

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



**TESIS DE GRADO**

**EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE PINO LIMÓN (*Cupressus macrocarpa*) CON TRES TIPOS DE SUSTRATOS Y DOS HORMONAS ENRAIZADORAS EN EL VIVERO SANTIAGO I DEL GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE EL ALTO.**

Por:

**Maritzabel Meneses Carvajal**

**EL ALTO – BOLIVIA**

**Diciembre, 2024**

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

**EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE PINO LIMÓN (*Cupressus macrocarpa*) CON  
TRES TIPOS DE SUSTRATOS Y DOS HORMONAS ENRAIZADORAS EN EL  
VIVERO SANTIAGO I DEL GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE EL ALTO.**

*Tesis de Grado presentado  
como requisito para optar el Título de  
Ingeniera Agrónoma*

**Maritzabel Meneses Carvajal**

**Asesores:**

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

Ing. Iván Tancara Catacora .....

**Tribunal Revisor:**

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

M. Sc. Lic. Ing. Ciro Raúl Quiape Callocosi .....

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

**Aprobada**

Presidente Tribunal Examinador .....



**DEDICATORIA:**

*A mis padres Julio Meneses y Lurdes Carvajal por ser mis formadores y mentores principales de mis principios y valores, con su apoyo, paciencia, cariño y esfuerzo me permitió alcanzar mis metas.*

*A mis queridos hermanos: Yesenia, Miriam, Nohelia, Jhaquelinne, Erick Meneses y amigos por brindarme su apoyo moral y material incondicional en todo momento para la conclusión del presente trabajo de investigación.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por darme la oportunidad de vivir esta experiencia llena de oportunidades, por regalarme salud y vida para alcanzar mi tan anhelo.

A mis padres que supieron comprender el esfuerzo que requerí para poder realizar este paso en la vida. A la vez dar gracias por el espacio físico para realizar este trabajo en el vivero del Gobierno Autónomo Municipal de El Alto y a la Dirección de Áreas Verdes y Forestación.

A la Carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto por la enseñanza impartida y ser pilar fundamental en mi formación profesional.

A mis asesores: Ing. M. Sc. Ramiro Raúl Ochoa Torrez e Ing. Iván Tancara Catacora, por el tiempo dedicado en el presente trabajo de investigación, por su apoyo incondicional y haber transmitido sus conocimientos y experiencias desinteresadamente para realización y culminación del presente trabajo.

A los Sres. del tribunal examinador: M. Sc. Lic. Ing. Luis Fernando Machicao Terrazas, M. Sc. Lic. Ing. Ciro Raúl Quiape Callocosi e Lic. Ing. Laoreano Coronel Quispe por la labor de guiar el camino correcto de este trabajo con sus aportes en conocimiento.

A todos mis compañeros y amigos, con quienes compartí momentos inolvidables, y agradecerles por todo su apoyo que me dieron.

## CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS .....	i
ÍNDICE DE CUADROS .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vi
ÍNDICE DE ANEXOS .....	vii
ABREVIATURAS .....	viii
RESUMEN .....	i

## ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Planteamiento del problema .....	2
1.3. Justificación .....	3
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo general .....	3
1.4.2. Objetivos específicos .....	3
1.5. Hipótesis.....	4
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	5
2.1. Coníferas .....	5
2.2. Características botánicas de las coníferas .....	5
2.3. Origen y distribución .....	7
2.4. Problemas de conservación de coníferas .....	7
2.5. Genero <i>Cupressus</i> .....	8
2.6. Origen y generalidades del <i>Cupressus macrocarpa</i> .....	8
2.7. Requerimientos ambientales del <i>Cupressus limón</i> .....	9
2.7.1. Luz.....	9

2.7.2.	Humedad .....	9
2.7.3.	Riego .....	9
2.7.4.	Suelo.....	9
2.8.	Enraizado en <i>Cupressus limón</i> .....	10
2.9.	Clasificación taxonómica del <i>Cupressus macrocarpa</i> .....	10
2.10.	Propagación vegetativa.....	10
2.11.	Importancia de la propagación vegetativa .....	11
2.12.	Sustrato .....	12
2.12.1.	Desinfección del sustrato .....	13
2.12.2.	Textura de sustratos .....	13
2.12.3.	Características del sustrato ideal .....	13
2.12.4.	Tipos de sustratos.....	14
2.12.4.1.	Turba.....	15
2.12.4.2.	Tierra negra.....	16
2.13.	Planta madre .....	17
2.14.	Enraizado de esquejes .....	17
2.15.	Instalación para la propagación vegetativa .....	17
2.16.	Plagas y enfermedades .....	18
2.17.	Hormonas .....	18
2.17.1.	Generalidades.....	18
2.17.2.	Auxinas .....	19
2.17.3.	Ácido indolbutirico IBA .....	20
2.17.4.	Inducción del enraizamiento.....	20
3.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	22
3.1.	Localización .....	22
3.1.1.	Ubicación Geográfica.....	22

3.1.2.	Características Agroecológicas .....	22
3.2.	Materiales .....	23
3.2.1.	Material de estudio .....	23
3.2.2.	Material de escritorio .....	23
3.2.3.	Material de campo.....	23
3.3.	Metodología .....	24
3.3.1.	Desarrollo del ensayo.....	24
3.3.1.1.	Preparación del área de investigación.....	24
3.3.1.2.	Desinfección de sustratos .....	24
3.3.1.3.	Preparación de los diferentes tipos de sustratos .....	24
3.3.1.4.	Llenado y acomodado de bolsas .....	25
3.3.1.5.	Preparado de esquejes .....	25
3.3.1.6.	Aplicación de los enraizantes .....	25
3.3.1.7.	Establecimiento de los esquejes .....	25
3.3.1.8.	Riego.....	26
3.3.1.9.	Prevención fitosanitaria .....	26
3.3.1.10.	Labores culturales .....	26
3.3.1.11.	Destrucción de terrón de plántulas seleccionadas.....	26
3.3.1.12.	Registro de datos .....	26
3.3.2.	Diseño experimental .....	26
3.3.3.	Factores de estudio.....	27
3.3.3.1.	Formulación de tratamientos .....	28
3.3.4.	Variables de respuesta.....	28
3.3.4.1.	Porcentaje de prendimiento.....	28
3.3.4.2.	Porcentaje de enraizamiento .....	28
3.3.4.3.	Cantidad de raíces .....	29

3.3.4.4.	Altura de los esquejes .....	29
3.3.4.5.	Longitud de las raíces .....	29
3.3.4.6.	Diámetro de tallo .....	29
3.3.4.7.	Numero de ramificación.....	29
3.3.4.8.	Índice de robustez .....	29
3.3.4.9.	Relación beneficio costo.....	30
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	31
4.1.	Análisis de las variables de respuesta .....	31
4.1.1.	Porcentaje de prendimiento.....	31
4.1.2.	Porcentaje de enraizamiento.....	32
4.1.3.	Altura de planta etapa inicial a la toma de datos (cm) .....	34
4.1.4.	Longitud de raíz (cm) .....	36
4.1.5.	Numero de raíces.....	38
4.1.6.	Diámetro de tallo .....	40
4.1.7.	Numero de ramificaciones.....	40
4.1.8.	Índice de robustez.....	42
4.1.9.	Relación beneficio/costo .....	43
5.	CONCLUSIONES.....	45
6.	RECOMENDACIONES.....	47
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	48
8.	ANEXOS .....	56

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Propiedades químicas de la turba.....	16
Cuadro 2. Análisis de varianza para la variable altura de planta etapa inicial a la toma de datos.....	34
Cuadro 3. Análisis de varianza para la variable altura de planta etapa final a la toma de datos.....	36
Cuadro 4. Análisis de varianza para la variable longitud de raíz.....	37
Cuadro 5. Análisis de varianza para la variable número de raíz.....	39
Cuadro 6. Análisis de varianza para la variable diámetro de tallo.....	40
Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable de numero de ramificación.....	41
Cuadro 8. Análisis de varianza para la variable índice de robustez.....	43
Cuadro 9. Beneficio/costo factor enraizante.....	43
Cuadro 10. Beneficio/costo factor sustrato.....	44

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1.	Características botánicas de los órganos reproductores de coníferas.....	6
Figura 2.	Ubicación geográfica del vivero Santiago primero.....	22
Figura 3.	Porcentaje de prendimiento (enraizantes).....	31
Figura 4.	Porcentaje de prendimiento (sustratos).....	32
Figura 5.	Porcentaje de enraizamiento factor A (enraizantes).....	33
Figura 6.	Porcentaje de enraizamiento factor B (sustratos).....	34
Figura 7.	Altura de planta etapa inicial a la toma de datos .....	35
Figura 8.	Factor de enraizantes para la variable de longitud de raíz .....	37
Figura 9.	Factor de sustratos de la variable de longitud de raíz .....	38
Figura 10.	Numero de raíces (tipos de sustratos).....	39
Figura 11.	Numero de ramificación (tipos de sustratos) .....	42

**ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1.	Enraizante en líquido y en polvo. ....	56
Anexo 2.	Turba y sustrato de cuy, ovino y bovino. ....	56
Anexo 3.	Elaboración de letreros o marbetes.....	56
Anexo 4.	División del área experimental .....	57
Anexo 5.	Preparacion y embolsado de sustrato .....	57
Anexo 6.	Enfilado de macetas.....	57
Anexo 7.	Siembra de esquejes y aplicación de enraizadores.....	58
Anexo 8.	Aplicación de riego.....	58
Anexo 9.	Toma de datos. ....	58
Anexo 10.	Croquis experimental .....	59
Anexo 11.	Costos de producción general.....	60

**ABREVIATURAS**

Bs	Bolivianos
ACPA	Asociación Cubana de Producción Animal
CV	Coefficiente de Variación
Cm	Centímetro
G	Gramos
ha	Hectáreas
ns	No significativo
Msnm	Metros sobre el nivel del mar
mm	Milímetro
UAS	Universidad Autónoma de Sinaloa

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en uno de los viveros del Gobierno Autónomo Municipal de El Alto ubicado en la Zona de Santiago I del distrito uno de la Ciudad de El Alto. El estudio se realizó con una especie de conífera con tres sustratos diferentes y dos hormonas enraizadoras con el Diseño Experimental Completamente al azar con arreglo bifactorial con tres tratamientos y tres repeticiones por tratamiento, en total 18 unidades experimentales, y en cada unidad experimental se estableció 9 macetas de pino limón, de las cuales se evaluaron las 9 macetas por unidad experimental.

Los objetivos propuestos fueron determinar el porcentaje de enraizamiento de los esquejes de pino limón, el enraizador químico más eficiente en el prendimiento de los diferentes esquejes y analizar la relación Beneficio/costo de la producción de plantines de pino limón con diferentes sustratos y enraizadores.

Estos plantines fueron establecidos en bolsas de polietileno de 12\*20 cm, sembrando un esqueje por bolsa, donde los niveles del factor A fueron los dos tipos de hormonas enraizadoras (líquido y polvo) y los niveles del factor B tres tipos de sustratos (Turba 1Pala, tierra negra 3Palas y abono de cuy 1Pala; Turba 1Pala, tierra negra 3Palas y abono ovino 1Pala; Turba 1Pala, tierra negra 3Palas y abono bovino 1Pala).

Las variables de respuestas consideradas para responder a los objetivos formulados fueron: % de prendimiento, % de enraizamiento, altura de los esquejes, longitud de las raíces, número de raíces, diámetro de tallo, número de ramificación, índice de robustez y la relación beneficio-costo. Para realizar el proceso de datos se realizaron análisis de varianza asiendo el uso de paquetes informáticos.

La evaluación se hizo a los tres meses del inicio del enraizado y los resultados obtenidos son los siguientes: el mejor porcentaje de prendimiento presento el enraizante en polvo Stim Root con 96% de prendimiento. En el factor B diferentes sustratos, el tratamiento uno presento mayor porcentaje de prendimiento de 95,49% este dato es sobresaliente gracias al efecto del abono de cuy. En la variable porcentaje de enraizamiento el tratamiento que presento mayor plantines enraizados fue el enraizante Stim Root con 88%, mientras que el enraizante en liquido Full Raíz presento menor porcentaje de enraizado, en el caso del factor B el sustrato sobresaliente fue el abono de cuy dejando abajo al sustrato de bovino con una gran diferencia de porcentaje de enraizamiento.

En la altura de planta estadísticamente se pudo apreciar que hubo diferencias altamente significativas en la aplicación de enraizante en polvo presentando un promedio de 4.08 cm de altura en la etapa inicial de toma de datos, mientras que en la etapa final a la toma de datos la interacción entre el enraizante en polvo y el sustrato con abono de cuy presentaron mayor longitud de altura de planta de 14.39 cm en comparación con los demás tratamientos. La variable longitud de raíz presentó diferencias significativas en la aplicación de enraizante en polvo ya que presentaron mayor desarrollo radicular llegando a medir 6.9 cm en comparación a los otros tratamientos, el factor sustrato también presentó diferencias altamente significativas de 7.11 cm de longitud de raíz.

El número de raíces que también fue considerado como variables de respuesta, el factor A no presentó diferencias significativas, mientras en el factor B, el sustrato de cuy presentó mayor número de 9 raíces a comparación del sustrato de ovino y bovino que presentaron 7 y 6 raíces.

En la variable de número de ramificaciones el factor A no presentó ninguna diferencia, mientras que en el factor B la aplicación de diferentes sustratos hizo efecto en el número de ramificaciones de las plantas, el sustrato con abono de cuy presentó mayor número de ramificaciones llegando a un promedio de 20.65 ramificaciones ya que los plantines de pino limón presentaron mayor desarrollo fisiológico, siendo esto el más alto en comparación al sustrato de bovino que fue de 14.56 ramificaciones siendo esto el tratamiento más bajo.

**Palabras clave:** Enraizadores, Esqueje, Mitosis, Conífera, Sustrato.

## ABSTRACT

This research work was carried out in one of the nurseries of the Autonomous Municipal Government of El Alto located in the Santiago I Zone of district one of the City of El Alto.

The study was carried out with a species of conifer with three different substrates and two rooting hormones with a completely randomized experimental design with a bifactor arrangement with three treatments and three repetitions per treatment, in total 18 experimental units, and in each experimental unit 9 were established. lemon pine pots, of which the 9 pots per experimental unit were evaluated.

The proposed objectives were to determine the percentage of rooting of lemon pine cuttings, the most efficient chemical rooter in the rooting of the different cuttings and to analyze the Benefit/cost relationship of the production of lemon pine seedlings with different substrates and rooters.

These seedlings were established in 12\*20 cm polyethylene bags, sowing one cutting per bag, where the levels of factor A were the two types of rooting hormones (liquid and powder) and the levels of factor B were three types of substrates (Peat 1Shovel, black earth 3Shovels and guinea pig manure 1Shovel; Peat, black earth 3Shovels and sheep manure 1Shovel; 1Shovel, black earth 3Shovels and bovine fertilizer 1Shovel).

The response variables considered to respond to the formulated objectives were: % of attachment, % of rooting, height of the cuttings, length of the roots, number of roots, stem diameter, number of branching, robustness index and the benefit relationship. -cost. To carry out the data processing, variance analyzes were carried out using computer packages.

The evaluation was done three months after the start of rooting and the results obtained are the following: the best percentage of rooting was presented by the Stim Root powder rooting agent with 96% rooting. In factor B different substrates, treatment one presented a higher yield percentage of 95.49%, this data is outstanding thanks to the effect of the guinea pig fertilizer. In the variable rooting percentage, the treatment that presented the highest rooted seedlings was the Stim Root rooting agent with 88%, while the Full Root liquid rooting agent presented the lowest rooting percentage. In the case of factor B, the outstanding substrate

was the guinea pig fertilizer. leaving the bovine substrate down with a great difference in rooting percentage.

