan un papel económico utilizado muchas veces como un material de construcción, como medicinal, como artesanía, cercas vivas y una gran parte como un servicio ambiental (Parra, 2017).

Según Sánchez (2011), indica que los bosques y las plantaciones forestales generan beneficios económicos a través del aprovechamiento y transformación de sus recursos. Se pueden obtener: gomas, fibras, resinas, productos medicinales, instrumentos, material de construcción, pastas, colorantes, esencias que son procesadas para obtener beneficios económicos, alimentos, forrajes, etc. Los beneficios que proporcionan los bosques varían según la región y el tipo de bosque. Un bosque establecido está considerado como un bien económico que proporciona al propietario o al estado, fuentes de ingresos económicos.

2.3. Clasificación taxonómica

Bravo (2019), clasifica el molle de la siguiente manera:

Reino : Plantae

Phyllum : Spermatophyta

Clase : Magnoliopsida

Subclase : Rosidae

Orden : Rosidas

Familia : Anacardiaceae

Nombre científico : *Schinus molle* Linneo

Nombre común : Molle

2.4. Aspectos botánicos

2.4.1. Árbol

De acuerdo a Magne (2018), menciona que es coposo y tiene el follaje siempre verde, con la copa globosa desde el primer al segundo tercio. El fuste suele ser muy robusto y nudoso, las ramas y brotes son siempre opuestos, considerando que es muy ramificado en la parte área (Figura 1).

Sahua y Sofia (2017), señalan que el molle es un árbol perennifolio, de tamaño pequeño a mediano. Mide en promedio de 3 m a 5 m de altura, pueden llegar a medir hasta 12 metros de alto y su tronco tiene de 20 cm a 60 cm de diámetro.

Figura 1. Árbol de *Schinus molle* L. (Osorio, 2015)

2.4.2. Corteza

Su corteza es de color café claro, ligeramente grisáceo, su textura es un tanto áspera y agrietada, la corteza del pimiento presenta una importante cantidad de extraíbles químicos: taninos, oleorresinas, ácido linoleico y lignocérico (Cajilema y Quispe, 2019).

De acuerdo a Reynel y Marcelo (2009), afirman que la corteza externa es agrietada con placas de corteza rectangular que a menudo se desprenden solas. La corteza interna es de color rosado blanquecina, con tenue olor resinoso.

2.4.3. Hojas

Según Rondón (2021), están compuestas de 16 a 20 foliolos pares lanceolados, con una longitud de 2 a 4 cm x 0.4 a 0.8 cm de ancho. El ápice agudo tiene un breve (1 mm) acumen y en caso denticulado o tridentado tiene una base algo inequilateral y agua. Sus bordes son enteros, a veces denticulado irregularmente, nerviación pinnada con 22- 26 pares de nervios secundarios. Sus láminas son resinosas, sésiles, cactáceas, glabras y olorosas a trementina (Figura 2).

Las hojas del molle son compuestas, alternas, imparipinadas, lanceoladas, aromáticas, foliolos oblongos, borde de los foliolos es liso o aserrado, largamente peciolada, de 15 a 30 cm de largo, colgantes, con savia lechosa, nervadura pinatinerva, color verde amarillento. Cuenta con hojas no deciduas con gran tolerancia a diferentes condiciones ambientales y facilidad de aclimatación (Rojas y Vera, 2018).

Figura 2. Hoja de *Schinus molle* L. (Osorio, 2015)

2.4.4. Inflorescencia

Para Rondón (2021), el molle porta numerosas flores, son largas y colgantes, con flores pequeñas de color blanco verdoso, generalmente unisexuales, en ocasiones bisexuales, con brácteas frondosas, de 10–25 cm de largo, glabra a escasamente pubescente, pedúnculo 0–3 cm de largo, pedicelos 1.3–2 mm de largo, articulados.

Según Sánchez (2014), la inflorescencia es en panículas axilares o terminales y se encuentran muy ramificadas de 8 a 15 cm (raramente 20 cm de longitud), deltoides y pedicelos de unos 2 mm de largo, presentan escasos pelos.

2.4.5. Flores

Según Rojas (2018), indica que sus flores son de color blanco amarillento, pequeñas y numerosas, hermafroditas o unisexuales, agrupadas en racimos compuestos (panículas), se encuentran en panojas axilares terminales, de 10 a 15 cm de largo, miden 6 mm transversalmente (Figura 3).

Sus flores son pequeñas actinomorfas que tienen una longitud de 3 mm incluyendo el pedúnculo y su cáliz tiene una longitud de 1 mm. Las flores masculinas se caracterizan por tener de 8 a 10 estambres con filamentos libres que están insertados en un disco nectarífero; mientras que las flores femeninas tienen de 8 a 10 estaminodios con ovario supero, estilo trifurcado y un pistilo de 1 mm de longitud aproximadamente. (Perú Ecológico, 2016)

Figura 3. Flor de *Schinus molle* L. (Osorio, 2015)

2.4.6. Frutos

Según Cajilema y Quispe (2019), mencionan que los frutos son drupa globosa que contienen una sola semilla (monosperma), cada fruto de un máximo de 5 a 9 mm de diámetro, con un endocarpio leñoso y un exocarpo papiráceo, desprendiendo un aroma al estrujarlo, al madurar el pericarpio adquiere un color rosado y se desprende produciendo frutos en abundancia, son picantes y permanecen en el árbol bastante tiempo (Figura 4).

Los frutos del molle tienen un color rojizo muy llamativo, están agrupados en racimos, poseen un mesocarpio de sabor dulce y contienen con una semilla (Perú Ecológico, 2016).

Figura 4. Fruto de *Schinus molle* L. (Osorio, 2015)

2.4.7. Semillas

Según Magne (2018), la semilla se encuentra rodeada por el endocarpio del fruto y testa delgado, un embrión diferenciado que llena toda la cavidad presentan un color negruzco, de textura rugosa, forma redondeada y su tamaño varía entre 3 a 5 mm de diámetro el mesocarpio forma parte de la unidad de dispersión (Figura 5).

Las semillas poseen un embrión bien diferenciado que llena toda la cavidad, la testa y el endospermo son delgados, el mesocarpio forma parte de la unidad de dispersión. La semilla es fusiforme de (7,4-17,3 x 1,7-4,3 mm) y de color parduzco se encuentra en un hueco de forma elíptica dentro de la sámara (Perú Ecológico, 2016).

Figura 5. Semilla de *Schinus molle* L. (Osorio, 2015)

2.4.8. Raíces

El molle presenta raíces laterales superficiales, penetran grandes profundidades, son ramificados y la raíz central es pivotante, ya que son provistos de una cofia piloriza muy resistente que pueden penetrar incluso en suelos rocosos o muy compactos (Fuente de permacultura, 2009).

De acuerdo a Morales (2009), el molle tiene un sistema radical extendido y superficial. El cocimiento de hojas, ramas, corteza y raíz se emplea para el teñido amarillo pálido de tejidos de lana.

2.5. Ecología del molle

Según Ayala (2011), define que el molle alcanza su mejor desarrollo con precipitaciones entre 250 a 600 mm; prefiere temperaturas medias mínimas cercanas a 12.8 ºC, entre 8 a 16.4 ºC y temperaturas medias máximas de 36.1 ºC, es resistente al frío, pero no a las heladas, tolera y es resistente a los vientos, vive alrededor de 100 años.

Así mismo Lenin y Valdebenito (2000) citado por Mendoza (2015), señalan que en Bolivia el molle se encuentra distribuido en gran parte de los valles interandinos y laderas de Cochabamba entre los 1000 y 3400 m.s.n.m. sin embargo es más común en altitudes inferiores a los 3000 m.s.n.m.

Según Vaca y Flores (2009), indica que crece tanto en terrenos fértiles como en pobres, arenosos y en lugares de escasa precipitación pluvial. La zona de vida del molle donde pertenece es a bosques secos premontano y requiere de mucha luz.

Crece bien en distintos tipos de suelo, pudiendo adaptarse bien a suelos pesados-arcillosos, livianos-arenosos profundos e incluso salinos y con anegamientos estacionales (García y Ormazabal, 2008).

2.6. Fenología del molle

Las características fenológicas más importantes del molle son:

a) **Defoliación:** el *Schinus molle* L. es una especie arbórea que presenta una fase de defoliación entre los meses de abril a junio, con una duración de tres meses. Esto podría alcanzar a una intensidad de hasta un 40%. La caída de las hojas podría deberse a un agente causal debido a la producción de mielecilla de esta especie, aunque no es la causa principal ya que la especie es semicaducifolia (Medina, 2022).

   Para Diaz (2019), la defoliación se presenta de manera muy leve entre los meses de mayo a julio con una intensidad de 40%.

b) **Foliación:** según Medina (2022), la foliación se presenta continuamente durante todo el año. Sin embargo, durante los meses de octubre a febrero, alcanza su máxima intensidad al 100%. De lo cual se infiere que el evento de foliación es anual y sincrónico.

   De la misma manera Díaz (2019) señala que el follaje en *Schinus molle* L. es perennifolio, y que el follaje verde se muestra en los meses agosto a diciembre, cuando empieza la época de lluvias

c) **Floración:** según Medina (2022), la fase de floración de la especie, se presenta de manera continua a lo largo de todo el año, pero alcanza su mayor intensidad en los meses de agosto a noviembre al 100%, tomando en cuenta que los picos más altos de intensidad es en esta etapa, se puede decir que el evento de la floración fue continuo y sincrónico. Para Mendoza (2015), el molle es una especie que florece de octubre a noviembre en Bolivia. En varias localidades de Brasil de agosto a diciembre y septiembre a noviembre; y en Perú de noviembre a abril.

d) **La fructificación**: los frutos del molle se producen de abril a mayo en Bolivia. En varias localidades de Brasil de diciembre a febrero y de noviembre a abril. La dispersión de las semillas es zoocórica, principalmente por aves (Mendoza, 2015). Según Mostacero *et al*. (2011), el evento de la fructificación tiene una duración de ocho meses siendo así sincrónico (octubre a mayo). Los frutos maduran entre los meses de febrero a marzo y permanecen en el árbol durante todo el año.

- **La semilla**: la diseminación de semillas de molle es entre los meses de mayo a julio. La semilla se encuentra rodeada por el endocarpio del fruto, presenta una forma oblonga, comprimida, de 2 a 2,5 mm de largo. La testa es de color castaño claro, lisa, lustrosa, membranosa, muy delgada. El embrión es recto o ligeramente curvo, comprimido o globoso, de color amarillo crema y ocupa toda la cavidad de la semilla (Mendoza, 2015).

2.7. Aspectos silviculturales del molle

2.7.1. Semillas

De acuerdo a Doria (2010), indica que la semilla de molle en un ambiente seco, oscuro, fresco y limpio se puede conservar su poder germinativo por varios años. El almacenamiento tiene como finalidad de la conservación del potencial de germinación o viabilidad para un mayor tiempo posible de la semilla, sin necesidad de tratamientos.

2.7.2. Dispersión y recolección de semillas de molle

Según Juárez (2011), aclara que la recolección de las semillas de molle se lo debe realizar cuando los frutos tienen un color rosado, entre los meses de abril a julio; es necesario conocer cuando es esencial para recolección de cada especie.

Para Ossio (2010), la dispersión de las semillas de molle es zoócora, las aves son las principales dispersoras en diferentes lugares para su reproducción ya que mediante la defecación aportan nutrientes para asegurar su germinación y perpetuidad.

2.7.3. Propagación de semillas

La propagación de las semillas de molle se realiza de dos formas: La reproducción sexual implica la unión de células sexuales masculinas y femeninas, la formación de semillas y creación de una población de plántulas con genotipos nuevos y diferentes. La división celular (meiosis) que produce las células sexuales implica la división reduccional de los cromosomas, en el cual su número es reducido a la mitad (Prieto *et al*., 2009).

2.7.4. Porcentaje de germinación

Navarro y Pemán (1997) citado por Mendoza (2015), señala que el tiempo promedio para la germinación de las semillas de molle es entre 20 a 35 días, pero es posible reducir el periodo de germinación con la inmersión de solución de hormonas o con siembra directa en sitios de buena calidad con un sustrato adecuado. Para Lara (1988), el porcentaje de germinación es de 40 a 80 %, extrayendo los embriones se alcanza del 98 al 100 % de germinación a los 7 días.

2.7.5. Número de semillas por kilogramo

La producción de semillas de molle en un kilogramo presenta 19.000 a 29.000 unidades, con una capacidad germinativa del 90% (Nina, 1999 descrita por Huaynoca, 2020)

2.8. Métodos de propagación del molle

Según Llanos (2012), la propagación del molle, se realiza de dos formas, la reproducción de tipo asexual y la segunda forma es la reproducción de tipo sexual.

2.8.1. Propagación sexual

La reproducción sexual implica la unión de células sexuales masculinas y femeninas, la formación de semillas y creación de una población de plántulas con genotipos nuevos y diferentes. La división celular (meiosis) que produce las células sexuales implica la división reduccional de los cromosomas, en el cual su número es reducido a la mitad (Prieto *et al*., 2009).

Navarro y Gálvez, (2001), afirman que las plantas superiores se reproducen en su mayor parte mediante semillas, recurriendo a este método de reproducción más usados en la naturaleza, para garantizar su dispersión y perpetuidad asegurando de manera más

eficiente su propagación. Las plantas dan lugar a individuos que comparten características genéticas procedentes de ambos progenitores, lo que suministra la variabilidad genética.

2.8.2. Propagación asexual

La reproducción de tipo asexual mediante tejidos vegetales para dar nuevos descendientes genéticamente idénticos al progenitor, se puede realizar mediante brotes o retoños (tocón), por injerto, en rizoma y por estacas o esquejes (Llanos, 2012).

La propagación asexual es posible debido a que cada una de las células de la planta contiene todos los genes necesarios para el crecimiento y desarrollo y, en la división celular (mitosis) que se efectúa durante el crecimiento y regeneración, los genes son replicados en las células hijas (Prieto *et al*., 2009).

2.9. Germinación

De acuerdo con Díaz (2013), durante la germinación de las semillas se produce la activación de una serie de procesos metabólicos que incluyen la degradación de proteínas de almacenamiento, la producción de energía, la biosíntesis de compuestos metabólicos primarios, secundarios y la activación de moléculas señalizadores. Todos estos procesos que se producen durante la germinación son los que permiten el establecimiento y desarrollo de las plántulas en sus primeros estadios de desarrollo, desde que germinan hasta que se desarrollan las primeras hojas verdaderas.

La germinación es el proceso mediante el cual una semilla colocada en un medio ambiente adecuado se convierte en una nueva planta. Este proceso se lleva a cabo cuando el embrión se hincha y la cubierta de la semilla se rompe, primero sale la radícula y luego se desarrolla la plúmula. Fisiológicamente se define la germinación como la reanudación del crecimiento del embrión, que comienza con la imbibición de agua y abarca hasta la formación de una plántula fotosintéticamente activa (Rodríguez, 2008).

Según Herrera *et al.* (2006), explica las tres fases importantes en la germinación de plantas: en la primera ocurre la imbibición, que consiste en la absorción del agua necesaria para la rehidratación de las proteínas y organelos celulares, así como para el transporte y las reacciones hidrolíticas; en la segunda se produce la activación del metabolismo (o germinación sensu estricto), donde ocurre la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas; con incremento en la actividad enzimática y en la tercera ocurre la emergencia de la radícula.

2.10. Tipo de germinación

Mendoza (2015), menciona que el molle es una especie que presenta una germinación fanerocotilar epigeo, cuando los cotiledones emergen del epispermo es un tipo de germinación de una semilla en la que los cotiledones emergen de la cubierta, siendo la más común en plantas dicotiledóneas. la germinación inicia de 7 a 25 días después de la siembra en sitios de buena calidad, por lo general la germinación se da entre 25 a 35 días, pero es posible reducir este periodo con los tratamientos pre-germinativos.

Según Llanos (2012), la germinación de las semillas del molle es epígea cuando los cotiledones se observan por encima de la superficie del suelo debido a un considerable crecimiento de hipocótilo, frecuentemente con la testa o cubierta todavía prendida a ellos, después de pocos días los cotiledones aumentan de tamaño y se independizan de la testa, dejándola caer al suelo, posteriormente estos cotiledones se vuelven en órganos fotosintéticos como si fueran hojas.

2.11. Factores que afecta la germinación

2.11.1. Factores internos

Entre los factores internos que afectan a la germinación por la madurez que presentan las semillas y la viabilidad de las mismas son:

a) **Maduración de la semilla:** los frutos del molle comienzan a madurar a partir del mes de abril cuando las temperaturas son mayores a 20 °C y permanecen hasta junio, la madurez fisiológica alcanza al mismo tiempo que la madurez morfológica; por tanto, la semilla va a germinar en cuanto se coloque en medio de condiciones apropiadas. Durante el mes de mayo a junio empiezan a caer los frutos de los árboles y al finalizar el mes de junio ya casi no se los encuentra, los frutos presentan un color rojizo, picante, son rugosas, redondeadas de 3 a 5 mm de diámetro cuando están maduros y cuentan con una sola semilla con un olor fuerte resinoso (Magne, 2018).

   Según Gastón (2017), considera que una semilla madura es aquella que ha alcanzado su completo desarrollo tanto desde el punto de vista morfológico cuando las distintas estructuras que componen la semilla han completado su desarrollo,

dándose por concluida cuando el embrión alcanza su máximo desarrollo como desde el punto de vista fisiológico.

b) Viabilidad: la semilla de molle debe estar viva y bien constituida, el embrión de la semilla es capaz de mantenerse viable durante mucho tiempo si son almacenadas en seco. Aún después del tratamiento de remojo, se secan y llegan a perder su viabilidad después de 42 días, la semilla debe estar madura para poder germinar, ya que están cubiertas por una resina y tienen porcentaje de 40 a 80% de germinación, si se extraen los embriones de la semilla alcanza hasta 98 al 100% de germinación a los 7 días (Parra, 2017).

