

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN AGRONOMÍA TROPICAL**



**TESIS DE GRADO**

**INNOVACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTINES DE TECA  
(*Tectona grandis* L.f.), EN CONDICIONES DE VIVERO, EN LA  
ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE SAPECHO, DE LA PAZ**

**GLADYS VILLCA ARANCIBIA**

**La Paz – Bolivia**

**2022**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**PROGRAMA DE INGENIERÍA EN AGRONOMÍA TROPICAL**  
**“INNOVACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTINES DE *TECA***  
**(*Tectona grandis* L.f.), EN CONDICIONES DE VIVERO, EN LA ESTACIÓN**  
**EXPERIMENTAL DE SAPECHO, DE LA PAZ”**

*Tesis de grado presentado como requisito  
parcial para optar al título de  
Ingeniero Agrónomo Tropical*

**GLADYS VILLCA ARANCIBIA**

**ASESOR:**

Ing. Casto Maldonado Fuentes .....

**REVISORES:**

Ing. M. Sc. Fernando Manzaneda Delgado .....

Ing. Celso Ticona Quispe .....

Ing. Esther Tinco Mamani .....

**APROBADO**

PRESIDENTE TRIBUNAL EXAMINADOR.....

LA PAZ - BOLIVIA

**2022**

## **DEDICATORIA**

Dedicado con todo mi amor y cariño a mis padres Esteban Villca Calle y Isabel Arancibia Huacanchi que con mucho sacrificio y desvelo supieron inculcar mi formación personal y profesional.

También dejo expresado mi sincero agradecimiento por el apoyo y comprensión a mi hermano Richard y a mis hermanas Sonia y Mariny.

## **AGRADECIMIENTO**

A dios por permitirme existir, por cuidarme en todo momento, por darme fortaleza y ayudarme siempre salir adelante y por darme muchas oportunidades.

Agradezco a la Universidad Mayor de San Andrés, especialmente a la Facultad de Agronomía quien me acogió en sus aulas para mi formación profesional, a todo el plantel docente administrativo por la formación profesional que me brindaron académicamente.

A la Estación Experimental de Sapecho, por abrirme las puertas y brindarme todo el apoyo de manera incondicional y a todo el personal técnico.

A mi Asesores: Ing. Casto Maldonado Fuentes y también al Ing. M. Sc. Johnny Ticona Aliaga (+) por el apoyo incondicional otorgado a mi persona en trabajos de investigación durante el proceso de campo como en gabinete para la realización del presente documento.

A mis Tribunales: Ing. M. Sc. Fernando Manzaneda Delgado, Ing. Celso Ticona Quispe y la Ing. Esther Tinco Mamani, por la revisión y sugerencias constructivas, que me ayudaron a complementar el trabajo de investigación.

Al plantel de docentes investigadores y administrativos especialmente al Ing. Erland Molina Taguasi, Ing. M. Sc. Juan José Vicente Rojas, Ing. Paulino Catari Quispe y trabajadores de campo de la Estación Experimental de Sapecho por la amistad y apoyo que me brindaron.

## CONTENIDO GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA .....	I
AGRADECIMIENTO .....	II
INDICE DE CONTENIDOS .....	IV
ÍNDICE DE CUADROS .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	X
ÍNDICE DE ANEXOS .....	XII
RESUMEN .....	XIII
ABSTRACT.....	XIV

## INDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Planteamiento del problema.....	2
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>4</b>
2.1. Objetivo General .....	4
2.2. Objetivos Específicos .....	4
<b>3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>5</b>
3.1. Origen y distribución geográfica .....	5
3.2. Importancia de la madera de teca .....	5
3.3. Descripción Botánica.....	6
3.3.1. Clasificación Taxonómica.....	6
3.3.2. Características morfológicas .....	6
3.4. Ecología .....	7
3.4.1. Clima .....	8
3.4.2. Temperatura.....	8
3.4.3. Precipitación.....	8
3.4.4. Altitud y topografía .....	8
3.4.5. Suelos .....	8
3.5. Características silviculturales .....	9
3.5.1. Fenología .....	9
3.5.2. Rentabilidad .....	9
3.5.3. Rendimiento .....	10
3.6. Establecimiento del cultivo de Teca .....	11
3.6.1. Calidad de sitio de siembra .....	11
3.6.2. Preparación del terreno .....	12
3.6.3. Época de plantación.....	12
3.6.4. Método de plantación .....	13
3.6.5. Densidad de plantación .....	13
3.6.6. Manejo de plantación .....	13

3.6.7. Mantenimiento, año 4 en adelante .....	14
3.7. Sustrato en viveros forestales .....	16
3.7.1. Sustrato local.....	16
3.7.2. Bocashi.....	18
3.8. Material de polímero.....	24
3.8.1. Hidrogel .....	24
3.9. Tipos de contenedores .....	27
3.9.1. Bolsas de polietileno.....	27
3.9.2. Tubetes .....	28
3.10. Vivero Forestal .....	29
3.10.1. Finalidad del vivero forestal.....	29
3.10.2. Semisombra .....	29
3.10.3. Riegos .....	30
3.10.4. Fertilización en vivero.....	30
<b>4. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>31</b>
4.1. Localización.....	31
4.1.1. Ubicación del área de estudio .....	31
4.1.2. Descripción agroecológica de la zona de Sapecho.....	32
4.2. Materiales.....	32
4.2.1. Material biológico .....	32
4.2.2. Materiales de campo .....	33
4.2.3. Insumos de campo .....	33
4.2.4. Equipos .....	33
4.2.5. Material de escritorio .....	33
4.3. Metodología.....	33
4.3.1. Recolección de semillas de teca .....	33
4.3.2. Características de la semilla.....	35
4.3.3. Aprovechamiento y almacenamiento .....	35
4.3.4. Procedimiento Experimental.....	35
4.3.2. Diseño experimental.....	41

4.3.3. Variables agronómicas .....	43
4.3.4. Variable económica .....	44
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>	<b>45</b>
5.1. Variables agronómicas .....	45
5.1.1. Porcentaje de germinación.....	45
5.1.2. Altura de la planta .....	46
5.1.3. Diámetro del tallo a nivel del cuello .....	60
5.1.4. Número de hojas .....	70
5.2.1. Análisis Económico .....	87
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>89</b>
<b>7. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>91</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>92</b>
<b>9. ANEXOS .....</b>	<b>100</b>



## ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
<b>Cuadro 1:</b> Programa de rendimiento de una hectárea de teca.....	10
<b>Cuadro 2:</b> Plagas que atacan a ( <i>Tectona grandis</i> L. f.), en las diferentes etapas del cultivo.....	15
<b>Cuadro 3:</b> Insumos para la preparación .....	37
<b>Cuadro 4:</b> Factores de estudio .....	41
<b>Cuadro 5:</b> Tratamientos estructurados .....	42
<b>Cuadro 6:</b> Análisis de varianza para la altura de planta. ....	46
<b>Cuadro 7:</b> Prueba de comparación de medias Duncan del Factor A (tipo de macetas) en altura de planta (30 días).....	47
<b>Cuadro 8:</b> Prueba de comparación de medias Duncan del Factor B en altura de planta. ....	48
<b>Cuadro 9:</b> Prueba de comparación de medias Duncan del Factor C en altura de planta. ....	48
<b>Cuadro 10:</b> Prueba de comparación de medias Duncan de B*C (sustrato y solución) en altura de planta (30 días) .....	49
<b>Cuadro 11:</b> Análisis de varianza para la altura de planta (60 días) .....	50
<b>Cuadro 12:</b> Prueba de comparación de medias Duncan del Factor A (tipo de macetas) en altura de planta (60 días).....	51
<b>Cuadro 13:</b> Prueba de comparación de medias Duncan de B*C (sustratos y solución) en altura de planta (60 días).....	52
<b>Cuadro 14:</b> Análisis de varianza para la altura de planta (90 días) .....	53
<b>Cuadro 15:</b> Prueba de comparación de medias Duncan del Factor A (tipo de macetas) en altura de planta (90 días).....	53
<b>Cuadro 16:</b> Desarrollo de la altura de la planta para los días 30, 60 y 90. ....	54
<b>Cuadro 17:</b> Análisis de varianza para el diámetro de tallo a nivel del cuello. ....	60
<b>Cuadro 18:</b> Prueba de comparación de medias Duncan de la interacción A*B*C (Macetas, sustratos y solución) en el diámetro de tallo (30 días).....	61
<b>Cuadro 19:</b> Análisis de varianza para el diámetro del tallo a nivel del cuello .....	62

<b>Cuadro 20:</b> Prueba de comparación de medias Duncan del Factor A (tipo de macetas) en el diámetro de tallo (60 días).....	63
<b>Cuadro 21:</b> Prueba de comparación de medias Duncan para A*B*C en diámetro de tallo.....	64
<b>Cuadro 22:</b> Análisis de varianza para el diámetro de tallo a nivel del cuello .....	65
<b>Cuadro 23:</b> Prueba de comparación de medias Duncan del Factor A (tipo de macetas) en el diámetro de tallo (90 días).....	65
<b>Cuadro 24:</b> Desarrollo de diámetro de tallo a nivel del cuello, para los días 30, 60 y 90. ....	67
<b>Cuadro 25:</b> Análisis de varianza para el número de hojas a los 30 días. ....	70
<b>Cuadro 26:</b> Prueba de comparación de medias Duncan del Factor A (tipo de macetas) en el número de hojas a los 30 días.....	71
<b>Cuadro 27:</b> Prueba de comparación de medias Duncan del Factor B (tipo de sustratos) en el número de hojas a los 30 días.....	71
<b>Cuadro 28:</b> Prueba de comparación de medias Duncan del factor A*B (Macetas y sustrato) para la variable número de hojas a los 30 días. ....	72
<b>Cuadro 29:</b> Prueba de comparación de medias Duncan del Factor A*C (Macetas y solución) en el número de hojas (30 días) .....	73
<b>Cuadro 30:</b> Prueba de comparación de medias Duncan B*C (Sustratos y solución) en el número de hojas (30 días).....	74
<b>Cuadro 31:</b> Prueba de comparación de medias Duncan, para la interacción de los Factores A*B*C (Macetas, sustratos, solución) en el número de hojas a los 30 días. ...	75
<b>Cuadro 32:</b> Análisis de varianza para el número de hojas (60 días) .....	77
<b>Cuadro 33:</b> Prueba de comparación de medias Duncan del Factor C (Solución) en el número de hojas (60 días) .....	77
<b>Cuadro 34:</b> Prueba de comparación de medias Duncan A*C (Macetas y solución) en el número de hojas (60 días) .....	78
<b>Cuadro 35:</b> Prueba de comparación de medias Duncan B*C (Macetas y solución) en el número de hojas a los 60 días. ....	79
<b>Cuadro 36:</b> Análisis de varianza para el número de hojas (90 días) .....	81

<b>Cuadro 37:</b> Prueba de comparación de medias Duncan del Factor B (tipo de sustratos) en el número de hojas (90 días).....	81
<b>Cuadro 38:</b> Prueba de comparación de medias Duncan A*B (Macetas y sustratos) en el número de hojas (90 días).....	82
<b>Cuadro 39:</b> Desarrollo del número de hojas para los días 30, 60 y 90.....	83
<b>Cuadro 40:</b> Egresos por tratamientos.....	87
<b>Cuadro 41:</b> Costos totales de los ingresos.....	87
<b>Cuadro 42:</b> Evaluación económica mediante el indicador B/C.....	88

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1:</b> Ubicación del área se estudio .....	31
<b>Figura 2:</b> Croquis de los tratamientos.....	42
<b>Figura 3:</b> Porcentaje de germinación de semillas de teca .....	45
<b>Figura 4:</b> Prueba de medias Duncan, para el Factor (A), altura de planta, a los 30 días. .....	47
<b>Figura 5:</b> Prueba de medias Duncan, para el Factor (B), altura de planta, a los 30 días. .....	48
<b>Figura 6:</b> Prueba de medias Duncan, para el Factor (C), altura de planta, a los 30 días. .....	49
<b>Figura 7:</b> Promedio de altura de planta, para la interacción (B*C) a los 30 días. ....	50
<b>Figura 8:</b> Prueba de medias Duncan, para el Factor (A), altura de planta, a los 60 días. .....	51
<b>Figura 9:</b> Promedio de altura de planta, para la interacción del Factor B*C a los 60 días. ....	52
<b>Figura 10:</b> Prueba de medias Duncan, para el Factor (A), altura de planta, a los 90 días. ....	54
<b>Figura 11:</b> Desarrollo de la altura de la planta para los días 30, 60 y 90.....	55
<b>Figura 12:</b> Prueba de medias Duncan en los tratamientos para el diámetro del tallo a nivel del cuello de la planta, a los 30 días. ....	61
<b>Figura 13:</b> Prueba de medias Duncan, para el Factor (A) para el diámetro del tallo a nivel del cuello de la planta, a los 60 días. ....	63
<b>Figura 14:</b> Prueba de medias Duncan, para la interacción del Factor (A*B*C) para el diámetro del tallo, a los 60 días.....	64
<b>Figura 15:</b> Prueba de comparación de medias Duncan del Factor A (tipo de macetas) en el diámetro de tallo a los 90 días.....	66
<b>Figura 16:</b> Comportamiento del diámetro de tallo a nivel del cuello. ....	67
<b>Figura 17:</b> Promedio del número de hojas, para el Factor (A), a los 30 días.....	71

<b>Figura 18:</b> Promedio de numero de hojas, para el factor (B) a los 30 días. ....	72
<b>Figura 19:</b> Promedio de número de hojas, para la interacción Factor (A*B) a los 30 días. ....	73
<b>Figura 20:</b> Promedio de número de hojas para interacción Factor (A*C) a los 30 días. ....	74
<b>Figura 21:</b> Promedio de numero de hojas, para interacción Factor (B*C) a los 30 días. ....	75
<b>Figura 22:</b> Comparación de medias para la variable número de hojas a los 30 días. ..	76
<b>Figura 23:</b> Promedio de número de hojas del Factor C (Solución) a los 60 días.....	78
<b>Figura 24:</b> Promedio de numero de hojas para el Factor A*C (macetas * solución) a los 60 días. ....	79
<b>Figura 25:</b> Promedio de numero de hojas para el Factor B*C a los 60 días.....	80
<b>Figura 26:</b> Prueba de comparación de medias Duncan del Factor B (tipo de sustratos) en el número de hojas (90 días).....	82
<b>Figura 27:</b> Prueba de comparación de medias Duncan A*B (Macetas y sustratos) en el número de hojas (90 días) .....	83
<b>Figura 28:</b> Comportamiento del número de hojas .....	84

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 1:</b> Ubicación del lugar de investigación, vivero EES – UMSA .....	101
<b>Anexo 2:</b> Características botánicas de la especie teca ( <i>Tectona grandis</i> ) .....	102
<b>Anexo 3:</b> Recolección de materiales y elaboración de abono bocashi.....	103
<b>Anexo 4:</b> Plántulas germinadas en almaciguera, listos para el repique. ....	103
<b>Anexo 5:</b> Mesón para bolsas de polietileno.....	104
<b>Anexo 6:</b> Mesón para tubetes.....	104
<b>Anexo 7:</b> Preparado y llenado de sustrato para cada tratamiento.....	105
<b>Anexo 8:</b> Repique de plántulas a las bolsitas de polietileno y tubetes. ....	106
<b>Anexo 9:</b> Toma de datos de las variables de evaluación. ....	106
<b>Anexo 10:</b> Planilla de toma de datos a los 30 días.....	107
<b>Anexo 11:</b> Planilla de toma de datos a los 60 días.....	108
<b>Anexo 12:</b> Planilla de toma de datos a los 90 días.....	109
<b>Anexo 13:</b> Desarrollo de plantines de teca en bolsas de polietileno.....	110
<b>Anexo 14:</b> Desarrollo de plantines de teca en tubetes. ....	110

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la Estación Experimental de Sapecho, ubicada en el Municipio de Palos Blancos de la Provincia Sud Yungas, del departamento de La Paz, la investigación realizada fue “Innovar la producción de plántulas de teca (*Tectona grandis L.f.*), en condiciones de vivero”. Se ajustó al diseño completamente al azar (DCA), con arreglo de parcelas divididas, evaluándose tres factores: Factor A= tipo de macetas, Factor B = tipo de sustratos y Factor C = Solución Hidrogel, en el cual se estableció 8 tratamientos y 5 réplicas por tratamiento. Las variables evaluadas fueron: altura de la planta, diámetro del tallo y número de hojas durante 90 días a partir del trasplante de plántulas de teca, empleándose un análisis de varianza y respectiva prueba de Duncan al 5% donde se obtuvieron los siguientes resultados: para altura de planta, a 30, 60 y 90 días, tiene un mayor promedio el T2, el cual presenta un valor de 8,32 cm el día 30, 16,06 el día 60, mientras que en el día 90 gana mayor altura T1 con un promedio de 18,58 cm; en cuanto al diámetro del tallo, el T1 presentó mayor promedio de 2,82 mm el día 30, mientras que en el día 60 y 90 el tratamiento T4 ganó mayor diámetro de tallo con valores promedios de 3,88 y 5,3 mm.; y al respecto al número de hojas, obtuvo el mayor promedio el T6 con 6,71 hojas el día 30, mientras que en el día 60 y 90 el tratamiento T8 ganó mayor número de hojas con valores promedios de 10,36 y 12,74 hojas y de acuerdo a los resultados obtenidos de esta investigación el mejor tratamiento fue el T1, donde se utilizó la maceta de polietileno, el sustrato local y sin hidrogel, y el que presentó menores resultados fue el tratamiento T5 donde se utilizó la maceta de tubete, el sustrato y sin hidrogel y los costos de producción de los ocho tratamientos evaluados se consideran rentables, siendo el T1 (a1b1c1) presenta la relación B/C más alto con 2,15 indicando que por cada boliviano invertido se gana 1,15 bs., por otra parte, el T8 (a2b2c2) es el tratamiento que tiene menos ganancia ya que solo gana 0,15 bolivianos.

## ABSTRACT

The present work was carried out in the Experimental Station of Sapecho, located in the Municipality of Palos Blancos of the Sud Yungas Province, in the department of La Paz, the research carried out was "Innovate the production of teak seedlings (*Tectona grandis L.f.*), in nursery conditions". The design was completely randomized (DCA), with an arrangement of divided plots, evaluating three factors: Factor A = type of pots, Factor B = type of substrates and Factor C = Hydrogel solution, in which 8 treatments and 5 replicas per treatment were established. The variables evaluated were: plant height, stem diameter and number of leaves for 90 days from the transplantation of teak seedlings, using an analysis of variance and respective Duncan's test at 5% where the following results were obtained: for plant height, at 30, 60 and 90 days, T2 has a higher average, which presents a value of 8.32 cm on day 30, 16.06 on day 60, while on day 90 I gain greater height T1 with an average of 18.58 cm; As for the diameter of the stem, the T1 presented a higher average of 2.82 mm on day 30, while on day 60 and 90 the T4 treatment gained a larger stem diameter with average values of 3.88 and 5.3 mm.; and regarding the number of leaves, T6 obtained the highest average with 6.71 leaves on day 30, while on day 60 and 90 the T8 treatment gained a greater number of leaves with average values of 10.36 and 12.74 leaves and according to the results obtained from this research the best treatment was T1, where the polyethylene pot was used, the local substrate and without hydrogel, and the one that presented the lowest results was the T5 treatment where the tube pot was used, the substrate and without hydrogel and the production costs of the eight treatments evaluated are considered profitable, being the T1 (a1b1c1) presents the highest B/C ratio with 2.15 indicating that for each Bolivian invested, 1.15 Bs is earned., on the other hand, the T8 (a2b2c2) is the treatment that has less gain since it only earns 0.15 bolivianos.



## 1. INTRODUCCIÓN

La teca es un árbol tropical originario del Sureste Asiático, con plantaciones que ocupan un área de 25.000.000 ha, distribuidas principalmente en Myanmar (14.000.000 ha), India (9.000.000 ha), Tailandia (2.000.000 ha) y Laos (20.000 ha), la teca se introdujo, probablemente, hace unos 400 a 600 años en Java, donde se aclimató y distribuyó a distintas partes de Asia, África y América Central. (Weaver L., 2008)

En Bolivia, la teca ha sido introducida desde antes de 1990, con semilla procedente de Costa Rica y Honduras; no obstante, es una especie forestal maderable poco conocida en este país (Rivero y Moya, 2006).