In plant height, it was statistically possible to see that there were highly significant differences in the application of rooting powder, presenting an average of 4.08 cm in height in the initial stage of data collection, while in the final stage of data collection the interaction between the rooting powder and the substrate with guinea pig fertilizer showed a greater plant height length of 14.39 cm compared to the other treatments. The variable root length presented significant differences in the application of rooting powder since they presented greater root development, measuring 6.9 cm compared to the other treatments, the substrate factor also presented highly significant differences of 7.11 cm in root length.

The number of roots that was also considered as response variables, factor A did not present significant differences, while in factor B, the guinea pig substrate presented a greater number of 9 roots compared to the sheep and bovine substrate that presented 7 and 6 roots.

In the number of branches variable, factor A did not present any difference, while in factor B the application of different substrates had an effect on the number of branches of the plants, the substrate with guinea pig fertilizer presented the greatest number of branches, reaching an average of 20.65 branches since the lemon pine seedlings presented greater physiological development, this being the highest compared to the bovine substrate which was 14.56 branches, this being the lowest treatment.

**Keywords:** Rooters, Cutting, Mitosis, Conifer, Substrate.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los Cupressus son especies de coníferas muy requeridas en el mercado y que se están usando en la actualidad para realizar decoraciones de jardín y ornamento en nuestro medio, por tener un buen porte, tamaño mediano y atractivo, que facilita su establecimiento en jardines y macetas como ornamento. Una manera práctica de incrementar la tasa de crecimiento de plantines en el vivero es el uso de fertilizantes foliares y enraizantes, los que contienen fitohormonas principalmente auxinas, giberelinas y citocininas (Sánchez, 2022).

El pino limón (*Cupressus macrocarpa*) es una especie de alto valor ornamental de importancia medicinal, (Salem, 2018). Sin embargo, es un taxón de difícil reproducción por medios tradicionales (semilla), por lo cual es necesario desarrollar métodos de propagación vegetativa para reproducirla masivamente, para especies que presentan esta dificultad en su propagación (Bailey, 2009).

En la ciudad de La Paz se ha visto que existen diferentes viveros que practican la reproducción asexual por ser el método más práctico y seguro, un claro ejemplo su práctica en instituciones como la alcaldía. Por lo cual se puede decir que se ha verificado algunos resultados satisfactorios en la implementación de diferentes formas, técnicas para facilitar la propagación por esquejes en este caso en especies de coníferas como son el *Cupressus* especies ya conocidas en el medio.

El presente trabajo busca otra forma de enraizamiento de pino limón implementando el uso de dos diferentes hormonas enraizadoras: líquido (Full Raíz) y en polvo (Stim Root), esto para probar el aceleramiento del crecimiento de las raíces, así también el prendimiento de estas, esto se realizó usando el uso de tres diferentes sustratos como: estiércol de vaca, estiércol de oveja y guano de cuy para asegurar el prendimiento y el fácil desarrollo radicular de los esquejes que fueron recolectados del mismo vivero del Gobierno Autónomo Municipal de El Alto.

### 1.1. Antecedentes

Según, Alvarado (2007) en su trabajo titulado: Efecto de diferentes Fito reguladores en la multiplicación por esquejes de pino japonés (*Cryptomeria japonica*); Falso ciprés (*Chamaeciparys obtusa*); Tuya occidental (*Thuya occidentalis*) en el vivero municipal de Aranjuez, de La Paz, indica que la semilla acopiada para la reproducción de las coníferas en estudio es poco viable, por lo cual recomienda la reproducción por vía asexual (p. 2).

También se realizaron diferentes estudios para hacer una reproducción asexual uno de los casos es una tesis realizada en Ecuador, se trabajó con la hormona IBA a 1500 ppm. y sustrato base, en la variedad *Cupressus gold crest* el cual tuvo un 78,97% de sobrevivencia y formación de raíz a los 178 días (Merino, 2015, p. 234-250).

Según Alvarado citado por Mamani (2016, p. 2), en su trabajo de tesis titulado: Estudio comparativo en el enraizado de pino limón (*Cupressus macrocarpa* var. Goldcrest) y Chamaecyparis azul (*Chamaecyparis lawsoniana* var. Ellwoodii) con cuatro tipos de sustrato en cámara de subirrigación en el vivero Ekornat- Garden de La Paz, realizo un estudio comparativo en el enraizado de pino limón de enraizamiento de coníferas se trabajó con hormonas (ANA, RAPID-ROOT Y Roothor), a base de auxinas en el vivero municipal de la ciudad de La Paz, este estudio realizado tuvo resultados óptimos con el uso de fitohormona (ácido alfa naftalen acético) ANA, en siete meses logro un enraizado de 58,49%.

### 1.2. Planteamiento del problema

Las coníferas ornamentales tienen una gran importancia escénica, ya que se encuentran presentes en gran cantidad de jardines tanto públicos como privados; sin embargo, una de las limitantes para una mayor presencia ornamental de estas especies son consecuencia de los problemas de su propagación, ya que la reproducción sexual no es de fácil propagación por el bajo porcentaje de germinación, originando la necesidad de generar mayor información sobre los factores que influyen en la capacidad de enraizado, es por eso que con esta investigación se logra demostrar un medio de propagación asexual y también demostrando que existen otras alternativas como, haciendo el uso de enraizantes así para acelerar el crecimiento y poder brindar a la planta todos los requerimientos nutricionales que requieren para un óptimo crecimiento y mayor porcentaje de enraizado de estas.

### **1.3. Justificación**

Los cupressus es una especie de coníferas que se están usando en la actualidad para realizar decoraciones de jardín y ornamento en nuestro medio, por tener un buen porte, tamaño mediano y atractivo, que facilita su establecimiento en jardines y macetas como ornamento; en nuestro medio este tipo de conífera es muy requerido por el mercado, y el principal proveedor son los viveristas que se dedican a la producción de todo tipo de plantas incluyendo este tipo de plantas ornamentales. El viverista busca la manera más práctica de reproducción, ya sea por vía sexual y/o vegetativa; en la mayoría de los casos opta por realizar reproducción vegetativa para no alterar las características morfológicas de estas especies las cuales son específicas y deseables para su comercialización.

Es por esta razón, mediante la investigación que se realizó se logra demostrar que haciendo el uso de enraizantes se puede obtener mejores resultados así para asegurar el prendimiento de los esquejes y tener mayor porcentaje de sobrevivencia en la producción de pino limón por esquejes, ya que la reproducción mediante semilla es poco viable y además el tiempo invertido es más largo.

Su propagación sexual al ser muy tardía y la poca viabilidad de las semillas, hace aplicable el método de propagación asexual mediante esquejes, es así como se propone una nueva alternativa en esta área con el uso del sustrato adecuado y hormonas enraizadoras, que promuevan su rápido enraizamiento garantizando un alto porcentaje de prendimiento.

### **1.4. Objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo general**

- Evaluar el crecimiento de pino limón (*Cupressus macrocarpa*) con tres tipos de sustratos y dos hormonas enraizadoras en el vivero Santiago I del Gobierno Autónomo Municipal de El Alto.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar el porcentaje de enraizamiento de los esquejes de pino limón con diferentes sustratos y enraizadores.

- Determinar el enraizador químico más eficiente en el prendimiento de los diferentes esquejes de pino limón con diferentes sustratos y enraizadores.
- Determinar la relación Beneficio/costo de la producción de plantines de pino limón con diferentes sustratos y enraizadores.

### **1.5. Hipótesis**

- Ha: los diferentes enraizadores no presentan diferencias significativas en el prendimiento de los esquejes de pino limón.
- Ha: los diferentes sustratos no influyen en el porcentaje de enraizamiento de los esquejes de pino limón.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Coníferas**

Pérez y Gardey (2023), manifiestan que la palabra conífera tiene su origen en el latín: (conus, cono y ferre llevar); significa pues: que lleva conos. Las coníferas son arbustos y árboles con ramas que se presentan en forma cónica y frutos que también tienen una estructura de cono. Estas plantas pertenecen al conjunto de las gimnospermas, que incluye a aquellas especies cuyos carpelos, al no contar con un espacio cerrado que albergue los óvulos, exhiben las semillas al descubierto.

Según Bucsacki (1997, p. 225), las plantas denominadas gimnospermas son productoras de semillas y entran en la categoría de vasculares (organismos que están formados por células vegetales) y espermatofitas (el grupo de todos los linajes vasculares que producen semillas). La etimología de su nombre nos lleva a la expresión griega «semilla desnuda», que hace referencia a que no se desarrollan en un ovario cerrado, algo que sí ocurre en las plantas angiospermas. Algunas de las características son: Muy resistentes, tolera -20 °C; mejor a pleno sol o sombra ligera, protegido de vientos fríos de joven; tolera casi todos los suelos, pero mejor si es profundo, húmedo y bien drenado; no necesita de poda, pero se realiza el corte de los setos una vez en verano y en otoño, y se realiza la multiplicación por esquejes semimaduros en primavera. En la ornamentación de jardín, las coníferas aparecen en primer plano.

Cruz (2009) señala que, las hojas de las coníferas son relativamente pequeñas y reducidas a agujas o escamas; en las especies de la familia Cupressaceae, lo que junto con la variedad de colores y formas que presentan las hacen sobresalir como especies ornamentales. Las coníferas además carecen de verdaderas flores. Sus órganos reproductivos se llaman estróbilos y consisten en espigas unisexuales o conos de pequeñas hojas escamosas que sostienen los óvulos desnudos o sacos polínicos.

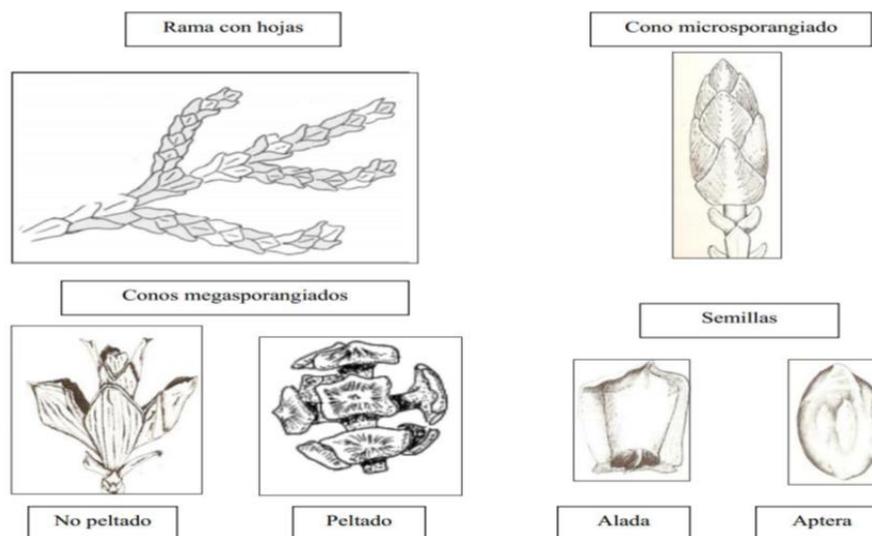
### **2.2. Características botánicas de las coníferas**

Las coníferas son árboles o arbustos dioicos o monoicos con la corteza rugosa o lisa, en placas grandes y gruesas con fisuras o en tiras largas y delgadas, las ramas laterales están bien desarrolladas. Las hojas son simples y pueden ser en forma de aguja, escama,

lineares, lanceoladas, a veces oblongas o falcadas. Por lo general las hojas son persistentes por más de un año. Su madera posee un xilema compacto compuesto principalmente de traqueidas con paredes gruesas. Frecuentemente presentan canales resiníferos en su madera, la corteza, las hojas o los conos. Los estróbilos o conos, son monoesporangiados que son simples, formados de micro esporofilas arregladas en forma de hélice alrededor de un eje central y de 2 a muchos micro esporangios ubicados distalmente en la cara abaxial (Gernandt y Pérez, 2014, p. 126-133).

Según Pomier (2006), son árboles o arbustos resinosos, con hojas simples, aciculares o en forma de escama, enteras, que se sitúan en disposición opuesta o en verticilios, por 3 o 4 y habitualmente perennes. Las cupresáceas no tienen verdaderas flores y sus órganos reproductores pueden ser monoicos (en la misma planta dos sexos) o en dioicos (en distintas plantas). La polinización es anemófila. Producen conos masculinos y femeninos, que pueden ir en la misma planta o en plantas de distinto sexo.

Conos maduros leñosos o carnosos, de maduración anual o bienal, con las escamas provistas a veces de apéndice dorsal. Semillas aladas o ápteras. Los granos de polen en algunas especies presentan sacos aeríferos (UNNE, 2013).



**Figura 1. Características botánicas de los órganos reproductores de coníferas. (Fuente: Dimitri 1989, p. 25).**

### **2.3. Origen y distribución**

Según cita Ruta bonsái (2013) en su página web el ciprés limón es un árbol originario del sudoeste de USA, California en los Estados Unidos, es un árbol perenne muy aromático similar al limón, resinoso, de hojas pequeñas color verde oscuro y grueso. Corteza muy agrietada y de color pardo-grisáceo. De forma piramidal muy característica. Sus conos masculinos son terminales pequeños de 2-4mm y los conos femeninos son más grandes 2-3cm y también terminales.

Según UNNE (2013) menciona que los Cupressus comprende 28 especies, abundantes desde Norteamérica hasta América Central, Norte de África hasta China Central, crece normalmente en suelos profundos y medianamente sueltos, de humedad media. Se desarrolla mejor en climas templado cálidos. Originaria del este y sur de las cuencas del Mediterráneo. En Argentina se cultiva como ornamental. Antiguamente la madera se utilizaba para la construcción de buques y de templos. El nombre del género Cupressus, recuerda una leyenda griega donde se relata la historia de "Kuparissos" quien se convirtió en un ciprés lo debe a su follaje siempre verde (Delucchi, 2011).

### **2.4. Problemas de conservación de coníferas**

Según Castillo, (2015, p. 127) señala que las coníferas, como muchas otras plantas nativas, son fuertemente afectadas por las actividades humanas. La destrucción de los ecosistemas naturales y la sobreexplotación de algunas especies son los principales factores que ponen en peligro o amenazan a algunas poblaciones de este grupo y aunque no reciente, este problema se ha agudizado en los últimos años estos factores los clasificamos de esta manera:

- Sobreexplotación forestal
- Destrucción del hábitat
- Cambio climático
- Incendios forestales
- Plagas
- Huracanes

## 2.5. Genero *Cupressus*

El número de especies reconocidas dentro de este género varía considerablemente del 16 al 25 o más, porque la mayoría de las poblaciones son pequeñas y aisladas, y si se debe conceder rango específico, subespecie o variedad es difícil de determinar (Jordán, 2016).

El género *Cupressus* tiene 20 especies, entre ellas: *Cupressus sempervirens* (ciprés común), *Cupressus arizónica* (ciprés de Arizona), *Cupressus macrocarpa* (ciprés de Monterrey), *Cupressus funebris* (Ciprés llorón), y *Cupressus lusitánica* (ciprés de Portugal)". (Ramírez, 2013).

Según la página de Arboles ornamentales, (2013) indica que las coníferas arbóreas siempre están verdes, con la corteza que se desprende y exfolia. Ramillas tetrágonas, redondeadas o aplanadas. Hojas escamiformes, dispuestas en pares decusados, imbricadas, a menudo con una glándula resinosa. Conos globosos u ovalados, leñosos, con 6 a 14 escamas. Comprende unas 20 especies distribuidas por Norte América, hasta América Central, Norte de África hasta China Central.