Según Gastón (2017)**,** asegura que la semilla va a conservar su capacidad para germinar durante más tiempo, cuanto menos activo sea su metabolismo. Para ralentizar el metabolismo de la semilla basta con bajar la temperatura de almacenamiento y/o deshidratarla, pero siempre dentro de unos límites, ya que por debajo del 2 al 5% de humedad se verá afectada el agua de constitución de la semilla, siendo esto perjudicial para la misma.

c) Latencia o dormición: las semillas del molle son ortodoxas que presentan un tipo reposo presentando una latencia primaria causadas por inhibidores químicos o mecánicos, que es un estado fisiológico que impide la germinación de las semillas a pesar de las condiciones favorables como humedad y temperatura adecuada. Esta capacidad este sujeto a la maduración de la semilla, tamaño, contenido de humedad, etc. (Mendoza, 2015).

Varela y Aparicio (2010), explican que mediante la aplicación de tratamientos pre-germinativos en vivero es posible disminuir la latencia a un grado mínimo, promoviendo la germinación de la semilla; estos tratamientos varían según la especie. Existen diferentes factores inherentes de la semilla que afectan su germinación.

Según los autores Kameswara-Rao *et al.* (2007), ratifican que los factores que determinan la capacidad germinativa es la madurez y la calidad de la misma, existen

dos pruebas que permiten determinar la viabilidad en la semilla, prueba de flotación y prueba del martillo.

2.11.2. Factores externos

Entre los factores ambientales más importantes que afectan en el proceso de germinación de semillas de molle en campo destacamos: agua, temperatura, luz y oxígeno.

a) **Agua:** es muy importante la humedad en las semillas de molle para el proceso de germinación, ya que la absorción del agua es el primer paso y el más importante que tiene lugar durante la germinación; para que la semilla recupere su metabolismo es necesaria la rehidratación de sus tejidos. Aunque es necesario la entrada del agua en el interior de las semillas para la rehidratación, un exceso de ella actuaria desfavorablemente para la germinación, pues dificultaría la llegada de oxígeno al embrión (Doria, 2010).

b) **Temperatura:** para Llanos (2012), la temperatura mínima seria aquella por debajo de la cual la germinación no se produce y la temperatura máxima aquella por encima de cual se anula el proceso, es un factor decisivo y principal en el proceso de la germinación de semillas de molle, ya que influye sobre las enzimas que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas que ocurren en la semilla después de la rehidratación. La temperatura optima, intermedia entre ambas, puede definirse como la más adecuada para conseguir el mayor porcentaje de germinación en el menor tiempo posible, se han reportados rangos mínimos por encima de 0 ºC, óptimos entre 25 y 31 ºC, máximos de 40 a 50 ºC. El factor desencadenante es la variación de la temperatura, por debajo o por encima de estos límites puede ocurrir la muerte de la semilla.

c) **Luz:** Sierra (2005), señala que la importancia de la luz es primordial después de que la radícula ha salido, pues se necesita una intensidad lumínica relativamente alta para producir plántulas de molle fuertes y vigorosas.

   En muchos casos las semillas germinan inmediatamente bajo la luz o en la oscuridad. Sin embargo, muchas semillas solo germinarán en presencia de luz, mientras que la germinación de otra queda fuertemente inhibida por efecto de la misma (Doria, 2010).

d) **Oxígeno:** teniendo en cuenta que la mayor parte de las semillas como el molle necesita para su germinación un medio suficientemente aireado para que permita su adecuada disponibilidad de oxígeno y dióxido de carbono. Los tegumentos secos son generalmente menos permeables al oxígeno que los que embebieron agua. Sin embargo, la variación de permeabilidad al oxígeno está asociada a las células muertas del tegumento, es posible que la permeabilidad al oxígeno de las membranas de las células vivas internas, sea también directa o indirectamente. La disponibilidad de oxígeno también se afecta por otros factores como la temperatura, el grado de humedad, concentración de dióxido de carbono, dormancia y algunos hongos y bacterias (Mascot, 2020).

2.12. Tratamientos pre-germinativos

Arteaga (2022), indica que los tratamientos pre-germinativos son usados para romper la dormición o latencia de las semillas molle, también para disminuir el tiempo de germinación y homogeneizado, estos tratamientos previos son para que ayuden a perforar, ablandar, rasgar o abrir la cubierta sin dañar el embrión ni el endospermo del interior de la semilla, con la finalidad de hacerla permeable al paso del agua y al intercambio de gases, a través de métodos físicos o bilógicos, remojo en agua o soluciones químicas. Por su parte Goitia (2012), menciona que el objetivo del tratamiento pre-germinativo es obtener el máximo número de plántulas por unidad de peso de semilla y que la germinación sea uniforme, muchas semillas no requieren de tratamiento.

Según Solórzano (2005), en especies vegetales forestales lo más común son las semillas muy duras, protegidas por un tegumento (cáscara) muy fuerte que debe romperse para dejar penetrar el agua. En estos casos se usan varios tratamientos: alternancia del remojo y secado, tratamiento con agua fría, escarificación mecánica, corte y rotura, remoción total de la cascara, escarificación con tierra o arena, estratificación en frio, tratamiento con animales, tratamiento con fuego.

2.12.1. Tratamiento pre-germinativo de escarificación mecánica

Este tratamiento en semillas de especies forestales no germina debido a la testa o cubierta seminal que impide la entrada de agua y no germina a menos que sea escarificada, (cualquier proceso de romper o rayar alterar mecánicamente la semilla) (Juárez, 2011).

Según Aguilar *et* al. (2000), recalcan que su fin es reducir el grosor de la testa para permitir la entrada de la humedad necesaria, para acelerar el proceso de germinación al interior de la semilla. Consiste en raspar la semilla con lijas, limas o quebrarlas con martillo o pinzas, debe tenerse cuidado para no dañar el embrión. Los lotes pequeños de semillas se escarifican con la ayuda de escarificadores de mano o eléctricos de poca capacidad, frotando entre dos pedazos de papel de lija, cortando una parte de las cubiertas o con martilleo El efecto positivo de la escarificación mecánica consiste en el incremento notable de la germinación.

2.12.2. Tratamiento pre-germinativo de remojo de semillas en ácido giberélico

Según Hartmann y Kester (1997), descrita por Quiroz (2019), indican que las giberelinas son el grupo de hormonas vegetales que afectan de manera directa al control y estímulo de la germinación de las semillas de molle al tener una actividad significativa en la fisiología de estas, se aplica de manera exógena y con su uso se pueden superar muchos tipos de latencia como la fisiológica y la termo latencia. El ácido giberélico aumenta el porcentaje de germinación de las semillas, la velocidad de la germinación y el crecimiento inicial de las plántulas y desempeñan una función en dos etapas: La primera etapa ocurre en la inducción de enzimas al ser transcritas de los cromosomas y la segunda etapa ocurre en la activación de enzimas que intervienen en la movilización del sistema de alimentos.

Varela y Aparicio (2010), mencionan que la escarificación química consiste en remojar las semillas en compuestos químicos que estimulan la germinación en períodos breves de 15 minutos a 2 horas, las hormonas más utilizadas son: el ácido sulfúrico y el ácido giberélico empleando en diferentes concentraciones y tiempos dependiendo de la especie para romper la dormancia de las semillas.

2.12.3. Tratamiento pre-germinativo de remojo de semillas en agua fría

Este tratamiento consiste en remojar las semillas de molle en agua corriente, con la finalidad de remover los inhibidores químicos presentes en la cubierta, empleado con el objeto de ablandar el tegumento de la semilla. El tiempo de remojo puede ser de 12, 24, 48 y hasta 72 horas y en algunos casos cambiándole el agua con ciertas frecuencias para asegurar la germinación posibilitando la adecuada absorción de agua por parte de los tejidos vivos (Varela y Aparicio, 2010).

Según Salazar (2001), expresa que el lavado de las semillas se lo realiza con agua para liberar a la testa de sustancias inhibitorias de la germinación. Dentro de una malla contenedora, las semillas se sumergen en agua corriente (en un canal matriz de preferencia) por espacio de 4 días. Luego la semilla es depositada en el sustrato del embolsado y se tapan con composta.

2.12.4. Tratamiento pre-germinativo de remojo de semillas en agua caliente

Manual de Vivero (2018), manifiesta que para acelerar la germinación de las semillas de molle, las semillas en ocasiones son sumergidas en agua con un grado de temperatura cercano al punto de ebullición, se debe ser cuidadoso con la temperatura ya que esta podría matar al embrión, para evitar que las semillas se peguen unas con otras se deben remover constantemente.

Según Quispe (2009), sugiere que para realizar este tratamiento se colocan las semillas en un recipiente de vidrio en una proporción de 4 a 5 veces su volumen de agua caliente, a una temperatura entre 77 y 100 ºC, las semillas deben ser aplicadas de manera cuidadosa por que se corre el riesgo de matar el embrión. De inmediato se retira la fuente de calor y las semillas se dejan remojar durante 12 a 24 horas en el agua que se va enfriando gradualmente. Las semillas se deben sembrar inmediatamente después del tratamiento.

2.13. Sustrato

Un sustrato es la mezcla de distintos materiales utilizados en un vivero, entre los que encontramos: tierra vegetal, tierra negra, arenilla, lama, guano, compost y tierra del lugar, el sustrato será el medio en el cual germinan las semillas, para lo cual 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 (Espinoza, 2014).

Según Goitia (2011), el sustrato para las almacigueras debe ser preparado sin piedras, con material fino, bien nivelado, es recomendable tamizar la tierra, las tierras arcillosas se mezclan con limo o arena para hacerlas más livianas y porosas.

Las propiedades de los sustratos constan de las propiedades físicas de los sustratos son de gran importancia para el normal desarrollo de la planta, pues determinan la disponibilidad de oxígeno, la movilidad del agua y la facilidad para la penetración de la raíz. Las

propiedades químicas son importantes porque influyen en la disponibilidad de nutrientes, humedad u otros compuestos para la plántula (Quiroz *et al.*, 2009).

2.13.1. Función del sustrato

Teniendo en cuenta a Juárez (2011), afirma que la función del sustrato es el soporte físico de la planta, suministro de agua, suministro de nutrientes minerales que requieren para su crecimiento, también sirve como anclaje para el sistema radicular de la plántula y otros procesos fisiológicos.

El mismo autor menciona que las funciones del sustrato deben ser:

- Bien drenado con buena capacidad de retención de humedad.
- De peso liviano.
- De buena porosidad.
- De fácil manejo y mezcla.
- Capaz de mantener un volumen constante cuando esta húmedo o seco.
- Fácil de almacenar por periodos largos sin cambios en sus propiedades físicas y químicas.
- Ligeramente ácido y con buena capacidad de intercambio de cationes.
- Retener humedad de modo que esté disponible para la planta.
- Servir como depósito para los nutrientes de la planta.
- Proporcionar un anclaje y soporte para la planta.
- Permitir el intercambio de gases entre las raíces y la atmosfera.

2.13.2. Características del sustrato

Según Carrión (2010), las principales características de un sustrato ideal son:

- Buena aireación que permita la circulación del oxígeno del aire, indispensable para la germinación.

- Contacto entre la semilla y el sustrato para que se humedezca totalmente y no deje espacios libres.

- Capacidad de infiltración, que permita un buen suministro de agua para las semillas en su germinación y luego a las plántulas.

- Libre de contaminación, deberá estar libre de contaminantes químicos y biológicos como hongos, bacterias, nemátodos y semillas de malas hierbas que causen daños a la germinación.

- El pH debe estar entre 5 a 6 como máximo, debiendo contener muy poco limo o arcilla.

2.13.3. Suelo del lugar

Un suelo fértil y sano provee a las plantas los nutrientes esenciales para crecer y desarrollarse, la tierra negra es de color oscuro y resulta de la descomposición de la materia orgánica, ya sea proveniente de los restos de animales o de los restos de hojas que cae de los árboles, los cuales son absorbidos como nutrientes. Cuando hablamos sobre las propiedades que tiene la tierra negra, podemos mencionar que contiene materia orgánica que se ha descompuesto en partículas muy pequeñas, que mejoran su textura dándole la capacidad de retener suficiente agua y que además proporciona una buena circulación entre las raíces de la planta, que es fundamental para el crecimiento de las mismas (Portal Frutícola, 2019).

Según Riveros (2015), menciona que el suelo del lugar son sustratos propios del lugar de estudio, por debajo de los 3950 m.s.n.m. La función de la tierra del lugar es sustituir, en forma barata y sencilla. Además, le da a la planta un medio parecido al que tendrá en su sitio de plantación.

2.13.4. Turba

Para Núñez (2009), la turba está formada por los restos de materia orgánica vegetal descompuestas y disgregada formando una masa esponjosa y ligera, es uno de los materiales más usados como sustrato, procedente de la antigua vegetación de áreas pantanosas, en las que como efecto de condiciones ambientales pobres en oxígeno y con exceso de agua se ha producido la descomposición parcial.

Las turbas tienen propiedades físicas y químicas variables en función de su origen. Se pueden clasificar en dos grupos: turbas rubias y negras. Las turbas rubias tienen un mayor contenido de materia orgánica y están menos descompuestas. Las turbas negras están más mineralizadas teniendo un menor contenido de materia orgánica, una aireación deficiente y unos contenidos elevados de sales solubles. La inestabilidad de su estructura

y su alta capacidad de intercambio catiónico interfiere en la nutrición vegetal, presentan un pH que oscila entre 5 y 7. Se emplea en la producción ornamental y de plántulas hortícolas en semillero (Clavijo, 2008).

2.13.5. Arena

Según Monroing (2018), menciona que la arena es el material más adecuado para la germinación las semillas por ser un medio suelto, de buen drenaje, permite el libre crecimiento de las raíces y facilita sacar las plántulas con poco daño al sistema de raíces del sustrato para el repique. Se puede usar arena de río o de mar dependiendo de la disponibilidad, esta debe estar libre de piedras u otros materiales que obstaculicen o deformen el crecimiento de las raíces y no debe contener un porcentaje alto de materia orgánica, esta condición que puede traer problemas de plagas en el germinador.

La importancia de la arena es por ser uno de los materiales más utilizados en la mezcla de sustratos, empleándolas en pequeñas cantidades con partículas que van desde los 0,1 a 0,2 mm. La arena mejora la estructura del sustrato, estas no deben contener elementos nocivos tales como sales, arcillas (Urbina, 2016).

2.13.6. Estiércol de ovino

De acuerdo a Fabian (2016), es muy importante la incorporación de abonos orgánicos al momento de preparar la tierra por las ventajas que lleva consigo, la materia orgánica constituye un almacén de nutrientes en nitrógeno, fosforo, potasio y micronutrientes, facilita el aprovechamiento de las plantas, así mismo aumenta la capacidad de intercambio catiónico CIC y aumenta la disponibilidad de nutrientes en el suelo para las plantas.

Enci (1980) citado por Chuquimia (2014), menciona que el estiércol es la fuente principal de abono orgánico y que su manejo apropiado es una excelente alternativa para ofrecer nutrientes a las plantas y a la vez mejora las características físicas y químicas del suelo.

2.14. Usos

Los usos de las distintas partes de la planta del molle son muy variados que se han empleado en:

2.14.1. Alimento

De acuerdo con Stadler (2010), las semillas molidas del molle se usan como pimienta blanca y las enteras como pimienta rosada, con la cubierta dulce de las semillas se prepara chicha y la leche de molle. La miel de molle se elabora hirviendo el líquido de los frutos maduros hasta que toma consistencia de jarabe.

2.14.2. Medicina

El molle es usado como antirreumático, purgante, cefalálgico, cicatrizante, depurativo de la sangre y antiespasmódico. También combate malestares de riñón, vejiga e hígado, así como diversos dolores corporales y algunas afecciones respiratorias. La infusión de las hojas se utiliza contra el reumatismo y como depurativo de la sangre. Se trata de una planta ampliamente utilizada por la medicina tradicional. A su corteza y resina se le han atribuido propiedades tónicas, antiespasmódicas y cicatrizantes y la resina es usada para aliviar las caries. Al frotarse en la piel genera una sustancia que aleja a los mosquitos. Los frutos frescos en infusión se toman contra la retención de orina. Las hojas hervidas y los baños con el agua de las hojas en decocción, sirven como analgésico, cicatrizante y antiinflamatorio de uso externo, y las hojas secas expuestas al sol se usan como cataplasma para aliviar el reumatismo y la ciática (Stadler, 2010).

2.14.3. Artesanía

Urquijo (1999) citado por Parra (2017), manifiesta que al cocer las hojas y la corteza del molle se obtiene un líquido de color amarillo intenso, que es utilizado como insumo para teñir diversos tejidos.

2.14.4. Repelente de plagas

El molle también es utilizado para repeler algunas plagas, se entierran ramitas de molle en los surcos de los campos de cultivo con el fin de evitar daños por las plagas, de esa manera ahuyentar o matar insectos. También se sabe que las hojas puestas entre la ropa pueden eliminar polillas (Schulte *et al.* 1992 descrita por Aruquipa 2000).

2.14.5. Aceites esenciales

Mendoza (2015), menciona que las hojas del molle contienen un aceite que se utiliza en perfumería y en la elaboración de cremas dentales y las semillas presentan un aceite que puede ser empleado como fungicida natural que sería muy útil para propagar o prevenir la propagación de enfermedades causadas por hongos. Los frutos y semillas también poseen varios aceites como mirceno, felandreno, limoneno y cadinol.

2.14.6. Agroforestería

Según Stadler (2010), el molle es utilizado en el área rural para mejorar y asegurar la producción agrícola, su función es dar sombra a los cultivos sensibles de los rayos solares, proteger las chacras como cortina rompevientos, abonar el suelo, como repelente de algunas plagas, para proteger riberas de ríos y controlar la erosión de laderas. El molle tolera muy bien la poda, además es un árbol que desea la compañía de otras especies.