El área forestal en Bolivia se encuentra en un ambiente favorable para su desarrollo, debido principalmente a sus diferentes pisos ecológicos y microclimas. Es así que los yungas del Trópico del Norte de La Paz brindan condiciones, climáticas y edáficas permisibles para la plantación de teca, tomando en cuenta su adaptabilidad y logrando un buen desarrollo fenológico en su establecimiento (Quenallata, 2008)

La madera de teca es de amplio uso y con un gran mercado a nivel internacional, debido a su gran durabilidad, belleza y excelentes propiedades físicas y mecánicas. Es por esta razón, que ha sido ampliamente usada en los programas de reforestación en muchos países de las regiones tropicales de América, Oceanía, Asia y África (Rivero y Moya, 2006).

La región de los Yungas del Trópico reúne condiciones tanto, climáticas y suelos aptos para la implantación de teca. En los últimos años esta especie forestal, especialmente en la zona de Alto Beni, Sapecho se ha estado utilizando como árbol semillero, despertando gran interés principalmente en el beneficio de su madera. (Quenallata, 2008).

Para el éxito de cualquier plantación forestal, ya sea con el propósito el de forestar, reforestar o simplemente con el propósito comercial, no debemos olvidar que uno de los factores importantes es también la calidad con que sale la planta forestal del vivero.

Porco y Terrazas (2009), puntualizan que el objetivo de un vivero forestal es producir las plantas proporcionándoles las mejores condiciones ambientales para un desarrollo inicial óptimo; esto quiere decir, que las plantas que salgan del vivero deben tener la suficiente energía (fuerza y capacidad) para sobrevivir en el terreno definitivo; así como alcanzar buenas raíces, tallo recto y fuerte, ramas y hojas bien desarrolladas y sobre todo debe ser una planta sana.

Por esta razón, el presente trabajo de investigación pretende evaluar la producción de plantines forestales de teca innovando algunos factores de producción como las diferentes macetas o contenedores y diferentes sustratos que nos proporcione los mejores resultados en la obtención de plantines de calidad.

### **1.1. Planteamiento del problema.**

La deforestación es un problema que amenaza el equilibrio ecológico y ambiental en la zona de Alto Beni y en todo el mundo debido al creciente aumento y precisión de la actividad humana. La teca es una alternativa para la reforestación, debido al interés económico generado por el alto valor comercial en el mercado mundial. Bajo estas referencias se pretende realizar un estudio real en la producción de plantines de teca para tener información, que justifique técnicamente viable, económicamente rentable, social y ecológicamente deseable.

El presente estudio de investigación, cuyo aporte será “innovar en la producción de plantines de teca en condiciones de vivero, cambiando la forma tradicional a la moderna, usando macetas de tubetes, abonos orgánicos e incorporando hidrogel al sustrato, que tiene la capacidad de retener agua y los nutrientes necesarios dentro del sistema de raíces de las plantas, como también favorecerá en el crecimiento y

desarrollo de la planta, que generalmente será una contribución para la regeneración adecuada de todas las especies forestales, el cual es uno de los pasos más importantes hacia el logro de la sostenibilidad a largo plazo de los bosques naturales y manejo de las plantaciones forestales que representa el futuro aprovechamiento forestal.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo General**

Innovar la producción de plantines de teca (*Tectona grandis L.f.*), en condiciones de vivero, en la Estación Experimental de Sapecho.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Determinar el envase más adecuado para la producción de plantines de teca.
- Identificar el tipo de sustrato más adecuado para el desarrollo de plantines con y sin hidrogel.
- Analizar la relación B/C cuando se aplica diferentes innovaciones tecnológicas para la producción de plantines de teca.

### **3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1. Origen y distribución geográfica**

Isaula (2011), la teca (*Tectona grandis* L.f.), es originaria de Birmania, Tailandia y de algunas partes de la India. Se ha identificado Trinidad y Tobago como el primer país del continente americano donde fue introducida la especie. En su lugar de origen, el árbol es grande y decíduo alcanzando más de 50 m de altura y 2 m de diámetro; en América central alcanza alturas superiores a los 30 m; Es una especie maderable clasificada de uso múltiple, produciendo postes, vigas, horcones. Es fácil de trabajar, secar y preservar, es resistente a termitas y hongos.

Según Quenallata (2008), menciona que, en el trópico americano, la teca fue introducida a Puerto Rico, Cuba, Haití, Jamaica, Estados Unidos y otras islas del mar Caribe desde Trinidad hace más de 50 años, en Centroamérica ha sido plantada en Belice, el Salvador, Honduras, Costa Rica y Panamá, a partir de 1880 en Sudamérica, a partir de 1968 fue plantada en los países de Colombia, Venezuela, Brasil, Costa Rica y las Guayanas.

El mismo autor señala que en el trópico de Bolivia se presume que la teca se implantó hace más de 40 años atrás por colonizadores costarricenses quienes trajeron semillas de teca. Actualmente las zonas de plantación de teca son escasas y se encuentran ubicados en los yungas tropicales de Bolivia a 450 y 1300 msnm, en las regiones de mayor humedad y calor atmosférico durante todo el año en los departamentos de: Norte de La Paz, Beni, Cochabamba y Santa Cruz, las cuales cuentan con condiciones climáticas parecidas a los países de origen.

#### **3.2. Importancia de la madera de teca**

Pastrana (2007), la madera de teca es muy favorita de los artesanos y los ebanistas y tiene las siguientes características: tiene un aceite natural para repeler el agua evitando que se pudra, raje o que ponga quebradiza, es resistente a la descomposición y tiene

una sustancia natural que repele las termitas y otros insectos, otra característica más sobresaliente es su durabilidad en los climas extremos, ni los más severos inviernos ni el calor de un desierto disminuye las propiedades de la teca. Las propiedades de la teca la han convertido en la madera de excelencia en la construcción náutica, construcción de muebles, artículos torneados, pisos, paredes, techos, puertas, ventanas, instrumentos musicales y diversas artesanías.

Vasquez & Ugalde (1995), concluye que debido al alto precio de su madera en el mercado y a su rápido crecimiento la especie ha sido introducida en los programas de reforestación nacional desde Guatemala y Panamá, sustituyendo otras especies importantes en Centroamérica.

### **3.3. Descripción Botánica**

#### **3.3.1. Clasificación Taxonómica**

Armando (2015), señala en la clasificación botánica:

<b>Reino</b>	: <i>Plantae</i>
<b>Clase</b>	: <i>Magnoliopsida</i>
<b>Orden</b>	: <i>Lamiales</i>
<b>Familia</b>	: <i>Lamiaceae</i>
<b>Género</b>	: <i>Tectona</i>
<b>Especie</b>	: <i>Grandis</i>
<b>Nombre científico</b>	: <i>Tectona grandis L.f</i>
<b>Nombre común</b>	: Teca

#### **3.3.2. Características morfológicas**

Según Armando (2015), el árbol de teca alcanza los 50 a 60 m de altura y los 80 cm de diámetro; su copa tiene forma cónica y algunas veces extendida. El mismo autor menciona que:

#### **3.3.2.1. Raíz**

Su sistema radicular amplio con una raíz principal pivotante que se profundiza según las condiciones del suelo.

#### **3.3.2.2. Tallo**

Son de fuste recto y elevado, de forma cilíndrica. La corteza en su parte exterior de color castaño claro, escamoso y agrietada y tiene un grosor de 1 a 1.5 cm. y en su interior es de color blanquecino.

#### **3.3.2.3. Hojas**

Son elípticas, opuestas con peciolo cortos, son mayormente de punta corta en el ápice y la base, gruesas, coriáceas y toscas de color verde; miden entre 30 y 60 cm de largo, y 20 a 40 cm de ancho.

#### **3.3.2.4. Flores**

Miden cinco milímetros de diámetro, posee seis pétalos unidos en forma de embudo, son de color blanco y están dispuestas en grandes inflorescencias terminales en forma de racimos.

#### **3.3.2.5. Frutos**

Miden uno a tres cm de diámetro, son drupas duras, pubescentes y están envueltas en un cáliz persistente. Contienen de una a cuatro semillas oleaginosas de tres a seis mm de largo.

### **3.4. Ecología**

Salcedo (2015), menciona que la teca se adapta a un alto rango de características climáticas, esta especie logra su máximo desarrollo y tamaño en un clima tropical cálido y húmedo

### **3.4.1. Clima**

Gran parte del área de distribución natural de la teca se caracteriza por climas de tipo monzonal que se encuentra entre los 5° y los 25° de latitud en sitios muy puntuales, con una precipitación de entre 1.300 y 2.500 mm por año y una estación seca de 3 a 5 meses (Quenallata, 2008).

### **3.4.2. Temperatura**

La teca puede desarrollarse en lugares donde las temperaturas mínimas bajen hasta 1,5°C y en la que las máximas alcancen 46°C, con una media de 24°C. Sin embargo, para un óptimo desarrollo se considera una temperatura media de 25° C, con un rango de 24-30° C (Anibal, 2007).

### **3.4.3. Precipitación**

Se reporta un amplio rango de precipitación que va desde 200 a 2500 mm a<sup>-1</sup> mm/año, con una época seca bien definida de 3 a 5 meses, con extremos de 500 a 5.000 mm/año. Condiciones muy húmedas pueden conducir a mayor crecimiento y a la producción de madera de menor calidad, debido a un porcentaje de albura, color menos atractivo, textura más pobre, pérdida de fuerza y menor densidad. (Armando, 2015) & (Quenallata, 2008).

### **3.4.4. Altitud y topografía**

Crece bien en zonas húmedas desde el nivel del mar hasta 1000 m.s.n.m. aunque también se reporta que la altitud media donde se desarrolla es de 378m con mínima de 0 a 30 y máxima de 650 a 1500 m.s.n.m. Los sitios donde mejor se desarrolla son planos o ligeramente ondulados (Muños F, 2012).

### **3.4.5. Suelos**

Para lograr un buen crecimiento y una alta calidad de esta especie requiere de suelos francos, bien drenados a estacionalmente inundados, ricos en calcio, profundos de



textura arcillosa, arenosa a franca, limo-arcillosa, pH de neutro a ligeramente ácido, sales ausentes, se desarrolla adecuadamente en pH de 5,5 a 6; los mejores sitios son los suelos aluviales fértiles, bien drenados, con el manto freático profundo. (Muños F, 2012)

### **3.5. Características silviculturales**

Especie muy exigente en luminosidad; el óptimo para su crecimiento al 75 - 100% de luz plena. Las plántulas son altamente intolerantes a la sombra. En su área de distribución natural la teca ocurre en varios tipos de bosques tropicales deciduos, pero con frecuencia se le encuentra en los bosques mistos semideciduos ocupando una posición dominante asociada con especies siempre verdes. (Vallejo & Zapata, 2018).

#### **3.5.1. Fenología**

Es la etapa inicial, la emergencia de la plántula comienza con la aparición de los cotiledones sobre la superficie del suelo, constituyéndose posteriormente como sus primeras dos hojas, seguidamente del enderezamiento de su tallo y la fuerte fijación de su raíz principal la cual se desarrolla más rápido que la altura de la planta. Después de transcurrir un promedio de veinte años de vida de la planta entra en su etapa reproductiva, la misma floreciendo y listo para ser aprovechado sus frutos semillas como también su madera (Quenallata, 2008).

#### **3.5.2. Rentabilidad**

Custode (2007) citado por Quenallata (2008), la continua demanda de este escaso producto deberá elevar el precio de la teca sustancialmente. Históricamente, el precio de la teca exportada de Indochina aumentó entre el año 1970 y 1986, a una tasa combinada anual del 17 %. La Asociación Norteamericana de Maderas Duras informó que el precio de la teca registró un aumento del 62,5 % entre el año 1988 y 1992. Recientemente, las alzas en los precios han sido más dramáticas. La madera que se vendía en EE. UU. Entre 3 y 4.5 \$us por pie tablar, ahora se vende entre 6 y 10 \$us. El

mismo autor menciona que, dado el descenso de los suministros de bosques naturales, las perspectivas a largo plazo de la plantación de teca son prometedoras. Los estudios sobre precios históricos de la madera de teca apuntan a una tendencia ascendente. En el año 2000 se registraron precios de 1.200 \$us por m<sup>3</sup> de madera teca de 24 años en troncos. Organismos internacionales estiman que la madera en general en los últimos 30 años registra una inflación del 6% anual, e igualmente esperan que esta situación se agudice.

### 3.5.3. Rendimiento

El crecimiento y rendimiento de las especies forestales varía según la calidad de sitio, el cual está determinado por la interacción de factores ambientales (suelo, clima, etc.) y la vegetación existente (Matarrita, 2004).

Mejia (2009), se calcula que el aprovechamiento total del cultivo de la teca se da cuando la plantación llega a la edad de 20 a 25 años, sin embargo, a los primeros 5 años se puede obtener un primer beneficio con el primer raleo y a los 11 años con una segunda entresaca.

El mismo autor señala que de acuerdo con la CONIF (Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal de Chile) una hectárea cultivada de Teca presenta el siguiente rendimiento.

**Cuadro 1:** Programa de rendimiento de una hectárea de teca.

Actividad de cosecha	Año de la actividad	N.º de árboles plantados	N.º de árboles a extraer	N.º de Árboles remanentes	Metros cúbicos a extraer	Tipo de producto
Población inicial	1	1100				
Primera entresaca	5	1100	550	550	42	Madera de 3ª
Segunda entresaca	11	550	220	330	78	Madera de 2ª
Rendimiento final	20	330	330	0	238	Madera de 1ª
Volumen total a extraer	0	0	0	0	358	
Volumen promedio anual	0	0	0	0	18	

**Fuente:** Mejia (2009).

### **3.6. Establecimiento del cultivo de Teca**

#### **3.6.1. Calidad de sitio de siembra**

El primer paso para asegurar el buen desarrollo de una plantación de teca es escoger el sitio adecuado. La teca prefiere suelos moderadamente profundos (> 90 cm), bien drenados, de textura media, planos o con pendientes suaves, localizados en regiones de temperatura media. Deben evitarse las siguientes condiciones:

- 1) Suelos mal drenados, en particular vertisoles de depresión con problemas de anegamiento por periodos prolongados.
- 2) Suelos poco profundos, dentro de ellos muchos entisoles con afloramiento rocoso o roca a poca profundidad.
- 3) Cimas de pendientes muy secas o muy ventosas.
- 4) Áreas en las que la distribución de lluvias se concentra en periodos muy cortos o que tienen épocas secas prolongadas, en este último caso, la especie tiende a botar las hojas dos veces al año con el consecuente gasto energético.
- 5) Regiones donde los niveles de acidez del suelo y del subsuelo sean muy elevados, en particular pendiente en las cuales aflora el horizonte B ácido.

En general, una buena plantación ocupa solamente entre 30 y 50 % del total de la superficie de un predio (Alvarado, 2006).

La teca aguanta sequías de hasta 7 meses, pero crece mejor cuando la época seca es corta. Para la producción de madera de aserrío, lo mejor es escoger sitios donde la duración de la época seca sea menor de 3 meses, con suelos franco-arcillosos, bien drenados, con una profundidad de enraizamiento de 80 cm y con un pH entre 6,0 y 7,5. La teca prospera cuando la precipitación está entre 1500 mm y 2500 mm y donde los niveles de calcio en el suelo son mayores de 10 meq / 100 ml suelo (Ladrach, 2009).

### **3.6.2. Preparación del terreno**

Norellys (2017), establece en los siguientes 3 párrafos que:

Las plantaciones más productivas se deben emplear únicamente los suelos que reúnen las condiciones óptimas para obtener buenos crecimientos y productividad al final de su explotación, considerando que la calidad de sitio es la condición de mayor influencia sobre la productividad y, por lo tanto, uno de los principios que debe aplicar cualquier cultivador.

Por lo tanto, el primer paso para la habilitación del terreno consiste en realizar la primera limpia, las experiencias que se han adquirido respecto a esta primera actividad son muy concretas y van dirigidas a erradicar por completo la presencia de gramíneas en el menor tiempo posible, principalmente de la familia de las Brachiarias (Brizantha y otras) bajo la teoría de que estas exudan algunos aceites que limitan el desarrollo de las raíces de Teca (*Tectona grandis*) (efecto alelopático), ocasionando que el crecimiento se reduzca o detenga.

De igual forma, es importante nivelar el suelo, para mejorar el drenaje de la plantación y evitar inundaciones; pero asegurando una mayor captación y conservación de la humedad. También será necesario romper las capas duras del terreno por medio de labores de subsoleo, para permitir el desarrollo radicular.

### **3.6.3. Época de plantación**

Norellys (2017), recomienda plantar después de la sequía, a finales de agosto o principios de septiembre. Los árboles deben encontrar un suelo húmedo por lo menos de 30 cm de profundidad. Las labores que comprende la plantación son: ahoyado, que se realiza generalmente con chuzo, plantar el pilón de teca (*Tectona grandis* L. f.) y realizar dos hoyos más con el chuzo para la aplicación de fertilizante; este último se realiza a 20 centímetros de la base del árbol, a una profundidad similar o mayor que la altura que el pilón, motivando a que las plantas profundicen sus raíces.

#### **3.6.4. Método de plantación**

De acuerdo a la calidad y dureza del terreno se recomienda la cepa común (40 x 40 x 40 cm), la cual permite que las raíces queden bien extendidas y tenga suelo suave alrededor. La planta debe colocarse en forma vertical y enterrarse hasta el nivel del cuello de la raíz; se debe apisonar el suelo para evitar espacios con aire en la zona de las raíces y hacer un pequeño cajete para captar humedad. (Norellys, 2017)

#### **3.6.5. Densidad de plantación**

Considerando que la teca tiene buena forma natural, se sugiere la distancia de 3 x 3 m, para una densidad de 1100 árboles/ha; también se utiliza 3.6 x 2.5 m, con la finalidad de mecanizar las operaciones de deshierbe, fertilización y control fitosanitario, y favorecer el establecimiento de un sotobosque que proteja al suelo, evitando así realizar aclareos muy tempranos (Norellys, 2017).

#### **3.6.6. Manejo de plantación**

Norellys (2017), sugiere aspectos importantes para el manejo de plantación de teca (*Tectona grandis L. f.*), mencionamos los siguientes:

##### **3.6.6.1. Control de maleza**

La Teca es exigente de luz y sensible a la humedad y a la competencia por maleza, por eso la preparación del terreno y el control de maleza es vital si se desea obtener buen desarrollo inicial.

##### **3.6.6.2. Mantenimiento en año 1**

Realizar dos limpiezas más de mantenimiento, que pueden ser una combinación de control químico y mecánico, utilizando herbicidas si permanecieran gramíneas en el área o limpieza mecánica o mecanizada (machete o chapeadora) si la composición de la maleza hubiera cambiado a hoja ancha.

### **3.6.6.3. Mantenimiento en año 2 y 3**

Entre el segundo y tercer año de mantenimiento de la plantación deben realizarse tres limpiezas anuales que incluyen el plateo a lo largo de los surcos, los cuales se programan a partir del mes de mayo de cada año, combinando la aplicación de herbicidas para gramíneas y control mecánico en caso de hoja ancha. Y también se realizan actividades de deshijes, realizando además una poda de selección en la cual se eliminan las ramas en el 50 % de la altura del árbol, buscando eliminar las más gruesas para evitar que estas afecten el fuste principal por si llegaran a quebrarse y desgajarse por acción del viento principalmente.

### **3.6.7. Mantenimiento, año 4 en adelante**

#### **3.6.7.1. Podas**

La primera poda de formación se le conoce comúnmente en la región norte, se realiza al cuarto año de edad, eliminando todas las ramas hasta el 40 % de altura total del árbol, si se poda menos, los árboles crecen igual que el testigo y si se poda más, puede existir daño por viento. Posteriormente se realizarán podas de mantenimiento, de acuerdo a los requerimientos y velocidad de crecimiento de los árboles, por la presencia de brotes epicormicos en el fuste del árbol podado (Norellys, 2017).

#### **3.6.7.2. Raleos**

Norellys (2017), determina el perfil de raleos que fue a través de una investigación en la que se evaluó la respuesta de los árboles a la aplicación de distintas intensidades de raleo, comparándolas con un testigo (sin raleo).

#### **3.6.7.3. Fertilización**

Quenallata (2008), menciona que Fonseca y Heredia (2004), muestran que una aplicación de N, P, K al establecimiento puede mejorar el crecimiento permitiéndole a las plantas mayor capacidad para competir con las hierbas no deseables.

### 3.6.7.4. Control de plagas y enfermedades

La plantación de teca, no tiene muchos problemas con las plagas, pero la defoliación es un problema en plantaciones con muchos años de vida. Algunos insectos están involucrados en la defoliación, incluyendo *Eureka hecahe*, *Hyblaea peura*, *Apaliar damastesalis*, *Hypomeces squamosus* y *Psara* spp. (Lepidoptera: Pyralidae). Las polillas *Pyrausta machoeralis* y *H. peura* son los mayores defoliadores en la India, causando una pérdida de 13 a 65% del crecimiento anual (Perez, 2015).