## 2.6. Origen y generalidades del *Cupressus macrocarpa*

La planta de *Cupressus macrocarpa* es un ciprés columnar elegante, uno de los mejores de forma oval abultado simétrico, hermosamente proporcionado. Es uno de las mejores coníferas doradas y especialmente en invierno cuando el color se acentúa más. Desde luego para llegar a esta forma requiere años. El cedro limón requiere sol completo, es de condiciones medianamente secas, follaje siempre verde. Las hojas se ponen amarillas en verano, el fruto es negro en la estación de otoño, es resistente a la sequía y tolerante a la salinidad. El ciprés se cultiva en exterior e interior. El follaje posee un olor a limón muy característica en estas plantas (Cabrera y Martínez 2021).

Pomier (2006), menciona que el pino limón es un árbol parecido al ciprés común con estructura columnar cuando es joven de tronco único y corpulento, de unos 25 – 30 m de altura, su copa tiene forma cónica que después de haber perdido las ramas bajas adquiere una forma más amplia, a veces aplanada. Con ramificación ascendente de longitudes irregulares, formando un Angulo de 45 grados con el tronco.

## **2.7. Requerimientos ambientales del *Cupressus limón***

### **2.7.1. Luz**

Requiere un sitio con tanta luz como sea posible (Martínez, 2007, p. 2-8).

La luz es fundamental para el crecimiento y desarrollo de los Cupressus, ya que influyen en la fotosíntesis proceso por el cual las plantas convierten la energía solar en energía química, también influye en el crecimiento y la producción de clorofila el pigmento verde que absorbe la luz solar y la utiliza para la fotosíntesis. (Pérez, 2011, p.10).

Según Gómez (2017, p.15), la intensidad de la luz ideal para Cupressus es de 20.000 a 40.000 lux y la duración de la luz ideal es de 12 a 14 horas al día.

### **2.7.2. Humedad**

No es recomendable regar sistemáticamente cada cierto número de días considerando la humedad del suelo ya que el cultivo de ciprés corre el riesgo de que se pudran las raíces o la base de la planta se torna color marrón (Cabrera y Martínez, 2021).

### **2.7.3. Riego**

El riego se da cada tercer día, aunque esto depende de la época del año ya que en época de lluvias va a depender mucho del temporal que se presente o en su defecto diario si hay altas temperaturas, mayores a 30°C. La planta indica cada cuando regar (Martínez, 2007).

### **2.7.4. Suelo**

Crece en cualquier suelo bien drenado y a pleno sol con refugio del frío y los vientos de sequía. Tolera condiciones secas cuando se estableció". (Royal Agricultural Society, 2013)

Tolera todo tipo de suelos, desde ácidos hasta ligeramente alcalinos, incluso resiste a cercanía al mar. Crece mejor en suelos arenosos y con cierta humedad, pero pueden plantarse en altitudes mayores a los 2000 msnm. Se cultiva en todo el mundo por sus valores ornamentales por la belleza y aroma de su follaje, de cortinas rompe vientos y de sombra (UACM, 2013).

## **2.8. Enraizado en *Cupressus limón***

Según Hansen (1990), citado por Martínez (2007), los esquejes entre 7 a 20 cm. de longitud enraízan igualmente en primavera, los grandes (13-20 cm.) producen un mayor número de raíces que los esquejes pequeños (7-13 cm.) excepto cuando existen altas temperaturas o bajas condiciones de luz. Los tallos de color café de segundo año enraízan igualmente que tallos de un año de crecimiento. Tratando los esquejes con sustancias promotoras del enraizamiento (Talco IBA 1 a 2% de ingrediente activo) producen altos porcentajes de enraizamiento (83-88%) y un gran número de raíces en cada esqueje (3.9) comparado con esquejes no tratados (30% y 2.7 raíces). Los mejores enraizamientos se dan en marzo (85%) con respecto a los de julio (26%) y Octubre (1%).

Por otra parte, Martínez (2007) declara que los esquejes se cortan de 10 a 12 cm. Con 5 cm. de la base sin follaje para poder colocarlas en la maceta de seis pulgadas, en cada maceta se colocan de 25 a 30 esquejes. A los esquejes se les coloca enraizador Radix 10000 y posteriormente se les ubican bajo cubierta plástica lechosa con retención del 50% de luz, se da un riego diario y en tres meses enraíza. Las macetas con esquejes enraizados se colocan bajo malla sombra durante un mes para adaptarlos.

## **2.9. Clasificación taxonómica del *Cupressus macrocarpa***

Reino: Plantae

División: Pinophyta

Clase: Pinopsida

Orden: Pinales

Familia: Cupressaceae

Género: *Cupressus*

Especie: *C. Macrocarpa*

Fuente: Conabio (2009).

## **2.10. Propagación vegetativa**

La propagación asexual es posible porque la división celular (mitosis) ocurre durante el crecimiento y regeneración. La multiplicación por métodos asexuales ocurre con facilidad

en las plantas superiores, pero de ningún modo en los animales superiores. Esta es una de las diferencias fundamentales entre esos dos grupos. La mitosis ocurre en porciones o aéreas específicas de las plantas para producir el crecimiento. Estas son: el ápice de los tallos, el ápice de las raíces, el cambium y las zonas intercalares (bases de los entrenudos en plantas monocotiledóneas). También ocurre la mitosis cuando se forma callo en una parte herida de la planta y cuando se inician nuevos crecimientos en porciones del tallo o de la raíz. El parénquima del callo consiste en células nuevas que proliferan las superficies cortadas como respuesta a una herida. Cuando los puntos nuevos de crecimiento se inician en una estructura vegetativa como la raíz o la hoja, se les llama raíces adventicias o tallos adventicios. La mitosis es el principio básico del crecimiento vegetativo normal, de la regeneración y de la cicatrización de heridas, que hace posibles prácticas tales de propagación vegetativa, como la reproducción por estacas, el acodo, la separación y la división. Estos métodos de propagación son importantes porque permiten la multiplicación a gran escala de una planta individual en tantas plantas separadas como lo permita la cantidad de material paterno. Cada planta individual producida por esos métodos es, en la mayoría de los casos, genéticamente idéntica a la planta de la que procede (Jiménez, 2023).

Concordando con los demás autores Choque (2015) declara que, 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.

### **2.11. Importancia de la propagación vegetativa**

La propagación vegetativa es importante por las siguientes razones, el establecimiento de huertos semilleros clonales, en los establecimientos de bancos clonales, en propagación de plantas clonales a escala grande y en la elaboración de productos especiales de mejora. Este tipo de reproducción en el campo forestal se usa para multiplicar árboles seleccionados con base a características deseables que se quieren perpetuar como: velocidad de crecimiento, rectitud del fuste, resistencia a plagas y enfermedades, es decir, permite conservar genotipos valiosos. (Dantas, 2016 p. 465-475).

Titon (2002), menciona que la propagación de árboles forestales por estaca permite el fomento de clones o grupos de plantas que se obtuvieron de una planta de origen seminal;

así mismo, elimina diferencias de constitución entre los árboles, una de las características más significativas de la clonación es que todos los descendientes del clon tienen el mismo genotipo básico, por lo cual la población tiende a ser fenotípicamente uniforme. Por lo general toda la progenie de un clon tienen el mismo aspecto, tamaño, época de floración, época de maduración, etc., haciendo con ello posible la estandarización de la producción y otros usos del cultivo (p. 665-673).

## **2.12. Sustrato**

Según Fossati (1996, p. 12), 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 término “sustrato”, que se aplica en la producción, se refiere a todo material sólido diferente del suelo que puede ser natural o sintético, mineral u orgánico y que colocado en contenedor, de forma pura o mezclado, permite el anclaje de las plantas a través de su sistema radicular; el sustrato puede intervenir o no en el proceso de nutrición de la planta allí ubicada, además el sustrato debe presentar consistencia adecuada para mantener la semilla en su sitio, el volumen no debe variar drásticamente con los cambios de humedad, textura media para asegurar un drenaje adecuado y buena capacidad de retención de humedad. Fertilidad adecuada, libre de sales y materia orgánica no mineralizada.

Las texturas más adecuadas para instalar un vivero forestal son las arenosas y las francas. En general, se puede proponer como limitante un contenido en limo o arcilla superior al 15% cada uno de ellos. El motivo de esta limitación es que cuando existe impermeabilidad se pueden producir encharcamientos tras las precipitaciones, con riesgos para las plantas y dificultad en las tareas de cultivo. La impermeabilidad es difícilmente corregible, mientras que el mayor inconveniente de las texturas arenosas, escasa capacidad de retención de agua, se puede compensar aumentando las dosis y frecuencias de riego (Serrada, 2000).

Por su parte Goitia (2003), sugiere que las mezclas del sustrato varían en función a la especie a implantarse y la disponibilidad, se utilizan normalmente tres partes de tierra vegetal, dos partes de tierra del lugar y una parte de limo, al cual se puede adicionar una parte de abono (p. 159).

### **2.12.1. Desinfección del sustrato**

Es necesario e importante desinfectar los sustratos para almácigos debido a que un hongo o enfermedad podría eliminar miles de plántulas. Para la desinfección del sustrato se utilizan diferentes procedimientos, el más general y efectivo es utilizar formol o formalina al 10 %, aplicar sobre el sustrato, cubrir durante 24 o 48 horas con un plástico de color negro de preferencia y después airear 24 horas, para proceder a la siembra. Otros métodos consisten en la utilización de agua hirviendo, ácido sulfúrico al 10%, ácido nítrico al 10%, bicloruro de mercurio al 2 por 1000, entre todos (Goitia, 2000, p. 159).

Galloway y Borgo (2015), mencionan que para prevenir el ataque de la chupadera hay que desinfectar el sustrato antes de cada siembra. Para ello se aplica una mezcla de 250cm<sup>3</sup> de formalina (formol) al 40%, en 15 litros de agua para 3 m<sup>2</sup> de almacigo, cubriendo bien el suelo con plástico durante unas 48 horas. Luego de quitar la cubierta se puede sembrar la semilla cuando el olor de la formalina haya desaparecido, lo que pueda ocurrir a las 48 horas de su aplicación. Los mismos autores recomiendan que luego de la germinación, si aparece algún foco de infección se le puede controlar con aplicaciones alternadas cada 15 días según la intensidad de infestación.

### **2.12.2. Textura de sustratos**

La textura indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, el limo y la arcilla, en el suelo. La textura tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo atraviesa (Durán, 2008, p. 93-106).

Coincidiendo con el anterior autor Miranda (2002), declara que la textura del suelo se refiere a la proporción de arena, limo y arcilla en el suelo, al nombre de la textura se le agrega un adjetivo apropiado como gravoso o pedregoso (p. 4).

### **2.12.3. Características del sustrato ideal**

Herrera (2018), menciona que el mejor sustrato depende de numerosos factores como son el tipo de material vegetal con el que se trabaja, especie vegetal, condiciones climáticas, sistemas y programas de riego y fertilización, aspectos económicos, etc.

Siempre que sea posible debe evitarse el uso de estiércol, debido a la variabilidad de sus características, su heterogeneidad, la dificultad de controlar su descomposición microbiológica, la variación de los contenidos de nutrientes y su posible grado de infestación (FAO, 2002).

Goitia (2003, p. 30), recomienda que el sustrato para la cama de enraizamiento en un vivero debe ser preparada 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.

#### **2.12.4. Tipos de sustratos**

Según citan Sánchez y Calderón citado por Jácome (2011), señalan que el trabajar con sustratos, es realizar mezclas en diferentes proporciones. La arena, la escoria o piedra pómez, son excelentes para garantizar la distribución de la humedad, pero sus proporciones y elementos dependen del análisis de las características de cada componente en particular.

Según estos autores, las proporciones en volumen de cada uno de los diferentes ingredientes empleados siempre deberán buscar un acuerdo con las características contempladas en él. En general, la experiencia señala como mejores sustratos aquellos que permitan la aireación del 15 al 35% de aire y del 20 al 60% de agua en relación con el volumen total.

- Debe retener la humedad
- Permitir la buena aireación
- Buena estabilidad física
- Ser inerte biológicamente
- Buen drenaje
- Debe tener capilaridad
- Debe ser liviano
- Debe ser de bajo costo
- Debe estar disponible.

El sustrato para el llenado de cualquier tipo de envase puede componerse a voluntad, tendiendo a conseguir las siguientes propiedades: higroscopicidad, que permita espaciar suficientemente los riegos; baja densidad para facilitar el manejo y transporte; permeabilidad que permita el desarrollo de las raíces en todo su volumen; esterilidad respecto de posibles patógenos para las plántulas; y fertilidad adecuada para la producción de plantas en buen estado fisiológico (Boutherin, 1994, p. 225).

Además, en el momento de la extracción, el formado debe ser consistente y facilitar la extracción sin adherencias a las paredes del envase. Otras condiciones exigibles se refieren a buena estabilidad en el mantenimiento de sus propiedades a lo largo del cultivo; capacidad de humectación después de sufrir déficit hídrico y capacidad de intercambio catiónico para graduar la nutrición al vegetal y retener los productos del abonado (Serrada, 2000).

#### **2.12.4.1. Turba**

La turba o peatmoss es un sustrato que se extrae de depósitos de restos de la vegetación acuática pantanosa. Uno de los principales elementos que lo integran son los restos parcialmente descompuesta de musgo del género *Sphagnum moss*. Estos depósitos han permanecido congelados durante varios miles de años. Es un sustrato que se caracteriza por presentar una estructura mullida en la que el 95% del volumen son espacios porosos, con alto contenido de materia orgánica, partículas de tamaño intermedio, excelente retención de humedad con efecto absorbente como esponja, que puede llegar ser hasta el 70% del volumen total. Fácil de mezclar con otros productos". (ACEA, 2013, p. 23).

Florka (2015), en su página web menciona al peat moss o turba como un material orgánico compacto, de color pardo oscuro y rico en carbono. Está formado por una masa esponjosa y ligera en la que aún se aprecian los componentes vegetales que la originaron. Tiene propiedades físicas y químicas variables en función de su origen. Se emplea como combustible y en la obtención de abonos orgánicos. Se pueden clasificar en dos grupos: turbas rubias (las que más le ha dado el sol) y negras (p. 250).

Aleconsult International (2015), en su página web manifiesta que la turba también conocido como peat moss, es un material orgánico compacto, de color pardo claro hasta oscuro y rico en carbono. Está formado en regiones nórdicas con pantanos por una masa esponjosa

y ligera en la que aún se aprecian los componentes vegetales que la originaron. Tiene 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 en materia orgánica y están menos descompuestas. Las turbas negras están más mineralizadas teniendo un menor contenido en materia. La turba rubia que es naturalmente ácida (pH 3,5 - 4,0), forma la base principal para la producción de sustratos profesionales.

**Cuadro 1. Propiedades químicas de la turba**

<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultados</b>
<b>Ph</b>		5,5
<b>CE</b>	Umhos/cm	110
<b>MO</b>	%	70
<b>Porosidad</b>	%	84
<b>N</b>	mg/l	52
<b>P</b>	mg/l	5,2
<b>K</b>	mg/l	35
<b>Ca</b>	mg/l	38
<b>Mg</b>	mg/l	17
<b>Zn</b>	mg/l	9
<b>Mn</b>	mg/l	0,5
<b>B</b>	mg/l	0,2
<b>Turba</b>	%	70
<b>Perlita</b>	%	15
<b>Vermiculita</b>	%	15

Fuente: ACEA, (2013)

#### **2.12.4.2. Tierra negra**

Tolera todo tipo de suelos, desde ácidos hasta ligeramente alcalinos, incluso resístela cercanía al mar. Crece mejor en suelos arenosos y con cierta humedad (UAVM, 2013).