2.14.7. Maderable

Según Sánchez (2011), la madera de molle es apreciada para la elaboración de parquet y revestimiento de paredes por su veteado y color. Esta perspectiva se apoya en Nina (1999), quien menciona que el molle es usado en labores de carpintería y ebanistería, la madera es dura y resistente, tradicionalmente empleada para la construcción de ranchos, postes y arados, no presenta olor y sabor característico.

2.14.8. Forraje

Para Carrere (2009), el árbol de molle en la agroforestería se puede combinar con forrajes, para ello hay que disponer de espacio suficiente para su buen desarrollo y el de las pasturas ya que reúne características de crecimiento y follaje, que la hacen apta para integrar estos tipos de estructuras. Recomienda que debería ser incorporado a predios familiares, como proveedor de sombra y abrigo para el ganado y en cortinas rompe vientos.

2.14.9. Herramientas y combustibles

Según Sánchez (2011), señala que el molle es usado en el campo como leña utilizada como combustible natural y también es usada para la fabricación de carbón vegetal. Esta idea es apoyada por Morales y Noli (1997), ratifican que en el campo es usada para la fabricación

de herramientas de labranza, como ser mangos de picota y también se emplea la madera del molle en arados, yugos entre otros.

2.15. Almácigo

Rivera (2015), señala que un almácigo es un lugar temporal para la producción de plántulas, siendo el método más común dentro de los viveros. Por lo general, un almácigo se arma en un envase o espacio controlado con un sustrato especial, ya que estas características le permiten a uno controlar la temperatura y la humedad y disminuir la probabilidad de ataques de insectos y enfermedades.

El mismo autor manifiesta que se puede elaborar un almácigo en el mismo terreno donde se realizará la siembra o se pueden utilizar envases como cajas, botellas, macetas o bidones. Los envases pueden ser de diferentes materiales, entre ellos plástico, cartón grueso, madera o barro. Al construir tu almaciguera, recuerda que siempre es mejor reciclar material que ya está a la mano y disponible en casa ya que esto te ayudará a reducir tus costos de producción.

Según Goitia (2003), explica que las denominadas también camas de almácigas, almacigueras, bancales, semilleros es la sección del vivero destinada a la producción de plántulas o plantones. Pueden ser establecidas las camas de tamaños variables, un metro de ancho y largos de 5 o 10 m. Pueden igualmente utilizarse cajones de germinación.

2.15.1. Desinfección del sustrato

Fossati y Olivera (1996) citados por Magne (2018), comentan que es necesario e importante desinfectar los sustratos para los almácigos debido a que un hongo o enfermedad podrían causar daños y eliminar miles de plántulas al momento del crecimiento.

Según Goitia (2003), menciona que se utiliza diferentes procedimientos para la desinfección del sustrato, el más general y efectivo es utilizar formol o formalina al 40%, para la aplicación en el sustrato y dejarlo cubierto durante 24 o 48 horas, para luego proceder a la siembra.

2.12. Manejo de las plántulas en las camas germinadoras

2.15.2. Siembra

La siembra en las almacigueras puede ser a voleo o en hilera. En la siembra al voleo para facilitar la distribución y obtener una densidad uniforme de semillas se pueden emplear un pequeño envase calibrado. En la siembra en hileras, se debe establecer un espaciamiento adecuado, la semilla se distribuye y se coloca a mano, con sembradoras mecánicas (Goitia, 2003).

Según Ramírez (1998), las semillas de molle se pueden sembrar directamente en envases individuales, en camas de crecimiento, o directamente en el campo; la producción también puede partir de la siembra de las semillas en almácigos, para posteriormente realizar el repique de plántulas a envases o camas de crecimiento. En este caso las semillas se siembran en hileras a 2 cm de distancia, la profundidad de siembra es de 1 cm y la siembra de 120 g de semilla por m^2 .

2.15.3. Riegos

Desde el punto de vista de Bautista y Bazán (2020), mencionan que el riego es muy importante y debe realizarse de preferencia a las primeras horas de la mañana, el volumen de agua a utilizar depende de la especie y sustrato utilizado en la cama, en general es de 4 a 6 litros de agua por metro cuadrado.

2.15.4. Sombra

Méndez y Cárdenas (2009), explican que la semisombra puede ser alta o baja y se utiliza en la mayoría de los casos para que las especies no reciban directamente la luz del sol, especialmente en la fase inicial y gradualmente se puede controlar su exposición al sol. Cuando existe demasiada sombra las plantas son más altas, delgadas, inclinadas y sus hojas son de color verde oscuro. La semisombra puede ser de hojas de palmera o de tela milimétrica

2.15.5. Desmalezado

De acuerdo con Méndez y Cárdenas (2009), el deshierbe es una labor que se debe realizar de forma manual, si se deja de lado esta labor se pueden experimentar perdidas en la

producción debido a la competencia de las hierbas con el cultivo por los nutrientes, luz y agua.

El mismo autor manifiesta que si un sustrato ha sido preparado adecuadamente no debe haber invasión de malezas, de haberlas es necesario hacer limpieza de malezas prontamente de forma manual cuando lo requiera el almacigo, además el desmalezado incluye limpieza de las calles.

2.15.6. Control de plagas y enfermedades

Se realiza principalmente contra hongos e insectos durante la germinación, principalmente chupadera (*Rhizoctonia solani*) por exceso de humedad y por falta de aireación en el sustrato u otras plagas presentes como roedores por lo que se recomienda realizar una buena desinfección del sustrato antes de la siembra con el uso de fungicida (benlate, ridomil) (Bautista y Bazán, 2020).

2.15.7. Trasplante o repique de plántulas

Según Huaynoca (2020), el trasplante consiste en instalar las plántulas germinadas en las bolsas, cuando las plántulas tienen dos pares de hojas verdaderas, un día antes del trasplante se recomienda regar las camas de almacigo y de repique, las plántulas se sacan con cuidado y se pone en agua con tierra para mantener la humedad en la raíz. Se debe realizar la poda de raíces mayores a cinco centímetros de largo eliminar las plantas enfermas, malformadas y pequeñas dejando solo las mejores.

2.16. Plagas y enfermedades del molle

El molle es considerado una especie resistente al ataque de plagas y enfermedades. Tiene como plaga conocida al insecto monófago picador-chupador *Calophya schini, "*silido del molle", cuyo daño consiste en la generación de agallas a lo largo de los foliolos, raquis y ramas tiernas, que provoca la deformación y caída prematura de hojas (Móstiga, 2014).

Para Orellana (2014), ha empleado este mismo término en su estudio de diferentes enfermedades del (*Schinus molle* L.), del artículo que serán denominados "tumores" por ser el término en español que mejor se ajusta, que se han observado en diferentes partes de la ciudad de Lima la presencia de excrecencias a lo largo del fuste y ramas de los árboles de *Schinus molle* L.*;* estos crecimientos excesivos son conocidos como "burls" (término en

inglés). Nina (1999), indica que algunas de las especies dañinas que atacan al molle son: *Athalion reticulatum,* Nicotina glauca, larvas de mariposas, *Tolyppe guentheri,* que atacan al molle.

2.16.1. Insectos plaga en el almácigo

Según Quiroz *et al*. (2009), indican que las plagas y enfermedades que se presentan en los invernaderos y viveros forestales, son los agentes que pueden producir daños severos en los almácigos y plantines si estos n o son controlados al momento de su aparición. Esta perspectiva es apoyada por Gómez (1993), el tipo de daños ocasionados por insectos pueden clasificarse en cuatro grupos que agrupan a distintas formas de alimentación:

- Los insectos plaga chupadores, absorben el contenido de las células casi siempre por el reverso de las hojas, estas se resquebrajan en el anverso, formándose manchas amarillas y plateadas, al final las hojas caen.

- Los insectos plaga minadores y perforadores, abren agujeros en los tallos, viven y comen dentro de la planta.

- Las hormigas cortan las hojas para luego trasladarlas a su nido.

2.16.2. Hongos patógenos

Juárez (2011), afirma que las enfermedades de mayor importancia en los viveros forestales, se originan en la raíz y son causados principalmente por hongos patógenos del suelo, una de las fuentes de transmisión de las enfermedades son los sustratos para esto es muy importante las medidas de control sanitario.

Las enfermedades en el molle causadas por hongos patógenos, bacteria y nematodos puedes ser altamente virulente para su hospedante y para otros, ligado a la habilidad del patógeno de superar la resistencia de la planta estos agentes pueden producir daños generalizados en la etapa de producción en vivero, provocando la muerte de plántulas y reducción de crecimiento. Estas enfermedades se manifiestan en cualquier época frente a las condiciones desfavorables, como ser: agallas de las raíces, tumores en el fuste y raíces, etc. Muchas veces la aplicación de fungicidas hace prácticamente innecesaria una vez que la enfermedad se haya propagado un mayor porcentaje (Orellana, 2014).

2.16.2.1.Damping off

Este patógeno produce daños en estados fenológicos tempranos (germinación, pre y post emergencia de las plántulas), señalándose como agentes causales más importantes de esta enfermedad a *Rhizoctonia, Pythium, y Phytophthora*. Causando marchitez y caídas de las plántulas en el almacigo, como consecuencia de la muerte (necrosis) de las células del cuello del tallo, estas pueden encontrase en suelos o en semillas infectadas (Barbuy *et al*., 2019).

Trujillo (1989), manifiesta que este tipo de enfermedad, puede aparecer en cualquier época del año, dependiendo del tipo de suelo y del clima. Los suelos compactados, la alta humedad y pH alcalinos, constituyen la exposición de la enfermedad. La propagación dentro del vivero es especialmente favorable cuando el sustrato se mantiene húmedo, las temperaturas son elevadas y existe demasiada sombra.

El mismo autor menciona que el hongo tiene dos formas de infección:

- El ataque pre emergente, se presenta en el inicio del desarrollo de la plántula, afectando la raíz recién germinada.

- El ataque post emergente, ataca el tallo tierno, altura del cuello de la plántula a nivel del suelo que queda marchito.

2.16.2.2. Pythium spp.

Según Vera *et al.* (2021), Los patógenos asociados a las semillas dependen de la especie forestal, el manejo previo y los métodos de conservación. Una de las causas principales es debido al complejo de hongos y oomicetos patógenos que se encuentran asociados tanto de manera interna o externa a la semilla, o podrían acompañar al sustrato utilizado en la producción de plantines que son: *Phytophthora spp.* y *Pythium sp.;* las causas por oomicetos a temperaturas más amenas (18 °C) y alta humedad relativa (>70 %).

Cuando la semilla de especies susceptibles es afectada por esta enfermedad, que son sembradas en suelos infestados, se ablandan, oscurecen, contraen y finalmente desintegran. La infección inicial toma la apariencia de una mancha húmeda y ligeramente ennegrecida que se extiende con rapidez. Las células colapsan y la plántula es invadida por el hongo y muere poco después que se ha iniciado la infestación (Gallegos, 2005).

2.16.2.3. Phytophthora cinnamomi

Según Díaz (2011), indica que las plantas afectadas por *Phytophthora,* las raíces más pequeñas mueren y con frecuencia aparecen lesiones necróticas en las raíces grandes, provocando así la pudrición y como resultado la muerte de la plántula, pueden permanecer en el suelo o en las raíces de las plantas que infectan en forma de oosporas, clamidosporas y/o micelio.

Para Gallegos (2005), el síntoma inicial es que las raicillas alimentadoras sufren necrosis y decoloración, bajo la corteza de la zona del cuello, se puede observar una mancha de color café en el tallo. La mayor mortalidad de plantas se produce en periodos de alta humedad en el suelo y mayor temperatura, por lo que hay mayor posibilidad de observar el daño a comienzos de otoño y primavera.

2.16.2.4. Fusarium spp.

Según Prieto *et al*. (2009), el *fusarium* es un hongo de los agentes patógenos más virulentos de las coníferas, es capaz de infectarlas por vías directas como insectos vectores y heridas, o de forma indirecta a través del viento y agua. La enfermedad afecta en la etapa de preemergencia, post emergencia, la infección se inicia en una rama que tiende a morir generando un estrangulamiento y un cáncer en la zona.

Gallegos (2005), indica que se puede observar los siguientes síntomas en una planta enferma son ocasionada por el *fusarium spp*: perdida de turgencia de hojas, clorosis, achatarramiento, coloración café del xilema y marchitamiento. Las raíces presentan pudriciones de coloración oscura.

3. MATERIALES Y MÉTODO

3.1. Localización

3.1.1. Ubicación Geográfica

El presente trabajo de investigación, se realizó en la Estación Experimental de Kallutaca de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto, ubicada en el municipio de Laja, de la provincia los Andes del departamento de La Paz, geográficamente situada entre los paralelos 16°31'30" de Latitud Sur, 68°18'25" de Longitud Oeste del meridiano de Greenwich a una altitud de 3900 m.s.n.m. (Mamani, 2014).

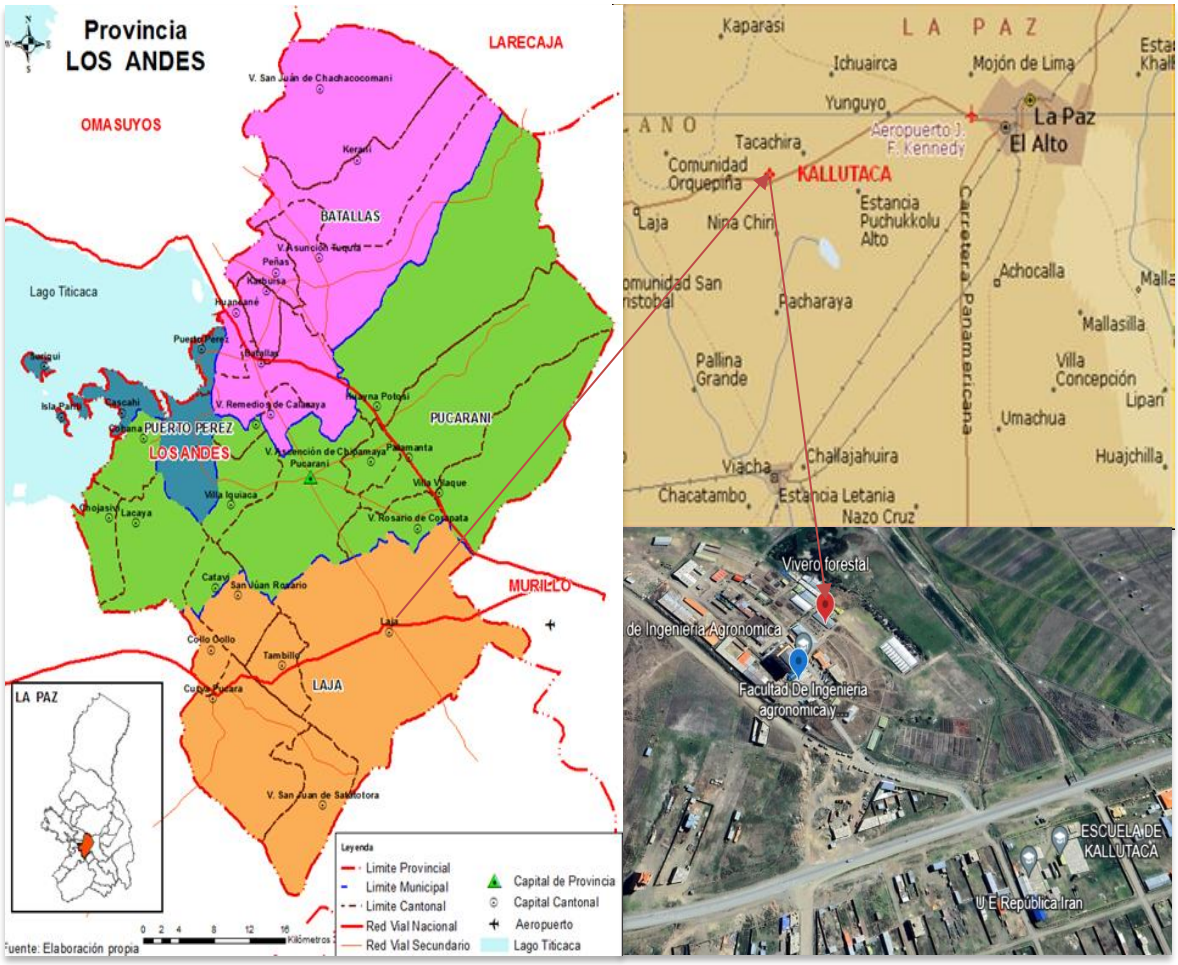


Figura 6. Mapa de ubicación de la Estación Experimental de Kallutaca en el Municipio de Laja (Mamani, 2014).

3.2. Características Edafoclimáticas

3.2.1. Clima

Según Carita (2014), señala que las características climáticas de la zona de estudio son: temperatura promedio 6.8 a 7.9 °C con una mínima extrema de -10.8 a -12.2 °C y una máxima extrema de 18.3 a 20.3 °C y la velocidad del viento es de 9.6 km/h. La evapotranspiración media en los meses de septiembre a febrero fue 5.2 a 6.5 mm en promedio, los meses de marzo a julio disminuye en 4.1 a 4.9 mm, con una acumulación anual de 57.8 mm. La precipitación anual es de 615.3 mm y el porcentaje de humedad relativa en los meses de diciembre a marzo registro valores de 58.7 a 65.1%, y en los meses de junio a agosto 12.7 a 21.4%, dando un promedio anual de 39.2 a 40.1%.

3.2.2. Suelo

Según Guarachi (2011), manifiesta que los suelos del Centro Experimental de Kallutaca presenta suelos franco arcillosos, con perfiles de horizontes distinguidos, el drenaje superficial es lento debido a su textura y pendiente, con una condición física del suelo arable, presenta suelos de formación fluvio-lacustre no inundable con características de bofedales, con inundación en épocas lluviosas.