Perez (2015), recomienda que la plantaciones de teca deben cuidarse de las siguientes plagas y en las diferentes etapas del cultivo, se menciona en el siguiente detalle.

**Cuadro 2:** Plagas que atacan a (*Tectona grandis* L. f.), en las diferentes etapas del cultivo.

Plaga	Especie	Daño	Frecuencia	
<b>Insectos</b>	<i>Atta</i> spp.	Defoliación	Común	
	<i>Neoclytus cacticus</i>	Barrenador de la xilema	Esporádico	
	<b>Vertebrados</b>	<i>Plagiohammus spinipennis</i>	Barrenador del floema	Común
	<i>Phyllophaga</i> spp.	Destrucción de raíces	Común	
	<i>Ortogeomys underwoodi</i>	Destrucción de plántulas	Raro	
<b>Patógenos</b>	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	Tallo	Raro	
	<i>Fusarium oxysporum</i>	Raíz, tallo	Raro	
	<i>Corynespora</i> spp.	Follaje	Raro	

**Fuente:** CATIE, (1991) citado por Pérez, (2015)

De igual forma indica que no son muy comunes, pero que en caso de presentarse este tipo de plagas el control más efectivo es el químico, aplicando insecticidas sistémicos o de amplio espectro. Se puede reducir el peligro de ataque manteniendo medidas sanitarias en las labores de campo y utilizando plantas que no estén infectadas. (Hashim, 1999). Lo más común, en enfermedad de la *Tectona grandis* es la marchitez bacteriana causada por *Pseudónimas solanacearum*, en especial en aquellos terrenos cuyo uso antes de la plantación era cultivo de solanáceas (tomate, pimientos,

berenjena, etc.). El método más económico y efectivo es mejorando las prácticas sanitarias.

### **3.7. Sustrato en viveros forestales**

Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta (Aguirre, 2013).

#### **3.7.1. Sustrato local**

Jimenez (2014), sugiere las siguientes definiciones sobre sustratos para especies forestales según diferentes autores:

El sustrato es el medio donde germina la semilla, sirve de sostén y alimento a la nueva planta en la primera etapa de su vida (Varela, 2007).

Fossati y Olivera (1996), explican que, un sustrato es la mezcla de distintos materiales utilizados en un vivero, entre los que encontramos: Tierra vegetal, tierra negra, arenilla, lama, guano y compost.

Los mismos autores mencionan que, el sustrato utilizado para el llenado de bolsas debe contener un mayor número de nutrientes y una textura franco limoso a franco arcilloso. En este sustrato las plántulas crecen y se desarrollan hasta su establecimiento en plantación.

Según Bartolomé y Vega (2001), señalan que, el sustrato debe tener las siguientes características concretas:

- Ser el soporte físico de las plantas.



- Tener la alta capacidad de absorción de agua y de rehidratación para disminuir la frecuencia del riego.
- Poseer alta porosidad para suplir el aporte de oxígeno a las raíces y un buen drenaje, evitando así encharcamientos.
- Presentar pH ligeramente ácido, para evitar ataque de hongos y desequilibrios en la absorción de nutrientes por parte de la planta. También deberán tener gran capacidad de retención y cesión de nutrientes, con los que alimentara a la planta.
- Ser ligeros para reducir el esfuerzo de transporte y facilitar el manejo en el cultivo y la plantación.
- Ser estériles, es decir, no contener agentes patógenos que puedan afectar a las plantas o semillas de hierbas anuales o invasivas.
- Tener una textura fibrosa para la formación de cepellones consistentes.

#### **3.7.1.1. Tierra del lugar**

Fossati y Olivera (1996) citado por Jimenez (2014), mencionan que, aquellas tierras ubicadas en sitios sobre los 3.000 msnm o en zonas húmedas, presentan características de suelos de textura mediana (franco arcilloso) y reacción ácida, semejantes a la tierra negra. En cambio, aquellos suelos de zonas por debajo de los 3.000 msnm presentan características desde ligeramente ácidas a ligeramente alcalinas, con suelos livianos o franco arenosos y suelos semi – pesados o franco limoso (estos últimos compuestos de arcillas rojas con pocos nutrientes).

Los mismos autores señalan que, la función de la tierra del lugar es substituir, en forma barata y sencilla, a materiales del sustrato que son difíciles de encontrar. Además, le da a la planta un medio parecido al que tendrá en su sitio de plantación.

### **3.7.1.2. Lama o limo**

Jimenez (2014), menciona que, este material, cuando está húmedo, no se pega ni se rompe fácilmente al contacto de los dedos. Tiene una reacción ligeramente ácida a neutra (pH 6.0 a 7.0), variando de acuerdo a su lugar de origen. Se encuentra en las orillas de los ríos, formando bancos de diferentes tamaños. Su función es la de mantener una estructura adecuada para el crecimiento de las raíces, mantener la humedad y aportar nutrientes en pequeña escala.

Son partículas fragmentarias que derivan, en su mayoría de la arena, por lo cual, también predomina el cuarzo. En el limo ya aparecen algunas propiedades de plasticidad, adhesividad y absorción, debido a las películas de arcilla que las recubren (Miranda, 2002).

### **3.7.1.3. Aserrín descompuesto**

Mamani (2006) citado por Jiménez (2014), señala que, el aserrín descompuesto tiene la ventaja de facilitar las labores culturales, fácil manipulación para el repique de plántulas.

Los mismos autores mencionan que, el aserrín descompuesto que da mejor resultado es el originado en maderas rojas, el que aparentemente tiene efecto fungicida o insecticida por los taninos que poseen.

Navarro *et al.* (1995) citado por Jiménez (2014), señalan que, el aserrín puede ser empleado como substrato de cultivos, con poca intervención en la nutrición de la planta, pero con una interesante capacidad de retención hídrica.

### **3.7.2. Bocashi**

Leblanc (2007) citado por Ortega (2012), el bocashi es un abono orgánico de origen japonés que se produce en un tiempo más corto que el compost. La palabra “bocashi” significa “abono fermentado” en japonés, aunque en la mayoría de las ocasiones el bocashi se produce en un proceso aeróbico y no por fermentación. Tradicionalmente, el

bocashi se prepara con cascarilla de arroz (*Oriza sativa L.*), gallinaza, tierra de bosque, bocashi previamente preparado, levaduras, carbón, coberturas verdes y melaza de caña (*Saccharum officinarum L.*). La cascarilla de arroz es una fuente de carbono (C) de degradación lenta mientras que la gallinaza es la principal fuente de nitrógeno (N). La semolina y la melaza son fuentes de C de degradación rápida y ayudan a iniciar el proceso de degradación.

### **3.7.2.1. Factores que condicionan la elaboración de abono orgánico bocashi**

Ortega (2012), sugiere aspectos importantes en la elaboración de abonos orgánicos, que se deben tener presentes estos factores:

#### **3.7.2.1.1. Temperatura**

Está en función del incremento de la actividad microbiológica del abono, que comienza con la mezcla de los componentes. Después de 14 horas de haberse preparado el abono debe presentar temperaturas superiores a 50°C.

#### **3.7.2.1.2. Humedad**

Determina las condiciones para el buen desarrollo de la actividad y reproducción microbiológica durante el proceso de la fermentación cuando está fabricando el abono. Tanto la falta como el exceso de humedad son perjudiciales para la obtención final de un abono de calidad. La humedad óptima, para lograr la mayor eficiencia del proceso de fermentación del abono, oscila entre un 50 y 60 % del peso.

#### **3.7.2.1.3. Aireación**

Como el proceso es aeróbico es necesario contar con una buena disponibilidad de oxígeno. Se considera conveniente que exista una concentración entre el 5% y el 10% de oxígeno en los macroporos de la mezcla. Los microporos, por su parte, no deben tener exceso de humedad porque hacen el proceso anaeróbico y no se produce un abono de buena calidad.

#### **3.7.2.1.4. Tamaño de las partículas de los ingredientes**

La reducción del tamaño de las partículas de los componentes del abono, presenta la ventaja de aumentar la superficie para la descomposición microbiológica. Sin embargo, el exceso de partículas muy pequeñas puede llevar a una compactación, favoreciendo el desarrollo de un proceso anaeróbico, que es desfavorable para la obtención de un buen abono orgánico fermentado. Cuando la mezcla tiene demasiadas partículas pequeñas, se puede agregar relleno de paja o carbón vegetal.

El pH necesario para la elaboración del abono es de un 6 a 7.5. Los valores extremos perjudican la actividad microbiológica en la descomposición de los materiales.

#### **3.7.2.1.5. Relación carbono – nitrógeno**

La relación ideal para la fabricación de un abono de rápida fermentación es de 25:35 una relación menor trae pérdidas considerables de nitrógeno por volatilización, en cambio una relación mayor alarga el proceso de fermentación.

#### **3.7.2.2. Uso del bocashi**

Es importante para suministrar los nutrientes necesarios y adecuados al suelo, donde son absorbidos por las raíces de los cultivos para su normal desarrollo. Se debe utilizar la mayor diversidad posible de materiales, para garantizar un mayor equilibrio nutricional del abono (Portillo, 2011).

#### **3.7.2.3. Funciones del bocashi**

Su función es enriquecer el suelo y los microorganismos disponibles ponen a disposición los minerales para que lo utilicen las plantas o por medio de la erosión. Los nutrientes son asimilados por las plantas y puestos a disposición de las plantas, con lo que estimula el crecimiento de sus raíces y follaje (Portillo, 2011).

#### 3.7.2.4. Dosis a utilizar

Según Ortega (2012), menciona la dosis a utilizar en diferentes estados:

- **En los semilleros.** - puede mezclar tierra cernida con carbón vegetal pulverizado y el abono bocashi, en proporción de 60 a 90% de tierra y 40 a 10% de bocashi, dependiendo de la plántula.
- **Abonado directo.** - aplique el bocashi en la base del hoyo, luego cúbralo con un poco de tierra para evitar que la raíz se queme con el abono y ubique la planta en el sitio.
- **Abonado a los lados de las plantas.** - una vez el cultivo esté establecido, este sistema sirve para hacerle una segunda y tercera abonada de mantenimiento a los cultivos.
- **Abonado directo a los surcos.** - en el lugar donde va a establecer cultivo que quiere sembrar, recubriendo el bocashi con algo de tierra.
- **Independientemente de la forma como lo utilice.** - el bocashi siempre debe cubrirse con tierra para que no se pierda y así obtener mejores resultados.

#### 3.7.2.5. Características de los insumos utilizados

Según Ortega (2012) menciona los materiales a utilizar para la elaboración del abono bocashi.

- **Estiércol de bovino.** - Es un fertilizante orgánico excelente debido a su alto contenido en nitrógeno y materia orgánica y que desde la antigüedad se ha utilizado para aprovechar los residuos del ganado y también, restaurar los niveles de nutrientes de suelos agrícolas. Y que el incremento de este producto se debe a que cada vez apuestan más por una siembra ecológica y prescinden de productos químicos. Además, el uso del estiércol como fertilizante recicla los nutrientes que fueron suministrados a los animales, este aprovechamiento ayuda a utilizar mejor los recursos de la tierra.

- **Cascarilla de arroz.** - Mejora las características del suelo y de los abonos orgánicos, facilitando la absorción de humedad y filtraje de nutrientes. Beneficia la actividad macro y microbiológica de la tierra al mismo tiempo que estimula el desarrollo uniforme u abundante del sistema radicular. Es una fuente rica en sílice lo que favorece a los vegetales para darle mayor resistencia contra los insectos y microorganismos. A largo plazo se convierte en una constante fuente de humus en forma de cascarilla carbonizada, aporta principalmente fosforo y potasio al mismo tiempo que ayuda a corregir la acidez de los suelos.
- **Afrecho o harina de arroz.** - Es uno de los ingredientes que favorecen en alto grado la fermentación de los abonos. Aporta nitrógeno y es muy rica en los nutrientes tales como fosforo potasio calcio magnesio.
- **Kudzu.** - La kudzu tropical es una de la leguminosa herbácea perenne, vigorosa, voluble y trepadora. Las hojas presentan un alto valor nutritivo, de 21,3 % de proteína bruta, 28,2% de fibra bruta, 3,7% de extracto etéreo, 1,25 % de Ca y 0,32 % de P.
- **Melaza de caña.** - Es la principal fuente energética para la fermentación de los abonos orgánicos, favoreciendo la multiplicación de la actividad microbiana. Es rica en potasio calcio y magnesio y contiene micronutrientes como el boro.
- **Levadura.** - Las levaduras son organismos celulares de forma esférica, elíptica o cilíndrica. Producen sustancias bioactivas tales como hormonas y enzimas que promueven la división celular y el crecimiento radicular. Las sustancias bioactivas, como hormonas y enzimas, producidas por las levaduras, promueven la división celular activa y sus secreciones son sustratos útiles para otros microorganismos eficientes como bacterias ácido lácticas y actinomicetos (bacterias que ayudan a descomponer la materia orgánica transformándola en humus, liberando nutrientes).

- **Ceniza.** - Proveen altas cantidades de potasio, esta puede ser obtenida de los fogones o estufas caseras que funcionan con leña. (Picado & Añasco, 2005).
- **Tierra común.** - En muchos casos, ocupa hasta una tercera parte del volumen total del abono que se desea elaborar. Entre otros aportes, tiene la función de darle una mayor homogeneidad física al abono y distribuir su humedad; con su volumen, aumenta el medio propicio para el desarrollo de la actividad microbiológica de los abonos y consecuentemente, lograr una buena fermentación (Espejo, 2010).
- **El agua.** - Tiene la propiedad de homogeneizar la humedad de todos los ingredientes que componen el abono, propicia las condiciones ideales para el buen desarrollo de la actividad y reproducción microbiana durante todo el proceso de fermentación cuando se está fabricando los abonos orgánicos (Restrepo, 2001).

#### **3.7.2.6. Proceso de elaboración de bocashi**

La elaboración de este tipo de abono, dependerá del lugar y tipo de terreno donde va a ser empleado, de los materiales disponibles en la zona, y de los cultivos que serán fertilizados. Se deben usar materiales altos en fibra, para poder así mantener los suelos más sueltos, lo que nos va a ayudar a obtener mejor infiltración de las aguas y del aire, con este tipo de materiales también buscamos que los abonos sean ricos en carbono y bajos en nitrógeno (Portillo, 2011).

#### **3.7.2.13. Beneficios del uso de bocashi**

Según Portillo (2011), indica los beneficios de abono bocashi:

- Reducción de costos de producción, ya que el precio de los fertilizantes sintéticos es alto en el mercado comparado con el costo del bocashi, permitiendo mejorar de esa manera la rentabilidad de los cultivos.

- Reducción sustancial de productos sintéticos, disminuyendo el riesgo de contaminación de suelo, aire y agua.
- Se contribuye a la conservación del suelo, existe mayor captación de agua lluvia, disminuye el calor ambiental y se protege la biodiversidad, con lo que se colabora en la protección del medio ambiente.
- Se reduce la acidez de los suelos al dejar de usar sulfato de amonio y sustituirlo por el bocashi.
- Si la técnica es aplicada dentro del sistema de agricultura orgánica (sin utilizar productos agroquímicos), se pueden lograr mejores precios de los productos en el mercado.

### **3.8. Material de polímero**

#### **3.8.1. Hidrogel**

Los hidrogeles son redes poliméricas tridimensionales caracterizadas por su extraordinaria capacidad de absorber grandes cantidades de agua o fluidos fisiológicos (Soledad, 2013).

##### **3.8.1.1. Características del hidrogel**

Barillas (2016), establece en los siguientes párrafos que:

La investigación indica que son polímeros biodegradables que absorben y retienen grandes cantidades de agua y nutrientes cuando son introducidos en el suelo o en cualquier otro medio de cultivo. Esta capacidad de retención de agua permite el desarrollo de las plantaciones aún en épocas secas aprovechando al máximo los escasos recursos de agua y nutrientes disponibles.

La estructura química del polímero permite que cada gránulo se expanda y absorba hasta 300 veces su peso en agua, dependiendo de la calidad del agua, actuando como un reservorio de agua permite que entre el 95% y el 99% del agua almacenada sea tomada por el sistema radicular de las plantas. El polímero tipo químico es sintético



formado por cadenas de poliacrilamidas y de poli acrilatos de sodio, su presentación es en polvos blancos con una densidad de 0.64 gr/cc y su solubilidad es expandiéndose en agua, formando una gelatina viscosa.

El proceso de hidratación es completamente reversible, una vez el agua es absorbida por la planta, la partícula regresa a su tamaño original, lista para absorber nuevamente. Este proceso puede repetirse muchas veces durante 4 a 7 años. El polímero mejora la estructura del suelo, pues absorbe y libera agua, entonces se expande y luego se contrae. Este movimiento físico ayuda a mantener una estructura abierta, la cual mantiene buena ventilación del suelo y promueve un vigoroso crecimiento de raíz.

### **3.8.1.2. Compatibilidad con fertilizantes**

Barillas (2016), los fertilizantes solubles pueden funcionar en combinación con el hidrogel, para proveer una liberación lenta a la planta. Absorbe, almacena y libera los fertilizantes solubles y nutrientes casi tan rápidamente como lo hace el agua. De esta manera reducen las pérdidas por lixiviación de los fertilizantes. Sin embargo, la presencia de sales reduce la capacidad de retención del polímero retenedor de humedad. Los principales elementos que afectan la retención son el Hierro, los Fosfatos y la cal.

Villeda (2016), menciona que estudios recientes han demostrado que el uso de un polímero retenedor de humedad en mezcla con fertilizantes ha permitido un mayor desarrollo de la planta, tanto en su parte aérea como radicular, frente a testigos con adición de las mismas cantidades de fertilizante regado. El estudio realizado en aldea Tatutú, municipio de Jocotán, departamento de Chiquimula, en el año 2015, se demostró que aplicar una dosis de Hidrogel de dos gramos en la misma postura que la semilla, elevó los rendimientos en el cultivo de maíz obteniendo un promedio de 49 qq/ha, demostrando que, a pesar de la mala distribución de la precipitación, se obtuvo un rendimiento bueno para estas condiciones con la aplicación de gel.

El mismo autor indica que también se demostró que aplicarlo bajo condiciones muy secas, el Hidrogel actúa de manera negativa con la planta, ya que las características del gel es absorber agua, por lo tanto, actúa como competencia por humedad con la planta afectando su desarrollo.

#### **3.8.1.3. Modo de empleo**

Barillas (2016), indica que se puede aplicar seco o hidratado en las dosificaciones recomendadas por los técnicos. Para especies trasplantadas se aplica directamente en el hoyo y se mezcla con la tierra, posteriormente se hidrata y se continúa con el proceso de trasplante normal.

En cultivos hidropónicos se mezcla con el sustrato y en cultivos extensivos se aplica en los surcos, antes de realizar la última pasada del tractor que voltear la tierra.

#### **3.8.1.4. Beneficio del hidrogel**

Según Barillas (2016), los cristales de Hidrogel absorben agua cientos de veces su peso y la proporcionan paulatinamente a las raíces de todo tipo de plantas, el producto mejora las características del suelo, como son la retención y disponibilidad del agua, la aireación y la descompactación. Su aplicación en la agricultura, invernaderos y viveros, el sector forestal y la arquitectura paisajista puede reducir el uso de agua hasta en más del 50%. Agregando los cristales al sustrato, se incrementa el rendimiento, el crecimiento y la sobrevivencia de las plantas.

- Aumenta la capacidad de retención de agua de los suelos por varios años
- La frecuencia de riego se puede reducir en un 50%
- Limita las pérdidas de agua y nutrientes por lixiviación
- Reduce la evaporación del suelo
- Mejora las propiedades físicas de los suelos compactos
- Mejora el crecimiento de las plantas

- El agua y los nutrientes están continuamente disponibles en la zona de las raíces para una óptima absorción por las plantas
- Protege el medio ambiente contra la sequía y la contaminación de las aguas subterráneas
- Evita la pérdida de la cosecha por falta de agua
- Absorbe fertilizantes solubles y los libera lentamente
- Incrementa el rendimiento de las cosechas
- Reduce la tensión de las plantas por falta de agua
- Ahorro de agua
- Ahorro de abono
- Mejor calidad de las plantas
- Germinación acelerada
- No son tóxicos

### **3.9. Tipos de contenedores**

Existen varios tipos de contenedores individuales que se utilizan una sola vez para producir plantas forestales en condiciones específicas, en su mayoría son de materiales plásticos como las bolsas de polietileno, los Root-MakerR y TreepotsR. También tenemos contenedores que se utilizan varias veces como los tubetes (Luna & Dumroese, 2012).