Según Torras (1980), la tierra negra de nuestro medio por lo general proviene de las zonas altas (cumbre) y tienen la característica de ser ácidos, además de que pueden tener compleja mezcla de: Suelo natural (amarillo o rojizo y estéril) Desechos orgánicos como residuos vegetales, heces de animales, etc. (p.145).

La gran fertilidad de la tierra negra es explicada principalmente por su alto contenido de materias orgánicas carbonosas y nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio y calcio. Además de contener carbón vegetal que ayuda a retener los nutrientes y no perderlos a causa de la lluvia y retenerlos con fuerza en los agregados del suelo. Además, tolera todo tipo de suelos, desde ácidos hasta ligeramente alcalinos, incluso resiste la cercanía al mar. Crece mejor en suelos arenosos y con cierta humedad. (UAVM, 2013).

### **2.13. Planta madre**

Cabrera y Martínez (2021), afirman que las plantas madres corresponde a la planta donante de esquejes que puede ser de un año en adelante, con características a la vista vigorosa, sana y con el brillo verde claro del follaje. La planta madre puede estar en piso o en envase de más de 20 litros. El manejo de la planta madre es similar a las plantas en desarrollo.

Según Maier (2008), las plantas madres corresponde a la planta donante de esquejes que puede ser en el caso de coníferas de un año en adelante, con características a la vista vigorosa, sana y con el brillo verde claro del follaje en Gold crest. Además, que, por su transferencia genética o clonación, se debe escoger la planta madre que muestre sanidad absoluta.

### **2.14. Enraizado de esquejes**

Los esquejes se cortan de 10 a 12 cm con 5 cm de la base para poder colocarlas en la maceta de seis pulgadas llenas de sustrato. A los esquejes se les coloca enraizador y posteriormente se les ubican bajo cubierta plástica lechosa con retención del 50% de luz se da un riego diario y en tres meses enraíza (Cabrera y Martínez, 2021).

### **2.15. Instalación para la propagación vegetativa**

Para Hartmann et al (2011), señalan que las condiciones ambientales (humedad relativa, temperatura, sustrato, espacio y luz) del sitio en donde serán sembradas las estaquillas deberán estar adecuadas antes de plantar las estaquillas ya que al no tener un órgano de absorción como son las raíces, estas requieren de cuidados especiales. Desde el momento en que se corta una estaquilla, esta deberá estar siempre en contacto con agua debido a que aún sin raíces las estaquillas continúan transpirando y como consecuencia de ello se pierde agua en los haces vasculares (que son los ductos por donde pasa el agua y

minerales) se pueden formar espacios en el interior que impiden la circulación y como consecuencia de ello, la muerte de estas.

## **2.16. Plagas y enfermedades**

El Cupressus es susceptible a varias enfermedades y plagas. Las plagas más comunes son los pulgones, ácaros, escamas y los minadores; las enfermedades comunes son el cancro del ciprés, podredumbre de la raíz, roya del ciprés y fusariosis. Se puede controlar haciendo uso de insecticidas y fungicidas, también podas sanitarias. (Taiz, 2015, p.748) y (Gómez, 2020, p. 25).

Según Ruta Bonsái (2013), indica que los cupressus pueden ser atacado por escamas y conchuelas en primavera y en suelos encharcados puede ser atacado por Phytophthora un hongo del suelo de muy difícil erradicación.

## **2.17. Hormonas**

### **2.17.1. Generalidades**

Según Aguirre (1988), el desarrollo normal de una planta depende en gran parte de la interacción de factores externos como ser (luz, nutrientes, agua, temperatura) e internos (hormonas). Las hormonas vegetales o fitohormonas son aquellas sustancias sintetizadas en un determinado lugar de la planta y que se traslocan a otro donde actúan a muy bajas concentraciones, regulando el crecimiento, desarrollo, reproducción y otras funciones de las plantas. Hay cinco grupos principales de hormonas y reguladores de crecimiento, las auxinas, giberelinas, citoquininas, el ácido abscísico y el etileno (p.31).

A cada grupo se les ha asignado un efecto dominante, pero es común encontrar efectos contradictorios en la respuesta fisiológica asociada a cada etapa de desarrollo (vegetativa y reproductiva). En el momento de optar por la propagación vegetativa la regulación hormonal dependerá de la especie (genotipo), del ambiente (estímulos físicos) y la respuesta se verá afectada por la concentración y proporción de cada una de estas hormonas (Patzl, 2010, p.144).

### 2.17.2. Auxinas

Según Patzi (2010, p. 114), existen varios tipos de auxinas, algunas son naturales y otras sintéticas, se conocen el ácido indolacético (AIA), ácido naftalacético (ANA), ácido indolbutírico (AIB). El ácido indol-3-acético o AIA es la más conocida, es una hormona natural que se produce en los ápices de los tallos, meristemas y hojas jóvenes de yemas terminales, de allí migra al resto de la planta en forma basipétala (de arriba para abajo) mediante un mecanismo activo, exhibiendo fuerte polaridad durante el transporte a través de las células del floema y del parénquima presente en el xilema; durante su circulación, la auxina reprime el desarrollo de brotes axilares laterales a lo largo del tallo, manteniendo de esta forma la dominancia apical. El movimiento de la auxina fuera de la lámina foliar hacia la base del pecíolo parece también prevenir la abscisión.

Gómez (2020), manifiesta que la función o modo de acción de las auxinas, se sitúa principalmente a nivel de las membranas celulares, donde se modifican la permeabilidad de ésta, llevando consigo también una modificación del funcionamiento celular y activando su metabolismo, esto tiene efecto sobre la división y crecimiento celular, la atracción de nutrientes y de otras sustancias al sitio de aplicación, además de la relaciones hídricas y fotosintéticas de las estacas, entre otros aspectos. Hormonas sintéticas pueden ser aplicadas para promover el desarrollo de raíces a través de su acción antagónica en hormonas que inhiban las raíces (p. 25).

Alía y Martín, (2009), afirma los estudios sobre el cultivo de los tejidos han demostrado de una forma clara e indiscutible que la auxina es indispensable para la división celular. La mayor parte de los tejidos vegetales son incapaces de desarrollarse en medios que no contienen auxinas.

- El ácido  $\beta$  indolacético (AIA).
- El ácido  $\beta$  indolbutírico (AIB) (IBA)
- El ácido naftalenacético (ANA)

Meijon et al (2016), dice las tres hormonas citadas-AIA, AIB y ANA- no tienen exactamente la misma acción sobre la rizogénesis y he aquí la causa (en parte al menos) de las propiedades secundarias de su molécula: facilidad de penetración y rapidez de conducción dentro de la planta (p. 959-976).

Según Dantas et al., (2016), las auxinas tienen la capacidad de incrementar el índice de prolongación de las células de los coleóptilos y tallos. Influyen también en otros procesos fisiológicos, como son el desarrollo de los frutos y la formación de las raíces. Una concentración baja de auxinas estimula la prolongación de las células; sin embargo, una concentración extremadamente alta puede provocar inhibiciones (p. 465-475).

Según el mismo autor, “las auxinas estimulan también la división celular, por ejemplo, frecuentemente fomentan el desarrollo de los callos, de los que se desprenden crecimientos similares a raíces. Las auxinas son muy efectivas en iniciar la formación de raíces de varias especies vegetales.

### **2.17.3. Ácido indolbutírico IBA**

Meijon (2016 p.963), sobre él IBA indican que es una de las mejores auxinas estimulantes del enraizamiento, tiene una actividad auxínica débil y los sistemas de enzimas destructoras de auxinas, la destruyen en forma relativamente lenta, un producto químico persistente resulta muy eficaz como estimulante de raíces. Debido a que él IBA se desplaza muy poco, se retiene cerca del sitio de aplicación. Los reguladores de crecimiento que se desplazan con facilidad pueden causar efectos indeseables de crecimiento en la planta propagada. Las auxinas como él IBA estimulan la división celular, frecuentemente fomentan el desarrollo de callos de los que se desprenden crecimientos similares a raíces. Un producto químico persistente resulta muy eficaz como estimulante de las raíces.

Álvarez (2000), menciona que el AIB es más estable y menos soluble. Su molécula pasa menos rápidamente en los diferentes tejidos de la planta y por eso queda más tiempo en el punto de su aplicación. Su acción es más localizada.

### **2.17.4. Inducción del enraizamiento**

Según cita Rojas (2002), no todas las plantas tienen la capacidad de enraizar espontáneamente, por lo que a veces es necesario aplicar sustancias hormonales que provoquen la formación de raíces. Para favorecer y acelerar la emisión de raíces, se usan productos hormonales reguladores de crecimiento, pudiéndose mezclar o usar simultáneamente varios para aumentar el efecto de los mismos.

Como se describió anteriormente se debe prestar mucha atención a la dosificación de estas sustancias. Las auxinas localizadas y pueden transformarse rápidamente en tóxicas, sin embargo, en un suelo o en un sustrato orgánico, los microorganismos degradan con bastante rapidez estos productos. Los métodos de aplicación varían según la formulación del producto comercial, generalmente viene para uso directo en polvo o para disolución en agua. Para el segundo caso se pueden utilizar dos estrategias: remojo de las bases de las estacas (de 2 a 3 cm) en soluciones de baja concentración de la hormona por tiempos prolongados (de 4 a 12 horas) este método es lento y poco exacto, es difícil de realizar cuando el material es numeroso y algunas veces las hojas se marchitan durante el proceso, por ello se puede recurrir a soluciones con alta concentración y tiempos de inmersión cortos (5 a 15 minutos); una variante con buenos resultados es el uso de alcohol etílico como solvente con tiempos cortos de inmersión (5 segundos), posteriormente, antes de colocarlas en el sustrato de propagación, se somete la base de la estaca al aire frío para evaporar el alcohol. La mayoría de las especies forestales enraízan adecuadamente con AIB, aunque se ha observado que para algunos clones la adición de ANA resulta más benéfica. Para las especies forestales tropicales se recomiendan la inmersión de la base de las estacas en soluciones de AIB al 4% en alcohol etílico como solvente (Rojas, 2001).

Según Torrez (1992, p. 30-33), entre los que comúnmente se utilizan, uno de los mejores estimuladores del enraizamiento es la auxina IBA. Tiene una actividad auxínica débil y los sistemas de enzimas destructores de auxinas, la destruyen en forma relativamente lenta.

Los reguladores del crecimiento pueden modificar tanto el tipo de raíces como el número en que se produzcan. Él IBA produce un sistema de raíces fuertes y fibrosas, mientras que los ácidos fenoxiacéticos a menudo producen un sistema de raíces atrofiado y matoso, compuesto de raíces dobladas y gruesas. (Alía y Martín, 2009).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización

##### 3.1.1. Ubicación Geográfica

El presente trabajo de investigación se realizó en el vivero Santiago Primero ubicado en la zona Santiago I distrito uno de la Ciudad de El Alto. Localizada en la meseta del Altiplano Norte. Su territorio es relativamente homogéneo al pie de la cordillera de La Paz y Cordillera Oriental; con una altura variable entre los 6.000 m.s.n.m. (nevado del Huayna potosí) y 3.700 m.s.n.m. (valle de kaque Marka), a 16° 31' latitud sur y 68° 13' de longitud oeste (Rubio, 2021).

Limita al norte con la cordillera Oriental y el Macro Distrito rural Zongo del municipio de La Paz, al Este con el municipio de La Paz, al Oeste con el Municipio de Laja de la Provincia Los Andes, al Suroeste con el Municipio de Viacha de la Provincia Ingavi y al Sureste con el Municipio de Achocalla (Rubio, 2021).



**Figura 2. Ubicación geográfica del vivero Santiago primero (Fuente: Google earth 2024).**

##### 3.1.2. Características Agroecológicas

El municipio de El Alto se ubica sobre los 4.150 msnm, clima frío y seco de alta montaña, la temperatura oscila entre una máxima promedio de 17° C y una mínima promedio de -1.5° C con un promedio anual de 7° C de temperatura y 600 mm de precipitación (SENAMHI, 2021).

## **3.2. Materiales**

### **3.2.1. Material de estudio**

Los 162 esquejes de pino limón fueron recolectados directamente del árbol en fecha 7 de diciembre de 2022 cortando de 6 a 8 cm con 2 cm de base (Martínez, 2007), para poder colocar en las macetas llenas de sustratos después de aplicar los enraizantes en el mismo vivero de Santiago Primero del Gobierno Autónomo Municipal de El Alto.

### **3.2.2. Material de escritorio**

- Computadora
- Calculadora
- Memorias, CD
- Impresora
- Material de escritorio

### **3.2.3. Material de campo**

- Turba
- Abono de Cuy (N=3.5-4.5%, P=2.5-3.5%, K=1.5-2.5%)
- Abono Ovino (N=2.5-3.5%, P=1.5-2.5%, K=1-2%)
- Abono Bovino (N=2-3%, P=1-2%, K=0.5-1.5%)
- Tierra negra
- Termómetro, regla milimétrica
- Cuaderno de campo
- Cámara fotográfica
- Enraizadores

### **3.3. Metodología**

#### **3.3.1. Desarrollo del ensayo**

##### **3.3.1.1. Preparación del área de investigación**

Se realizó la limpieza del área de investigación, eliminando malezas y restos vegetales, luego se niveló el terreno aproximadamente 4 metros de largo por 1.10 metros de ancho, posterior a ello se realizó el trazado y delimitado para las unidades experimentales según al croquis.

##### **3.3.1.2. Desinfección de sustratos**

Luego de establecer los sustratos en las unidades experimentales se realizó una desinfección recomendada con formol al 5 % para evitar la propagación de patógenos que pudiesen interrumpir el proceso de enraizado de los esquejes, la cama de sustrato reposo un periodo de 24 horas cubierta de plástico impermeable para así luego puedan ingresar los esquejes.

Fossati (1996), recomienda que es necesario e importante desinfectar los sustratos debido a que un hongo o enfermedad podría eliminar miles de plántulas.

##### **3.3.1.3. Preparación de los diferentes tipos de sustratos**

En el presente trabajo de investigación se utilizó tres tipos de sustratos en el factor de estudio "b"; cada una de ellas con tres componentes como ser turba, tierra negra y estiércol animal para cada tratamiento.

Los estiércoles de cuy, ovino y bovino se obtuvieron de una granja en un proceso de descomposición natural, la tierra y la turba fueron adquiridos del mismo vivero Municipal. Para la mezcla la tierra fue cernida con la ayuda de un cernidor y una pala, luego se procedió a mezclar para que la misma sea homogénea y así realizar el preparado del sustrato correspondiente a cada tratamiento.

#### **3.3.1.4. Llenado y acomodado de bolsas**

El llenado de bolsas se realizó manualmente haciendo uso de un envase plástico para depositar el sustrato dentro de ella, una vez la bolsa llenada con el sustrato preparado, se compacto con el objetivo de eliminar las burbujas de aire y que no dañaran las raíces de las futuras plántulas. Una vez llenado las 162 macetas se procedió al enfilado correspondiente de fila de tres y 9 macetas por cada unidad experimental.

Una vez obtenida la mezcla homogénea en las bolsas plásticas, cada mezcla se ubicó en las unidades experimentales de acuerdo al croquis experimental que corresponde.

#### **3.3.1.5. Preparado de esquejes**

Para obtener los esquejes se seleccionó plantas madre en el mes de diciembre con características apreciables como: maduras, buen porte, coloración natural y condiciones fitosanitarias, de las cuales se extrajeron esquejes de 08 cm a 10 cm, para un mejor resultado se realizó la recolección de esquejes de la parte media de las plantas madres o donadoras del mismo vivero Municipal de El Alto.

Después se procedió a realizar un pequeño hoyo en las macetas para luego introducir los esquejes.