3.2.3. Flora

El tipo de vegetación natural que presenta la región de Kallutaca está conformada por: thola (*Parastrephia lepidophylla*), gramíneas como chillihua (*Festuca dolychophylla*), crespillo (*Calamagrostis sp*.) y grama (*Muhlembergia sp.)* cola de ratón (*Hordeum muticum*) Cebadilla (*Bromus lenatus*), pilli (*Hipochoeria taraxacoides*) y alfombrilla (*Lucilia areioidea*), chiji (*Disticha*), totorilla (*Scirpus*), etc (Moñocopa, 2012).

3.3. Materiales

3.3.1. Material biológico

El material vegetal que se utilizó en el estudio fue semillas de molle (*Schinus molle* L.) adquiridas en la semillería “La Almería” de la ciudad de La Paz (Anexo).

3.3.2. Insumos

- Ácido Giberélico
- Agua
- Tierra Del Lugar
- Turba
- Arena
- Estiércol De Ovino
- Formol al 40%

3.3.3. Material de campo

- Flexómetro
- Chinches
- Nylon Negro
- Malla Semisombra 50%
- Madera
- Serrucho
- Regla metálica
- Tijera
- Regadera
- Pala
- Letreros
- Martillo
- Clavos
- Carretilla
- Picota
- Cernidor
- Termohigrómetro

3.3.4. Material de laboratorio

- Cajas Petri
- Balanza Digital
- Papel Absorbente

- Atomizador
- Cernidor
- Agua Destilada
- Incubadora

3.3.5. Material de escritorio

- Computadora
- Cámara Fotográfica
- Planilla De Registros
- Impresora
- Calculadora
- Regla
- Hojas bon

3.4. Método

3.4.1. Desarrollo del ensayo

El trabajo de investigación se realizó en el módulo de forestación de la carrera de Ingeniería Agronómica en la Estación Experimental de Kallutaca (Anexo 1).

3.4.1.1. Construcción del almácigo

Para la construcción de los almácigos se utilizó maderas y retazos de madera para la base que fueron obtenidas de la barraca y para el armado se utilizaron clavos de 1,5 pulgadas, con las siguientes dimensiones que son: 1 m de largo por 0,50 m de ancho y con una altura de 0,25 m, y la base tendrá un espacio adecuado para el drenaje, haciendo un total de 5 almacigueras armadas y divididas en 4, con un total de 20 unidades experimentales, por último se puso con el nylon negro para que contenga el sustrato, sujetadas con los chiches y se hizo perforaciones para facilitar drenaje del agua (Anexo 2 y 3).

3.4.1.2. Preparación del sustrato

El sustrato fue preparado con los siguientes insumos: la turba fue comprada de la feria de 16 de julio, el suelo del lugar y la arena se recolectó en el Centro Experimental de Kallutaca y el estiércol de ovino fue adquirida del establecimiento de la Carrera de Medicina

Veterinaria. Todos los insumos fueron cernidos para eliminar terrones y material vegetal, una vez teniendo listo los componentes del sustrato se procedió a mezclar homogéneamente en base a la relación de 3:4:2:1 (3 parte de tierra del lugar: 4 partes turba: 2 parte de arena: 1 parte de estiércol de ovino), tomando en cuenta que esta preparación tenga las características adecuadas para la germinación y un buen desarrollo de las plántulas de molle, los cuales fueron colocadas en las almacigueras (Anexo 4).

3.4.1.3. Desinfección del sustrato

Una vez obtenida una mezcla homogénea del sustrato (tierra del lugar, turba, arena y estiércol de ovino), se realizó la desinfección con formol al 40% de concentración (1 litro de formol en 20 litros de agua), se regó de manera uniforme con la regadera a choro fino y luego se cubrió con un nylon manteniéndola cubierta así durante por tres días (Anexo 5). Se aprovechando la solarización para eliminar patógenos y semillas de malezas, se removió el sustrato cada día (Mendoza, 2015).

3.4.1.4. Prueba de flotación de semillas

Se realizó la técnica de la prueba de flotación antes de sembrar las semillas de molle para la selección de las semillas más adecuadas y viables para la investigación, de esta manera en un frasco de vidrio con agua de puso las semillas para eliminar las malas semillas que hayan sido atacadas por insectos las cuales se quedaron flotando a la superficie y las semillas buenas se quedaron en el fondo del frasco. Seguidamente se dividió las semillas para la aplicación de cada tratamiento pre-germinativo (Anexo 6).

3.4.1.5. Métodos de tratamientos pre-germinativos en las semillas de molle

- **Tratamiento 1: Remoción mecánica de semillas (Testigo)**

  Una vez seleccionados los 705 gramos de semillas, se frotaron las semillas de molle contra una lija haciendo una remoción del exocarpo, evitando hacer daño al embrión para luego sembrarlas (Anexo 7).

- **Tratamiento 2: Remojo de semillas en agua**

Para el tratamiento se realizó el remojo de los 705 gramos de semillas seleccionadas de molle en agua en un frasco de cristal a una temperatura ambiente durante 72 horas, las cuales fueron sembradas inmediatamente en los almácigos (Anexo 8).

- **Tratamiento 3: Remojo de semillas en agua caliente**

Para el tratamiento se realizó primero calentar el agua en un recipiente, posteriormente se esperó a que llegue a los 85 °C de temperatura, para luego sumergir los 705 gramos de semillas durante 3 minutos, pasado este tiempo se dejó reposar en agua a temperatura ambiente durante 12 horas (Anexo 9).

- **Tratamiento 4: Remojo de semillas en ácido giberélico**

Para el tratamiento se realizó el remojo de las semillas de molle en un frasco de cristal con ácido giberélico 100 ppm el cual consistió en hacer una mezcla de agua con ABA 0.1 g\l hasta homogenizarlo una vez listo se hace la inmersión de 705 gramos de semillas durante 24 horas (Anexo 10).

3.4.1.6. Siembra de semilla

Una vez listo el sustrato en las almacigueras se realizó la siembra de las semillas de molle a una profundidad de dos veces el diámetro de la semilla en hileras con un total de 2,820 unidades de semillas utilizadas para todo el experimento que fueron sometidos a tratamientos pre-germinativos, luego se cubrió con el mismo sustrato con una capa delgada de 2 mm (Anexo 11).

3.4.1.7. Protección del almácigo

Se realizó el cubrimiento con paja para la protección del sustrato después de la siembra para evitar al momento del riego las semillas queden descubiertas, también se puso el colocado de letreros en cada unidad experimental y finalmente se cubrió el almácigo con una malla semisombra para facilitar la germinación (Anexo 12 y 13).

3.4.1.8. Labores culturales

Como labores culturales se realizó:

a) **Riego:** se realizó el riego en el almácigo día por medio hasta la germinación de las semillas de molle, por las mañanas para evitar la evaporación del agua, ya que no era necesario regar todos los días, se observaba que el almácigo estaba húmedo a capacidad de campo (Anexo 17).

   La frecuencia del riego en el almácigo una vez germinada las semillas de molle, se efectuó tres veces por semana con la regadera manualmente a capacidad de campo de manera uniforme para brindarles la humedad adecuada para su desarrollo y crecimiento de las plántulas hasta finalizar el experimento (Parra, 2017).

b) **Deshierbe:** fue importante el deshierbe en las almacigueras que se realizó de manera manual esto para evitar la competencia de nutrientes con las plántulas de molle haciendo de manera frecuente en cada uno de los almácigos hasta finalizar la investigación (Anexo 17).

c) **Control de plagas y enfermedades:** se realizó la desinfección del sustrato con formol al 40% para evitar enfermedades provocadas por hongos, encubriendo con malla semisombra para evitar el daño por plagas.

d) **Etiquetado de muestras:** todas las muestras fueron etiquetadas para la identificación y evitar confusiones al momento que se tomaron los datos necesarios para la investigación, esto durante el tiempo que duro el experimento (Anexo 16).

3.4.1.9. Comportamiento climático en el vivero forestal

Se tomaron datos del comportamiento de la temperatura y la humedad relativa en el interior del vivero forestal durante el tiempo que duro la investigación con el termohigrómetro como se muestra en la Figura 7.

Caroca *et al*. (2016), el efecto de la temperatura y la humedad son los ms determinantes en el proceso de la geminación, si la humedad no es una limitante, la tasa y el porcentaje depende de la temperatura, además la germinación se produce dentro de un rango determinado entre una mínima, intermedia y máxima.

Figura 7. Termohigrómetro

Fuente: Elaboración propia (2023)

Figura 8, se muestra el comportamiento de la temperatura y humedad relativa en el interior del vivero forestal, donde se registró una temperatura máxima de 46.6 °C en el mes de mayo que fue la más elevada en el transcurso del tiempo de la investigación registrada a horas 13:00 p.m. y una temperatura mínima de -0.8 °C en el mes de junio registrada en la mañana a horas 8:00 a.m.; por las bajas temperaturas y la época seca del lugar del trabajo de investigación.

Según Llanos (2012), la temperatura óptima, intermedia entre ambas, puede definirse como la más adecuada para conseguir el mayor porcentaje de germinación en el menor tiempo posible, se han reportados rangos mínimos por encima de 0 ºC, óptimos entre 25 y 31 ºC, máximos de 40 a 50 ºC.

Se realizó el registro de la humedad relativa promedio (Figura 8), durante el período de los cuatro meses a horas 17:30 p.m.; donde alcanzó 79% en el mes de mayo, donde hubo una mayor cantidad de vapor de agua que tiene una masa de aire en el interior del vivero de forestación de la Facultad de Ingeniería Agronómica.

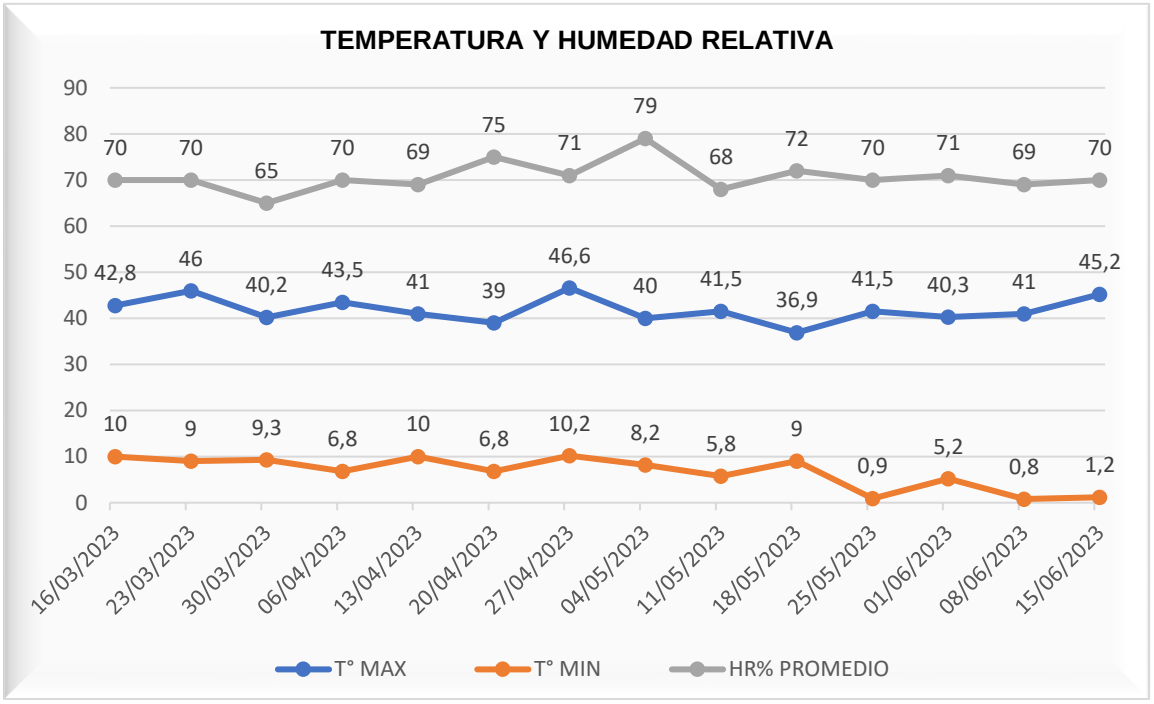


Figura 8. Temperatura y humedad relativa registrada durante el periodo de la investigación.

3.4.2. Diseño experimental

Se utilizó el Diseño Completamente al Azar, ya que todas las condiciones son homogéneas, el diseño está formado por con cuatro tratamientos y cinco repeticiones, lo que con lleva 20 unidades experimentales. Además se realizó la prueba de medias de Duncan a un nivel de significancia del 5% (Ochoa, 2016).

Por lo que el modelo lineal fue el siguiente:

$$Yij = \mu + \alpha i + \varepsilon ij$$

Dónde:

Yij = Una observación cualquiera de la variable de respuesta

μ = Media general del experimento

αi = Efecto del i-ésima tratamiento (escarificación)

εij = Error experimental

3.4.3. Tratamientos en estudio

T1 : Remoción mecánica total de las semillas manualmente, testigo.

T2 : Remojo de semillas en agua a temperatura ambiente durante 72 horas.

T3 : Remojo de semillas en agua caliente a 85 °C por 3 minutos.

T4 : Remojo de semillas en ácido giberélico 100 ppm por 24 horas.

3.4.4. Croquis experimental

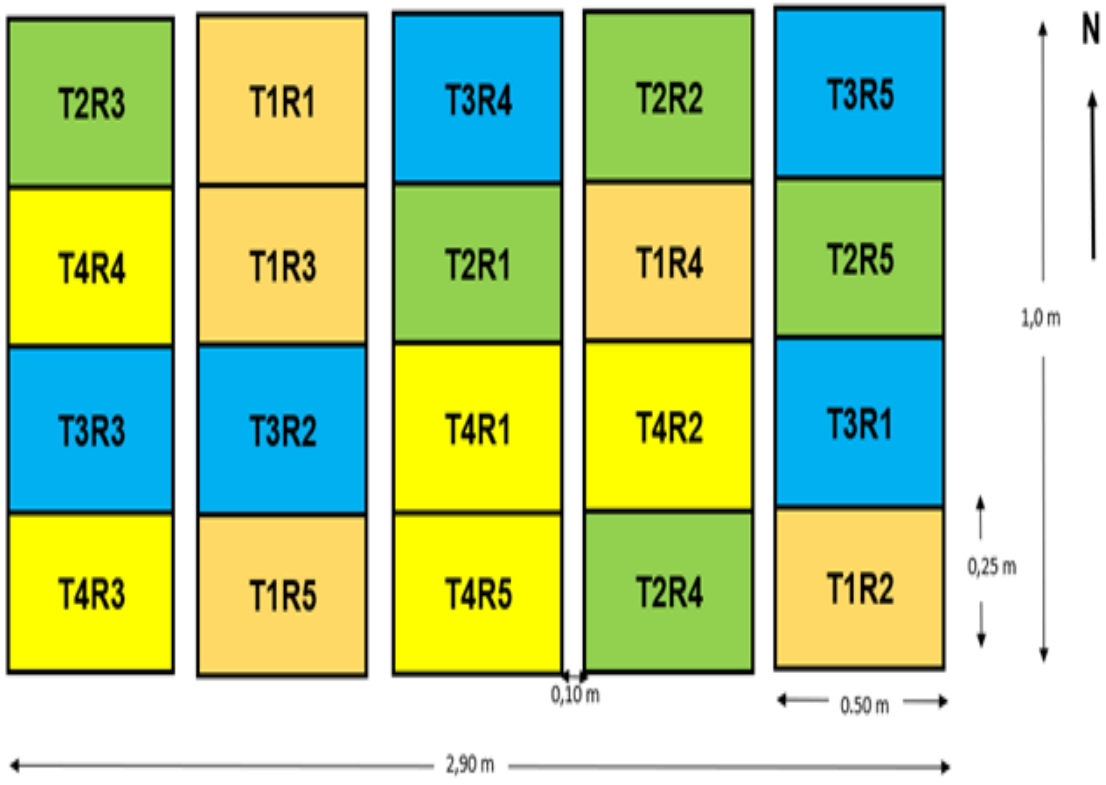


Figura 9. Croquis del experimento

3.4.5. Dimensiones del experimento

Las dimensiones del experimento fueron:

Superficie total del experimento = 2,90 m²

Superficie de las unidades experimentales = 0,125 m²

N° de unidades experimentales = 20

N° de tratamientos = 4

N° de repeticiones = 5

3.4.6. Variables de respuesta

3.4.6.1. Porcentaje de germinación en laboratorio

La determinación del porcentaje de germinación de las semillas de molle, se realizó la división en cuatro grupos de 100 semillas correspondientes a cada tratamiento sometido para la germinación (Anexo 18), las cuales fueron depositadas sobre papel absorbente dentro de cajas Petri distribuidas y humedecidas. Para el cálculo del porcentaje de germinación se utilizó la siguiente formula descrita por Zapana (2013):

$$\text{Porcentaje de germinación} = \frac{\text{Número de semillas germinadas}}{\text{Número de semillas ensayadas}}\ x\ 100$$

3.4.6.2. Porcentaje de emergencia de plántulas

Para determinar esta variable se realizó dos conteos de plántulas emergidas de cada unidad experimental, el primer conteo se realizó una vez transcurrido los 30 días después de la siembra y el segundo conteo se realizó una vez concluida la investigación (Anexo 14 y 15). Para este cálculo se utilizó la fórmula de Navarro *et al*. (2012):

$$\text{Porcentaje de emergencia} = \frac{\text{Plántulas emergidas}}{\text{Total de semillas sembradas}}\ x\ 100$$

3.4.6.3. Altura de planta

Para poder evaluar esta variable se realizó un muestreo de 10 plántulas al azar (muestras) por cada tratamiento, desde la aparición de las hojas verdaderas y de un porcentaje considerable de plántulas emergidas después de la siembra, la toma de datos se realizó cada 15 días con la ayuda de una regla milimétrica se tomaron las medidas desde la base del tallo hasta el ápice de la planta, las mismas fueron marcadas con marbetes (Anexo 19).