#### **3.9.1. Bolsas de polietileno**

Las bolsas hechas de polietileno negro son los contenedores más utilizados en los viveros de todo el mundo porque son baratas y fáciles de transportar y almacenar. Desafortunadamente, en general producen plantines con sistemas radicales poco formados que se espiralan en el contorno de las paredes lisas y en el fondo. Este problema empeora cuando los plantines no son trasplantados a tiempo y se mantienen en el contenedor (Luna & Dumroese, 2012).

Son considerablemente menos costosas que los recipientes rígidos de metal o de plástico y parecen ser satisfactorias, pero algunos tipos de ellas se deterioran con rapidez. De ordinario son de polietileno negro (Gonzalez, 2001).

#### **3.9.1.1. Forma de colocar las bolsas**

Según Gonzalez (2001), al colocar las bolsas muchas veces los productores tratan de ganar espacio colocando las bolsas lo más pegadas posible, olvidándose de que para cada tamaño de planta, variedad y forma de crecimiento se necesita distancias diferentes, lo cual afecta a los tallos, largo de entrenudos, el aprovechamiento de los fertilizantes y sobre todo se dificultan las actividades diarias de los trabajadores.

#### **3.9.2. Tubetes**

Es un cono de polipropileno negro grisáceo de 13 cm de altura y 150 cm<sup>3</sup> de capacidad, con estrías internas a lo largo del tubo y abierto en la parte inferior. Su peso es de 22 gramos aproximadamente. Las estrías sirven para orientar las raíces hacia abajo y facilitan la separación del "pilón" de las paredes del "cono" cuando se trasplanta. La abertura inferior detiene el crecimiento de las raíces ya que, una vez que éstas llegan a la entrada de luz "suspende" su crecimiento produciéndose una especie de "fotópoda", que incrementa el volumen radicular (Gonzalez, 2001).

##### **3.9.2.1. Forma de colocar los tubetes**

Los "tubetes" deben colocarse en cada orificio de la cuadrícula de metal que forma la "cama", inicialmente en forma continua hasta que el crecimiento de la plantita llegue a los cinco pares de hojas, a fin de aprovechar el agua de riego, espacio, etc. A partir del quinto par de hojas, deben separarse dejando en cada dirección, una cuadrícula de por medio, sin "tubetes" y dejarlos así hasta que las plantitas alcancen el tamaño de trasplante (Gonzalez, 2001).

### **3.10. Vivero Forestal**

El vivero forestal es el sitio donde nacen y se crían las plantas forestales, permaneciendo el tiempo necesario para lograr la altura y el vigor indispensables para llevarlas al sitio definitivo de la forestación (Jimenez, 2014).

Huchani y Carvajal (2005) citado por Jimenez (2014), mencionan que, el vivero es una infraestructura adecuada para la producción y cuidado de plantas desde el almacigado o enraizamiento de estacas hasta el momento de trasplante al lugar definitivo.

#### **3.10.1. Finalidad del vivero forestal**

Según Bello (2012), la finalidad de un vivero forestal es la producción eficiente de plantas de las especies necesarias, con la calidad y requerimientos mínimos, y en el tiempo propicio, para abastecer los programas de reforestación de las comunidades forestales o necesidades de la población en general. De lo anterior se deduce que el vivero debe producir plantas en cantidad, pero también plántulas de calidad que sean fácilmente adaptables a las condiciones ambientales de los sitios de plantación.

El mismo autor indica que el vivero forestal es importante como parte de un programa de reforestación bien planeado ya que de él, se pueden obtener plantas en calidad y cantidad necesaria; y para que los resultados sean satisfactorios, es indispensable que la especie seleccionada sea la más adecuada para el sitio definitivo al cual serán destinadas.

#### **3.10.2. Semisombra**

Méndez y Cárdenas (2009) citado por Jimenez (2014), explican que la semisombra puede ser alta o baja y se utiliza en la mayoría de los casos para que las especies no reciban directamente la luz del sol, especialmente en la fase inicial y gradualmente se puede controlar su exposición al sol. Cuando existe demasiada sombra las plantas son más altas, delgadas, inclinadas y sus hojas son de color verde oscuro. La semisombra puede ser de hojas de palmera o de malla milimétrica.

### **3.10.3. Riegos**

Méndez y Cárdenas (2009) citado por Jimenez (2014), señalan que, el riego debe hacerse antes y después de la siembra para obtener un buen crecimiento de los plantines, la humedad inicial depende de la cantidad de agua utilizada, por lo que es importante regar uniforme y lentamente.

El crecimiento de la planta depende principalmente de que se le proporcione buenas cantidades de agua en las primeras etapas de las plantas. La planta requiere de 1,000 a 1,800 mm de agua anuales (Manuel & Carrera, 2012).

### **3.10.4. Fertilización en vivero**

Según Manuel & Carrera (2012), la práctica de fertilizar se da como opcional, en algunos estudios se han dado resultados que con la aplicación de nitrógeno, fósforo y potasio mejora lo que es el crecimiento, vigor y color de las plántulas. Si se decide hacer es recomendable aplicar 5 g por planta de 12-24-12 en los dos meses después de germinación y después a los 4 meses.

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Localización

#### 4.1.1. Ubicación del área de estudio

La investigación se realizó en la región de Alto Beni en predios de la Estación Experimental de Sapecho dependiente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés UMSA. Ubicada al norte del departamento de La Paz, geográficamente está se encuentra en los paralelos  $15^{\circ}33'$  y  $15^{\circ}46'$  de latitud sur y  $66^{\circ}57'$  y  $67^{\circ}20'$  de longitud oeste. Se encuentra ubicada en la provincia Sud Yungas de la 4ta. Sección del Municipio de Palos Blancos, situada en Sapecho a 276 km de la ciudad de La Paz, con una altitud de 450 msnm y una precipitación promedio de 1800 mm y una temperatura de media de  $26^{\circ}\text{C}$  (Maldonado, 2014).



Figura 1: Ubicación del área se estudio

#### **4.1.2. Descripción agroecológica de la zona de Sapecho**

De acuerdo a Cumat y Cotesu (1985) citado por Quenallata (2008), menciona la descripción agroecológica de la zona de Sapecho toma las siguientes características:

##### **4.1.2.1. Ecología**

Las zonas de vida de la región de Alto Beni, presentan un paisaje de bosque húmedo subtropical ocupándose y extendiéndose por las colinas circundantes hasta una altitud de 750 m.s.n.m. aproximadamente, siendo más específico la localidad de Sapecho se encuentra en la zona central del valle con topografía de plana a levemente ondulada y suelos de origen aluviales y de fertilidad moderada a baja; La vegetación natural de las partes bajas del Alto Beni, tiene las siguientes características: el bosque es denso, alto y consta de varios estratos.

##### **4.1.2.2. Clima**

El clima de la zona es cálido y húmedo, con una temperatura media anual es de 26°C, y la precipitación promedio anual es de 1.600 mm por año y la humedad relativa promedio es de 80%.

##### **4.1.2.3. Suelo**

La califican como un tipo de formación de llanura antigua, y la describen como suelos de pendientes suave, profundos y con peligros de anegamiento de mínimo a moderado.

#### **4.2. Materiales**

##### **4.2.1. Material biológico**

Para el presente trabajo de investigación, se utilizaron semillas de teca (*Tectona grandis* L.f.), especie forestal maderable, las cuales se obtuvieron de la Estación Experimental de Sapecho, perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés.



#### **4.2.2. Materiales de campo**

- Machete
- Azadón
- Rastrillo
- Martillo
- Clavos
- Serrucho
- Motosierra
- Alicata
- Carretilla
- Pala
- Bolsitas 8 x 12 cm.
- Perforadora
- Tubetes 15 – 320 IPL.
- Flexómetro
- Planilla de campo
- Regla de 30 cm.

#### **4.2.3. Insumos de campo**

- Tierra del lugar
- Arena o lama
- Aserrín descompuesto
- Gallinaza

#### **4.2.4. Equipos**

- Balanza de precisión
- Vernier
- Cámara fotográfica
- Equipo de computación (laptop)

#### **4.2.5. Material de escritorio**

- Papel bon (1 paquete)
- Marcadores y resaltadores
- Flash memory
- Calculadora científica

### **4.3. Metodología**

#### **4.3.1. Recolección de semillas de teca**

La semilla de teca (*Tectona grandis* L.f.), fue cosechada con la ayuda del personal del área de vivero, utilizando cuatro arboles semilleros maduros de la parcela de teca de la Estación Experimental en los meses de septiembre a octubre, las mismas con las siguientes características, una altura promedio árbol de 22 m. y un diámetro altura de pecho (DAP) de 65 cm. una cantidad de 1 arroba de frutos – semillas.

#### **4.3.2. Características de la semilla**

Las semillas de teca recolectadas de la Estación Experimental de Sapecho, son de diferentes tamaños, existiendo entre 1000 y 1100 semillas / kg al respecto las semillas que se usaron durante el estudio fueron de un diámetro ecuatorial promedio de 11mm de longitud, con un peso promedio de 1,4 g por fruto – semilla.

#### **4.3.3. Aprovechamiento y almacenamiento**

Una vez cosechada las semillas se procedió a la fase de procesado y selección, uniformizando el tamaño del fruto, luego se expuso las semillas bajo sol por el lapso de 1 día, para evitar cualquier daño en lo posterior. Una vez ya procesada y seleccionada la semilla, se almacenó la misma dentro de una sala semi ventilada en envases de plástico a una temperatura interior promedio ambiente 14°C, para que luego se encuentren listas para llevar al semillero.

Las semillas que son recolectadas de árboles semilleros, tienen un alto poder germinativo de 85%, no requieren tratamiento pre-germinativo, sin embargo, para favorecer la velocidad de germinación, se sugiere remojar las semillas en agua a temperatura ambiente por 24 horas (Vinuesa, 2012).

#### **4.3.4. Procedimiento Experimental**

##### **4.3.4.1. Área de estudio**

La investigación se realizó en vivero de la Estación Experimental de Sapecho cuyas características son: postes de barras de fierro, la semisombra es de Malla Saram Rashel 50 % de sombra, a una altura de 3.5 m sobre el nivel suelo. Se efectuó la delimitación, deshierbe y nivelación del terreno, luego se protegió con cerco de alambre tejido dejando una puerta de ingreso para realizar el trabajo.

#### **4.3.4.2. Construcción de almaciguera**

Se construyó una caja de madera, con las siguientes medidas: 160 cm de largo, 70 cm de ancho, 35 cm de altura y el área total 11200 cm<sup>2</sup> y la parte inferior cubierta con malla milimétrica para sostener el sustrato.

##### **4.3.4.2.1. Preparación de sustrato para almaciguera**

Para el almacigo de semillas se utilizó aserrín descompuesto y arena o lama que fue adquirida mediante compra y tierra negra que fue recolectada de los alrededores de las parcelas de cacao que existen en la Estación Experimental de Sapecho. Todos los sustratos fueron cernidos para evitar el ingreso de otros materiales, y luego se realizó la mezcla de los sustratos para luego llevarlo al cajón de almaciguera.

#### **4.3.4.3. Tratamiento pregerminativo**

##### **4.3.4.3.1. Exposición de semillas o frutos al sol**

Se expusieron los frutos o semillas al sol, de forma extendida sobre una secadora de madera, removiéndolo cada vez que sea necesario, razón para que los rayos del sol lleguen a todas las semillas, a una temperatura promedio de 31°C por cinco días y luego inmediatamente fueron sembradas.

##### **4.3.1.3.2. Siembra en almaciguera**

Una vez concluida la aplicación de una de las técnicas pregerminativas en las semillas, ya hecha la preparación de sustrato para el almacigo, se procedió a la siembra de 500 semillas, a una profundidad de 2 cm del suelo, para todo el experimento tomando en cuenta el 20% de mortandad.

Seguidamente se procedió a un riego ligero, para que las semillas encuentren las condiciones adecuadas para su germinación y posterior emergencia y repique de las plántulas a las bolsas de polietileno y tubetes.

#### 4.3.4.4. Elaboración de bocashi

##### 4.3.4.4.1. Insumos

Para la elaboración de abono bocashi, se recolectaron los siguientes materiales que existen en abundancia en el lugar.

**Cuadro 3:** Insumos para la preparación

INGREDIENTES	CANTIDAD
Tierra negra	1 @
Estiércol de bovino	1 @
Cascarilla de arroz	1 @
Afrecho o arina de arroz	2 libras
Leguminosa (Kudzu)	2.5 Kilogramos
ceniza	2 libras
Chancaca	500 gramos
levadura	200 gramos
Agua	10 litros

##### 4.3.4.4.2. Preparación

Antes se ubicó un área en buenas condiciones:

- Primero se mezcló la tierra, el estiércol, la cascarilla de arroz, el afrecho y la ceniza.
- Separadamente se diluyó la chancaca y la levadura en agua caliente, para después añadir esta preparación en 5 litros de agua.
- Luego se incorporó la sustancia líquida con la regadera a la mezcla sólida, revolviendo con una pala; el abono bocashi no será ni seco ni muy húmedo.
- Posteriormente se cubrió con nailon el abono bocashi para su proceso de fermentación y descomposición durante 12 a 15 días.
- La remoción se realizó día por medio durante dos semanas, y la temperatura normal que debe alcanzar es 40°C, para obtener una buena calidad de abono bocashi.
- Pasado 12 a 15 días se tiene listo el abono para poder utilizar.

#### **4.3.4.5. Sustrato local**

Se acopio tierra del lugar a unos 10 a 15 cm de profundidad de la capa arable con una textura franco a franco arenoso proveniente del monte, así también se tuvo que acopiar arena o lama del rio La Paz, además de traer el aserrín descompuesto de uno de los aserraderos de Sapecho, todos estos materiales fueron recolectados en lugares cercanos a la Estación Experimental de Sapecho.

Una vez acopiados los insumos se mezcló tomando en cuenta que se encuentre libre de rastrojos, raíces y otros, luego se procedió al cernido del mismo haciendo el uso de una malla metálica.

Luego se procedió a preparar la mezcla de sustrato con capacidad de aireación, tierra del lugar 50%, arena o lama 30% y aserrín descompuesto 20%.

#### **4.3.4.6. Hidrogel**

Zúñiga, (2007) citado por Barillas (2016), indica que se puede aplicar seco o hidratado en las dosificaciones recomendadas por los técnicos. Para especies trasplantadas se aplica directamente en el hoyo y se mezcla con la tierra, posteriormente se hidrata y se continúa con el proceso de trasplante normal.

En cultivos hidropónicos se mezcla con el sustrato y en cultivos extensivos se aplica en los surcos, antes de realizar la última pasada del tractor que voltea la tierra.

Para este tema de investigación, para producción de plantines de teca en condiciones de vivero el procedimiento se realizó de la siguiente forma: la relación de la mezcla es de 1 gramo por cada bolsa de polietileno y tubetes.

#### **4.3.1.7. Construcción de mesones**

Se construyeron mesones de madera para bolsas de polietileno y tubetes, con el fin de manipular fácil las macetas.

#### **4.3.1.7.1. Mesón para bolsitas polietileno**

El área del mesón para bolsas de polietileno tiene una medida de: 125 cm de largo, 120 cm de ancho, con 20 unidades experimentales (25 cm<sup>2</sup>), el espacio entre las unidades experimentales es de 12,5 cm y la altura del mesón es de 60 cm sobre el suelo.

#### **4.3.1.7.2. Mesón para tubetes**

El área del mesón para tubetes tiene una medida de 175 cm de largo, 140 cm de ancho, con 20 unidades experimentales (25 cm<sup>2</sup>), el espacio entre las unidades experimentales de 12,5 cm y la altura del mesón es de 60 cm sobre el suelo.

#### **4.3.1.8. Preparación de sustratos**

Primeramente, se realizó el cernido para la homogenización del sustrato local y el bocashi, eliminando raíces, palos, terrones, piedras, hojarascas, etc., que puedan obstaculizar y dañar la buena formación y desarrollo de las raíces de los plantines de teca. Para este proceso se utilizó una zaranda y finalmente se procedió el preparado para cada tratamiento:

- **T1** = se procedió a la preparación de sustrato local para 45 bolsas de polietileno.
- **T2** = se procedió a la preparación de sustrato local para 45 bolsas de polietileno incorporando 1 gramo de hidrogel a cada maceta.
- **T3** = se procedió a la preparación de bocashi para 45 bolsas de polietileno.
- **T4** = se procedió a la preparación de bocashi para 45 bolsas de polietileno, incorporando 1 gramo de hidrogel a cada maceta.
- **T5** = se procedió a la preparación de sustrato local para 45 tubetes.
- **T6** = se procedió a la preparación de sustrato local para 45 tubetes, incorporando 1 gramo de hidrogel a cada tubete.

- **T7** = se procedió a la preparación de bocashi para 45 tubetes.
- **T8** = se procedió a la preparación de bocashi para 45 tubetes, incorporando 1 gramo de hidrogel a cada tubete.

#### **4.3.1.9. Embolsado de sustratos**

Se realizó la perforación de bolsitas polietileno para tener un buen drenaje y la mantención de los sustratos en las macetas. Las dimensiones de las bolsas que se utilizó son de 8 x 12 cm, con un grosor de 40 micrones.

Para tubetes se hizo directamente el llenado de sustratos y bocashi sin necesidad de realizar perforaciones.

#### **4.3.1.10. Trasplante**

Una vez que las plántulas de teca emergieron después de 25 a 30 días, se procedió al trasplante a las bolsas de polietileno y tubetes que ya estaban acondicionadas en los mesones, las plántulas se trasplantaron de un tamaño de 2 cm de longitud, iniciando el desarrollo de la primera hoja, se realizó en el mes de mayo (inicio de época seca).

#### **4.3.1.11. Labores culturales**

##### **4.3.1.11.1. Riego**

El riego se realizó de manera uniforme a diario, en cada unidad experimental, con la ayuda de una regadera de chorro fino, hasta que tuvieran una formación adecuada, después se efectuó el riego cada dos días y finalmente solo a requerimiento.

##### **4.3.1.11.2. Control de malezas**

El control de malezas se realizó de forma manual cada dos semanas, lo cual se considera una de las actividades más importantes dentro de los cuidados de los plantines para el buen desarrollo y prevención de cualquier tipo de enfermedad.

### 4.3.2. Diseño experimental

La investigación se ajustó al diseño completamente al azar, con arreglo de parcelas divididas, considerando tres factores A, B y C, con ocho tratamientos y cinco repeticiones (Vicente, 2004).