#### **3.3.1.6. Aplicación de los enraizantes**

Luego que se obtuvieron los esquejes se procedió a sopar en el frasco de los enraizantes en polvo y liquido durante cinco segundos, el cual se observa en el anexo 6 (Rojas, 2001).

#### **3.3.1.7. Establecimiento de los esquejes**

Una vez obtenido los esquejes sopados en los enraizantes inmediatamente se procedió a realizar un hoyo en cada maceta para luego introducir los esquejes en las bolsas preparadas según el croquis experimental ya definidas a una profundidad de 2.5 cm, cerrando, cerrando el hoyo para asegurar el contacto de la raíz con el sustrato. El sustrato tuvo la humedad adecuada a la hora del establecimiento de los esquejes.

### **3.3.1.8. Riego**

Terminado el repicado en el anexo 9 se puede observar que se aplicó riego, mediante regadera manual que permite un riego más suave así para evitar dañar el sustrato o los plantines. Después la frecuencia de riego se realizó día por medio hasta el segundo mes de establecer, luego en los meses restantes el riego se realizó de acuerdo a la humedad del suelo ya que no debemos dejar que falte agua, pero tampoco inundarlas.

### **3.3.1.9. Prevención fitosanitaria**

Para el establecimiento de los esquejes la desinfección del sustrato fue muy importante para evitar cualquier tipo de plagas y enfermedades en el transcurso del estudio se realizó la inspección y observación permanente en el cual en el tercer mes se observaron babosas, para evitar el aumento de estas y tratarla se utilizó ceniza echando al área de la investigación.

### **3.3.1.10. Labores culturales**

El desmalezado se realizó dos veces alrededor del área experimental y en cada bolsa, ya que se observaron malezas y también algunos hongos.

### **3.3.1.11. Destrucción de terrón de plántulas seleccionadas**

Para medir la longitud de la raíz principal y el número de raíces se tuvo que romper los terrones de cada bolsa seleccionada por cada tratamiento y dejar libre la raíz para su respectiva medición.

### **3.3.1.12. Registro de datos**

Los datos registrados en la presente investigación fueron cada inicio de mes durante cuatro meses tomando como unidades experimentales cinco plantines seleccionados al azar por tratamiento y por repetición como se observa en el anexo 9.

## **3.3.2. Diseño experimental**

El presente trabajo de investigación se realizó bajo el Diseño Experimental Completamente al Azar con arreglo bifactorial con tres repeticiones (Ochoa, 2009).

Donde los niveles del factor A fueron los dos tipos de enraizantes en liquido (Full raíz) y en polvo (Stim Root), donde los niveles del factor B fueron tres tipos de sustratos compuesto por turba, tierra negra y abono (cuy, ovino y bovino).

Por lo que el modelo lineal aditivo es el siguiente:

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

Dónde:

$Y_{ijk}$  = Una observación cualquiera

$\mu$  = Media poblacional

$\alpha_i$  = Efecto de la i-ésima variedad

$\beta_j$  = Efecto de la j-ésima

$\alpha\beta_{ij}$  = Efecto de la interacción

$\gamma_k$  = Efecto del k-ésimo bloque

$\varepsilon_{ijk}$  = Error experimental

### 3.3.3. Factores de estudio

Se evaluaron los siguientes factores:

Factor A: Tipos de enraizantes

$a_1$  = Enraizante liquido

$a_2$  = enraizante en polvo

Factor B: tipos de sustratos

$b_1$  = Turba 1Pala, tierra negra 3Palas y abono (cuy) 1Pala.

$b_2$  = Turba 1Pala, tierra negra 3Palas y abono (ovino) 1Pala.

$b_3$  = Turba 1Pala, tierra negra 3Palas y abono (bovino) 1Pala.

### 3.3.3.1. Formulación de tratamientos

El presente estudio considero los siguientes tratamientos:

$T_1 = a_1b_1$  (Enraizante liquido + Turba 1Pala, tierra negra 3Palas, abono cuy 1Pala)

$T_2 = a_1b_2$  (Enraizante liquido + Turba 1Pala, tierra negra 3Palas, abono ovino 1Pala)

$T_3 = a_1b_3$  (Enraizante liquido + Turba 1Pala, tierra negra 3Palas, abono bovino 1Pala)

$T_4 = a_2b_1$  (Enraizante polvo + Turba 1Pala, tierra negra 3Palas, abono cuy 1Pala)

$T_5 = a_2b_2$  (Enraizante polvo + Turba 1Pala, tierra negra 3Palas, abono ovino 1Pala)

$T_6 = a_2b_3$  (Enraizante polvo+ Turba 1Pala, tierra negra 3Palas, abono bovino 1Pala)

### 3.3.4. Variables de respuesta

#### 3.3.4.1. Porcentaje de prendimiento

El porcentaje de prendimiento se registró a los 90 días, el registro consistió en una inspección minuciosa visual de los esquejes de cada uno de los tratamientos para corroborar si alguno de los esquejes presenta una decoloración en los esquejes (Borkowsky, 1973) y (Hartmann, 1990).

$$\% \text{ de prendimiento} = \frac{\text{numero de plantas prendidas}}{\text{numero total de plantas plantadas}} \times 100$$

#### 3.3.4.2. Porcentaje de enraizamiento

Esta variable de respuesta de porcentaje de enraizamiento se evaluó al final del ensayo (al final de cuatro meses) al igual que en la anterior variable se realizó una inspección minuciosa contando la cantidad de esquejes que han logrado formar raíces (Hartmann y colaboradores, 1990).

$$\% \text{ Enraizamiento} = \frac{\text{Numero de esquejes enraizados}}{\text{Numero total de esquejes}} \times 100$$

#### **3.3.4.3. Cantidad de raíces**

En la cantidad de raíces se realizó un conteo y registro de las raíces ya formadas por esqueje de cada uno de los tratamientos, esta evaluación también se realizó al final del experimento como se observa en el anexo 9.

#### **3.3.4.4. Altura de los esquejes**

Para la variable de respuesta altura de esquejes, se pudo medir con la ayuda de una regla milimetrada desde la base del esqueje hasta el ápice esta evaluación se realizó con bastante cuidado ubicando una sola posición y base para la regla milimetrada y de esta forma no pueda haber error. Esta acción se realizó cada 30 días durante cuatro meses de estudio.

#### **3.3.4.5. Longitud de las raíces**

La longitud de raíces se procedió a medir con la ayuda de una regla milimétrica en una superficie plana, previo a esta acción se procedió a la extracción cuidadosa de los esquejes para evitar daño de las mismas, la medición se realizó desde la base del tallo donde se inicia el crecimiento de la raíz hasta la punta de la raíz con mayor longitud y la toma de datos se realizó al final del experimento cumpliendo los cuatro meses.

#### **3.3.4.6. Diámetro de tallo**

Se procedió a medir a la altura del cuello del tallo con la ayuda de un vernier.

#### **3.3.4.7. Número de ramificación**

Se contabilizo el número de ramificaciones de cada una de las plantas.

#### **3.3.4.8. Índice de robustez**

Es un indicador de la supervivencia, la resistencia de la planta a la desecación por el viento, y del crecimiento potencial en sitios secos, se relaciona la altura de planta (cm) y el diámetro del cuello de la raíz (cm).

#### **3.3.4.9. Relación beneficio costo**

Se procedió a calcular los costos de producción y el ingreso neto como se observa en el cuadro 9 y 10 y en el anexo 11. Se tomaron en cuenta, tal como recomienda Paredes (2007), la mano de obra, materiales e insumos.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Análisis de las variables de respuesta

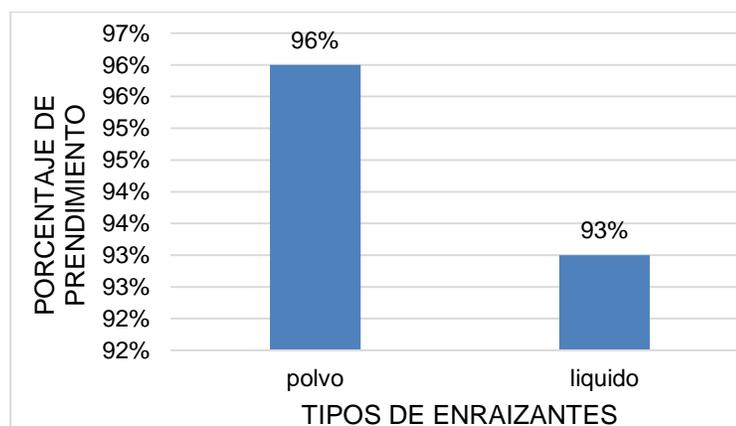
Los resultados durante el ensayo en cuanto a los procedimientos experimentales y variables de respuesta se detallan a continuación.

#### 4.1.1. Porcentaje de prendimiento

En la figura 3, se puede observar el porcentaje de sobrevivencia de los dos diferentes enraizantes en polvo y líquido, el tratamiento que presentó mayor porcentaje de prendimiento de esquejes fue el enraizante en polvo Stim Root con 96% de prendimiento, mientras que el enraizante líquido Full Raíz presentó 93% de prendimiento de los esquejes.

El mayor porcentaje de prendimiento con el uso de enraizante en polvo se debe a la influencia de las hormonas vegetales presentes en este producto que estimulan, regulan y promueven el crecimiento radicular (Hartmann, 1990).

Asimismo, días (2020), afirma que el enraizante líquido puede no afectar el porcentaje de prendimiento del pino debido a factores biológicos, ambientales, químicos y factores de aplicación como una incorrecta aplicación.



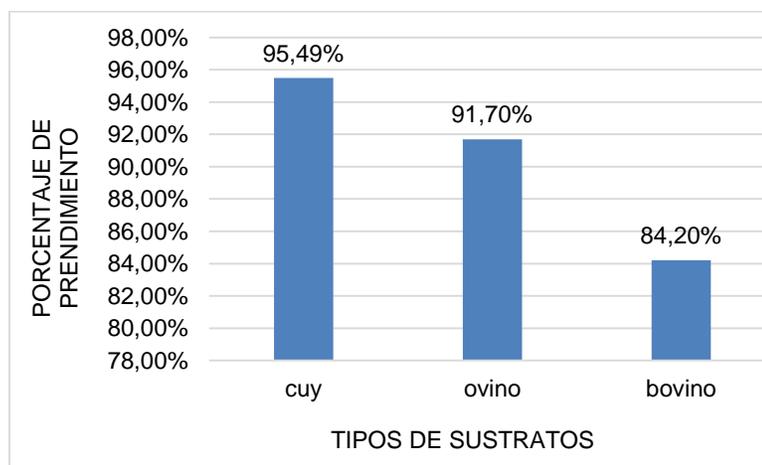
**Figura 3. Porcentaje de prendimiento (enraizantes)**

En la figura 4, se puede apreciar el porcentaje de prendimiento el cual se observó durante todo el proceso que duró el estudio, para luego al final de todo el estudio se hizo una evaluación final y se la representó como se muestra en la figura en el cual se aprecia los

diferentes tratamientos y se observa que el sustrato con abono de cuy presento mayor porcentaje de prendimiento de esquejes de 95,49%, mientras que el sustrato con abono de bovino presento menor porcentaje de 84,20%.

El porcentaje prendimiento de pino limón se vio influenciado por los abonos orgánicos de cuy, ovino y bovino, ya que estas tienen un porcentaje de contenido de nitrógeno además que existe actividad microbiana (Langer, 1991).

Según los autores indican un promedio de porcentaje de prendimiento según los abonos orgánicos, el porcentaje de prendimiento con abono de cuy llega ser un 70-90% (Herrera, 2018), el porcentaje de prendimiento con abono de ovino llega a un 60-80% (García, 2020) y el porcentaje de prendimiento con abono bovino llega a un 50-70% (Martínez, 2020).



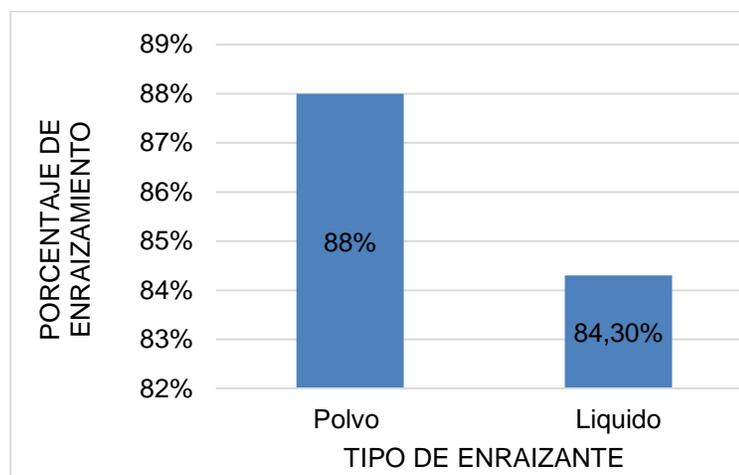
**Figura 4. Porcentaje de prendimiento (sustratos)**

#### 4.1.2. Porcentaje de enraizamiento

A partir del análisis estadístico obtenido en la figura 5, podemos apreciar que el porcentaje de enraizamiento se expresa con un mejor valor en el tratamiento 1 que corresponde al enraizante en líquido con 88% de enraizado, mientras que en el tratamiento con enraizante líquido obtuvo un menor porcentaje de enraizamiento.

Gómez (2020), menciona que los mejores porcentajes de enraizamiento se debe a factores como mayor concentración de principios activos y mejora la absorción de nutrientes.

Rodríguez (2019), señala que el porcentaje de enraizamiento en polvo es de 80 a 95%, mientras que el enraizante liquido obtiene un promedio de 60 a 80% de enraizamiento.

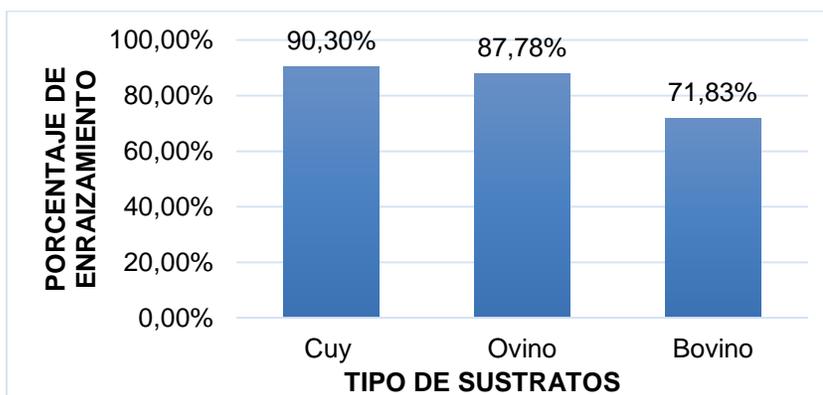


**Figura 5. Porcentaje de enraizamiento factor A (enraizantes)**

En la figura 6, para la variable porcentaje de enraizamiento factor B, se observa tres rangos de significancia entre los tres diferentes sustratos. El mayor porcentaje de enraizamiento se observó en el tratamiento 1, sustrato en base a abono de cuy presento 88,30%, el tratamiento 2 presento 71,78% en base a sustrato con abono de ovino y en ultimo rango con el menor porcentaje de enraizamiento se observa al tratamiento 3 que es sustrato formulado en base a abono de bovino con 69,83% de enraizamiento de los esquejes de pino limón.

Langer (1991), indica que la variabilidad del porcentaje de enraizamiento se debe a los diferentes sustratos y abonos orgánicos utilizados en el experimento, existen factores que influyen el enraizamiento como el pH del sustrato, optima temperatura y humedad.