3.4.6.4. Número de hojas

Para la determinación de esta variable se identificaron 7 plantas al azar por unidad experimental, se realizó el conteo de hojas por planta de manera manual sin tomar en cuenta los cotiledones, cada 15 días se cuantificó el número de hojas en las plántulas muestreadas de cada tratamiento que fueron registradas en la planilla (Anexo 20).

3.4.6.5. Longitud de la raíz

Para el cálculo de esta variable, se tomaron los datos al final de la investigación haciendo un muestreo de 7 plántulas por tratamiento, para ello se utilizó una regla milimétrica, el cual se midió desde el cuello de la raíz hasta la cofia de la misma y para lo cual se tuvo cuidado al sacar del sustrato sin dañar la raíz (Anexo 21).

3.4.6.6. Relación altura / longitud de la raíz

Este cálculo se realizó entre el promedio de la altura de la plántula y la longitud de la raíz principal al finalizar la investigación, esta variable predice el éxito de la plantación, debido a que debe existir un equilibrio y proporción entre la parte aérea y el sistema radical (Prieto *et al*., 2003).

$$\text{Relación altura / longitud de la raíz} = \frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Longitud de la raíz (cm)}}$$

3.4.6.7. Análisis económico

El análisis económico de los diferentes tratamientos se realizó mediante la metodología sugerida por CIMMYT (1988), quien recomienda el análisis de beneficio bruto, beneficio neto, para obtener la relación beneficio/costo y tasa de retorno marginal. Los resultados fueron ajustados al 15% por efecto del nivel de manejo multiplicando el precio de mercado por la cantidad de producto de cada tratamiento.

- **Beneficio bruto**

$$BB = R * P$$

Donde:

BB = Beneficio Bruto

R = Rendimiento ajustado por tratamiento

P = Precio

- **Beneficio neto**

$$\mathrm{BN} = \mathrm{IB} - \mathrm{CP}$$

Donde:

BN = Beneficio Neto

IB = Ingreso Bruto

CP = Costos de Producción

- **Relación beneficio costo**

$$\mathrm{B/C} = \frac{\mathrm{I\,B}}{\mathrm{C\,P}}$$

Donde:

B/C = Relación beneficio costo

IB = Ingreso Bruto

CP = Costos de Producción

- **Tasa de retorno marginal**

$$\mathrm{TRM} = \frac{(BN2 - BN1)}{(CV2 - CV1)} * 100\%$$

Donde:

TRM = Tasa de Retorno Marginal

BN1 = Beneficio Neto en el primer nivel de tratamiento no dominado

BN2 = Beneficio Neto en el segundo nivel de tratamiento no dominado

CV1 = Costos Variables en el primer nivel de tratamiento no dominado

CV2 = Costos Variables en el segundo nivel de tratamiento no dominado

3.4.7. Análisis estadístico

Se realizó el análisis de varianza para un diseño completamente al azar considerando los diferentes tratamientos en estudio por el tipo de variables, con el programa de InfoStat en versión 2019, en caso de que se tuvo diferencias significancias, se realizó la prueba de medias de Duncan a un nivel de significancia del 5%.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Porcentaje de germinación

Para este cálculo se realizó la selección de lotes de cuatro grupos de 100 semillas de molle (*Schinus molle* L.) correspondientes a los cuatro tratamientos pre-germinativos aplicados, donde estos fueron ordenados uniformemente en Palcas Petri con papel secante, posteriormente se regaron con un atomizador procurando mantener húmedo durante la investigación para obtener datos para el porcentaje de germinación en laboratorio.

Cuadro 1. Análisis del porcentaje de germinación de semillas de molle

Tratamiento	N° de semillas germinadas	Observación
T1	73	
T2	89	Mayor número de semillas germinadas
T3	63	Menor número de semillas germinadas
T4	78	
Promedio	76 %	

Los resultados en el Cuadro 1, muestran que el T2 obtuvo el 89% de germinación mostrando superioridad sobre los otros tratamientos, seguido por el T4 con un 78% de germinación, el T1 con un 73% de germinación y finalmente con un porcentaje menor del T3 con 63% de germinación. Los resultados muestran que el mejor tratamiento pre-germinativo para las semillas de molle (*Schinus molle* L.), es el remojo en agua a temperatura ambiente durante 72 horas, a través de la imbibición permite que las semillas puedan romper con la latencia y que un mayor número de semillas se activen para la etapa inicial del proceso de germinación.

Por lo tanto los resultados obtenidos superaron al estudio realizado por Quispe (2014), en la aplicación de tres tratamientos pre-germinativos para la producción de plántulas de molle con el tratamiento de remojo de semillas en agua durante 4 días (96 horas) en el cual solo obtuvo 82,85% de germinación a los 20 días, lo que quiere decir que las semillas sometidos a este tratamiento no han logrado que la cubierta seminal permita el ingreso del agua para el inicio del proceso fisiológico de germinación.

4.2. Porcentaje de emergencia

4.2.1. Días a la emergencia (30 días)

El análisis de varianza para el porcentaje de emergencia a los 30 días (Cuadro 2), se muestra un coeficiente de variación de 12,87% y con promedio de 65%. Las medias de los tratamientos se analizaron con la prueba de Duncan a un nivel de significancia al 5%.

Cuadro 2. Análisis de varianza para el porcentaje de emergencia (30 días)

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Tratamiento	3	1466,98	488,99	6,93	0,0033 **
Error	16	1128,76	70,55		
Total	19	2595,73			
Promedio (%) = 65,00					

** : P<0,01

En el Cuadro 2, se observa que el análisis de varianza presenta que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos pre-germinativos, de igual manera señala que el remojo de semillas en agua a temperatura ambiente y remojo de semillas en ácido giberélico afectan en el porcentaje de emergencia del molle (*Schinus molle* L.).

Según la prueba de medias de Duncan con un nivel de significancia al 5% para los 30 días de emergencia, muestra que existe amplias diferencias entre los promedios del porcentaje de emergencia de los diferentes tratamientos pre-germinativos.

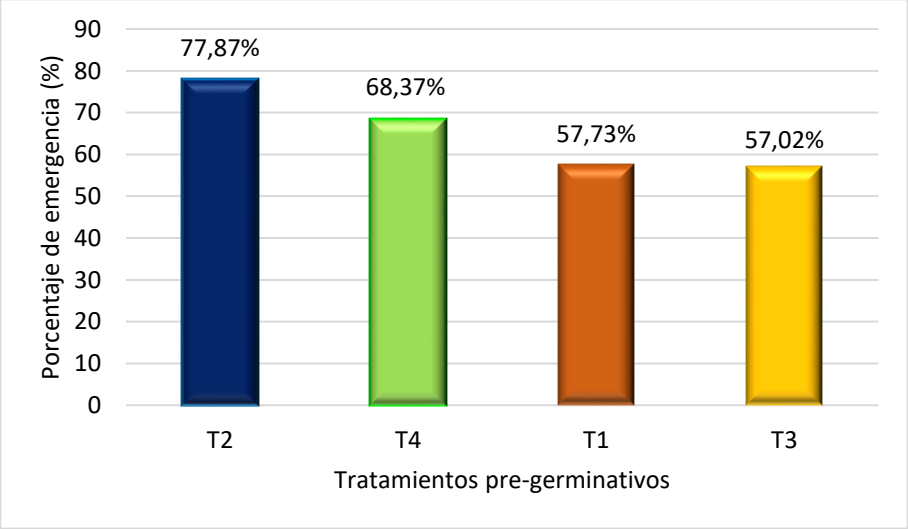


Figura 10. Comparación de medias para los días de emergencia (30 días)

En la Figura 10, se puede visualizar la superioridad del T2 con el valor más alto del 77,87% de emergencia a los 30 días después de la siembra, seguido por el T4 con un promedio de 68,37%, estos dos tratamientos se encuentran numéricamente por encima del T1 y T3 que no presentan diferencia estadística con un promedio de 57,73% y 57,02%.

De acuerdo al resultado obtenido para el porcentaje de emergencia a los 30 días se obtuvo un valor mayor de 77,87%, lo cual nos indica que se superó el valor hallado con respecto a Mendoza (2015), que obtuvo un valor de 47,6% de emergencia a los 30 días, con el tratamiento de remojo de semillas de molle en agua caliente por 30 segundos y un sustrato compuesto de (1/2 de turba: 2 tierra del lugar: 1 arena). El bajo porcentaje atribuye la posibilidad que la semilla este influenciado por una menor viabilidad, debido al tiempo de colecta y la época de colecta en la que se almacigo.

4.2.2. Días a la emergencia (94 días)

Para distinguir los diferentes efectos de los tratamientos se efectuó un análisis de varianza para los datos obtenidos. Las medias de los tratamientos se analizaron con la prueba de Duncan a un nivel de significancia al 5%.

Cuadro 3. Análisis de varianza para el porcentaje de emergencia (94 días)

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Tratamiento	3	1297,08	432,36	5,11	0,0114 *
Error	16	1354,03	84,63		
Total	19	2651,12			
Promedio (%) = 69,79					

*: P<0,05

En el Cuadro 3, se observa en el análisis de varianza el cual presenta la fuente de variación para los tratamientos pre-germinativos, muestra que existen diferencias significativas en el experimento, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, de igual manera señala que los tratamientos pre-germinativos y el tiempo de remojo de las semillas influyen en los días a la emergencia. El coeficiente de variación de 13,18%, esto indica que los datos evaluados están dentro del parámetro estadístico de aceptación (< 30%), por lo tanto el manejo de las unidades experimentales fue aceptable con un promedio de 69,79% de emergencia.

Según la prueba de medias de Duncan con un nivel de significancia al 5% para los 94 días de emergencia, muestra que existen diferencias entre los tratamientos pre-germinativos aplicados en semillas de molle.

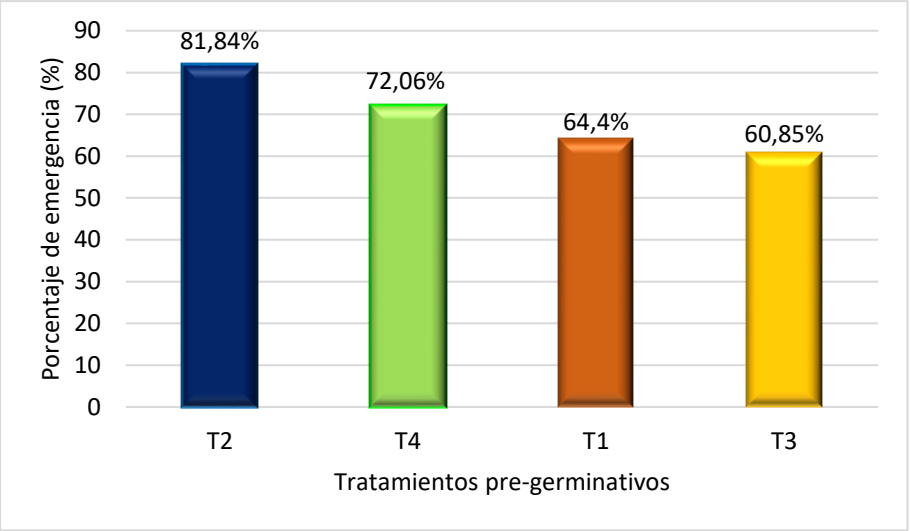


Figura 11. Comparación de medias para los días de emergencia (94 días)

De acuerdo a los resultados obtenidos en cuanto al porcentaje de emergencia a los 94 días al finalizar la investigación. En la Figura 11, se observa la superioridad del T2 con el valor más alto en porcentaje de emergencia de 81,84% en la comparación de los promedios de los diferentes tratamientos que presenta diferencias estadísticas con el T4 con un promedio de 72,06%, numéricamente está por encima del T1 con un promedio de 64,40% y T3 con un promedio de 60,85%.

Los resultados obtenidos en esta investigación son similares al porcentaje de emergencia hallados por Ossio (2010), obtuvo un porcentaje de emergencia de semillas de molle con el tratamiento pre-germinativo en combinación con el sustrato (remojo de semillas en agua fría, durante 120 horas y 3 partes de turba: 2 partes de tierra del lugar: 1 parte de arenilla), un valor promedio del 81,63% de emergencia de plántulas, hallándose de esta manera el más alto valor en comparación con los demás tratamientos.

4.3. Altura de planta

En el Cuadro 4, según el análisis de varianza (ANVA) indica que existen diferencias significativas entre los tratamientos pre-germinativos, esto indica que se rechaza la hipótesis nula. El coeficiente de variación fue de 6,65% indicando que los datos son

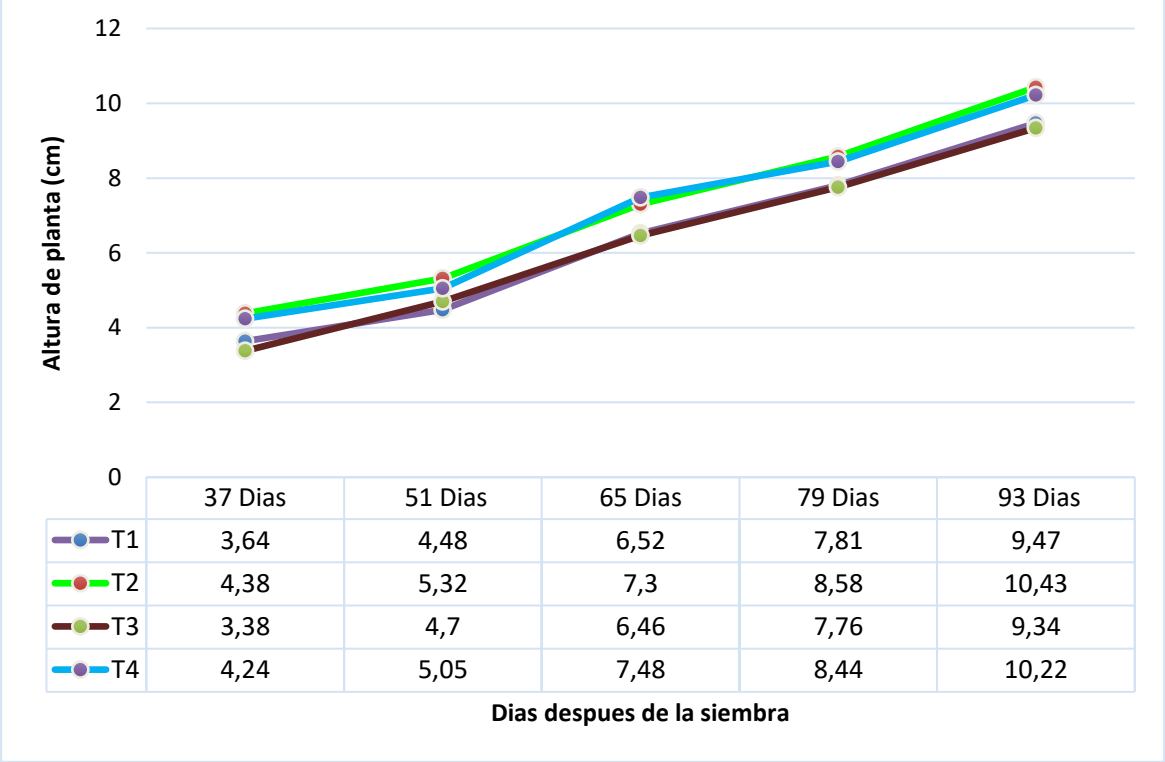
admisibles y que se encuentra dentro de los parámetros estadísticos de aceptación, con un promedio de 9,86 cm en altura de planta.

Cuadro 4. Análisis de varianza para la altura de planta (cm)

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Tratamiento	3	4,35	1,45	3,37	0,0447 *
Error	16	6,88	0,43		
Total	19	11,23			
Promedio (cm) = 9,86					

* = Significativo

Según la prueba de Duncan al 5%, se encontró que los tratamientos (T1, T2, T3 y T4) son estadísticamente diferentes entre los promedios de altura de planta con relación a los días (37, 51, 65, 79 y 93) después de la siembra, como se muestra en la Figura 12. Estos datos obtenidos denotan la importancia del efecto de los tratamientos pre-germinativos en el crecimiento de la altura de planta.



	37 Dias	51 Dias	65 Dias	79 Dias	93 Dias
T1	3,64	4,48	6,52	7,81	9,47
T2	4,38	5,32	7,3	8,58	10,43
T3	3,38	4,7	6,46	7,76	9,34
T4	4,24	5,05	7,48	8,44	10,22

Figura 12. Comparación de medias de la altura de planta (cm)

En la Figura 12, se observa el efecto de los tratamientos pre-germinativos influyeron en el crecimiento inicial a los 37 días después de su emergencia, se muestran diferencias

altamente significativas, donde el T2 presentó un mejor promedio en comparación a los diferentes tratamientos aplicados en molle (*Schinus molle* L.) con un valor de 4,38 cm, seguido por el T4 con un promedio 4,24 cm a diferencia de los otros tratamientos T1 y T3. A los 51 días aún se puede observar el efecto positivo del remojo de semillas en agua y ácido giberélico, con respecto a la altura de planta del molle (*Schinus molle* L.), presentando los mejores resultados obtenidos del T2 y T4, con un promedio de 5,32 cm y 5,05 cm como se puede observar en el Figura 12, en comparación a los otros tratamientos T1 y T3, que presentaron un valor de 4,70 cm y 4,48 cm.

Con relación a los 65 días, se evidencia que los tratamientos T4 y T2 obtuvieron una mayor altura con un valor de 7,48 cm y 7,30 cm, en cuanto a la aplicación de los tratamientos pre-germinativos aplicados sobre la semilla de molle diferenciándose de los otros tratamientos. Se observa que los tratamientos T2 y T4 fueron en incremento en cuanto a la altura de planta, siendo así los tratamientos pre-germinativos más sobresalientes que logran adquirir un mayor desarrollo fisiológico en un periodo de 79 días con valores de 8,58 cm y 8,44 cm respectivamente.