#### 4.3.2.1. Modelo lineal aditivo

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_a + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_b + \gamma_k + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

**Donde:**

$Y_{ijkl}$	= Variable de respuesta esperada
$\mu$	= Media general
$\alpha_i$	= Efecto del factor A (macetas)
$\varepsilon_a$	= <i>Error de parcela mayor</i>
$\beta_j$	= Efecto del factor B (sustratos)
$(\alpha\beta)_{ij}$	= Efecto del i - ésimo nivel del factor A, con el j - ésimo nivel B (interacción A x B)
$\varepsilon_b$	= <i>Error de parcela menor</i>
$\gamma_k$	= Efecto del factor C (hidrogel)
$(\alpha\gamma)_{ik}$	= Efecto del i - ésimo nivel del factor A, con el k - ésimo nivel C (interacción A x C)
$(\beta\gamma)_{jk}$	= Efecto del j - ésimo nivel del factor B, con el k - ésimo nivel C (interacción B x C)
$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$	= Efecto del i - ésimo nivel del factor A, con el j - ésimo nivel B y con el k - ésimo nivel C (interacción A x B x C)
$\varepsilon_{ijkl}$	= Error experimental asociado al ensayo

#### 4.3.2.2. Factores de estudio

**Cuadro 4:** Factores de estudio

Factor A (Macetas)	Factor B (Sustratos)	Factor C (Solución Hidrogel)
a <sub>1</sub> = Bolsitas de polietileno	b <sub>1</sub> = Sustrato local	C <sub>1</sub> = Sin hidrogel
a <sub>2</sub> = Tubetes 15 - 320 IPL	b <sub>2</sub> = Bocashi	C <sub>2</sub> = Con hidrogel

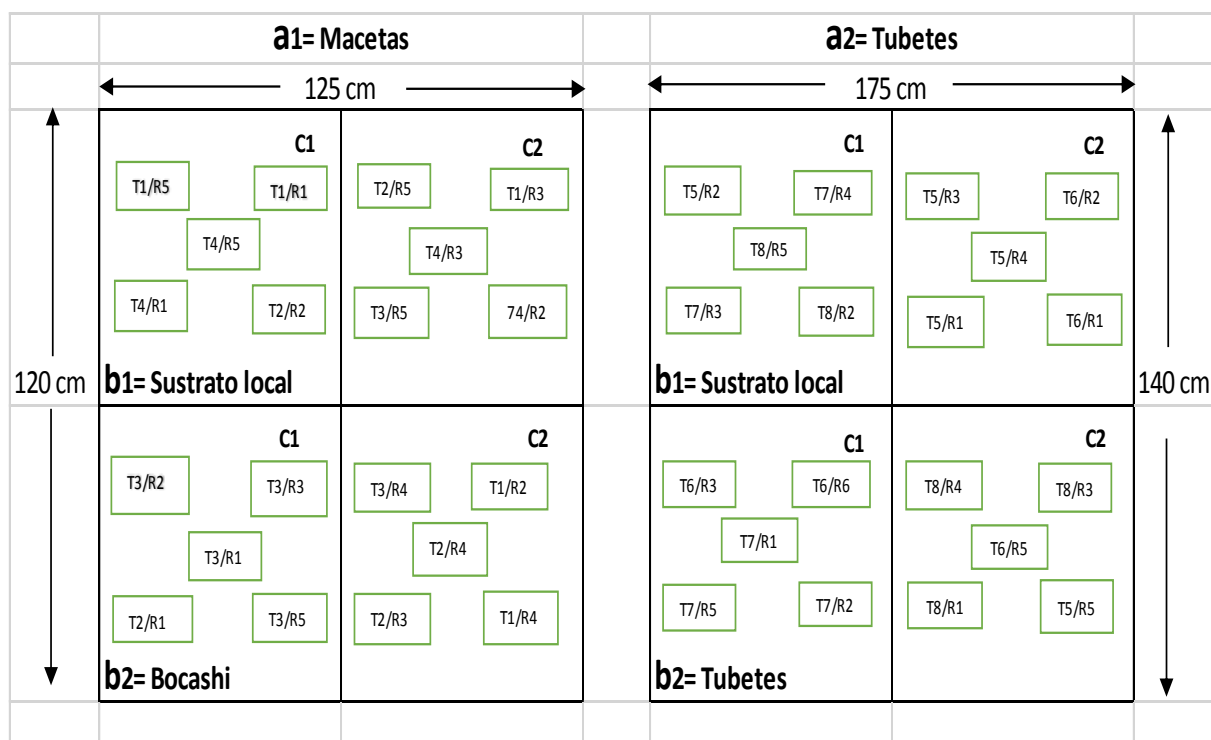


### 4.3.2.3. Tratamientos

**Cuadro 5:** Tratamientos estructurados

Combinación de Tratamientos	Tratamientos	Descripción de cada tratamiento
a1b1C1	T1	Bolsas de polietileno + Sustrato local + Sin hidrogel
a1b1C2	T2	Bolsas de polietileno + Sustrato local + Con hidrogel
a1b2C1	T3	Bolsas de polietileno + Bocashi + Sin hidrogel
a1b2C2	T4	Bolsas de polietileno + Bocashi + Con hidrogel
a2b1C1	T5	Tubeles + Sustrato local + Sin hidrogel
a2b1C2	T6	Tubeles + Sustrato local + Con Hidrogel
a2b2C1	T7	Tubeles + Bocashi + Sin hidrogel
a2b2C2	T8	Tubeles + Bocashi + Con hidrogel

### 4.3.2.4. Croquis del experimento



**Figura 2:** Croquis de los tratamientos

#### 4.3.2.5. Datos del croquis

Dimensiones de la parcela	= 2m x 4m
Área total del experimento	= 8m <sup>2</sup>
Área del mesón de bolsas de polietileno	= 120 cm x 125 cm
Área total del mesón de bolsas de polietileno	= 15000 cm <sup>2</sup>
Área del mesón de tubetes	= 140 cm x 175 cm
Área total del mesón de tubetes	= 24500 cm <sup>2</sup>
Área de la unidad experimental	= 400 cm <sup>2</sup> (9 plantas en bolsas de polietileno)
Área de la unidad experimental	= 625 cm <sup>2</sup> (9 plantines en tubetes)
Número de tratamientos	= 8
Número de unidades experimentales	= 40
Número de repeticiones por tratamiento	= 5
Distancia entre tratamientos	= 5 cm

#### 4.3.3. Variables agronómicas

##### 4.3.3.1. Porcentaje de germinación

Para esta variable se realizó el conteo manual, la primera toma de datos se realizó a los 20 días, la segunda toma de datos a los 25 días y la última toma de datos a los 30 días a la siembra en almaciguera.

$$\frac{\# \text{ Total de Plántulas emergidas}}{\# \text{ Total de Semillas Sembradas}} \times 100$$

##### 4.3.3.2. Altura de la planta

Para esta variable se realizó un muestreo de 45 plantas por cada tratamiento, iniciando desde el trasplante de plántulas a bolsas de polietileno y tubetes, tomando en cuenta un parámetro evaluativo de cada 30 días por un periodo de 90 días, desde el repique de las plántulas, y se midió desde la base del suelo hasta el extremo del tallo utilizando un flexómetro.

#### **4.3.3.3. Diámetro del tallo a nivel del cuello**

Para determinar este dato se utilizó un vernier, calculando el diámetro en milímetros, a nivel del cuello de cada planta, para esto se efectuó un muestreo de 45 plantas por cada tratamiento, la toma de datos se realizó cada 30 días durante 90 días, desde el trasplante de plántulas a las macetas.

#### **4.3.3.4. Número de hojas**

Para la determinación de esta variable se realizó un muestreo de 45 plantines por cada tratamiento, se efectuó un conteo del número de hojas, usando como parámetro evaluativo desde la aparición de las primeras hojas verdaderas estos datos fueron registrados en planilla cada 30 días durante 90 días, desde el trasplante de plántulas a las macetas.

#### **4.3.4. Variable económica**

##### **4.3.4.1. Análisis económico**

Se utilizó el análisis beneficio – costo o B/C, razón que proviene de dividir el ingreso bruto sobre el costo total, puede también emplearse a través de presupuestos parciales tomando en cuenta solo costos variables. Si la relación es 1 el productor no gana ni pierde, relaciones mayores a 1 indican ganancia y relaciones menores a 1 indican pérdida (Herrera et al., 1994).

En el presente estudio el costo variable que difiere de una innovación en la producción de plantines de teca (utilizando bolsas de polietileno y tubetes y dos tipos de sustratos bocashi y sustrato local bajo la incorporación con y sin hidrogel) son la mano de obra indirecta, macetas, sustratos y solución de hidrogel que se emplean en cada tipo de tratamiento y para el cálculo de la relación B/C se tomó el costo total.

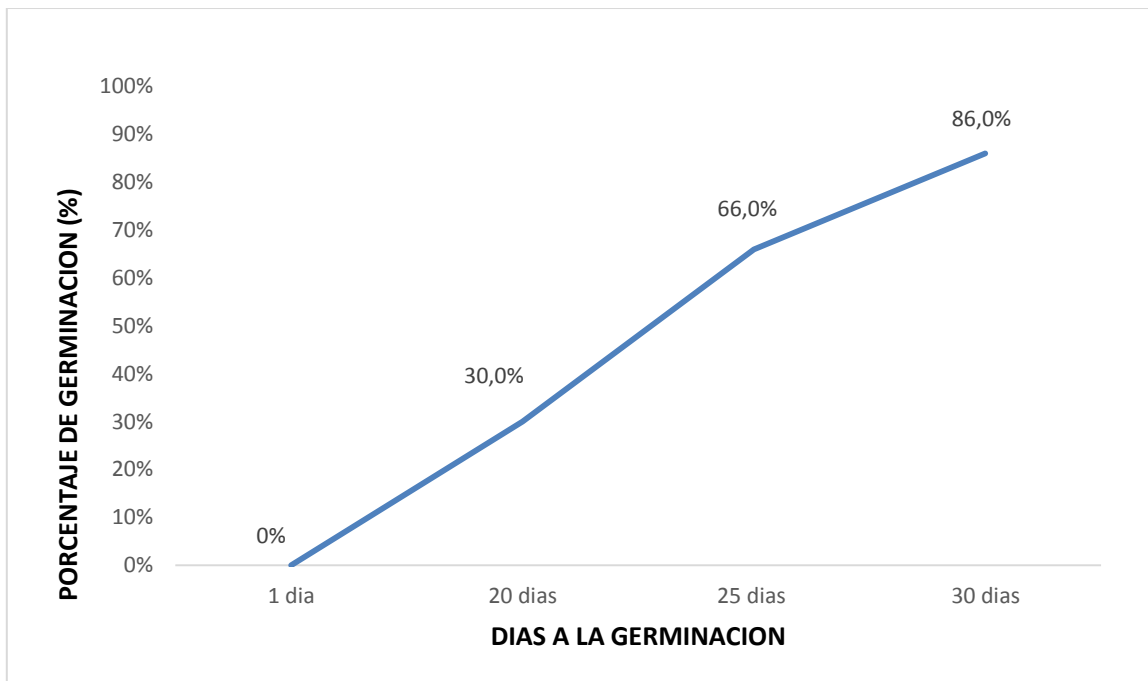
## 5. RESULTADOS Y DISCUSIONES

A continuación, se presentan los resultados de trabajo de campo (variables de respuesta) evaluados en el presente trabajo de investigación, comparando el desarrollo de los plantines de teca.

### 5.1. Variables agronómicas

#### 5.1.1. Porcentaje de germinación

El porcentaje de germinación en el cultivo de la teca, se observa en el siguiente gráfico.



**Figura 3:** Porcentaje de germinación de semillas de teca

En la figura 3, se observa que el porcentaje de germinación el día 1 es de 0%, a los 20 días tiene un porcentaje de 30 %, a los 25 días es 66 % y a los 30 días llega a tener un porcentaje de germinación de 86 %.

En un estudio similar, se encontró un porcentaje de germinación del 80.67%, donde se indica que el poder germinativo podría ser el resultado de diferencias genéticas entre

las fuentes, estado de madurez, manejo y almacenamiento de las semillas. (Villacis V., & John K., 2019).

Por otra parte, se indica que la principal causa que evita la germinación de la semilla de teca es el grosor del pericarpio, que no se ablanda lo suficiente para permitir el desarrollo de las células del embrión (Quenallata, 2008).

### 5.1.2. Altura de la planta

De acuerdo a los análisis de varianza realizado los días 30, 60 y 90, en el cual se expresan los efectos de los factores de tratamientos tipo de maceta, tipo de sustrato, con o sin hidrogel, con su respectivo coeficiente de variación, los cuales se presentan a continuación.

#### 5.1.2.1. Día 30

**Cuadro 6:** Análisis de varianza para la altura de planta.

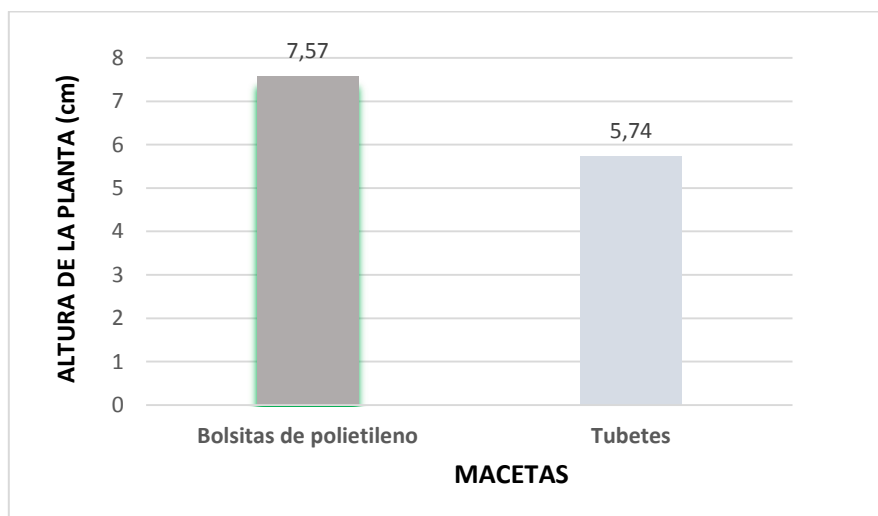
FV	SC	GL	CM	F	P-Valor	Nivel de sig.
Macetas (A)	33,56	1	33,56	62,28	<0,0001	**
Error a	4,31	8	0,54			
Sustratos (B)	0,72	1	0,72	6,56	0,0336	*
A*B	0,03	1	0,03	0,25	0,6327	NS
Error b	0,88	8	0,11			
Solución (C)	9,22	1	9,22	19,89	0,0004	**
A*C	0,59	1	0,59	1,26	0,2775	NS
B*C	9,72	1	9,72	20,98	0,0003	**
A*B*C	1,71	1	1,71	3,70	0,0725	NS
Error	7,42	16	0,46			
<b>Total</b>	<b>68,15</b>	<b>39</b>				
<b>CV = 10,23 %</b>						

El análisis de varianza del cuadro 6, para la altura de la planta a los 30 días, presenta valores altamente significativo en cuanto a los tratamientos del Factor A (Tipos de maceta), Factor C (Con o sin Hidrogel) y la interacción entre el Factor B\*C (sustrato\*solución), esto determina diferencias estadísticas entre los diferentes

tratamientos en cuanto a las macetas, así como al usar o no el hidrogel, como también la interacción demostrando que la acción conjunta en ambos factores tiene un efecto en la altura de planta. También dio un resultado significativo en el Factor B (tipo de sustrato), demostrando que utilizar diferentes sustratos tiene un efecto en la altura de planta. Obteniendo un coeficiente de variación de (CV) = 10,23 %, que demuestra la confiabilidad de los resultados obtenidos.

**Cuadro 7:** Prueba de comparación de medias Duncan del Factor A (tipo de macetas) en altura de planta (30 días).

Macetas	Medias (cm)	n	E.E. (cm)	$\alpha = 5\%$
Bolsitas de polietileno	7,57	20	0,16	A
Tubetes	5,74	20	0,16	B



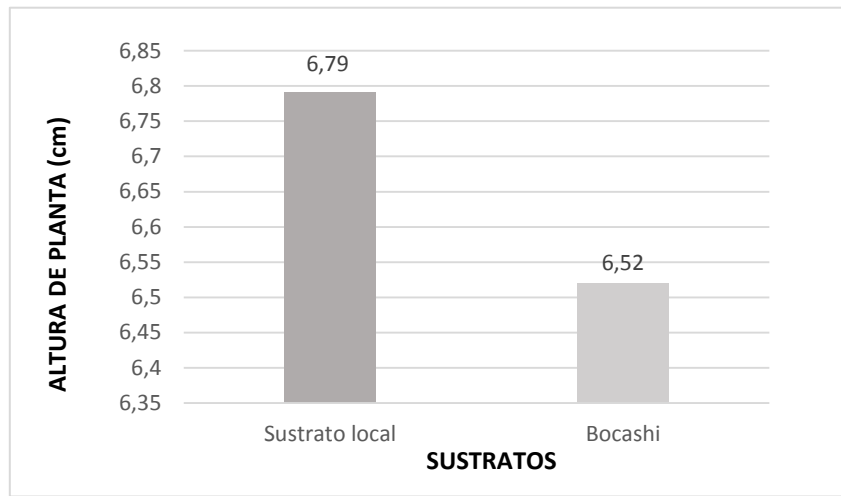
**Figura 4:** Prueba de medias Duncan, para el Factor (A), altura de planta, a los 30 días.

La prueba de comparación de medias de Duncan al nivel del 5% que se muestra en el cuadro 7 y la figura 4, nos indica que existen diferencias significativas, en altura de la planta a los 30 días entre tipos de macetas, donde se muestra que **a1** (bolsitas polietileno), donde alcanzó una media de 7,57 cm. con una diferencia de 1,83 cm. en

altura de la planta al respecto a la media del tratamiento **a2** (tubetes), que alcanzó una altura de 5,74 cm.

**Cuadro 8:** Prueba de comparación de medias Duncan del Factor B en altura de planta.

Sustratos	Medias (cm)	n	E.E. (cm)	$\alpha = 5\%$
Sustrato local	6,79	20	0,07	A
Bocashi	6,52	20	0,07	B

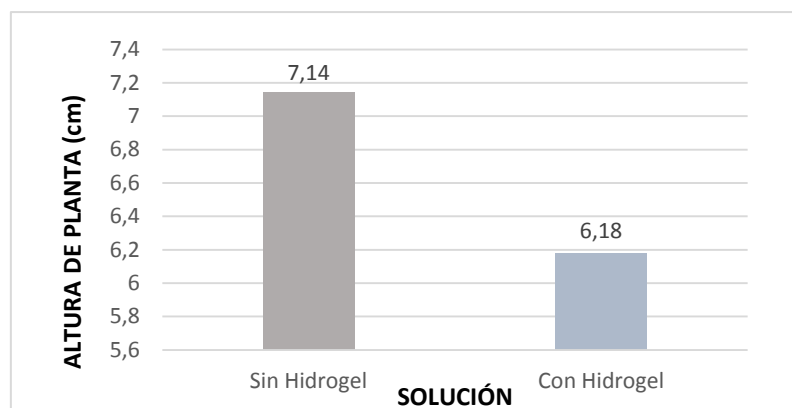


**Figura 5:** Prueba de medias Duncan, para el Factor (B), altura de planta, a los 30 días.

En el cuadro 8 y la figura 5, muestra que la prueba de comparación de medias Duncan al nivel del 5%, para la altura de planta a los 30 días para el tipo de sustrato, existen variaciones en los tratamientos estudiados, donde se **b1** (sustrato local), presenta un valor promedio de 6,79 cm, con una diferencia de 0,27 cm con la altura de planta de **b2** (bocashi), que tiene un valor de 6,52 cm.

**Cuadro 9:** Prueba de comparación de medias Duncan del Factor C en altura de planta.

Solución	Medias (cm)	n	E.E. (cm)	$\alpha = 5\%$
Sin Hidrogel	7,14	20	0,15	A
Con Hidrogel	6,18	20	0,15	B



**Figura 6:** Prueba de medias Duncan, para el Factor (C), altura de planta, a los 30 días.

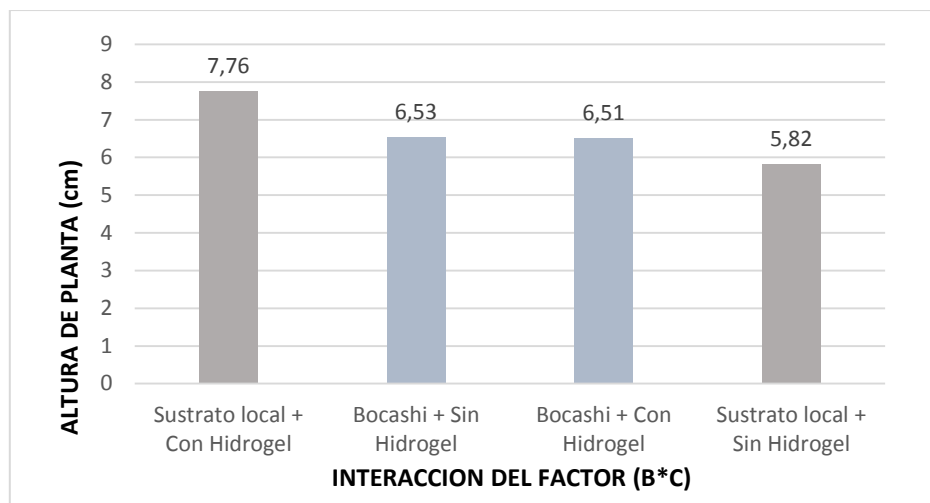
En el cuadro 9 y figura 6, señala que la prueba de comparación de medias Duncan al nivel del 5%, elaborada para la altura de planta a los 30 días entre el uso de solución, existen variaciones en los tratamientos estudiados, el **c1** (sin hidrogel), donde alcanzó un valor promedio de 7,14 cm, con una diferencia de 0,96 cm respecto al **c2** (con hidrogel), que tiene un valor promedio de 6,18 cm.

**Cuadro 10:** Prueba de comparación de medias Duncan de B\*C (sustrato y solución) en altura de planta (30 días)

Sustrato	Solución	Medias (cm)	n	E.E. (cm)	$\alpha = 5\%$
Sustrato local	Con Hidrogel	7,76	10	0,22	A
Bocashi	Sin Hidrogel	6,53	10	0,22	B
Bocashi	Con Hidrogel	6,51	10	0,22	B
Sustrato local	Sin Hidrogel	5,82	10	0,22	C

En el cuadro 10, indica que la prueba de comparación de medias Duncan al nivel 5%, indica que la altura de planta a los 30 días, para la interacción del factor B\*C, existen variaciones en los tratamientos estudiados, donde **b1c2**, presentan una mayor altura en la planta con un valor promedio de 7,76 cm, con una diferencia de 1,94 cm con la altura de planta con el **b1c1** (sustrato local \* sin hidrogel), que tiene un valor de 5,82 cm, mientras que los otros tratamientos se encuentran con promedios medios con valores de 6,53 y 6,51 el tratamiento **b2c1** y **b1c2** respectivamente.