Herrera (2018), presenta comparaciones de enraizamiento con abonos orgánicos, en el cual señala que el abono de cuy alcanza 85 a 90% de enraizamiento, abono ovino 80 a 85% de enraizamiento y el abono bovino 75 a 80% de enraizamiento.



**Figura 6. Porcentaje de enraizamiento factor B (sustratos)**

#### 4.1.3. Altura de planta etapa inicial a la toma de datos (cm)

Para el análisis de los datos en la altura que lograron desarrollar los esquejes se realizó un análisis de varianza con un margen de error del 5%, en el cuadro 2 se aprecia que la diferencia es altamente significativa, en los diferentes tipos de enraizantes, lo cual amerita una comparación de medias. También por su parte se puede observar que en el factor B que representa a diferentes sustratos da un resultado no significativo. Para el caso de la interacción de los dos factores en relación de la variable altura de planta con diferentes enraizantes y diferentes sustratos se observa que no existe diferencias significativas.

El coeficiente de variación registrado para dicha variable es de 10,22%, el cual refleja que hubo un buen manejo de las unidades experimentales e indica que los datos son confiables ya que se encuentra por debajo del 30% (Calzada, 1970).

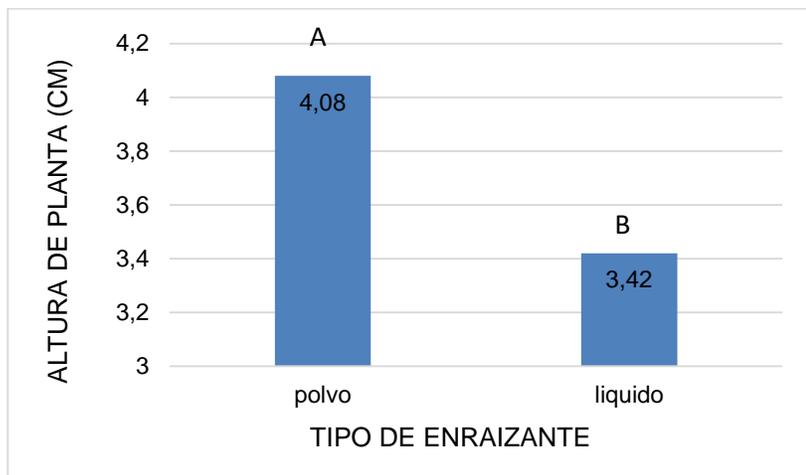
**Cuadro 2. Análisis de varianza para la variable altura de planta etapa inicial a la toma de datos**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	0,3	2	0,15	1,01	0,3998
Enraizante	1,95	1	1,95	1,33	0,0045 **
Sustrato	1,01	2	0,51	3,45	0,0726
Enraizante*Sustrato	0,17	2	0,09	0,58	0,5763
Error	1,47	10	0,15		
Total	4,9	17			
CV%	10,22				

\*\*= Altamente significativa; \*= Significativa; NS= No significativa

En la figura 7 se observa la prueba de Duncan, detecta el efecto de los enraizantes en el crecimiento de los esquejes en la primera etapa inicial a la toma de datos, se observa que el enraizante en polvo alcanzo mayor altura de 4,08 cm, a diferencia del enraizante en líquido que presento menor altura de 3,42 cm.

El efecto sobresaliente del enraizante en polvo se debe a principios activos que contiene el enraizante stim Root como el AIB, AIA y Citocininas que son hormonas vegetales que regulan y estimulan el crecimiento y la división celular, además que contienen aminoácidos y micronutrientes que son esenciales para el crecimiento vegetal. (Kozlowski, 1992) y (Ferreyra, 2019).



**Figura 7. Altura de planta etapa inicial a la toma de datos**

Según el análisis de varianza en el cuadro 3 para la variable altura de planta etapa final a la toma de datos se observa que existe diferencias significativas entre bloques, pero no existe diferencias significativas entre los tratamientos.

El coeficiente de variación registrado para dicha variable es de 21,27%, nos indica que los valores analizados son buenos, estando dentro del margen de aceptación menor al 30%.

No se presentó diferencias significativas debido a que los enraizantes y abonos pueden no influir significativamente en la altura de planta en pinos de 4 a 6 meses, ya que aún están en crecimiento inicial y la planta aun no desarrolla suficientemente su sistema radicular para absorber nutrientes adicionales (Hartmann, 1990).

También Langer (1992), indica que puede deberse a factores ambientales afectando la absorción de nutrientes, también el exceso de riego o déficit de agua limita el crecimiento.

**Cuadro 3. Análisis de varianza para la variable altura de planta etapa final a la toma de datos**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	79,5	2	39,75	5,6	0,0234*
Enraizante	1,47	1	1,47	2,10	0,6584
Sustrato	29,95	2	14,98	2,11	0,1721
Enraizante*Sustrato	2,08	2	1,04	0,15	0,8654
Error	71	10	7,1		
Total	184,01	17			
CV	21,27%				

\*\*= Altamente significativa; \*= Significativa; NS= No significativa

#### 4.1.4. Longitud de raíz (cm)

En el cuadro 4, se observa que los tratamientos aplicados presentan diferencias altamente significativas a un nivel de significancia de (0,05), por lo tanto, los esquejes alcanzaron mayor longitud de raíz de diferentes tratamientos, al encontrarse en condiciones diferentes de abonos y enraizantes. Presentando diferencias altamente significativas entre bloques, diferencias significativas entre el factor A que son los tipos de enraizantes y altamente significativas entre tipos de sustratos.

En el caso de la interacción de los dos factores de tipos de enraizantes y diferentes sustratos nos indica que la interacción de los factores no es significativa en relación de la variable de longitud de raíz.

En el análisis de varianza en el cuadro 4, con relación al promedio de longitud de raíz por esqueje, presenta un coeficiente de variación de 4,76%, que determina un adecuado manejo de las unidades experimentales, nos indica que los valores analizados son excelentes, estando dentro del margen de aceptación menor al 30%.

**Cuadro 4. Análisis de varianza para la variable longitud de raíz**

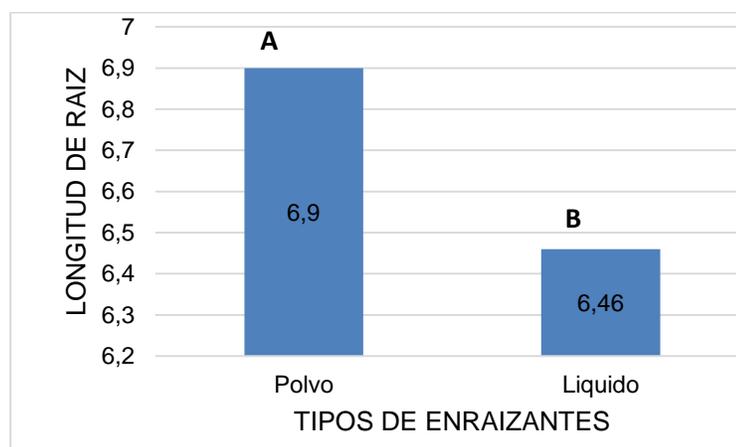
F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Bloque	1,53	2	0,76	7,55	0,01**
Enraizante	0,88	1	0,88	8,74	0,0144*
Sustrato	3,2	2	1,6	15,81	0,0008**
Enraizante*Sustrato	0,24	2	0,12	1,18	0,3478
Error	1,01	10	0,1		
Total	6,86	17			
CV%	4,76				

\*\*= Altamente significativa; \*= Significativa; NS= No significativa

Según la figura 8 de la variable longitud de raíz, del factor de enraizantes se muestra que el enraizante en polvo Stim Root alcanzó un mayor crecimiento en longitud de la raíz de 6,9 cm y el enraizante en líquido Full Raíz alcanzó un promedio de longitud de raíz de 6,46 cm.

Vanzile (2024), explica que la hormona de enraizamiento hace que el esqueje desarrolle raíces más rápido (tarda entre dos y ocho semanas en hacer efecto).

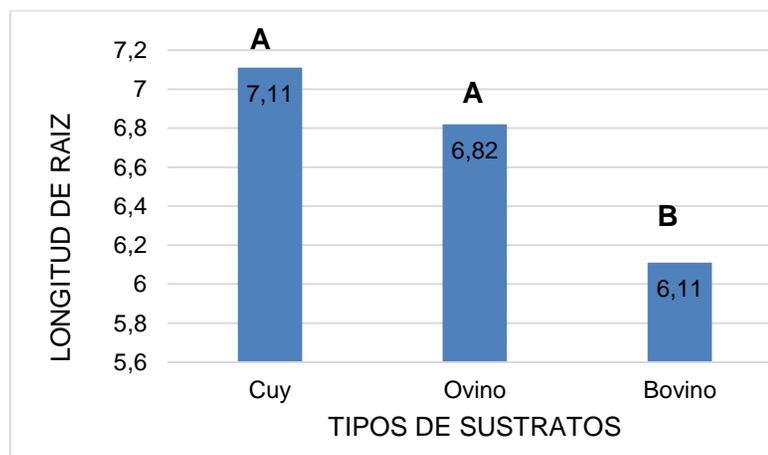
El efecto del tratamiento I, en la longitud de las raíces con aplicación de STIM ROOT se debe a las hormonas vegetales como las auxinas que estimulan y promueven el desarrollo y crecimiento radicular y mejor absorción de nutrientes y agua (Taiz, 2015)).



**Figura 8. Factor de enraizantes para la variable de longitud de raíz**

Al observar la figura 9 para la variable de longitud de raíz, del factor sustrato se observa que el tratamiento con sustrato de cuy alcanzo mayor longitud de raíz de 7,11 cm, mientras que el sustrato con ovino presento una longitud de 6,82 cm. y por último el sustrato con bovino fue de 6,11 cm siendo esto el más bajo. Esto se debe a factores que limitan el efecto del abono bovino en el crecimiento radicular como la baja disponibilidad de nutrientes debido a la descomposición lenta, además este abono bovino puede contener sales que pueden dañar las raíces y reducir el crecimiento radicular (Hue y Silva, 2000).

Además, Biederbeck y Campbell (2002), confirman que el abono de bovino puede contener microorganismos que pueden competir con las plantas por los nutrientes.



**Figura 9. Factor de sustratos de la variable de longitud de raíz**

#### 4.1.5. Número de raíces

El análisis de varianza para la variable número de raíz, muestra un resultado significativo a un nivel de significancia de (0,05) entre los tratamientos lo que sí existe diferencias en la aplicación de los diferentes tipos de sustratos, el mismo que favoreció en el desarrollo de las raíces, mientras en el factor de enraizantes y la interacción A\*B no mostraron diferencias significativas.

El coeficiente de variación registrado para dicha variable que se observa en el cuadro 6 es de 20,87%, nos indica que los valores analizados son muy buenos, estando dentro del margen de aceptación menor al 30%.

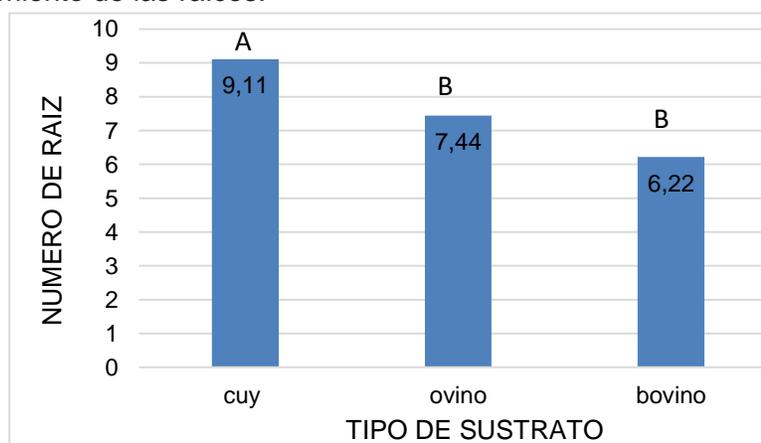
**Cuadro 5. Análisis de varianza para la variable número de raíz**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	3,79	2	1,89	0,75	0,4956
Enraizante	4,2	1	4,2	1,67	0,2252
Sustrato	25,23	2	12,61	5,02	0,0309*
Enraizante*Sustrato	0,95	2	0,47	0,19	0,831
Error	25,11	10	2,51		
Total	59,27	17			
CV%	20,87				

\*\*= Altamente significativa; \*= Significativa; NS= No significativa

Para esta variable se observa que el número promedio de raíces por esqueje producidas por los diferentes sustratos preparados es diferente, ya que la prueba de Duncan (figura 10) indica diferencias, se observa que en el tratamiento 1 que es sustrato a base de abono de cuy presento mayor número de 9 raíces, para el T2 el sustrato con abono de ovino presento 7 raíces y el T3 6 raíces, lo cual no hubo diferencias entre el T2 y el T3. Este efecto sobresaliente en la cantidad de raíces por esqueje con la aplicación de abono de cuy se debe al alto contenido de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio; ya que el abono de cuy contiene materia orgánica que ayuda a mejorar la estructura del suelo, permitiendo una mejor penetración de las raíces (Hernández, 2017).

Además, Rodríguez (2019), indica que el abono de cuy contiene hormonas vegetales que estimulan el crecimiento de las raíces.

**Figura 10. Número de raíces (tipos de sustratos)**

#### 4.1.6. Diámetro de tallo

De acuerdo al análisis de varianza en el cuadro 6 diámetro de tallo, estadísticamente demuestra que existe diferencias altamente significativas entre bloques a un nivel de significancia de (0,05), mientras que en los factores A y B que son tipos de enraizantes, diferentes sustratos y la interacción entre enraizante y sustrato no presentan diferencias significativas. El coeficiente de variación para esta variable es de 12,3%, este valor indica que los datos son confiables, ya que los datos evaluados están dentro de los parámetros estadísticos de aceptación menor al 30%, y se puede deducir que el manejo de las unidades experimentales es aceptable.

Según Rodríguez (2019), afirma que algunos enraizantes pueden estimular el crecimiento radicular sin afectar directamente el diámetro del tallo como se observa estadísticamente en el cuadro 6.

La variabilidad genética del pino limón puede influir en su respuesta a los enraizantes y abonos, también en etapas tempranas de crecimiento puede requerir nutrientes específicos que no están presentes en todos los enraizantes y abonos (Gómez, 2020).

**Cuadro 6. Análisis de varianza para la variable diámetro de tallo**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	384,99	2	192,49	8,88	0,0061**
Enraizante	2,07	1	2,07	1,00E-01	0,7634
Sustrato	93,03	2	46,52	2,15	0,1676
Enraizante*Sustrato	5,58	2	2,79	0,13	0,8807
Error	216,66	10	21,67		
Total	702,33	17			
CV%	12,13				

\*\*= Altamente significativa; \*= Significativa; NS= No significativa

#### 4.1.7. Número de ramificaciones

Según el cuadro 7 análisis de varianza, para la variable número de ramificación, muestra un resultado significativo a un nivel de significancia de (0,05), lo que nos indica que, si existe diferencias altamente significativas entre bloques, también se observa diferencia

significativa entre la aplicación de diferentes niveles de sustratos causando efecto en el mayor desarrollo de número de ramificaciones lo cual amerita una comparación de medias. Sin embargo, con respecto a los resultados para el factor de enraizantes y la interacción de los dos factores A\*B nos indica que no existe diferencias significativas.

El coeficiente de variación de 16,05% nos indica que los valores analizados son excelentes, estando dentro del margen de aceptación menor al 30%.

Para establecer esta diferencia de medias del número de ramificación entre los tratamientos empleados en el experimento, se utilizó la prueba de significancia Duncan (figura 11).

**Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable de número de ramificación**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	228,41	2	114,2	14,15	0,0012**
Enraizante	0,75	1	0,75	9,00E-02	0,767
Sustrato	111,71	2	55,86	6,92	0,013*
Enraizante*Sustrato	2,69	2	1,35	0,17	0,8487
Error	80,72	10	8,07		
Total	424,28	17			
CV%	16,05				

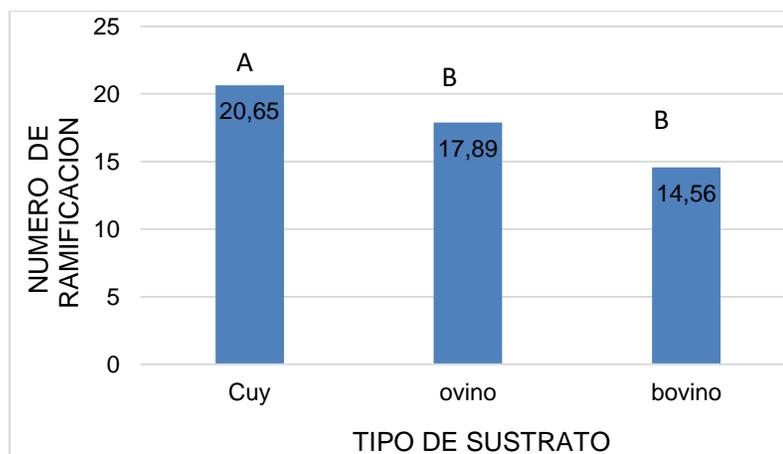
\*\*= Altamente significativa; \*= Significativa; NS= No significativa

Al realizar las comparaciones para la variable de número de ramificaciones, del factor de diferentes sustratos es diferente, ya que la prueba Duncan indica diferencias. Donde el sustrato con abono de cuy alcanzo mayor número de ramificaciones de 20,65 y para el sustrato de ovino 17,89 y por último el sustrato con bovino fue de 14,56 siendo esto el que menos ramificaciones presento.

El abono de cuy influye positivamente en el número de ramificaciones del pino limón, ya que estimula el crecimiento vegetativo incrementando el número de ramificaciones como se observa en la figura 11 (Hernández, 2017).

Rodales (1946), señala que la materia orgánica de los abonos varía en su contenido desde 63,10% en el abono de bovino y 54,8% en el abono de ovino. Es por esta razón que no

hubo diferencias entre el sustrato con abono de ovino y bovino, tomando en cuenta los contenidos de materia orgánica y el nitrógeno total, la relación C/N de los abonos que oscilan entre (15,8 a 15,9).



**Figura 11. Número de ramificación (tipos de sustratos)**

#### 4.1.8. Índice de robustez

En el siguiente cuadro 8 de análisis de varianza para la variable índice de robustez a un nivel de significancia del 5%, nos indica que no existe diferencias significativas en los diferentes tratamientos de enraizantes y sustratos, así también en la interacción de estos dos factores A\*B. El coeficiente de variabilidad registrado para dicha variable es de 15,18%, nos indica que los valores analizados son buenos, estando dentro del margen de aceptación menor al 30%.

García (2018), señala que los enraizantes y abonos orgánicos de cuy, ovino y bovino pueden influir positivamente en el crecimiento y salud de las plantas, pero su efecto en el índice de robustez específico puede ser limitado o nulo como los tratamientos que no presentaron diferencias significativas debido a factores como la composición química, dosis y aplicación, tipo de suelo, edad y estado fisiológico, condiciones ambientales y la interacción con los microorganismos.

También Gómez (2020), indica que existe razones específicas para cada tipo de sustrato, ya que el abono de cuy presenta bajo contenido de nitrógeno y fosforo que son esenciales para el crecimiento robusto, el abono de ovino tiene alto contenido de nitrógeno, pero posible exceso de amoníaco que es perjudicial para las raíces y el abono de bovino contiene

bajo contenido de micronutrientes como hierro y zinc, que son cruciales para la robustez de la planta.

**Cuadro 8. Análisis de varianza para la variable índice de robustez**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	4,80	2	2,40	1	0,4003
Enraizante	4,30	1	4,30	1,80	0,6801
Sustrato	3,60	2	1,80	0,75	0,4971
Enraizante*Sustrato	1,80	2	8,80	0,37	0,7012
Error	0,02	10	2,40		
Total	0,03	17			
CV%	15,18				

\*\*= Altamente significativa; \*= Significativa; NS= No significativa

#### 4.1.9. Relación beneficio/costo

Se procedió a calcular los costos de producción y el ingreso neto, tomando en cuenta tal como recomienda Paredes (2007), la mano de obra, materiales e insumos.

En los tratamientos del factor enraizante en liquido mostro un B/C de Bs 0,88 de ganancia por cada Bs 1 invertido en la investigación, así también para el T2 se tiene la relación B/C de Bs 1,80, lo que significa que por cada 1 Bs invertido se obtendrá Bs 0,80 de ganancia de cada plantin producido con enraizante en polvo.

**Cuadro 9. Beneficio/costo factor enraizante**

Tratamientos	VBP- Bs/Trat.	IN- Bs/Trat.	B/C
T1(enraizante liquido)	972	690	1,88
T2(enraizante en polvo)	972	670	1,80

Fuente: elaboración propia

El costo de producción de cada plantin fue de Bs 12 en los tratamientos de cuy, estiércol de ovino y estiércol de bovino, se tomó en cuenta cada unidad de pino como rendimiento, donde se toma en cuenta un total 162 plantines, 54 plantines por tratamiento, la cantidad

no varía en los tratamientos ya que se tomó en cuenta una misma cantidad para cada uno de los tratamientos.

La relación beneficio costo para el T1 y T2 fue de Bs. 1.70 lo que significa que por cada Bs 1 invertido se obtendrá Bs.0,70 de ganancia de cada plantin producido a base de abono de cuy y estiércol de ovino.

Así también para el T3 que se utilizó estiércol de bovino que fue 2.38, lo que significa que por cada Bs 1 invertido se obtendrá Bs 1.38 de ganancia.

El costo de producción fue de Bs 690.

**Cuadro 10. Beneficio/costo factor sustrato**

<b>Tratamientos</b>	<b>VBP- Bs/Trat.</b>	<b>IN- Bs/Trat.</b>	<b>B/C</b>
T1(abono de cuy)	648	408	1,70
T2(abono de ovino)	648	408	1,70
T3(abono de bovino)	648	477	2.38

Fuente: elaboración propia.

## 5. CONCLUSIONES

Según los objetivos planteados y los resultados obtenidos en el presente estudio, nos permite sustentar las siguientes conclusiones:

- Se rechaza la hipótesis nula planteada en la presente investigación, esto debido a que existen evidencias en la aplicación de los enraizantes full raíz y stim Root y los diferentes sustratos con abono de cuy, ovino y bovino que influyen en el porcentaje de enraizamiento y en el prendimiento de los 162 esquejes de pino limón.
- En el análisis del porcentaje de prendimiento, de acuerdo a la formulación de tratamientos que se observa en la página 28, mostro que, los esquejes del tratamiento 4 sustrato formulado a base de turba 1 pala, tierra negra 3 palas, abono de cuy 1 pala y la aplicación de enraizante en polvo Stim Root llegaron a prender un 95,49% a comparación con los demás tratamientos.
- Respecto al porcentaje de enraizamiento, se observó que el factor B, tipos de sustratos mostro cierta diferencia entre sí en los esquejes con la aplicación de abono de cuy y bovino, mientras que en el tratamiento sustrato formulado con abono bovino presento menor porcentaje de enraizamiento de 71.83%, según fuentes consultadas esto puede ser debido a diversos factores que influyen el enraizamiento como el pH del sustrato, optima temperatura y humedad.
- Con relación a la altura de planta se encontró con mayor altura promedio al T5 formulado a base de turba, tierra negra, abono ovino y el enraizante stim Root con 14.39 cm de altura de esquejes.
- De acuerdo al modelo estadístico utilizado, el efecto de los sustratos y enraizantes mostraron diferencias altamente significativas, se llega a la conclusión que los enraizantes si hicieron efecto en la variable de longitud y número de raíces, este efecto debido al accionar de las hormonas vegetales que estimulan y promueven el desarrollo y crecimiento radicular haciendo que las raíces se desarrollen más rápido por la absorción de nutrientes y agua.
- El análisis beneficio/costo de la presente investigación, muestra que los tratamientos formulados a base de enraizante liquido Full Raíz y el abono ovino son los más

rentables, puesto que presentan un B/C de Bs 1.88 y Bs 1.70, lo que significa que por cada Bs 1 invertido se obtendrá Bs 0.88 y Bs 0.70 de ganancia respectivamente. Cabe recalcar que en los otros tratamientos no existe mucha variación, ya que se tomó en cuenta cada unidad de pino como rendimiento, un total de 162 plantines, 54 plantines por tratamiento.

## 6. RECOMENDACIONES

En base a los objetivos, resultados y conclusiones del presente trabajo, se pueden formular las siguientes recomendaciones:

- Para asegurar y obtener mayor porcentaje de enraizamiento en esquejes en pino limón (*Cupressus macrocarpa*), de acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se recomienda utilizar el enraizante en polvo Stim Root, ya que fue el tratamiento que presentó alto porcentaje de enraizado y prendimiento a comparación con el enraizante líquido Full Raíz.
- También se recomienda tomar en cuenta ciertos factores como la calidad del esqueje y las condiciones ambientales, ya que el enraizante también ayuda a acelerar el enraizamiento y mejorar la calidad de las raíces y así asegurar la producción de plantines por reproducción asexual.
- Se recomienda más investigaciones en la aplicación de enraizantes, concentraciones según necesidades específicas para emplear un buen uso y evitar la dependencia y sobredosis.
- De acuerdo a las conclusiones del trabajo investigativo se recomienda utilizar el sustrato con abono de cuy ya que los plantines de pino limón presentaron mayor desarrollo fisiológico y radicular a comparación con la aplicación de abono ovino y bovino.
- Al usar abonos orgánicos provenientes de excretas de animales domésticos para la producción de plantas, se debe considerar el tiempo de descomposición de estas fuentes para optimizar la influencia de sus elementos orgánicos.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ACEA, (2013). Evaluación de una técnica de propagación asexual con esquejes apicales del ciprés limón (*Cupressus macrocarpa*) Var. Gold crest. Universidad técnica de Ambato facultad de ciencias agropecuarias. Pág. 23.
- Aguirre, A. (1988). Propagación de especies forestales nativas de la región andina del Perú. Organización de los Estados Americanos. Perú. Pág. 31.
- Aleconsult international, (2015). Propuestas biológicas para la producción Agrícola y Jardinería. Disponible en: <http://www.alecoconsult.com>
- Alía, R. y Martín, S. (2009). Guía Técnica Para La Conservación Genética Y Utilización Del Pino Negral (*Pinus Pinaster*). Foresta. Madrid. España.
- ALVARADO V. 2007. Efecto de diferentes Fito reguladores en la multiplicación por esquejes de pino japonés (*Cryptomeria japonica*); Falso ciprés (*Chamaeciparys obtusa*); Tuya occidental (*Thuja occidentalis*) en el vivero municipal de Aranjuez, La Paz. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz – Bolivia. Pág. 2.
- Álvarez, P; Barrio, M; Díaz, A; Higuera, J; Riesgo, G; Regueiro, A; Rodríguez, J. y Villarino, J. (2000). Manual De Selvicultura De Las Principales Especies De Frondosas Forestales Para El Norte De España.
- Arboles ornamentales, (2013). Arboles ornamentales nativos de Bolivia. Disponible en : [https://colectivoarbol.org/wp-content/uploads/2020/04/libro-arboles-ornamentales-nativos-de-bolivia\\_montero\\_2013.pdf](https://colectivoarbol.org/wp-content/uploads/2020/04/libro-arboles-ornamentales-nativos-de-bolivia_montero_2013.pdf).
- Bailey, J. P., K. Bímová and B. Mandák, (2009). Asexual spread versus sexual reproduction and evolution in Japanese Knotweed. sets the stage for the “Battle of the Clones”. Biological Invasions 11(5). Pág. 1189-1203.
- Biederbeck, V. y Campbell, C. (2002). Effects of manure on soil microbial activity. Soil Science Society of America Journal.

- Borges S. R., Xavier A., Oliveira L. S., Melo L. A., Rosado A. M. (2011). Enraizamiento De Mini estacas De Clones Híbridos De Eucalyptus Globulus. *Revista Árvore*, 35. Pág. 425-434.
- Boutherin, D. (1994). *Multiplicación de plantas ornamentales*. Editorial Acribia. Zaragoza, España. Pág. 225.
- Bustamante, V. (2013). Análisis de conos y semillas en coníferas. Disponible en: [https://www.academia.edu/21431128/An%C3%A1lisis\\_de\\_conos\\_y\\_semillas\\_en\\_con%C3%ADferas](https://www.academia.edu/21431128/An%C3%A1lisis_de_conos_y_semillas_en_con%C3%ADferas).
- Castillo, J. (2015). Evaluación de la calidad de abonos ecológicos (compost, bokashi y lumbrifert) elaborados a partir de residuos sólidos orgánicos de la Ciudad del Alto. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz. Bolivia. Pág. 127.
- Cabrera, A; Lammoglia, M; Alarcón, S; Martínez, C; Rojas, R; Velázquez, S. (2021). Árboles y arbustos en el norte de Veracruz, México. Disponible en: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S244861322019000100113&script=sci\\_arttext&tlng=es](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S244861322019000100113&script=sci_arttext&tlng=es).
- Calzada, B. (1970). *Métodos estadísticos para la investigación*. 5 ed. Lima, Perú. Pág. 644.
- Choque, (2015). *Introducción a la propagación vegetal* Gustavo Esteban Gergoff Grozeff Marcela Fabiana Ruscitti, Daniel Oscar Giménez (coordinadores) De la fisiología a la práctica integrada. Disponible en: <https://core.ac.uk/fdownload/597602003.pdf>.
- Cruz, C. (2009). Efecto de tres pre-tratamientos en la germinación y crecimiento inicial en vivero de tres especies forestales en Patacamaya. Tesis de grado para obtener el grado de Licenciatura. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.
- Dantas A.K., Majada J., Dantas F.K., Delatorre C., Granda V., Vallejo P., Feíto I. (2016). Rooting Of Minicuttings Of Castanea Sativa Mill. Hybrid Clones. *Revista Árvore* 40. Pág. 465-475.
- Delucchi G., (2011). *Sistemática de plantas vasculares*. Disponible en: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S185123722011000200014](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S185123722011000200014).

- Delatorre C., Fuente-Maqueda J.F., Meijón M., Feíto I., Baizán S., Dantas A.K., Majada J., Granda V., Rodríguez A. (2013). Compuestos De Naturaleza Fenólica Y Actividad Antioxidante De Los Brotes Del Pino (*Pinus pinaster* Aiton). Tecnología Agroalimentaria 13. Pág. 27-33
- Díaz, C. (2020). Compatibilidad de variedades de pino con enraizantes líquidos. Revista de investigación agrícola. Pág. 15-25.
- Duran, (2008). Materiales regionales utilizados en Latinoamérica para la preparación de sustratos. Investigación Agropecuaria. 2008. Volumen 5(2). Disponible en: <https://lecturayescrituraunrn.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/08/uso-de-sustratos-en-argentina.pdf>. Pág. 93-106.
- Fabián, V. (2016). Efecto de tres abonos orgánicos líquidos, aplicados al suelo, en el cultivo de Canónigo (*Valerianella locusta*), en ambientes atemperados en la ciudad de el Alto. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz. Bolivia. Pág. 98.
- FAO, (2002). Producción de abonos orgánicos y biorracionales. Disponible en: <https://openknowledge.fao.org/bitstreams/d81ae4cf54e421d8bacd36719b2eaf0/download>.
- Ferreira, R. (2019). Micronutrientes en la agricultura. Editorial Limusa. Pág. 250.
- Florka, (2015). Musgo de turba. Productos para el mejoramiento del suelo, puede hacer ajustes de cultivo por su cuenta. Disponible en: <https://florka.es/musgo-de-turba>.
- Fossati, J. (1996). Sustrato en viveros forestales. Programa de redoblamiento forestal. Cochabamba, Bolivia. Pág. 12.
- Galloway y Borgo, (2015). Estudio comparativo en el enraizado de pino limón (*Cupressus macrocarpa* var. Goldcrest) y *Chamaecyparis azul* (*Chamaecyparis lawsoniana* var. Ellwoodii) con cuatro tipos de sustrato en cámara de subirrigación en el vivero Ekornat-Garden, La Paz. Bolivia. Disponible en: [http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S251993822017000100002&lng=es&nrm=iso](http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S251993822017000100002&lng=es&nrm=iso).