En un periodo de 93 días presentó valores de 10,43 cm y 10,22 cm en altura de planta por los tratamientos T2 y T4 que muestran superioridad a los tratamientos T1 y T3 que presentaron alturas menores de 9,47 cm y 9,34 cm. A partir de los datos analizados, se rechaza la hipótesis nula, siendo que los tratamientos pre-germinativos si afectan en la variable altura de planta, ya que existen diferencias entre los tratamientos.

De acuerdo a Chamaya (2023), indica que el crecimiento de la planta se ve afectado por el aporte de agua, nutrientes, temperatura, energía y luz que influyen en su desarrollo, así mismo el sustrato en el que se encuentre, también las variaciones en el crecimiento se deben a la incidencia de la luz solar, relacionada a la capacidad fotosintética.

En comparación con los resultados hallados en la investigación presente muestran una similitud al estudio realizado por Parra (2017), indica que la aplicación del tratamiento pre-germinativo en combinación con el sustrato compuesto por (1 partes de turba: 1 partes de tierra del lugar: 2 parte de arenilla, seguido de un remojo en agua fría, durante 168 horas), obtuvo un valor 10,25 cm como resultado en altura de planta.

4.4. Número de hojas

En el Cuadro 5, según el análisis de varianza (ANVA) se observa que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, esto indica que se acepta la hipótesis nula. El coeficiente de variación fue de 10,86% y con un promedio de 4 hojas por planta.

Cuadro 5. Análisis de varianza para el número de hojas

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Tratamiento	3	0,12	0,04	0,17	0,9159 NS
Error	16	3,89	0,24		
Total	19	4,02			
Promedio = 4					

NS = No significativo

De acuerdo a la prueba de medias de Duncan con un nivel de significancia al 5% no existen diferencias entre los diferentes tratamientos pre-germinativos en cuanto al número de hojas. En la Figura 13, se muestra el comportamiento de la variable de número de hojas con relación a los días (45, 59, 73 y 87) desde la aparición de hojas verdaderas.

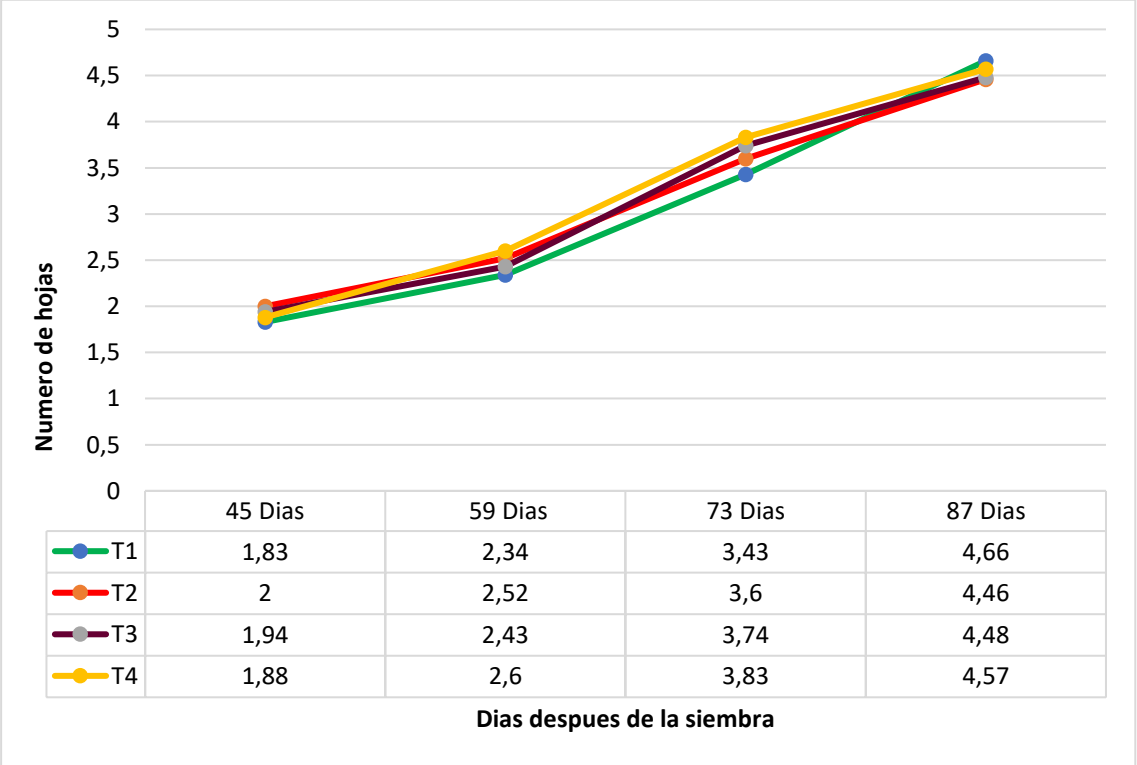


Figura 13. Comparación de medias para el número de hojas

En la Figura 13, se observa que en los primeros datos obtenidos a los 45 días, donde los tratamientos T3, T4 y T1 no presentaron diferencias con un promedio de solo 1 hoja, a diferencia del T2 que presentó un valor de 2 hojas. A los 59 días se puede apreciar el mismo caso, debido a que no se presentan diferencias entre los tratamientos que solo presentan un promedio de 2 hojas, los resultados no cambian en el número de hojas a los 73 días debido a que se muestra que tampoco existen diferencias entre los tratamientos, no tuvieron efecto los diferentes tratamientos pre-germinativos aplicados sobre las semillas de molle (*Schinus molle* L.), con un promedio de 3 hojas.

A los 87 días se realizó la última evaluación de la variable número de hojas, con los datos obtenidos se evidenció que no existen diferencias en el número de hojas entre los tratamientos. el T1 con un promedio de 4,66 hojas, T2 con un promedio de 4,46 hojas, T3 con un promedio de 4,48 hojas y T4 con un promedio de 4,57 hojas que presentan valores similares.

Por lo señalado anteriormente en los resultados obtenidos en la investigación muestra que no existen diferencias en el número de hojas y con un promedio de 4 hojas por plántula, donde los tratamientos pre-germinativos aplicados en la semilla no tuvieron efecto en esta variable.

Pérez (2017), refiere que el desarrollo y crecimiento de las plantas implica también la diferenciación, ya que para esto es necesario que las células se especialicen para realizar determinadas funciones, cuando el embrión empieza a desarrollarse se alimenta de reservas contenidas en los cotiledones recibiendo después alimento a través de las primeras hojas que produzca, las hojas que cumplen con la función fotosintética.

Este punto de vista es apoyado por Ossio (2010), indica que la emergencia en un menor tiempo da lugar a la aparición de los primeros cotiledones, los cuales realizan el proceso de fotosíntesis, de esta manera da lugar a la cantidad de hojas verdaderas, ya que su formación está estrechamente asociada a la construcción del tallo. El desarrollo de la hoja está ligado inicialmente a la aparición de los primordios foliares en el ápice, luego depende de factores ambientales.

4.5. Longitud de la raíz

De acuerdo al análisis de varianza para la variable longitud de la raíz, que se muestra en el Cuadro 6, muestran diferencias altamente significativas entre tratamientos pre-germinativos, con un coeficiente de variación de 6,27%, el cual indica que los datos evaluados están dentro de los parámetros estadísticos de aceptación menor al 30%, por lo cual se puede deducir que el manejo de las unidades experimentales fue adecuado, con un promedio de 7,99 cm de longitud de la raíz.

Cuadro 6. Análisis de varianza para la longitud de la raíz (cm)

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Tratamiento	3	14,02	4,67	18,63	0,0001 **
Error	16	4,01	0,25		
Total	19	18,03			
Promedio (cm) = 7,99					

** : P<0.01

Los promedios de la longitud de la raíz de los diferentes tratamientos aplicados en la investigación, se analizaron con la prueba de medias de Duncan efectuada a un nivel de significancia al 5% que presentaron que existen diferencias estadísticas entre los tratamientos.

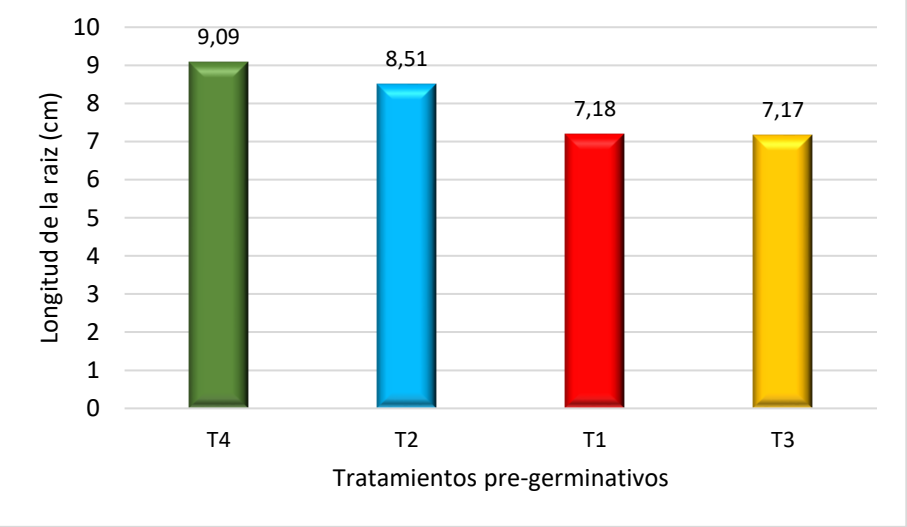


Figura 14. Comparación de medias para la longitud de la raíz (cm)

En la Figura 14, se muestra la comparación de medias para el promedio de la longitud de la raíz, los mejores resultados que se obtuvo fue con los tratamientos de remojo de semillas

en ácido giberélico 100 ppm por 24 horas con un promedio de 9,09 cm y el tratamiento de remojo de semillas en agua a temperatura ambiente durante 72 horas con un promedio de 8,51cm con una mayor longitud de la raíz, en cambio con los tratamientos T1 con un promedio de 7,18 cm y T3 con un promedio de 7,18 cm obtuvieron menor longitud de raiz.

Comparando los resultados obtenidos muestran una similitud en la longitud de la raíz, que favoreció el sustrato con un buen drenaje y porosidad que facilitó el desarrollo de la raíz con buena formación, en la investigación realizada por Parra (2017), que obtuvo un valor promedio de 9,50 cm en la longitud de raíz, debido a los componentes del sustrato (1 tierra del lugar, 2 partes de arena, 1 parte de turba), siendo el mayor crecimiento.

De modo semejante Goitia (2011), indica que el abastecimiento de oxígeno ayuda al buen desarrollo de los microorganismos y de las plantas que posee el suelo, es el intercambio entre gases del suelo y los gases de la atmósfera. El mismo autor menciona que la arena permite la penetración de la humedad en forma rápida y uniforme en el sustrato (debido a su porosidad), permitiendo en drenaje adecuado del excedente de agua, además, facilita el crecimiento y buena formación de raíces.

4.6. Relación altura / longitud de la raíz

Se realizó un análisis de varianza para los datos obtenidos (Cuadro 7), las medias de los tratamientos se analizaron con la prueba de Duncan a un nivel de significancia al 5%.

Cuadro 7. Análisis de varianza para la relación altura / longitud de la raíz

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Tratamiento	3	0,12	0,04	4,61	0,0166 *
Error	16	0,14	0,01		
Total	19	0,26			
Promedio (cm) = 1,25					

* : P<0.05

En el Cuadro 7, se aprecia el análisis de varianza correspondiente a la relación altura / longitud de la raíz, que existen diferencias significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 7,56%, lo cual indica que los valores analizados son buenos ya que se encuentra inferior al 30%, estando dentro del margen de aceptación y un promedio de 1,25.

Según la prueba de medias de Duncan con un nivel de significancia al 5% existen diferencias entre los diferentes tratamientos pre-germinativos en cuanto a la variable de relación altura / longitud de la raíz.

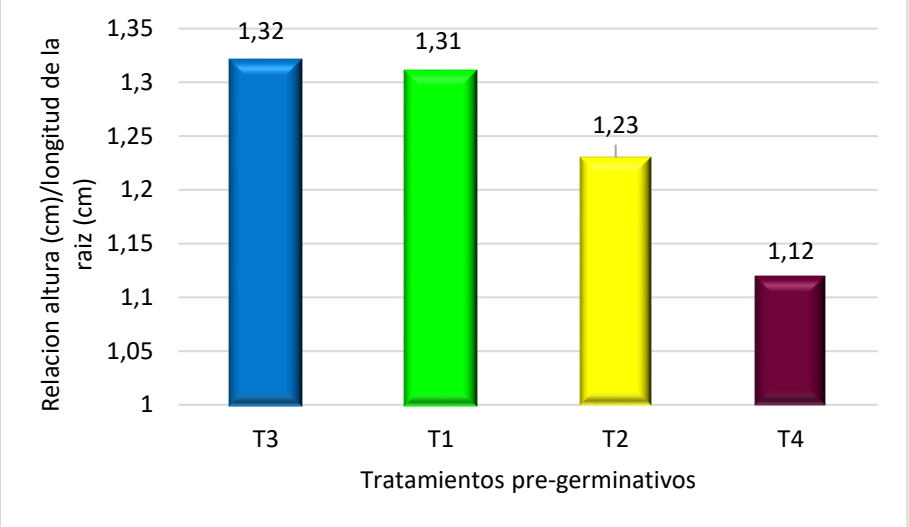


Figura 15. Comparación de medias para la relación altura / longitud de la raíz

De acuerdo a los resultados en la comparación de los promedios de los diferentes tratamientos en la Figura 15, se observa que el tratamiento de remojo de semillas en agua caliente 85 °C por 3 minutos se obtuvo un promedio de 1,32; el tratamiento de remoción mecánica total de semillas manualmente (testigo) con un promedio de 1,31 y el tratamiento de remojo de semillas en agua a temperatura ambiente durante 72 horas con un promedio de 1,23; muestran superioridad sobre el tratamiento de remojo de semillas en ácido giberélico 100 ppm por 24 horas con un promedio 1,12; lo cual indica de acuerdo a la calidad de la planta los cuatro tratamientos son de alta calidad de supervivencia a la plantación; pero las más recomendadas son los tratamientos T3, T1 y T2 con un mejor desarrollo y crecimiento, ya que debe existir un equilibrio entre la proporción entre la parte área y el sistema radical, pero ninguna tendría una baja tasa de supervivencia en la plantación.

De acuerdo a los resultados obtenidos se encuentran dentro de la relación menor o igual a 2 que sería la deseada para una planta de buena calidad (Sáenz *et al*., 2014). La mejor calidad de planta se obtiene cuando la parte aérea es relativamente grande y la raíz mediana, lo que puede garantizar una mayor supervivencia ya que evita que la absorción exceda a la capacidad de transpiración (Mateo *et al*., 2011) y los plantines obtenidos en este experimento se ubicarían en esa categoría.

4.7. Costos de producción

4.7.1. Beneficio bruto

Para el cálculo del beneficio bruto se toma en cuenta el total de producción de plantines por cada tratamiento las cuales fueron: el Tratamiento 2 con un promedio de 549 plantines, el Tratamiento 4 con un promedio de 482 plantines, el Tratamiento 1 con un promedio de 407 plantines, y por último que presentó menor cantidad emergida de plantines el Tratamiento 3 con un promedio de 402 plantines.

Cuadro 8. Comparación de ingreso bruto de los diferentes tratamientos

Tratamiento	Rdt. Ajuste al 15% (plt/trat.)	Precio Bs/plt.	Beneficio Bruto (Bs/trat.)
T1	345,95	3	1037,85
T2	466,65	3	1399,95
T3	341,7	3	1025,1
T4	409,7	3	1229,1

En el Cuadro 8, se muestra en la primera columna los diferentes tratamientos pre-germinativos, en la segunda columna se muestra el rendimiento ajustado al 15% de los diferentes tratamientos en plantines de molle, con el fin de reflejar el rendimiento experimental y que el productor podría obtener con la implementación de los tratamientos. En la tercera columna se definió el precio de venta promedio comercializado en mercados dependiendo del tamaño de Bs. 3 por cada plantín de molle.

Y en la última columna se muestran los valores del ingreso bruto obtenidos por el rendimiento y precio de cada plantín producido, con un ingreso mayor del Tratamiento 2 con Bs/trat. 1399,95 y con el menor ingreso de Bs/trat. 1025,1 por el Tratamiento 3.

4.7.2. Beneficio neto

Cuadro 9. Comparación de ingresos netos de los diferentes tratamientos

Trat.	Rendimiento (plt/trat.)	Rdt. Ajuste al 15% (plt/trat.)	Precio Bs/plt	Costo de producción (Bs/trat.)	Beneficio Bruto (Bs/trat.)	Beneficio Neto (Bs/trat.)
T1	407	345,95	3	564	1037,85	473,85
T2	549	466,65	3	559	1399,95	840,95
T3	402	341,7	3	624	1025,1	401,1
T4	482	409,7	3	604	1229,1	625,1

En el Cuadro 9, se muestra en la segunda columna los promedios de rendimiento plantas por tratamiento de los diferentes tratamientos pre-germinativos con el valor más alto fue el Tratamiento 2 con 549 plt/trat. de la presente investigación, en la tercera columna se observa los rendimientos ajustados a un 15%, ya que el manejo fue dedicado pero se presentaron perdidas no significativas de plantines por enfermedades. Al respecto el CIMMYT (1988) como regla general aplica un ajuste del 5 al 30% en el rendimiento, en la cuarta columna se puede observar el precio estándar y en la quinta columna los costos de producción (Bs/trat) de los tratamientos, donde el T1 tiene un costo de Bs. 564, T2 con un costo de Bs. 559, T3 con un costo de Bs. 624 y T4 con un costo de Bs. 604.