**Figura 7:** Promedio de altura de planta, para la interacción (B\*C) a los 30 días.

En la figura 7, podemos observar que tuvo un mayor efecto en altura de planta la interacción **b1c2** con un promedio de 7,76 cm, seguido tenemos la interacción **b2c1** y **b2c2** con valores promedios de 6,53 y 6,51 cm., y el menor valor que obtuvo es la interacción **b1c1** con 5,82 cm.

### 5.1.2.2. Día 60

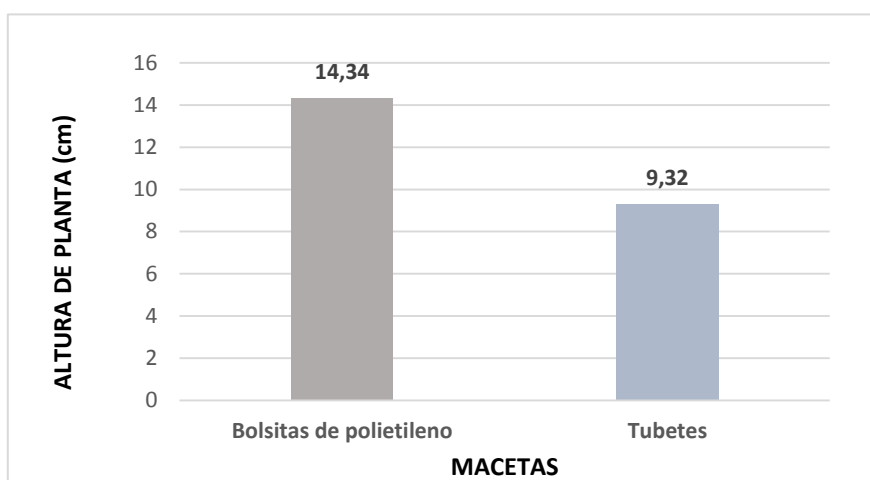
**Cuadro 11:** Análisis de varianza para la altura de planta (60 días)

FV	SC	GL	CM	F	P-Valor	Nivel de sig.
Macetas (A)	251,70	1	251,70	61,42	0,0001	**
Error a	32,70	8	4,10			
Sustratos (B)	4,10	1	4,10	1,83	0,2129	NS
A*B	8,28	1	8,28	3,70	0,0905	NS
Error b	17,88	8	2,24			
Solución (C)	0,20	1	0,20	0,08	0,7762	NS
A*C	5,29	1	5,29	2,16	0,1610	NS
B*C	29,86	1	29,86	12,21	0,0030	**
A*B*C	4,87	1	4,87	1,99	0,1773	NS
Error	39,14	16	2,45			
Total	394,11	39				
<b>CV = 13,22 %</b>						

El análisis de varianza del cuadro 11, para la altura de la planta a los 60 días, presenta valores altamente significativos en cuanto a los tratamientos del Factor A (Tipos de maceta), y el Factor B\*C (tipo de sustrato \* solución), esto determina diferencias estadísticas entre los diferentes tratamientos en cuanto a las macetas, como también la interacción demostrando que la acción conjunta en ambos factores tiene un efecto en la altura de planta. Obteniendo un coeficiente de variación de (CV) = 13,22 %, que demuestra la confiabilidad de los resultados obtenidos.

**Cuadro 12:** Prueba de comparación de medias Duncan del Factor A (tipo de macetas) en altura de planta (60 días)

Macetas	Medias (cm)	n	E.E. (cm)	$\alpha = 5\%$
Bolsitas de polietileno	14,34	20	0,45	A
Tubetes	9,32	20	0,45	B



**Figura 8:** Prueba de medias Duncan, para el Factor (A), altura de planta, a los 60 días.

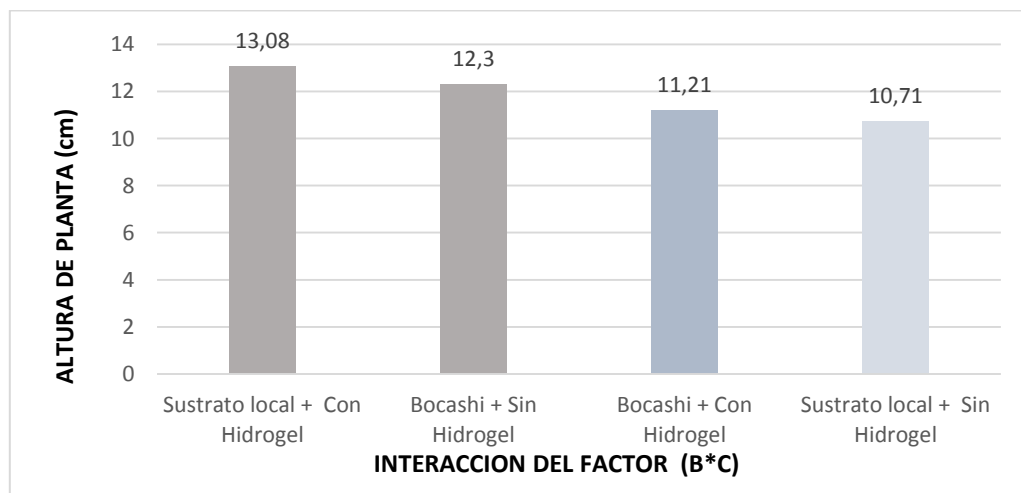
La prueba de comparación de medias Duncan al nivel del 5% que se muestra en el cuadro 12 y figura 8, nos indica que existen diferencias significativas, en altura de la planta a los 60 días entre tipos de macetas, donde se muestra que **a1** (bolsitas polietileno), donde alcanzó una media de 14,34 cm. con una diferencia de 5,02 cm. en

altura de la planta al respecto a la media del tratamiento **a2** (tubetes), que alcanzó una altura de 9.32 cm.

**Cuadro 13:** Prueba de comparación de medias Duncan de B\*C (sustratos y solución) en altura de planta (60 días).

Sustratos	Solución	Medias (cm)	n	E.E. (cm)	$\alpha = 5\%$	
Sustrato local	Con Hidrogel	13,08	10	0,49	A	
Bocashi	Sin Hidrogel	12,30	10	0,49	B	
Bocashi	Con Hidrogel	11,21	10	0,49	B	C
Sustrato local	Sin Hidrogel	10,71	10	0,49	C	

En el cuadro 13, indica que la prueba de comparación de medias Duncan al nivel del 5% para altura de planta a los 60 días, en la interacción entre tipo de sustrato y solución existen variaciones en los tratamientos estudiados, donde **b1c2** (sustrato local \* con hidrogel) presenta una mayor altura en la planta con un valor promedio de 13,18 cm, con una diferencia de 2,47 cm con la altura de planta donde **b1c1** (sustrato local \* sin hidrogel) que tiene un valor de 10,71 cm, mientras que los otros tratamientos se encuentran con promedios medios con valores de 12,30 y 11,21 cm, el tratamiento **b2c1** y **b2c2** respectivamente.



**Figura 9:** Promedio de altura de planta, para la interacción del Factor B\*C a los 60 días.

En la figura 9, indica que tuvo un mayor efecto en altura de planta la interacción de sustrato local \* con hidrogel (**b1c2**) con un promedio de 13,08 cm, seguido tenemos la interacción **b2c1** y **b2c2** con valores promedios de 12,3 y 11,21 cm., y el menor valor que obtuvo es la interacción **b1c1** con 10,71 cm.

### 5.1.2.3. Día 90

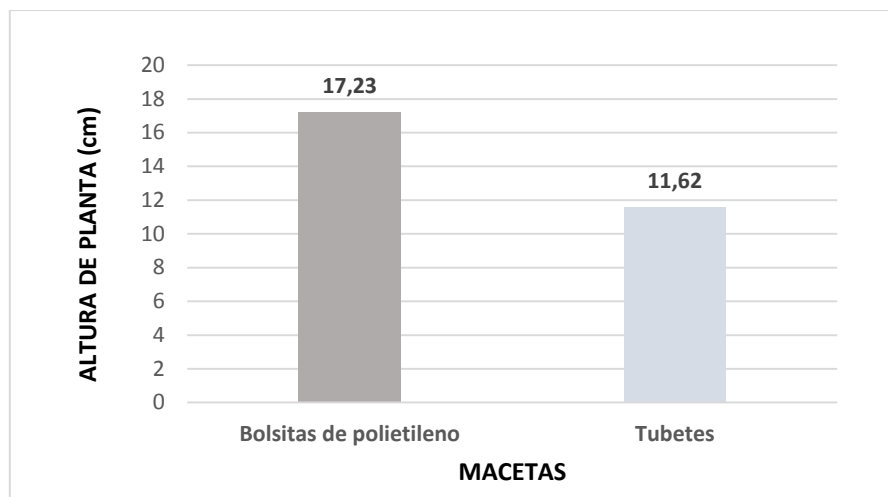
**Cuadro 14:** Análisis de varianza para la altura de planta (90 días)

FV	SC	GL	CM	F	P-Valor	Nivel de sig.
Macetas (A)	315,11	1	315,11	48,66	0,0001	**
Error a	31,51	8	6,48			
Sustratos (B)	5,32	1	5,32	1,06	0,3325	NS
A*B	21,04	1	21,04	4,21	0,0744	NS
Error b	40,1	8	5			
Solución (C)	6,08	1	6,08	1,33	0,2663	NS
A*C	4,09	1	4,09	0,89	0,3588	NS
B*C	6,78	1	6,78	1,48	0,2413	NS
A*B*C	14,48	1	14,48	3,16	0,0944	NS
Error	73,28	16	4,58			
Total	538,01	39				
<b>CV = 14,84 %</b>						

El análisis de varianza del cuadro 14, para la altura de la planta para los 90 días, presenta un valor altamente significativo en cuanto al tratamiento del Factor **A** (Tipos de maceta), esto determina diferencias estadísticas entre los diferentes tratamientos en cuanto a las macetas, demostrando que la acción del factor tiene un efecto en la altura de planta. Obteniendo un coeficiente de variación de (CV) = 14,84 %, teniendo certeza en los resultados analizados.

**Cuadro 15:** Prueba de comparación de medias Duncan del Factor A (tipo de macetas) en altura de planta (90 días)

Macetas	Medias (cm)	n	E.E. (cm)	$\alpha = 5\%$
Bolsitas de polietileno	17,23	20	0,57	A
Tubeles	11,62	20	0,57	B

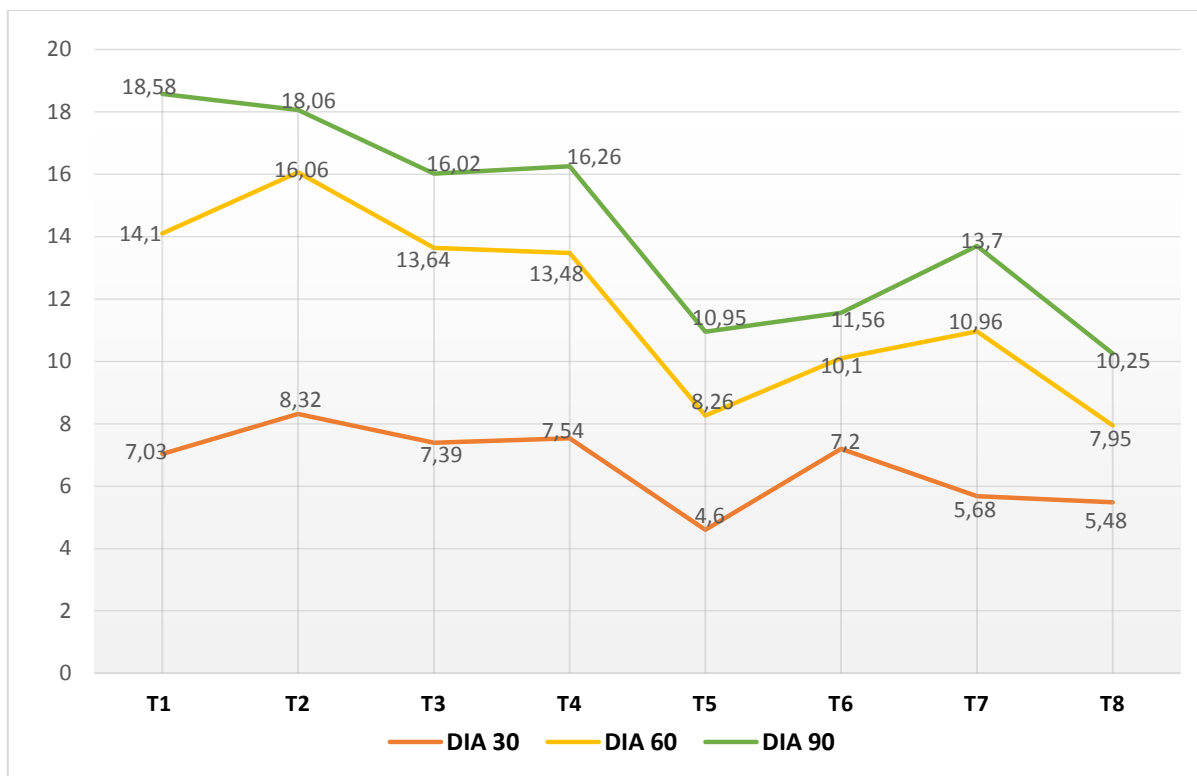


**Figura 10:** Prueba de medias Duncan, para el Factor (A), altura de planta, a los 90 días.

La prueba de comparación de medias Duncan al nivel del 5% que se muestra en el cuadro 15 y figura 10, nos indica que existen diferencias significativas, en altura de la planta a los 90 días entre tipos de macetas, donde se muestra que **a1** (bolsitas polietileno), donde alcanzó una media de 17,23 cm. con una diferencia de 5,61 cm. maceta de **a2** (tubetes), que alcanzó una altura de 11,62 cm.

**Cuadro 16:** Desarrollo de la altura de la planta para los días 30, 60 y 90.

Tratamientos	Día 30	Día 60	Día 90
T1 (a1b1c1)	7,03	14,1	18,58
T2 (a1b1c2)	8,32	16,06	18,06
T3 (a1b2c1)	7,39	13,64	16,02
T4 (a1b2c2)	7,54	13,48	16,26
T5 (a2b1c1)	4,6	8,26	10,95
T6 (a2b1c2)	7,2	10,1	11,56
T7 (a2b2c1)	5,68	10,96	13,7
T8 (a2b2c2)	5,48	7,95	10,25



**Figura 11:** Desarrollo de la altura de la planta para los días 30, 60 y 90.

Por otro lado, en el cuadro 16 y en la figura 11, se puede observar claramente el comportamiento de los tratamientos respecto a la altura de la planta en los 30, 60 y 90 días, determinando una mayor altura de la planta para el tratamiento T2 (a1b1c2), el cual presenta un valor promedio de 8,32 cm al día 30, 16,06 cm al día 60, pero en el día 90 presento un valor menor de 18,06 cm, mientras que en el día 90 gano mayor altura el tratamiento T1 (a1b1c1) con un valor promedio de 18,58 cm y para los días 30 y 60 se encuentra con un valor promedio de 7,03 y 14,1 cm respectivamente, y el tratamiento que presentó un menor promedio en el día 30 fue T5 (a2b1c1) con un valor de 4,6 cm, y valores de 8,26 y 10,95 cm para los días 60 y 90 respectivamente, pero en los días 60 y 90 el menor tratamiento fue el T8 (a2b2c2) con valores promedios de 7,95 y 10,25 cm respectivamente, pero teniendo un valor de 5,48 cm en el día 30.

Además, en los otros tratamientos intermedios se tiene valores promedio de 7,39, 13,64 y 16,02 cm para los días 30, 60 y 90 respectivamente el tratamiento T3 (a1b2c1), para

el T4 (a1b2c2) presentó valores de 7,54, 13,48 y 16,26 cm en los días 30, 60 y 90 respectivamente, mientras que el T6 (a2b1c2) presenta valores de 7,2, 10,1 y 11,56 cm en los días 30, 60 y 90 respectivamente y por último el T7 (a2b2c1) que presentó un valor de 5,68 cm en el día 30, 10,96 cm en el día 60 y de 13,7 cm en el día 90.

Analizando los resultados presentados en la presente investigación, se puede señalar que el efecto de los factores sobre la variable altura de planta, ha sido significativo para el factor A, B y C durante los primeros 30 días, posteriormente a los 60 días, solo se presentó diferencias altamente significativas para el factor A y para la interacción entre los factores B x C. Por otra parte, el comportamiento de esta variable a los 90 días calendario, solo presentó diferencias altamente significativas para el efecto del tipo de macetas, siendo las más sobresalientes las macetas de polietileno con un promedio de 17.23 cm para la altura de planta.

En un estudio realizado, los resultados para (*Tectona grandis* L.f.), son similares a los reportados por Rodríguez et al. (2011) citado por Cruz (2017), que obtuvo en condiciones de vivero plantas con una altura total de 20 cm, 8.4 hojas verdaderas, un diámetro de tallo de 8.9 mm, en un tiempo de 120 días calendario. Al respecto Ali y Tahir (2002) demostraron que la altura de los plantines en vivero es afectada por la fertilización, principalmente por nitrógeno y fósforo. Plaster (1985); citado por Rodas (2006) menciona que el buen suministro de nitrógeno permite que la planta alcance un crecimiento vigoroso, hojas grandes y tallos largos, además Cruz, (2014) recomienda aplicar fertilizantes para producir un incremento en diámetro y altura de los plantines.

Cabe destacar que el efecto del factor A (Tipo de macetas), presenta un comportamiento similar al encontrado por Gutiérrez et al. (2011) que evaluaron el comportamiento del crecimiento en plántulas de cacao en invernadero con diferentes volúmenes y tipos de recipientes, evidenciando que el crecimiento de las plántulas de cacao se vieron afectadas significativamente con la reducción del espacio y volumen donde se desarrolla la raíz en etapa de vivero, determinando restricciones en el crecimiento de la raíz y de estructuras aéreas en el recipiente tubete, comparativamente

con la bolsa acentuándose más esta restricción a través del tiempo, donde además las plántulas que crecieron en tubete se desarrollaron normalmente hasta los 60 días, con una tasa de crecimiento posterior muy baja comparativamente con la bolsa y en el caso de la bolsa el incremento la tasa de crecimiento fue muy bajo a partir de los 90 días. Muchos estudios sobre la fisiología de los cultivos se han realizado con plantas cultivadas en recipientes pequeños, los cuales limitan el crecimiento de la raíz (DaMatta, 2003).

En general, los resultados de los diferentes trabajos consultados, indican que las plantas que crecen en pequeños recipientes experimentan restricción en el crecimiento de las raíces, y por consiguiente se reduce su dosel y en el crecimiento de la planta expresado en la longitud del vástago, el área foliar, peso fresco y seco de la raíz, tallo, hojas y frutos (Macías, 2013). Al respecto, Gonzales (2001) en un experimento con plántulas de café (*Coffea arabica*) obtuvieron que las plantas más altas se obtuvieron al sembrar en almácigo y trasplante a bolsa (14.7 cm.) o a tubete (14.7 cm.) y la siembra directa con trasplante a bolsa (14.6 cm).

Otro estudio similar, por Mamani (2013), donde se evaluó dos variedades de café (*Coffea arabica* L.) bajo tres formas de producción en vivero en la estación experimental de Sapecho, encontrándose que la altura de la planta de la variedad Paraíso con la forma de producción a raíz desnuda (a1b1) fue el que tuvo mayor altura en los plantines con 22,06 cm y el tratamiento (a2b3) que corresponde a la variedad IA PAR-59 con la producción en tubetes, que muestra el dato más bajo en el desarrollo de la altura de la planta con 19,14 cm.

Por otra parte, con respecto al Factor B (Sustrato), en un experimento similar realizado por Trazzi et al. (2014), encontró que las plántulas de *T. grandis* mostraron valores promedio altura de la parte aérea entre 10,1 y 35,9 cm, donde los tratamientos más favorecidos eran los que contenían mantillo en el sustrato, el cual influyó positivamente el crecimiento en altura de las plántulas de teca, debido a sus altos niveles de nutrientes y materia orgánica. Cabe destacar que los niveles altos de N y P son



altamente requeridos en las etapas iniciales de desarrollo de las plántulas, actuando directamente sobre el crecimiento de la parte aérea. Según Faustino et al. (2005), el crecimiento en altura se relaciona con las adiciones de materia orgánica sobre el sustrato.

Otro estudio similar, fue el realizado por Barroso et al. (2005), concluyó que el crecimiento inicial de las plántulas se vio afectado por la omisión de todos los macronutrientes, siendo el daño más intenso y efectos inmediatos observados en ausencia de N y Ca.