- García, M. (2018). Efectos del pH del suelo en el crecimiento de plantas cítricas. *Revista de investigación agrícola*.
- Gernandt y Pérez, (2014). Biodiversidad de Pinophyta (coníferas) en México. *Rev. Mex. Biodiv.* [online]. 2014, vol.85. ISSN 2007-8706. Disponible en: <https://doi.org/10.7550/rmb.32195>. Pág. 126-133.
- Goitia, L. (2000). Manual preliminar de prácticas. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. Pág. 30.
- Goitia, L. (2008). Manual de dasonomía y silvicultura. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. Pág. 159.
- Gomez, M. (2017). Efecto de la luz en el crecimiento de *Cupressus lusitánica*. *Revista de investigación agrícola*, 43(2), Pág. 15-25.
- Gómez, M. (2020). Análisis químico de enraizantes utilizados en citrus. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Hansen, 1990. Épocas de colecta y tratamientos para enraizamiento de estacas de cirimo *Tilia mexicana* Schlecht. (Tiliaceae). Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S20071132201100010002](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S20071132201100010002).
- Hartmann, H. et al. (2011). *Plant propagation: principles and practices*. Pearson education.
- Hernández, J. (2017). Efectos del abono de cuy en la fertilidad del suelo. *Revista de investigación agrícola*. Pág. 12-20.
- INFOAGRO (2006). Abonos orgánicos. La agricultura convencional agroquímica se basa en la dependencia del Agricultor en tecnologías industrializadas que requieren alta inversión de dinero. Disponible en: [https://www.infoagro.com/documentos/abonos\\_organicos.asp](https://www.infoagro.com/documentos/abonos_organicos.asp)
- Jácome, J. (2011). Evaluación de tres mezclas de sustratos y tres fitohormonas en enraizamiento de brotes laterales de babaco (*Carica pentágona*), barrio pinllocruz,

cantón mejía, provincia de pichincha. Disponible en:  
<http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/733>

Jiménez, M. (2023). Propagación vegetal. Disponible en:  
<https://editorial.us.es/es/muestra/720542?f=pdf>.

Kozlowki, T. (1992). Physiological ecology of forest production. Academic press. Pág. 526.

Langer, R. (1991). Plant growth regulators in agricultura martinus nijhoff publishers. Pág. 321.

López, G. (2001). Los Árboles Y Arbustos De La Península Ibérica Y Baleares.

Mamani, W. (2016). Estudio comparativo en el enraizado de pino limón (*Cupressus macrocarpa* var. goldcrest) y *chamaecyparis* azul (*Chamaecyparis lawsoniana* var. ellwoodii) con cuatro tipos de sustrato en cámara de subirrigación en el vivero Ekornat-Garden, La Paz. Universidad Mayor de San Andrés. La paz, Bolivia.

Maier H. P. (2008). La multiplicación de las plantas: manual Jardín en casa, Trad. E. Dauner 2da. ed., Edit. Hispano Europea.

Marca, G. (2001). Germinación y crecimiento en vivero e dos especies forestales (*Calophyllum brasiliense* cambess y *Otoba parvifolia* markgraf), en diferentes sustratos en la región de San Buenaventura. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. Pág. 86.

Martínez, J. (2007). Producción de cedro limón *Cupressus macrocarpa* Golcrest en Morelos. Folleto técnico 29. Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. UNIFAP. Morelos, México. Pág. 2-8.

Meijón M., Feito I., Oravec M., Delatorre C., Weckwerth W., Majada J., Valledor L. (2016). Exploring Natural Variation of *Pinus Pinaster* Aiton Using Metabolomics: Is It Possible to Identify the Region of Origin of a Pine from Its Metabolites? *Molecular Ecology* 25(4) Pág. 959-976.

- Miranda, R. (2002). Propiedades físicas y químicas de suelos. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. Pág. 4.
- Ochoa, R. (2009). Diseños experimentales. Universidad Mayor de San Andrés. La paz, Bolivia. Pág. 134.
- Patzi, Y. (2010). Evaluación de dos especies florales petunia (petunia hibrida) y pensamiento (*Viola sp.*) en su producción con diferentes tipos de sustratos bajo fertilización foliar en el vivero municipal de Aranjuez de la ciudad de La Paz. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. Pág. 114.
- PDM (Plan de Desarrollo Municipal) 2015. Aspectos físicos naturales.
- Paredes, L. (2007). El Producto Interno Bruto en los períodos: 2000-2006 y 2007-2013. Análisis de su Incidencia en el Coeficiente de Gini por Ingresos. Universidad Técnica de Ambato. Pág. 188.
- Perez, J. (2011). Influencia de la luz en la producción de clorofila y crecimiento de *Cupressus lusitánica*. Revista de ciencias agrícolas, 28(1), Pág. 10-20.
- Pérez, J; Gardey, A. (2023). Definición de recursos renovables. Qué es, Significado y Concepto. Disponible en: <https://definicion.de/recursosrenovables/>
- Pomier, K. (2006). Descripción dentro lógica y determinar el proceso de germinación de dos especies de acacia, utilizando dos tipos de sustratos y dos métodos de tratamiento pre-germinativo en el vivero forestal de Cota Cota, provincia Murillo-La Paz. Universidad Mayor de San Andrés. La paz, Bolivia.
- Ramirez, J. (2013). Vegetation on expansive clay soils from Madrid and La Sagra region (Madrid-Toledo, Spain). Mediterranean Botany, Online first, 1.
- Rodales, J. (1946). Abonos orgánicos. Edición tres EMES. Buenos Aires, Argentina. Pág. 85-105.
- Rodríguez, A. (2019). Efectos de abono de cuy en el crecimiento radicular de plantas. Revista de ciencias agrícolas. Pág. 25-35.

- Rojas, F. (2001). Lista de catálogos de plantas. Universidad Mayor de San Andrés. La paz, Bolivia.
- Royal Agricultural Society, (2013). Journal of The Royal Agricultural Society of England, Volume 13... Tapa blanda – 1 Noviembre 2012. Disponible en: <https://www.therasc.com/the-royal-highland-show-2013-final-report/>.
- Rubro, D. (2001) (Plan de Ordenamiento Territorial), 2021-2045. Disponible en: <https://sitgamea-potelalto2045.hub.arcgis.com>
- Ruta bonsái (2013). Puntos importantes sobre los bonsáis. Bonsái con coníferas. Disponible en: <https://www.youtube.com/playlist?list=PL7xk2VhB5DVi4XR2GiFB4FPcERG4sxBR>.
- Sánchez, E. (2022). Determinar el efecto de dos fertilizantes foliares en la tasa de crecimiento del pino limón (*Cupressus macrocarpa* var. Gold Crest), y pino azul (*Chamaecyparis lawsoniana* var. Ellwoodii) en el Centro Experimental de Cota Cota. La Paz, Bolivia. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/33777>
- Serrada, R. (2000). Apuntes de Repoblaciones Forestales. FUCOVASA. Madrid. Disponible en: <https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2019/02/Serrada-2000.pdf>
- SENAMHI, Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrología. (2021). Pronostico del tiempo a nivel nacional. Senamhi.gob.bo. Bolivia.
- Taiz, L. (2015). Fisiología vegetal. Universidad de California. Pág. 784.
- Torras, T. (1980). Métodos policlínicos aplicados en la cronología de suelos de Glicia. Tesis doctoral Universidad Santiago de Chile. Pág. 145.
- Torres, H. (1992). Usos tradicionales de árboles nativos en el Sur de Puno. Proyecto de apoyo al desarrollo forestal comunal en la región Alto Andina Pág. 30-33.

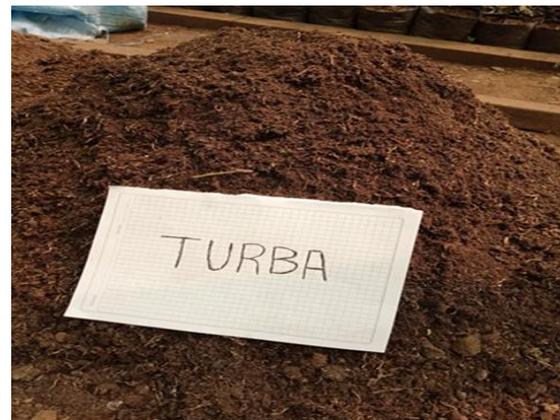
- Titon M., Xavier A., Otoni W. C. (2002). Dinámica Do Enraizamiento de Micro estacas E Mini estacas De Clones De *Eucalyptus Grandis*. *Revista Árvore* 26 (6) Pág. 665-673.
- UACM, (2007). Enraizamiento de esquejes para la producción de plantas de café variedad robusta *Coffea canephora*.
- UAVM, (2013). Manual de propagación de plantas superiores. Disponible en: [https://www.casadelibrosabiertos.uam.mx/contenido/contenido/Libroelectronico/manual\\_plantas.pdf](https://www.casadelibrosabiertos.uam.mx/contenido/contenido/Libroelectronico/manual_plantas.pdf)
- UNNE, (2013). Gimnospermas. Biotecnología. Guía de Consulta Diversidad Vegetal. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura (UNNE) gimnospermas.
- Wendling I., Xavier A., Gomes J. M., Pires I. E., Andrade H. B. (2000). Efeito Do Regulador De Crescimento Aib Na Propagação De Clones De *Eucalyptus Spp.* Por Miniestaquia. *Revista Árvore* 24 (2) Pág. 187-192

## 8. ANEXOS

### Anexo 1. Enraizante en líquido y en polvo.



### Anexo 2. Turba y sustrato de cuy, ovino y bovino.



### Anexo 3. Elaboración de letreros o marbetes



**Anexo 4. División del área experimental****Anexo 5. Preparación y embolsado de sustrato****Anexo 6. Enfilado de macetas.**

**Anexo 7. Siembra de esquejes y aplicación de enraizadores.**



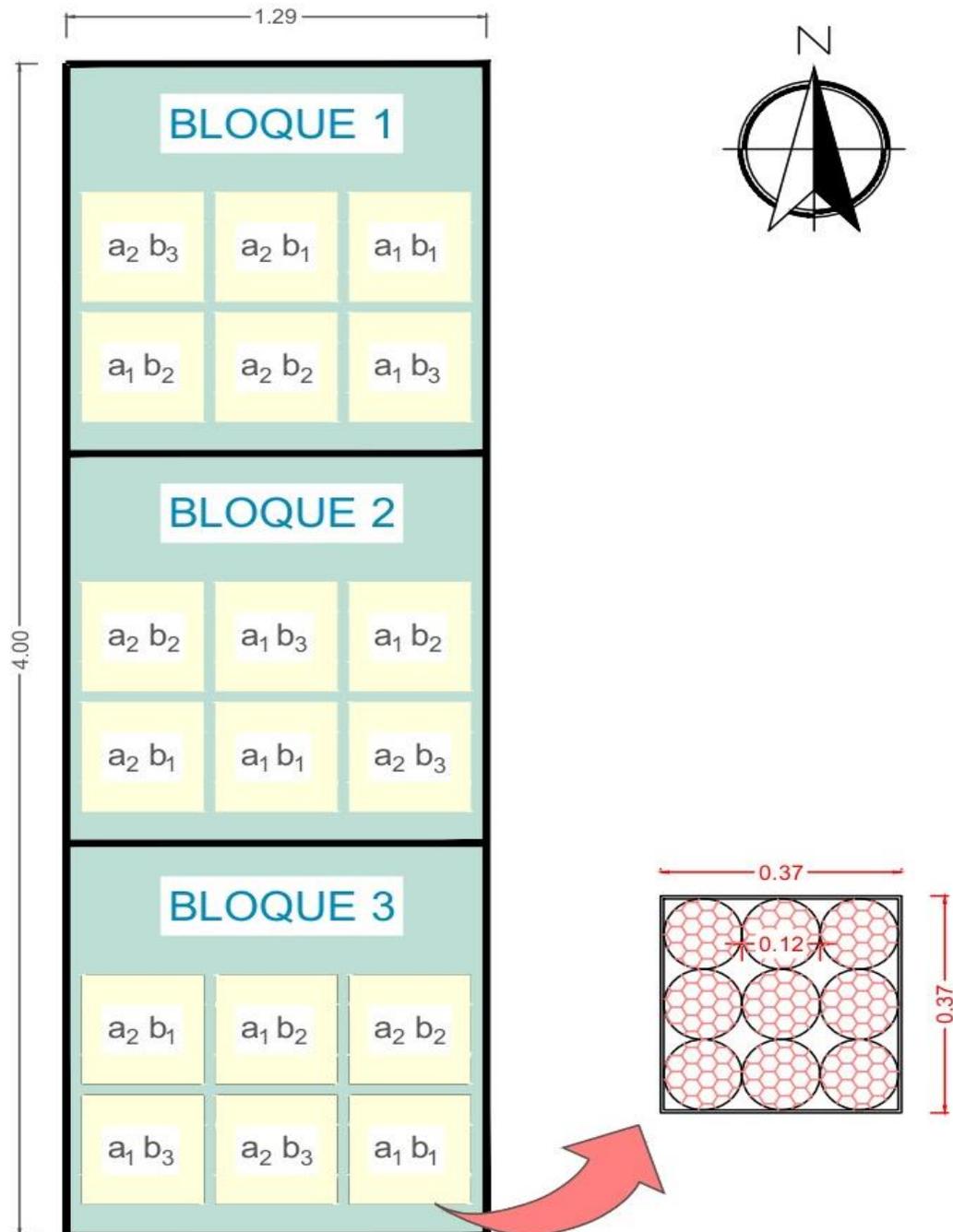
**Anexo 8. Aplicación de riego.**



**Anexo 9. Toma de datos.**



## Anexo 10. Croquis experimental



### Anexo 11. Costos de producción general

LABORES	UNIDADES	PRECIO UNIDAD (Bs)	CANTIDAD	VALOR (Bs)
<b>INSUMOS</b>				
STIM-ROOT (enraizante polvo)	gramos	40	1	40
FULL RAIZ (enraizante liquido)	mililitros	60	1	60
Estiércol de ovino	Bolsa	10	1	10
Estiércol de Bovino	Bolsa	10	1	10
Estiércol de cuy	Bolsa	15	1	15
Malla semi-sombra	Metros	15	3	45
<b>LABORES CULTURALES</b>				
Preparación de Sustrato	jornal	50	1	50
Llenado de bolsas	jornal	100	1	100
Siembra	jornal	50	1	50
Riego	jornal	50	1	50
Deshierbe	jornal	100	1	100
<b>CONTROL DE PLAGAS ENFERMEDAD</b>			0	0
<b>SUB TOTAL</b>				530
<b>IMPREVISTOS</b>				160
<b>COSTO TOTAL PARA 162 PLANTINES</b>				690