De acuerdo a la última columna se puede apreciar que el T2 con un ingreso bruto de Bs/trat. 1399,95; el cual indica que el tratamiento es rentable en la producción de plantines de molle (*Schinus molle* L.) y en la séptima columna la más importante porque muestra el beneficio neto, donde se muestra que el Tratamiento 2 con Bs/trat. 840,95 se obtuvo el valor más alto en el ingreso neto, seguido por el T4 con Bs/trat. 625,1 y por último el T3 con Bs/trat. 401,1.

4.7.3. Relación Beneficio / Costo

Cuadro 10. Relación B/C de los tratamientos

Tratamiento	Ingreso Bruto (Bs/trat.)	Costo de producción (Bs/trat.)	Ingreso Neto (Bs/trat.)	Beneficio/Costo (B/C)
T1	1037,85	564	473,85	1,84
T2	1399,95	559	840,95	2,50
T3	1025,1	624	401,1	1,64
T4	1229,1	604	625,1	2,03

En el Cuadro 10, se aprecia que el mayor B/C obtenido fue del Tratamiento 2, con un resultado de 2.50, es decir que por cada Bs. 1 invertido en este tratamiento, se gana Bs. 1,50 por cada planta. El tratamiento que posee un menor B/C es el Tratamiento 3, con un resultado de 1.64, es decir que de cada Bs. 1 invertido en este tratamiento, se gana Bs. 0,64. Cabe mencionar que todos los tratamientos presentaron un beneficio/costo mayor a 1, por lo que podemos deducir que todos los tratamientos son rentables.

4.7.4. Análisis de dominancia de los tratamientos pre-germinativos.

Cuadro 11. Análisis de dominancia

Tratamiento	Costo de producción (Bs/trat.)	Ingreso Neto (Bs/trat.)	Dominancia
T2	559	840,95	No dominado
T1	564	473,85	Dominado
T4	604	625,1	No dominado
T3	624	401,1	Dominado

Se observa en el Cuadro 11, que los tratamientos se encuentran ordenados de menor a mayor según los costos de producción (Bs/trat.), los tratamientos no dominados es decir con mayor beneficio neto y menor costo, resultaron en Tratamiento 2 de 549 (plat/trat.) y Tratamiento 4 de 482 (plat/trat.); donde se obtiene mayor beneficio con la aplicación de estos tratamientos pre-germinativos en semillas de molle (*Schinus molle* L.) en la producción de plantines. El Tratamiento 1 y Tratamiento 3 son dominados por presentar altos costos en la aplicación de los tratamientos pre-germinativos.

Con respecto el CIMMYT (1988) señala cuando se tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos más altos entonces se trata de un tratamiento dominado y cuando se tiene beneficios netos mayores a las de un tratamiento por presentar costos bajos son tratamientos no dominados.

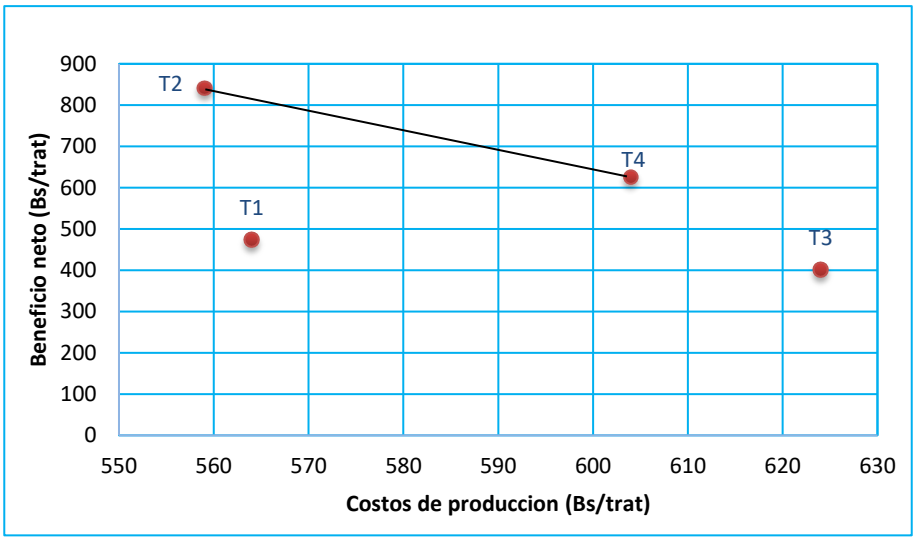


Figura 16. Curva de beneficios netos

En la Figura 16, se observa los beneficios netos aumentan la cantidad invertida en los tratamientos no dominados (T2 y T4), mientras que en los tratamientos dominados (T1 y T3), están situados por debajo de la curva de beneficios netos.

4.7.5. Análisis de tasa de retorno marginal de costos

Cuadro 12. Análisis de tasa de retorno marginal de costos

Tratamiento	Costo de producción (Bs/trat.)	Costo marginal	Beneficio Neto (Bs/trat.)	Beneficio marginal	Tasa de retorno marginal (%)
T2	559	45	840,95	21585	47,97
T4	604		625,1		

En el Cuadro 12, se muestra una tasa de retorno marginal de 47,97%, que significa que el beneficio neto aumenta 47 veces con relación al incremento de costos en los tratamientos, significa que por cada un boliviano invertido se recupera el Bs 1 más Bs 0,47 adicionales, el cual demostró que el tratamiento 2 es rentable, esta aplicación de tratamiento pre-germinativo sería aceptable para la producción de plantines de molle. La tasa de retorno marginal indica lo que se puede ganar o perder en promedio con una inversión, como los beneficios netos de una inversión aumentan al incrementar una cantidad (Quenallata, 2008).

5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados en el presente estudio y los resultados obtenidos permite sustentar las siguientes conclusiones:

- Con respecto a aplicación de los tratamientos pre-germinativos el más adecuado para el porcentaje germinación de las semillas de molle fue el remojo en agua a temperatura ambiente durante 72 horas, con el mejor resultado del 89% de germinación, el cual está en los rangos permitidos comúnmente en forestales.

- Al terminar la investigación se pudo contabilizar las plántulas emergidas de molle, dado que en un período de 94 días se obtuvo un mayor porcentaje de emergencia con un promedio de 81,84% con remojo de semillas en agua a temperatura ambiente.

- En cuanto al efecto de la aplicación de los tratamientos pre-germinativos en semillas de molle se obtuvo buenos resultados con el remojo de semillas en agua a temperatura ambiente durante 3 días, fue esencial en la determinación de la imbibición y posterior activación de los procesos metabólicos que permitieron el crecimiento y desarrollo del embrión de las semillas de molle.

- En la variable agronómica altura de planta, el remojo de semillas en agua a temperatura ambiente durante 72 horas debido a una rápida germinación tuvo el mejor desarrollo de crecimiento de los plantines de molle, alcanzando el valor de 10,43 cm, y el remojo de semillas en agua caliente a 85 °C por 3 minutos obtuvo menor altura de planta con 9,34 cm.

- Con relación al número de hojas, los resultados obtenidos en la investigación se pueden afirmar que no existe diferencias entre los cuatro tratamientos pre-germinativos aplicados en semillas de molle (*Schinus molle* L.) dado que presentaron valores similares.

- Con respecto a la aplicación del ácido giberélico posibilitó un adecuado crecimiento de la longitud de la raíz al influir en el alargamiento celular de la planta, obteniendo una mayor longitud de 12,49 cm mostrando una superioridad a diferencia de los otros tratamientos aplicados.

- En cuanto a la relación Beneficio/Costo se obtuvo un resultado mayor a 1, significando que se recupera la inversión con la aplicación de semillas remojadas en agua a temperatura ambiente durante 72 horas; se genera una ganancia de Bs. 2,50 es decir que por cada Bs. 1 invertido de obtiene Bs. 1,50 en la producción por cada unidad de plantines de molle.

6. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados y conclusiones obtenidas del trabajo de investigación, se pueden formular las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda remojar semillas de molle en agua a temperatura ambiente durante 72 horas para romper la latencia de las semillas y así puedan emerger con rapidez.

- Con respecto a la utilización del ácido giberélico se sugiere investigar diferentes dosis, para que pueda permitir inducir, acelerar e incrementar la germinación de semillas.

- Se sugiere realizar otros estudios relacionados con la investigación, referidos a la aplicación de tratamientos pre-germinativos para la ruptura de la dormancia y que permitan acelerar la germinación de las semillas de molle (*Schinus molle* L.).

- Recomendar el sustrato utilizado en la investigación, con los componentes (3 tierra del lugar; 4 turba; 2 arena; 1 estiércol de ovino), ya que presentaron buenos resultados en el desarrollo de la raíz.

- Se recomienda la producción de plantines de molle por sus cualidades medicinales y beneficios para el medio ambiente.

- Se recomienda forestar con árboles de molle en la región del altiplano por su facilidad de adaptación y resistencia edafoclimática.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arteaga, M. 2022. Análisis de cuatro sustratos y dos tratamientos pre-germinativos para propagación sexual de (balsa) *Ochroma pyramidale* (Cav ex. Lam.) Urb. en el vivero forestal, provincia de Orellana. Tesis Ing. Forst. Riobamba, Ecuador. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo. 69 p.

Ayala, A. 2011. Establecimiento de cultivo in vitro de molle (*Schinus molle* L.) a partir de yemas axilares tomadas de plantas madre como una herramienta para la propagación de la especie en el distrito metropolitano de Quito. Tesis Ing. en Biotecnología. Sangolquí, Ecuador. Escuela Politécnica del Ejército. 172 p.

Aruquipa, R. 2000. Determinación química de las aptitudes de la madera y hojas de jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*), molle (*Schinus molle*), sangre de grado (*Croton sp.),* soto (*Schinopsis haenkeana*) y tibouchina (*Tibiouchina sp.).* Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz , Bolivia. UMSA. 130 p.

Bautista, A. 2020. "Obtención de aceite esencial de molle (*Schinus molle* L.) y su evaluación antifúngica sobre *Colletotrichum* spp. in vitro". Tesis Ing. Agroindustrial y Comercio Exterior. Pimentel, Perú. Universidad Señor de Sipan. 65 p.

Bolaños, A. 2014. Evaluación de la influencia potencial de tres especies: tunal (*Opuntia ficus-indica* L.), chacatea (*Dodonea viscosa* Jacq.) y molle (*Schinus molle* L.) sobre las propiedades edáficas dentro de un sistema agroforestal en Combuyo -Vinto. Tesis Lic. Ingeniera Ambiental. Cochabamba, Bolivia. UCB "San Pablo". 169 p.

Bravo, P. 2019. Determinación de la actividad insecticida, repelente y anti alimentaria del aceite esencial del molle (*Schinus molle* L*.)* en trips (*Frankliniella occidentalis*). Tesis en Biotecnología de los Recursos Naturales. Cuenca, Ecuador. UPS. 75 p.

Bulnes, F; Orrego M; Terán, A. 2017. Árboles y palmeras del vivero forestal: características, requerimientos y recomendaciones de 40 especies para la arboricultura urbana. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.

Barbuy, M; Rodríguez, A; Cordes. (2019). Caída de almácigos "*Damping off*" en garbanzo. (en línea). Buenos Aires, Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (Consultado 23 febrero 2024). Disponible en:

https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/6413/inta_cartilla_pv-_damping_off_en_garbanzo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Carrere, R. 2009. Anacahuita (*Schinus molle* L.), La Indígena más Popular. Colección del grupo guayubira sobre especies indígenas N° 15. Montevideo, Uruguay. 26 p.

Carrión, A. 2010. Propagación botánica de *Schinus molle* L. en diferentes tipos de sustrato. Tesis Ing. en Ciencias Forestales y del Ambiente. Huancayo, Perú. Universidad Nacional Del Centro Del Perú. 93 p.

Caroca, R; Zapata, N; Vargas, M. 2016. Efecto de la temperatura sobre la germinación de cuatro genotipos de maní (*Arachis hypogaea* L.). Chilean journal of agricultural and animal sciences, Chile. Consultado 13 de febrero de 2024. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-38902016000200002

CIMMYT, (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México D. F. 86 p.

Cuéllar, S; Rodríguez, A; Arroyo, J; Espinoza, S; Larrea, D. 2012. Mapa de deforestación de las tierras bajas y los yungas de Bolivia 2000-2005-2010. Proyección Sistema de Coordenadas Geográficas, Datum WGS84. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia: Fundación Amigos de la Naturaleza (FAN). 2 p.

Chamayo, C. 2023. Efecto de los sustratos orgánicos en la calidad de plantones de tres especies forestales en Tingo María, Perú. Tesis Ingeniero en conservación de suelo y agua. Tingo Mari, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 94 p.

Chuquimia, R. 2014. Comportamiento agronómico del chilo (*Physalis peruviana*) en relación al estiércol de ovino. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz, Bolivia. UMSA. 19 p.

Cajilema, K. y Quispe, E. 2019. Industrialización de las semillas del molle (*Schinus molle* L.) para la elaboración de pimienta blanca y rosada. Tesis Lic. Ingeniero Agroindustrial. Latacunga, Ecuador. Universidad Técnica de Cotopaxi. 121 p.

Clavijo, J. 2008. Sustratos. Universidad de Almería. Editorial servicio de publicaciones. 128 p.

Díaz, A. 2019. Identificación, Aspectos morfológicos y fenológicos de las especies forestales nativas en el valle de Cajamarca Tesis Lic. Ingeniero Forestal. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. 111 p.

Díaz, P. 2013. Agua oxigenada y germinación de semillas. (en línea). Consultado 12 agost. 2023. Disponible en: https://cienciacebas.wordpress.com/2013/02/28/agua-oxigenada-y-germinacion-de-semillas/

Díaz, M. 2011. Detección e identificación de especies de *Phytophthora* y *Pythium* en viveros de plantas ornamentales. Tesis Lic. Maestra en Ciencias Biológicas. Morelia, Michoacán. Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. 88 p.

Doria, J. 2010. Generalidades sobre las semillas: su producción conservación y almacenamiento. Cultivos tropicales. (en línea). Consultado 25 jul. 2023. Disponible en: https://doi.org/10.1016/S0168-6496(98)00035-X. 10 p.

Eyzaguirre, A. 2011. Mundo Forestal. Arbolado Urbano. Primer Congreso Internacional Urbano de Chile. Santiago – Chile. 27 p.

Espinoza, R. 2014. Efecto de dos tratamientos pre-germinativos y tres niveles diferentes de sustratos en la germinación de pino (*Pinus radiata* Don.). Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz, Bolivia. UMSA. 112 p.

FAO, (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2010. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*. Schinus molle* Recuperado de: http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/redes/sisag/arboles/chi-schi.htm

FAO, (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2008. Guía Ilustrada sobre el Estado de Salud de los Árboles. Reconocimiento e Interpretación de Síntomas y Daños. (OIRSA) Organización Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. San Salvador, El Salvador. ASA PRINTING. 7 p.

Fabian, V. 2016. Efecto de tres abonos orgánicos líquidos, aplicados en el suelo en el cultivo de canonigo (*Valieranella locusta*), en ambiente atemperados en la ciudad de El Alto. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz-Bolivia. UMSA. 98 p.

Fernández, R. 2000. Siembra directa de nueve especies nativas y exóticas arbóreas y arbustivos en el Parque Nacional Tunari. Tesis Lic. Ing. Forest. Cochabamba – Bolivia. UMSS. 83 p.

Fossati, J. y Olivera, T. 1996. Programa de redoblamiento – forestal. Prefectura de inter cooperación. COTESU. 2 ed. Sustratos en Viveros Forestales. Cochabamba, Bolivia. 25 p.

Fuente de permacultura. *Schinus molle*. Disponible en: https://fuentedepermacultura.org/fichas-de-especiesvegetales/schinus-molle/

Gallegos, L., 2005. Descripción y manejo de plagas y enfermedades en el arbolado urbano de la comuna de la Reina. Tesis Ing. Forest. Santiago, Chile. Universidad de Chile. 122 p.

García, N. y Ormazabal, C. 2008. Árboles Nativos de Chile. Santiago, Chile. Enersis. 196 p.

Gaztón, C. 2017. Estudio de la germinación de dos especies de *Teucrium* protegidas en la región de Murcia. Ing Forest. Cartagena. Universidad Politécnica De Cartagena. 62 p.

Goitia, A. 2003. Manual de dasonomía y silvicultura. Texto UMSA-Facultad de Agronomía. (ed.) La Paz, Bolivia. 159 p.

Goitia, L. A. 2008, Dasonomía y Silvicultura. La Paz, Bolivia. 300 p.

Goitia, L. 2011. Dasonomía y Silvicultura. Manual Preliminar de Prácticas. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz – Bolivia. 30 – 38 p.

Goitia, L. 2012. Manual Preliminar de Prácticas, Dasonomía y Silvicultura. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz – Bolivia. 159 p.

Guarachi, E. 2011. Balance Hídrico en el cultivo de papa bajo condiciones de drenaje mixto en Suka kollus. Tesis Lic. Ing. Agr. UPEA. La Paz, Bolivia. 93 p.

Herrera, J; Alizaga, R; Guevara, E; y Jiménez, V. 2006. Germinación y crecimiento de la planta. San Jose: editorial universidad de costa rica. 24 p.

Huaynoca, C. 2020. Evaluación de los efectos de tres tratamientos pregerminativos y tres combinaciones de sustrato en molle (*Schinus areira* L.) en el macro-distrito de Cotahuma-La Paz. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz, Bolivia. UMSA. 48 p.

Kameswara-Rao, N; Hanson, J; Ehsan-Dulloo, M; Ghosh, K; Nowell, D; Larinde, M. 2007. Manual para el manejo de semillas en bancos de germoplasma. Manuales para bancos de germoplasma. Biodiversity international. USA. 165p

Juárez, C. 2011. Producción de planta forestal en dos viveros tecnificados del estado de Tamaulipas 2008 – 2009. Tesis de Grado. Universidad Autónoma Chapingo. Tamaulipas, México. 8-9 p.