Analizando el factor C (Solución hidrogel), se puede advertir que para los primeros 30 días se encontraron diferencias altamente significativas entre la aplicación del hidrogel y su ausencia en el sustrato, donde los plantines sin hidrogel tuvieron un comportamiento ligeramente superior al sustrato con hidrogel, este comportamiento probablemente se debe a que el hidrogel no ha tenido un efecto directo, puesto que los riegos aplicados han sido periódicos y no se han expuesto los plantines al estrés hídrico.

Al respecto Oriquiriza et al. (2013) reportan un estudio en *Picea abies*, *Pinus sylvestris* y *Fagus sylvatica*, en tres distintos tipos de suelo (arenoso, franco y arcilloso) a los que se le aplicó una concentración de 0.4% de hidrogel, encontrando que la efectividad del hidrogel disminuye drásticamente en suelos francos y arcillosos, ya que se pudo observar que *P. abies*, *P. sylvestris* y *F. sylvatica* incrementaron su supervivencia en 66,71 y 57 días más con respecto a los suelos arenosos, mientras que en suelos francos el incremento fue de 8,11 y 3 días y en suelos arcillosos de solo 17,3 y 4 días más con respecto al testigo, lo cual puede ser debido a que en este tipo de suelos, la capacidad de absorción y liberación del agua contenida en el hidrogel se ve seriamente limitada por la textura del suelo. Es posible observar que los estudios sobre el efecto mitigador de estrés hídrico del hidrogel esta principalmente asociados a la etapa de plántula y producción en invernadero, siendo los beneficios observables recién en la etapa de establecimiento de los cultivos forestales nombrados (Romero et al., 2014).

Por otra parte, Akhter et al. (2004) realizaron un ensayo en el que se utilizaron plantas de las especies *Hordeum vulgare* L., *Triticum aestivum* L. y *Cicer arietinum* L., reportando que el hidrogel en una concentración de 0.3% es capaz de mitigar los efectos del estrés hídrico, ya que retrasa el tiempo de marchitamiento en hasta cinco días más con respecto al testigo. Se indica además que el hidrogel es un polímero mitigador del estrés hídrico, ya que favorece significativamente el crecimiento y el incremento en biomasa de diversas especies de interés agrícola y forestal, donde también ha mostrado ser capaz de mitigar otros tipos de estrés como el salino, post-trasplante, ya que modifica la dinámica de aplicación de fertilizantes en las plantas, sin embargo, estas últimas bondades han sido poco estudiadas como para poder afirmar de que es capaz de lograrlo en todo tipo de cultivos y suelos, por lo que existe suficiente campo para expandir los estudios sobre otras las bondades del hidrogel (Romero et al., 2014).

Cabe destacar que Farro (2015), realizó un experimento donde evaluó bocashi sobre el desarrollo de la capirona (*Calycophyllum spruceanum* (Benth) producidas en tubetes y en bolsas de polietileno, encontrando que los plantines que se produjeron en envases de bolsas de polietileno, presentaron mayor valor en la variable altura total (17.11 cm) en comparación a las que se produjeron en tubetes (14.48 cm), no registrando efectos de interacción entre los diferentes envases y la composición porcentual del bocashi como sustrato.

### 5.1.3. Diámetro del tallo a nivel del cuello

La determinación del análisis de varianza realizado a los días 30, 60 y 90, esto con el fin de distinguir los efectos de los tratamientos del tipo de maceta, sustrato y con o sin hidrogel, con su respectivo coeficiente de variación, los cuales se presentan a continuación.

#### 5.1.3.1. Día 30

**Cuadro 17:** Análisis de varianza para el diámetro de tallo a nivel del cuello.

FV	SC	GL	CM	F	P-Valor	Nivel de sig.
Macetas (A)	0,06	1	0,06	2,27	0,1700	NS
Error a	0,23	8	0,03			
Sustratos (B)	0,03	1	0,03	2,86	0,1294	NS
A*B	1,2E-03	1	1,2E-03	0,13	0,7249	NS
Error b	0,07	8	0,01			
Solución (C)	0,03	1	0,03	1,05	0,3209	NS
A*C	0,09	1	0,09	3,58	0,0769	NS
B*C	0,04	1	0,04	1,54	0,2325	NS
A*B*C	0,18	1	0,18	7,07	0,0171	*
Error	0,41	16	0,03			
Total	1,14	39				
<b>CV = 6.08 %</b>						

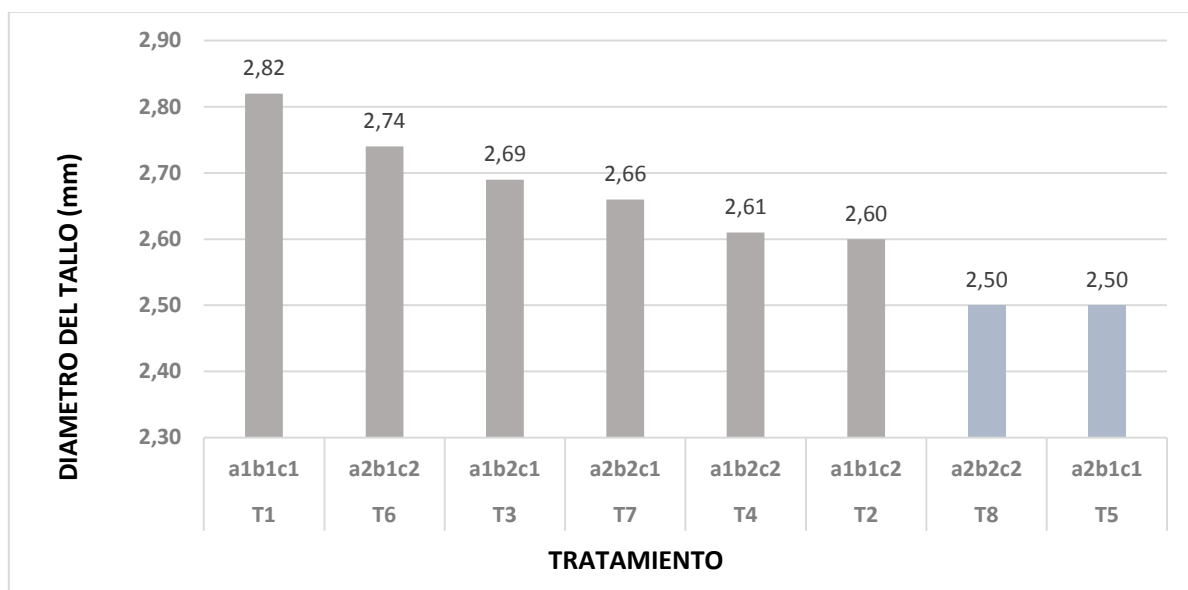
El coeficiente de variabilidad igual a 6,08 % por tanto, los datos obtenidos de la variable diámetro del cuello de la planta de teca para los 30 días, en esta investigación han sido llevados adecuadamente, con esta prueba podemos tener seguridad de que los datos son confiables.

En el cuadro 17, en cuanto a la interacción Factor A\*B\*C (macetas\* sustrato\*solución) presenta un valor significativo, esto determina diferencias estadísticas, donde acción conjunta entre los factores tiene un efecto en diámetro de tallo a nivel del cuello y en el caso del Factor A, B y C, y la interacción Factor A\*B y B\*C, no hubo diferencias significativas, lo cual nos indica que las condiciones para estos factores han sido homogéneas.

**Cuadro 18:** Prueba de comparación de medias Duncan de la interacción A\*B\*C (Macetas, sustratos y solución) en el diámetro de tallo (30 días)

Macetas	Sustratos	Solución	Medias (mm)	n	E.E. (mm)	$\alpha=5\%$
Bolsitas de polietileno	Sustrato local	Sin hidrogel	2,82	5	0,07	A
Tubetes	Sustrato local	Con hidrogel	2,74	5	0,07	A B
Bolsitas de polietileno	Bocashi	Sin hidrogel	2,69	5	0,07	A B
Tubetes	Bocashi	Sin hidrogel	2,66	5	0,07	A B
Bolsitas de polietileno	Bocashi	Con hidrogel	2,61	5	0,07	A B
Bolsitas de polietileno	Sustrato local	Con hidrogel	2,60	5	0,07	A B
Tubetes	Bocashi	Con hidrogel	2,50	5	0,07	B
Tubetes	Sustrato local	Sin hidrogel	2,50	5	0,07	B

En el cuadro 18, la prueba de rango múltiple de Duncan al nivel 5%, a los 30 días, indica que las interacciones T1(a1b1c1), T6(a2b1c2), T3(a1b2c1), T7(a2b2c1), T4(a1b2c2), T2(a1b1c2) y T5(a2b1c1), T8(a2b2c2), existen diferencias significativas en los tratamientos estudiados. La interacción del primer grupo de tratamientos muestra mejores resultados en diámetro del tallo, llegando a 2,82 mm., en cambio se puede observar en el cuadro otro agrupamiento, donde solo se llegó a una media de 2,50 mm.



**Figura 12:** Prueba de medias Duncan en los tratamientos para el diámetro del tallo a nivel del cuello de la planta, a los 30 días.

En la figura 12, muestra que la interacción que mejor resultados tuvo durante el experimento en campo a los 30 días, fue la interacción del tratamiento T1, pero que a su vez no existió diferencia significativa con los tratamientos T6, T3, T7, T4 y T2, por otra parte el que obtuvo menor promedio en el diámetro del tallo a nivel del cuello fue la interacción del tratamiento T5 con un promedio de 2,50 cm y esta a su vez no tuvo diferencia significativa con los tratamientos T6, T3, T7, T4, T2 y T8.

### 5.1.3.2. Día 60

**Cuadro 19:** Análisis de varianza para el diámetro del tallo a nivel del cuello

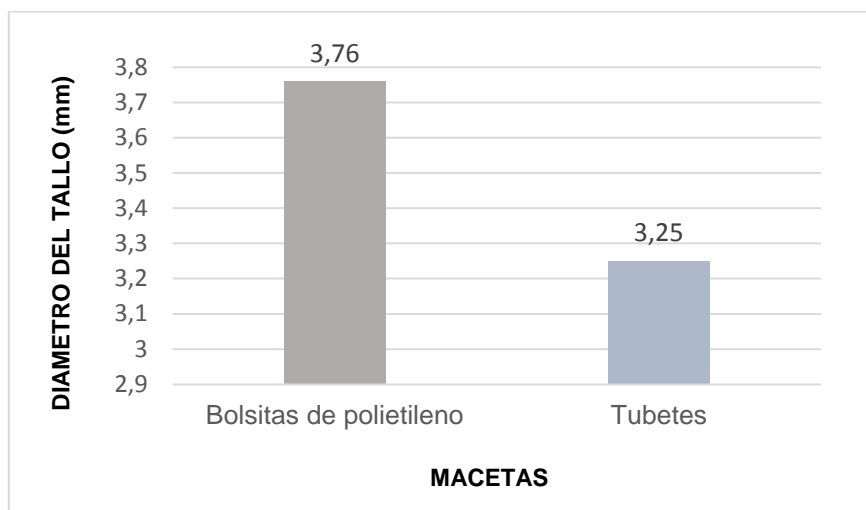
FV	SC	GL	CM	F	P-Valor	Nivel de sig.
Macetas (A)	2,58	1	2,58	15,88	0,0040	**
Error a	1,30	8	0,16			
Sustratos (B)	0,28	1	0,28	5,07	0,0545	NS
A*B	0,01	1	0,01	0,21	0,6571	NS
Error b	0,44	8	0,05			
Solución (C)	0,02	1	0,02	0,44	0,5165	NS
A*C	0,20	1	0,20	3,74	0,0709	NS
B*C	0,21	1	0,21	4,07	0,0607	NS
A*B*C	0,31	1	0,31	5,92	0,0271	*
Error	0,84	16	0,05			
Total	6,18	39				
<b>CV = 6.54%</b>						

El análisis de varianza del cuadro 19, para la variable diámetro del tallo a nivel del cuello, para los 60 días, presenta valores altamente significativos en cuanto a los tratamientos del Factor A (Tipos de maceta), esto determina diferencias estadísticas entre los diferentes tratamientos en cuanto a las macetas. También dio un resultado significativo en el Factor A\*B\*C (tipo de maceta \* tipo de sustrato \*solución), demostrando que utilizar diferentes sustratos tiene un efecto en el diámetro de tallo a nivel del cuello. Obteniendo un coeficiente de variación de (CV) = 6,54 que demuestra la confiabilidad de los resultados obtenidos.

**Cuadro 20:** Prueba de comparación de medias Duncan del Factor A (tipo de macetas) en el diámetro de tallo (60 días).

Macetas	Medias (mm)	n	E.E. (mm)	$\alpha = 5\%$
Bolsitas de polietileno	3,76	20	0,09	A
Tubetes	3,25	20	0,09	B

En el cuadro 20, se realizó la prueba de comparación de medias Duncan al nivel del 5%, para el diámetro de tallo a nivel del cuello a los 60 días, existen diferencias significativas, donde se muestra que **a1** (bolsitas polietileno), tiene un valor promedio de 3,76 mm., con una diferencia de 0,51 mm al respecto de **a2** (tubete), que tiene un valor de 3,25 mm.



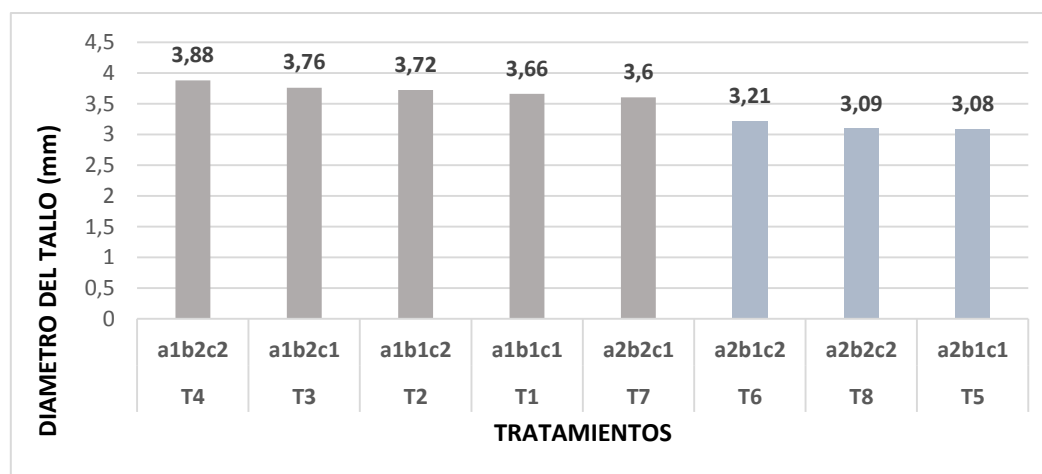
**Figura 13:** Prueba de medias Duncan, para el Factor (A) para el diámetro del tallo a nivel del cuello de la planta, a los 60 días.

En la figura 13, se puede observar claramente la superioridad en la variable diámetro del tallo a nivel cuello de la planta de teca, **a1** (bolsitas polietileno), con respecto al **a2** (tubetes) con un menor promedio.

**Cuadro 21:** Prueba de comparación de medias Duncan para A\*B\*C en diámetro de tallo.

Macetas	Sustratos	Solución	Medias (mm)	n	E.E. (mm)	$\alpha = 5\%$
Bolsitas de polietileno	Bocashi	Con hidrogel	3,88	5	0,1	A
Bolsitas de polietileno	Bocashi	Sin hidrogel	3,76	5	0,1	A
Bolsitas de polietileno	Sustrato local	Con hidrogel	3,72	5	0,1	A
Bolsitas de polietileno	Sustrato local	Sin hidrogel	3,66	5	0,1	A
Tubetes	Bocashi	Sin hidrogel	3,6	5	0,1	A
Tubetes	Sustrato local	Con hidrogel	3,21	5	0,1	B
Tubetes	Bocashi	Con hidrogel	3,09	5	0,1	B
Tubetes	Sustrato local	Sin hidrogel	3,08	5	0,1	B

En el cuadro 21, se puede observar el rango múltiple de Duncan al nivel 5%, a los 60 días, indica que las interacciones de T1 (a1b1c1), T2 (a1b1c2), T3 (a1b2c1), T4 (a1b2c2), T7 (a2b2c1) y T5 (a2b1c1), T6 (a2b1c2), T8 (a2b2c2) existen diferencias significativas en los tratamientos estudiados. La agrupación del primer grupo de tratamientos muestra mejores resultados en diámetro del tallo, llegando a 3,88 mm., en cambio se puede observar en el segundo grupo, donde solo se llegó a una media de 3,08 mm.



**Figura 14:** Prueba de medias Duncan, para la interacción del Factor (A\*B\*C) para el diámetro del tallo, a los 60 días.

En la figura 14, se observa que el mayor diámetro del tallo a los 60 días, tiene un valor de 3,88 mm que corresponde al **T4** (bolsitas de polietileno\* bocashi\* con hidrogel), por otra parte, se obtuvo el menor promedio de 3,08 mm, que corresponde al **T5** (tubetes\*sustrato local\* sin hidrogel).

### 5.1.3.3. Día 90

**Cuadro 22:** Análisis de varianza para el diámetro de tallo a nivel del cuello

<b>FV</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P-Valor</b>	<b>Nivel de sig.</b>
Macetas (A)	3,23	1	3,23	9,39	0,0155	*
Error a						
Sustratos (B)	1,06	1	1,06	3,23	0,1102	NS
A*B	0,03	1	0,03	0,10	0,7655	NS
Error b						
Solución (C)	0,25	1	0,25	0,51	0,4844	NS
A*C	0,04	1	0,04	0,08	0,7776	NS
B*C	0,58	1	0,58	1,21	0,2881	NS
A*B*C	0,76	1	0,76	1,57	0,2279	NS
Error	7,70	16	0,48			
Total	19,02	39				
<b>CV = 14,87 %</b>						

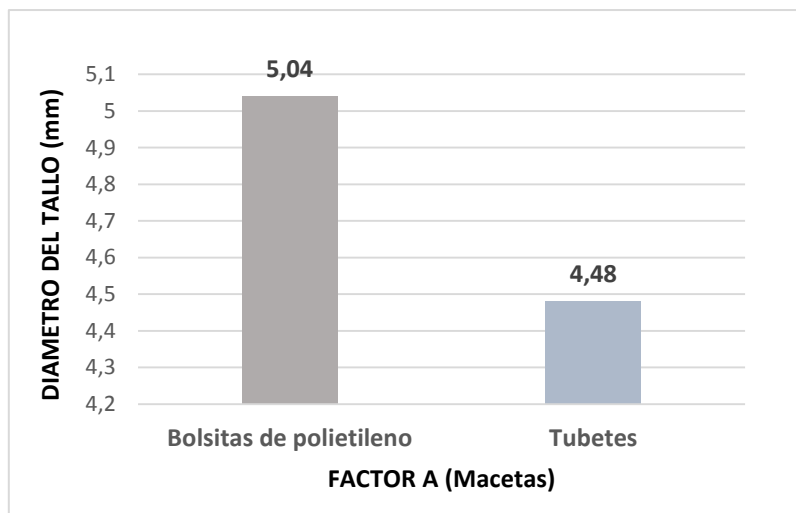
El análisis de varianza del cuadro 22, para la variable diámetro de tallo a nivel del cuello para los 90 días, presenta un valor significativo en cuanto a los tratamientos del Factor A (Tipos de maceta), esto determina diferencias estadísticas entre los diferentes tratamientos en cuanto a las macetas, demostrando que la acción del factor tiene un efecto en el diámetro de tallo a nivel del cuello. Obteniendo un coeficiente de variación de (CV) = 14,87 %, que expresa confianza en los resultados analizados.

**Cuadro 23:** Prueba de comparación de medias Duncan del Factor A (tipo de macetas) en el diámetro de tallo (90 días).

<b>Macetas</b>	<b>Medias (mm)</b>	<b>n</b>	<b>E.E. (mm)</b>	<b>α = 5%</b>
Bolsitas de polietileno	5,04	20	0,13	<b>A</b>
Tubetes	4,48	20	0,13	<b>B</b>



En el cuadro 23, se realizó la prueba de comparación de medias Duncan al nivel del 5%, para el diámetro de tallo a nivel del cuello a los 90 días, existen variaciones en los tratamientos estudiados, donde se muestra que **a1** (bolsitas polietileno), tiene un valor promedio de 5,04 mm., con una diferencia de 0,56 mm., al respecto de **a2** (tubete) que tiene un valor de 4,48 mm.