Lara, R. 1988. Manual de dendrología boliviana. Centro de investigaciones de la capacidad de uso mayor de la tierra aporte de COTESU (Corporación Técnica Suiza). La Paz, Bolivia. 269 p.

López, J; Jiménez, G; Reyes, B. 1986. Algunos antecedentes sobre cosecha, procesamiento y dimerización de varias especies nativas. Revista Chile Forestal. Documento técnico N° 14 y 15. Santiago, Chile.

Lojan, L. 1992. El verdor de Los Andes. Árboles y arbustos nativos para el desarrollo forestal altoandino. Quito : Proyecto Desarrollo Forestal Participativo en los Andes (DFPA). EC. 217 p.

Llanos, S. 2012. Extracción y caracterización del aceite esencial de molle (*Schinus molle* L.). Tesis Ing. en Industrias Alimentarias. Tacna, Perú. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. 196 p.

Magne, R. 2018. Caracterización dendrologica y física de la semilla de dos especies de árboles forestales, molle (*Schinus molle*) y fresno (*Fraxinus excelsior*). Tesis Lic Ing. Agr. La Paz, Bolivia. UMSA. 10 p.

Mamani, N. 2014. Evaluación del lilium *(Lilium sp*.) con la aplicación de diferentes niveles de biol en ambiente controlado del Centro Experimental Kallutaca. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz, Bolivia. UPEA. 107 p.

Manual de Vivero, 2018. Consultado 15 jul. 2023. Disponible en: https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.p hp/40611/mod_resource/content/1/020000_Manual_de_Vivero.pdf. 178 p.

Mascot, E. 2020. Semillas de cáctaceas: factores internos y externos que influyen en su germinación, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica. San Luis - Potosi. 22 p.

Mateo, J; Bonifacio, R; Pérez S; Mohedano, L; Capulín, J. 2011. Producción de (*Cedrela odorata* L.), en sustrato a base de aserrín crudo en sistema tecnificado en tecpan de galeana. Guerrero, México. Ra Ximhai 7(1): 123-132.

Medina, L. 2022. Fenología de las especies leñosas del campus de la Universidad Nacional de Cajamarca. Tesis Lic. Ingeniero Forestal. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. 165 p.

Méndez, J. y Cárdenas, P. 2009. Implementación de buenas prácticas ambientales, agroforestales y productivas. Cobija, Pando - Bolivia. 35 p.

Mendoza, D. 2015. Aplicación de dos tratamientos pre-germinativos y componentes de sustrato en la germinación de semillas de molle (*Schinus molle* L.) en viveros de Cota Cota. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz, Bolivia. UMSA. 9 p.

Móstiga, M. 2014. Prospección y evaluación de los insectos y ácaros perjudiciales en especies forestales del campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Tesis Ing. Forst. Lima, Perú. UNALM. 168 p.

Moñocopa, L. 2012. Adaptabilidad de veinticinco líneas de trigo harinero (*Triticum aestivum*) en condiciones del altiplano norte del departamento de La Paz. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz, Bolivia. UPEA.

Morales, L. y Noli, A. 1997. Algunas Especies Forestales Nativas como Recursos de los Campesinos Andinos de Bolivia. VII Encuentro Regional del Grupo de Trabajo sobre Especies Forestales Nativas Andinas. Cochabamba, Bolivia. 52 - 64 p.

Morales, H. 2009. [En línea]: Plantas Medicinales: *Schinus molle* Linneo - [Fecha de consulta: 31 de noviembre de 2023]. Disponible en: http:/ /aceiteesencialdemolle.blogspot.com/

Monroing, M. 2018. Manual para la propagación del cafeto. Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico. 18 p.

Mostacero, J; Castillo, F; Mejía, F; Gamarra, O; Charcape, J; Ramírez, R. 2011. Plantas Medicinales del Perú: Taxonomía, Eco geografía, Fenología y Etnobotánica. Asamblea Nacional de Rectores-instituto de Estudios Universitarios “José Antonio Encinas”. ISBN: 978-612-4011-59-7. Trujillo, Perú. 909 p.

Navarro, R. y Gálvez, C. 2001. Manual para la identificación y reproducción de semillas de especies vegetales autóctonas de Andalucía. Sevilla, España. 120 p.

Navarro, M; Febles, G; Verena, T. 2012. Bases conceptuales para la estimación del vigor de las semillas a través de indicadores del crecimiento y el desarrollo inicial. Pastos y Forrajes 35(3): 233-246.

Nina, M. 1999. Especies Forestales potenciales para plantaciones en Bolivia. Serie Técnica II. Proyecto de coordinación e implementación del plan de acción forestal para Bolivia (FAO-GCP/BOL/028/NENT). La Paz, Bolivia. Graficas Sagitario. 144 p.

Niembro, R. 1983. Semillas de Árboles y Arbustos, Ontogenia y Estructura. Chapingo, México D. F. Limusa. 285 p.

Núñez, A. 2009. Turba y zeolita como soportes de inoculantes microbianos con acción fertilizante, ICIDCA. Redalyc XLIII. 3:22-27. 25 p.

Ochoa, R. 2016. Diseños experimentales. 2 ed. La Paz, Bolivia. 386 p.

Orellana, G. 2014. Prospección y evaluación de síntomas y signos de enfermedades en especies forestales del campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Tesis Ing. Forest. Lima, Perú. UNALM. 251 p.

Orozco, M. 2013. Evaluación de la actividad cicatrizante de un gel elaborado a base de los extractos de molle (*Schinus molle*), cola de caballo (*Equisetum arvense* L.), linaza (*Linus usitatissimum* L.) en ratones (*Mus musculus*). Tesis Bioquímico Farmacéutico. Riobamba, Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 142 p.

Ossio, A. 2010. Determinación 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. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz, Bolivia. UMSA. 93 p.

Osorio, J. 2015. *Schinus molle* "molle". (en línea). Consultado 2 oct. 2023. Disponible en: https://jardinbotanicoffybb.jimdofree.com/clasificaci%C3%B3n-por-nombre-cient%C3%ADfico/*schinus-molle*/

Parra, A. 2017. Efectos de tres niveles de sustrato y de tratamientos germinativos en semillas del molle (*Schinus molle* L.) en Cota Cota-La Paz. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz, Bolivia. UMSA. 108 p.

Portal Frutícola, 2019. Oídio en lechuga: Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades. (en línea). Consultado 1 sep. 2023. Disponible en: https://www.portalfruticola.com/noticias/2019/07/01/oidio-en-lechugamanejo-integrado-de-plagas-y-enfermedades/

Pérez, F. 2017. Morfogénesis, crecimiento y desarrollo. Pucallpa, Perú. Universidad Nacional de Ucayali. 382 p.

Perú Ecológico. 2016. Molle (*Schinus molle* L.); pimienta del Perú. Consultado el 01/12/2023. Disponible en http://www.peruecologico.com.pe/flo_molle_1.htm.

Prieto, J; Vera G; Merlín E. 2003. Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero. Folleto Técnico Núm. 12. Primera reimpresión. Campo Experimental Valle del Guadiana-INIFAPSAGARPA. Durango, México. 24 p.

Prieto, J; García, J; Mejía, J. 2009. Producción de planta de género *Pinus* en vivero en clima templado frío. Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), 53 p.

Quiroz, I; Chung, P; García, E. 2009. Vivero forestal: producción de plantas nativas a raíz cubierta. Santiago, Chile: INFOR. Disponible en : https://doi.org/10.52904/20.500.12220/17366

Quiroz, J. 2019. Efecto del ácido giberélico en la germinación de semilla de *Hieronyma asperifolia* Pax & K. Hoffm. (Chupica). Tesis Ing. Forst. Jaen - Perú. Universidad Nacional De Cajamarca. 69 p.

Quispe, J. 2009. Evaluación de seis tratamientos pre germinativos y cuatro tipos de sustrato para la propagación de Arupo (*Chionanthus pubescens* Kunt). Tesis Lic. Ing. Forst. Riobamba - Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 147 p.

Quispe, J. 2014. Estudio de tres tratamientos pregerminativos y aplicación de cuatro concentraciones auxínicas, para la producción de plántulas de molle (*Schinus molle* L.) en el distrito de Socabaya, Arequipa. Tesis Ing. Agr. Monquegua, Perú. Universidad Jose Carlos Mariategui. 120 p.

Quiroz, I; García, E; González, O; Chung Guin, P; Soto, H. (2009). Vivero Forestal: producción de plantas nativas a raíz cubierta. Santiago, Chile. Consultado 1 diciembre 2023. Disponible en: https://doi.org/10.52904/20.500.12220/17366

Quenallata, J. 2008. Aplicación de técnicas pre-germinativos en semillas de teca (*Tectona grandis* L.) en Sapecho – La Paz. Tesis Lic. Ing. Agr. UMSA. La Paz, Bolivia. 114 p.

Ramírez, M. 1988. Efectos de dos métodos de siembra en almácigo y siete tratamientos pre germinativos sobre la emergencia de semillas de pirú (*Schinus molle* L.). Tesis Biólogo. México D.F. Universidad Nacional Autónoma de México. 37 p.

Reynel, C. y Marcelo, J. 2009. Árboles de los Ecosistemas Forestales Andinos. Manual de Identificación de Especies. Programa Regional ECOBONA – INTERCOOPERATION. Lima, Perú. 121 p.

Riveros, C. 2015. Efecto de dos sustratos y dos tratamientos pre-germinativos en la germinación de pino (*Pinus radiata* D.) y eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill), en el Municipio de Chuma – La Paz. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz, Bolivia. UMSA. 82 p.

Rodríguez, M; Colan de la Vega, X; Jeanpierre, J; Montoya, A; Cipra, J. 2020. Anatomía de la madera *Schinus molle* L. con tumoraciones en zonas urbanas. Investigación de Agro producción Sustentable. 4(1): 62-72.

Rodríguez, M. 2008. Guía Manual de Especies Forestales. México. 952 p.

Rondón, R. 2021. *Schinus molle* L. como fitorremediador en la bioacumulación de plomo. Santa Cruz, Bolivia. UNC. 86 p.

Rojas, L. y Vera, Z. 2018. Identificación y reconocimiento de traqueidas fibras y poros en *Schinus molle* L. Universidad Nacional del Centro del Perú. 7 p. Disponible en: https://es.scribd.com/document/408426929/Schinus-Molle

Sáenz, J; Muñoz J; Pérez C; Rueda A; Hernández J. 2014. Calidad de planta de tres especies de pino en el vivero "Morelia", estado de Michoacán. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 5 (26): 98-111.

Sahua, J. y Sofia, N. 2017. Diversidad liquenbiota de las lomas de tacahuay en el departamento de Tacna. Tesis Biólogo – Microbiólogo. Tacna, Perú. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. 103 p.

Sánchez, R. 2011. Estrategias Locales de Uso y Manejo de Especies Nativas – Kewiña (*Polylepis besseri* Hierón), T´ola (*Baccharis dracunculifolia* D.C.) y Molle (*Schinus molle* L.) en la Comunidad de Tres Cruces, Tapacarí, Cochabamba. Tesis Lic. Ing. For. Cochabamba – Bolivia. UMSS. 164 p.

Sánchez, J. 2014. Familia Anacardiaceae. (en línea). Consultado 10 sep. 2023. Disponible en: http://www.arb olesornamentales.es/familias.htm.

Salazar, R. 2001. Manejo de semilla de 100 especies forestales de América. Turrialba, Costa Rica: Proyecto de semillas forestales-PROSEFOR. Ed. Denida Forest Seed Centre.

Sierra, J. 2005. Fundamentos para el establecimiento de pasturas y cultivos forrajeros. 2 ed. Universidad de Antioquia. Colombia. 244 p.

Solorzano, C. 2005, Manual Básico para viveristas del bosque seco. Guayaquil – Ecuador. (en línea). Consultado 30 de noviembre 2023. Disponible en: https://issuu.com/franciscoguzmanalday/docs/manual_viveros_bs

Stadler-Kaulich, N. 2010. Producir en mismo tiempo de proteger los recursos naturales en el valle de Cochabamba. (en línea). Consultado 11 jul. 2023. Disponible en:<http://ecosaf.org/informenoemi/Caracteristicas.MOLLESNEJTA_Abril.2010.pdf > (06/03/2013).

Terés, V. (2001). Relaciones aire-agua en sustrato de cultivo como base para el control de riego. Metodología de laboratorio y modelización. Universidad Politécnica de Madrid. Tesis doctoral

Trujillo, E. 1989. Fundamentos para el Manejo de Semillas, Viveros y Plantación Inicial. Reproducción Sexual y Vegetativa. Ed. Guadalupe. Bogotá – Colombia. 150 p.

Urbina, J. 2016. Uso de sustratos en contenedores una práctica común en la horticultura ornamental. (en línea). Consultado 26 jul. 2023. Disponible en: https://www.academia.edu/28835438/SUSTRATOS.

Vaca, M. y Flores S. 2009. Alternativas de protección de suelos en cuatro sitios de la micro cuenca Yahuarcocha utilizando tres especies nativas, acacia *Macracantha* H.&B., *Caesalpinia spinosa* M.&K. y *Schinus molle* L. en zanjas de Infiltración. Tesis Ing. en Recursos Naturales Renovables. Ibarra, Ecuador. Universidad Técnica del Norte. 114 p.

Varela, S. y Aparicio A. 2010. Latencia y germinación de semillas: tratamientos pre germinativos (en línea). Cuadernillo nº 3. INTA. (en línea). Consultado 2 sep. 2023. Disponible en: https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Latenciaygerminaci%C3%B3nde semillas.pdf

Vera, O; Herebia, O; Rodríguez, C; Sampietro, J; Almeida, A; Schmidt, F; Kratz, D; Leguizamón, C; Britos, C; Boldrini, S; Grabowski, C; Soilan, L; Gizele, F; Elias, L; Barua, H; Brun, E; Benítez, A. 2021. Viveros forestales urbanos: construcción y manejo. 1 ed. Asunción, Paraguay. 132 p.

Zapana, C. 2013. Efecto de dos tipos de sustrato y tratamientos pre germinativos para malva (*Malva sp*.) en el vivero forestal de Cota Cota. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz, Bolivia. UMSA. 36 p.

Winter, U. 1991. " Especies arbóreas autóctonas de la cuenca del rio Tapacari (Dep . Cochabamba/Bolivia) ". Informes Ecológicos , Tomo 2, Ed . Dr . Andreas Schulte / ECO Cochabamba , Bolivia.

8. ANEXOS

Anexo 1. Compra de semillas de molle (*Schinus molle* L.).

Anexo 2. Construcción de las cajas de almácigo para la investigación.

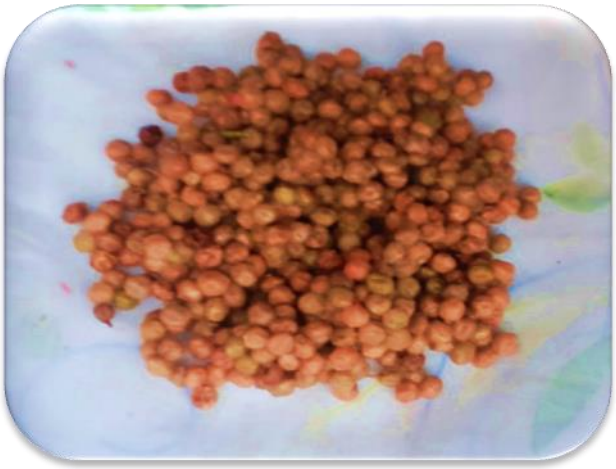
Anexo 3. Cubrimiento de las cajas de almácigo con nylon negro y perforado.

Anexo 4. Preparación del sustrato para la investigación.

Anexo 5. Desinfección del sustrato con formol.

Anexo 6. Prueba de flotación y división de las semillas de molle.

Anexo 7. Tratamiento 1 (Remoción mecánica total de las semillas manualmente, testigo).



Anexo 8. Tratamiento 2 (Remojo de semillas en agua a temperatura ambiente durante 72 horas).

Anexo 9. Tratamiento 3 (Remojo de semillas en agua caliente a 85 °C por 3 minutos).

Anexo 10. Tratamiento 4 (Remojo de semillas en ácido giberélico 100 ppm durante 24 horas).

Anexo 11. Siembra de semillas de molle en hileras.

Anexo 12. Protección del sustrato con paja.

Anexo 13. Colocado de letreros y protección con malla semisombra de las almacigueras.

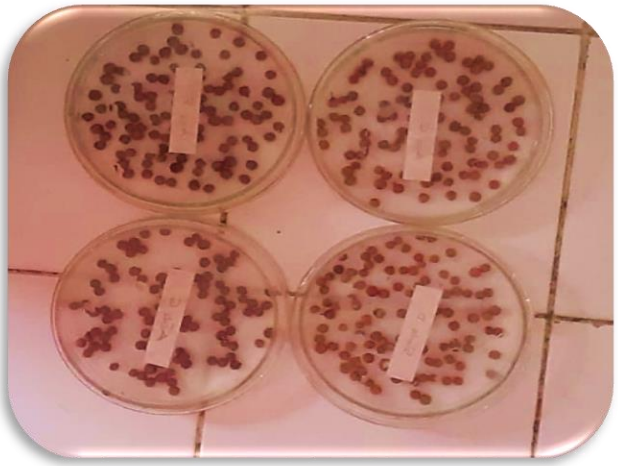
Anexo 14. Emergencia de las plántulas de molle a los 30 días.

Anexo 15. Emergencia de plántulas de molle a los 94 días.

Anexo 16. Colocado de las etiquetas para la identificación de las muestras.

Anexo 17. Riego y deshierbe de las unidades experimentales.

Anexo 18. Prueba del porcentaje de germinación en laboratorio.



Anexo 19. Medición de la altura de planta (cm).

Anexo 20. Conteo del número de hojas por planta.

Anexo 21. Medición de la longitud de la raíz (cm).