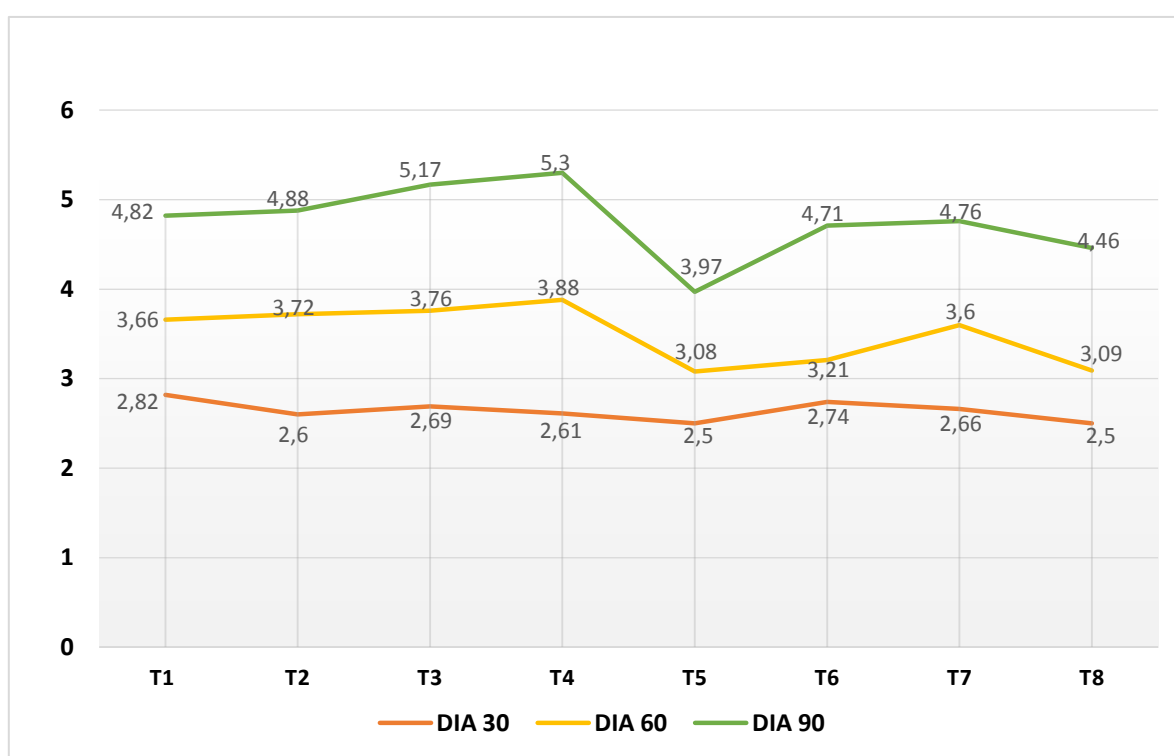


**Figura 15:** Prueba de comparación de medias Duncan del Factor A (tipo de macetas) en el diámetro de tallo a los 90 días.

En la figura 15, se puede observar claramente que los resultados, para el diámetro del tallo a nivel del cuello a los 90 días, indican para el **a1** (bolsitas de polietileno) que los plantines de teca alcanzaron mayor diámetro del tallo lo que representa que existe un mayor engrosamiento del tallo y consecuentemente mayor vigor de la planta. En cambio, **a2** (tubetes) tuvo menor engrosamiento.

**Cuadro 24:** Desarrollo de diámetro de tallo a nivel del cuello, para los días 30, 60 y 90.

Tratamientos	Día 30	Día 60	Día 90
T1 (a1b1c1)	2,82	3,66	4,82
T2 (a1b1c2)	2,6	3,72	4,88
T3 (a1b2c1)	2,69	3,76	5,17
T4 (a1b2c2)	2,61	3,88	5,3
T5 (a2b1c1)	2,5	3,08	3,97
T6 (a2b1c2)	2,74	3,21	4,71
T7 (a2b2c1)	2,66	3,6	4,76
T8 (a2b2c2)	2,5	3,09	4,46



**Figura 16:** Comportamiento del diámetro de tallo a nivel del cuello.

Por otro lado, en el cuadro 24 y la figura 16, se puede observar el comportamiento de los tratamientos respecto al diámetro de tallo a nivel del cuello en los días 30, 60 y 90, determinando que tiene un mayor diámetro de tallo a nivel del cuello es el T1 (a1b1c1), el cual presenta un valor promedio de 2,82 mm en el día 30, mientras que para los otros días tiene un valor menor de 3,66 y 4,82 mm los días 60 y 90 respectivamente, mientras

que en el día 60 y 90 el T4 (a1b2c2) gano mayor diámetro de tallo a nivel del cuello con valores promedios de 3,88 y 5,3 mm, respectivamente y mientras que para el día 30 solo tiene un valor de 2,61 mm, y el tratamiento que presentó un menor promedio en los días 30, 60 y 90 fue T5 (a2b1c1) con valores de 2,5, 3,08 y 3,97 mm respectivamente.

Además, los otros tratamientos se encuentran intermedios entre estos T2 (a1b1c2) con un valor promedio de 2,6, 3,72 y 4,88 mm para los días 30, 60 y 90, para el T3 (a1b2c1) presento unos valores de 2,69, 3,76 y 5,17 mm en los días 30, 60 y 90 respectivamente, mientras que el T6 (a2b1c2) presenta valores de 2,74, 3,21 y 4,71 mm en los días 30, 60 y 90 respectivamente, así mismo el tratamiento T7 (a2b2c1) que presento un valor de 2,66, 3,6 y 4,76 mm en el día 30, 60 y 90 y por último el T8 (a2b2c2) que presenta valores promedios de 2,5, 3,09 y 4,46 en los días 30, 60 y 90.

El análisis de resultados de la variable diámetro de tallo a nivel del cuello, no muestra grandes variaciones durante el paso de los días en vivero y presenta diferencias estadísticamente significativas a los 90 días para el efecto del factor A (Macetas), donde los tratamientos que involucran el trasplante en tubetes son los menos favorecidos con un diámetro promedio de 4.48 mm, en contraste con los tratamientos con bolsas de polietileno con 5.04 mm de diámetro.

Este comportamiento es similar al encontrado por Mamani (2013), que evaluó dos variedades de café (*Coffea arabica* L.) bajo tres formas de producción, donde el diámetro de tallo la variedad Paraíso MG con la forma de producción a raíz desnuda (a1b1) fue el que tuvo mayor diámetro de tallo con 3,32 mm, el tratamiento (a1b3) tuvo un diámetro medio de tallo de 3,16 mm, siendo el tratamiento (a2b3) que corresponde a la variedad IA PAR-59 con la producción en tubetes que menor promedio de grosor de tallo obtuvo.

Por otra parte, Ouma (2006) reportó para plantas de limón (*Citrus limón*), un incremento en el número de hojas, altura de la planta, altura del dosel, diámetro del tallo, el peso seco de las raíces y tallos, con el aumento del volumen de los contenedores, y viceversa para pequeños volúmenes, es decir que el tipo de contenedores de los

plantines es directamente proporcional al volumen de sustrato que albergan, es decir que recipientes con bajo volumen limitan el desarrollo de la planta.

Cabe destacar que Gonzales (2001) en un experimento en la producción de plantines de café en bolsas de polietileno y tubetes, obtuvo al inicio variaciones estadísticamente marcadas en los diámetros, pero en la observación final resulto no significativa, pero en todos los casos los tratamientos con tubete tuvieron una ligera diferencia negativa, esto probablemente al poco volumen de sustrato que tiene el tubete en relación a la bolsa.

Por otra parte, Farro (2015), realizo un experimento donde evaluó bokashi sobre el desarrollo de la capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth) en etapa de vivero, las plantas procedentes de envases en bolsas de polietileno (1.50 cm) alcanzó mayor diámetro del fuste en comparación a las plantas que procedieron de tubetes (1.37 cm).

Un estudio similar en cacao realizado por Gutiérrez et al. (2011), encontró que el tratamiento de tubete fue generador de restricción radicular, lo cual afectó y limitó significativamente el crecimiento de los diferentes órganos vegetativos del cacao, en contraste con los tratamientos de bolsa y balde que se desempeñaron mejor, recomendándose su uso de acuerdo a la permanencia, puesto que si se mantienen por menos de tres meses para ser trasplantadas se puede utilizar el tubete por economía, pero si se deja por espacio de 6 meses se emplea la bolsa, ya que promueve un mayor desarrollo en la planta.

#### 5.1.4. Número de hojas

La evaluación de la variable número de hojas, se realizó en función a los análisis de varianzas, realizado los días 30, 60 y 90 esto con el fin de diferenciar los efectos de los factores de tratamientos tipo de maceta, sustrato y con o sin hidrogel, con su respectivo coeficiente de variación, los cuales se presentan a continuación.

##### 5.1.4.1. Día 30

**Cuadro 25:** Análisis de varianza para el número de hojas a los 30 días.

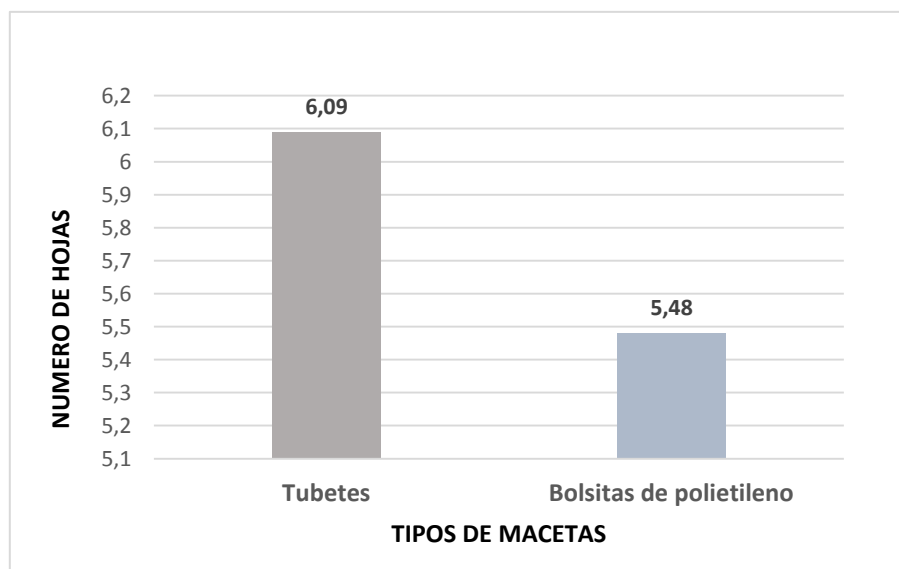
FV	SC	GL	CM	F	P-Valor	Nivel de sig.
Macetas (A)	3,74	1	3,74	10,27	0,0125	*
Error a	2,91	8	0,36			
Sustratos (B)	2,74	1	2,74	70,97	<0,0001	**
A*B	2,72	1	2,72	70,43	<0,0001	**
Error b	0,31	8	0,04			
Solución (C)	0,01	1	0,01	0,07	0,7990	NS
A*C	4,62	1	4,62	29,29	0,0001	**
B*C	8,09	1	8,09	51,33	<0,0001	**
A*B*C	1,34	1	1,34	8,48	0,0102	*
Error	2,52	16	0,16			
Total	29,00	39				

**CV = 6,86 %**

El análisis de varianza del cuadro 25, para la variable número de hojas a los 30 días, presenta valores altamente significativos en cuanto a los tratamientos del Factor B (Tipos de sustrato), Factor A\*B (tipo de macetas \* sustratos), Factor A\*C (tipo de maceta \* solución) y el Factor B\*C (tipo de sustrato \* solución), esto determina diferencias estadísticas entre los diferentes tratamientos en cuanto a los sustratos, así como al usar o no el hidrogel, como también en las interacciones demostrando que la acción conjunta en ambos factores tiene un efecto en el número de hojas. También dio un resultado significativo en el Factor A (tipo de maceta), demostrando que utilizar diferentes macetas tiene un efecto en número de hojas, al igual que en la interacción del Factor A\*B\*C (tipo de maceta\* tipo de sustrato \* solución), indicando que la acción conjunta de estos presenta diferencias. Obteniendo un coeficiente de variación de (CV) = 6,86 %, teniendo certeza en los resultados analizados.

**Cuadro 26:** Prueba de comparación de medias Duncan del Factor A (tipo de macetas) en el número de hojas a los 30 días.

Macetas	Medias (hojas)	n	E.E. (hojas)	$\alpha = 5\%$
Tubetes	6,09	20	0,13	<b>A</b>
Bolsitas de polietileno	5,48	20	0,13	<b>B</b>

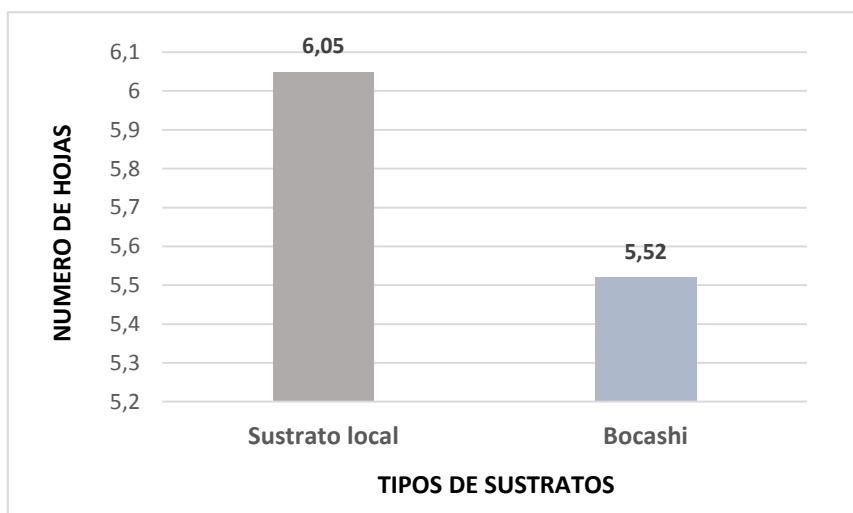


**Figura 17:** Promedio del número de hojas, para el Factor (A), a los 30 días.

En el cuadro 26 y la figura 17, indica que la Prueba de Comparación de medias Duncan al 5%, elaborada para el tratamiento del número de hojas a los 30 días para el tipo de maceta, existen variaciones en los tratamientos estudiados, donde **a2** (tubetes) presenta un mayor promedio de 6,09 en número de hojas, con una diferencia de 0,61 al respecto de **a1** (bolsita de polietileno), que tiene un valor de 5,48 en número de hojas.

**Cuadro 27:** Prueba de comparación de medias Duncan del Factor B (tipo de sustratos) en el número de hojas a los 30 días.

Sustratos	Medias (hojas)	n	E.E. (hojas)	$\alpha = 5\%$
Sustrato local	6,05	20	0,04	<b>A</b>
Bocashi	5,52	20	0,04	<b>B</b>



**Figura 18:** Promedio de numero de hojas, para el factor (B) a los 30 días.

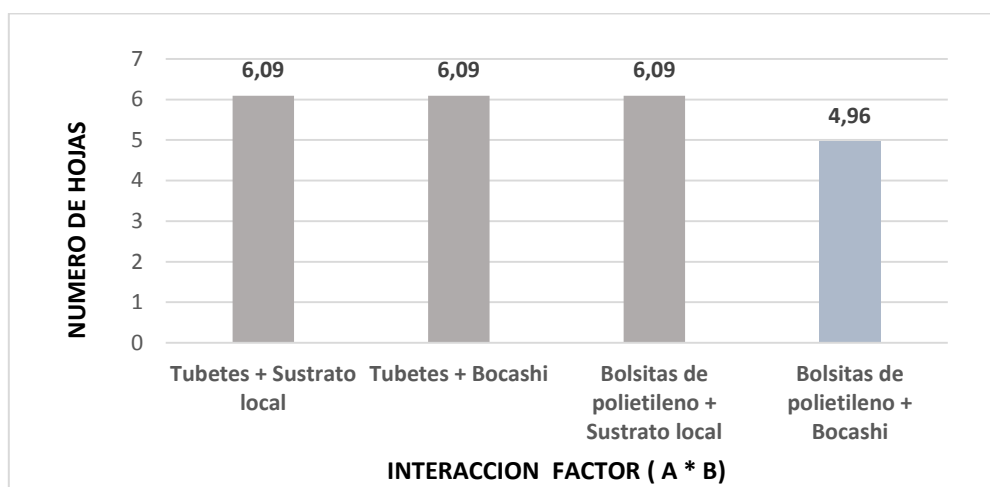
En el cuadro 27 y en la figura 18, nos muestra la prueba de comparación de medias Duncan elaborada para el número de hojas a los 30 días entre tipos de sustrato, existen variaciones en los tratamientos estudiados, donde el **b1** (sustrato local) presenta un mayor número de hojas con un valor promedio de 6,05 hojas, con una diferencia de 0,53 con el número de hojas con el **b2** (bocashi) que tiene un valor de 5,52 hojas.

**Cuadro 28:** Prueba de comparación de medias Duncan del factor A\*B (Macetas y sustrato) para la variable número de hojas a los 30 días.

Macetas	Sustratos	Medias (hojas)	n	E.E. (hojas)	$\alpha = 5\%$
Tubetes	Sustrato local	6,09	10	0,06	<b>A</b>
Tubetes	Bocashi	6,09	10	0,06	<b>A</b>
Bolsitas de polietileno	Sustrato local	6,09	10	0,06	<b>A</b>
Bolsitas de polietileno	Bocashi	4,96	10	0,06	<b>B</b>

Se observa en el cuadro 28, la prueba de comparación de medias Duncan elaborada para el número de hojas a los 30 días para la interacción para el Factor (A\*B), existen variaciones en los tratamientos estudiados, donde **a2b1** (tubete \* sustrato local), **a2b2** (tubete \* bocashi) y **a1b1** (bolsita de polietileno \* sustrato local), presentan un mayor

número de hojas con un valor promedio de 6,09 hojas, con una diferencia de 1,13 hojas al respecto de **a1b2** (bolsa de polietileno \* bocashi), que tiene un valor de 4,96 hojas.



**Figura 19:** Promedio de número de hojas, para la interacción Factor (A\*B) a los 30 días.

En la figura 19, nos muestra el resultado obtenido de las diferentes combinaciones de macetas y sustratos en cuanto al número de hojas, se puede observar que las interacciones a2b1, a2b2 y a1b1 presentaron mayor o igual número de hojas, mientras que a1b2 fue el que presentó menor número de hojas.

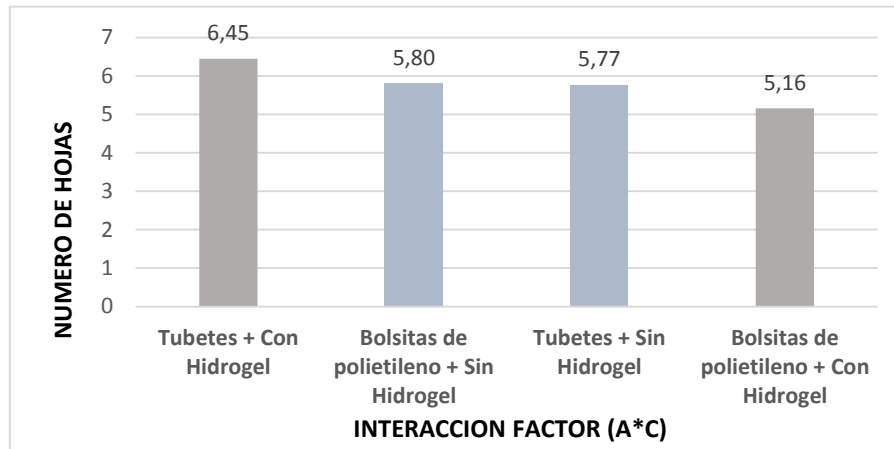
**Cuadro 29:** Prueba de comparación de medias Duncan del Factor A\*C (Macetas y solución) en el número de hojas (30 días)

Macetas	Solución	Medias (hojas)	n	E.E. (hojas)	$\alpha = 5\%$
Tubetes	Con Hidrogel	6,45	10	0,22	A
Bolsitas de polietileno	Sin Hidrogel	5,80	10	0,22	B
Tubetes	Sin Hidrogel	5,77	10	0,22	B
Bolsitas de polietileno	Con Hidrogel	5,16	10	0,22	C

El cuadro 29, se puede ver que la prueba de comparación de medias Duncan al del 5%, el número de hojas a los 30 días, indica que en la interacción de los Factores (A\*C), existen variaciones en los tratamientos estudiados, donde la interacción **a2c2** (tubete \* con hidrogel) presentan un mayor número de hojas con un valor promedio de 6,45



hojas, con una diferencia de 1,29 hojas, con **a1c2** (bolsita de polietileno \* con hidrogel) que tiene un valor de 5,16 hojas, mientras que las otras interacciones de **a1c1** y **a2c2** son iguales estadísticamente en cuanto al número de hojas.



**Figura 20:** Promedio de número de hojas para interacción Factor (A\*C) a los 30 días.

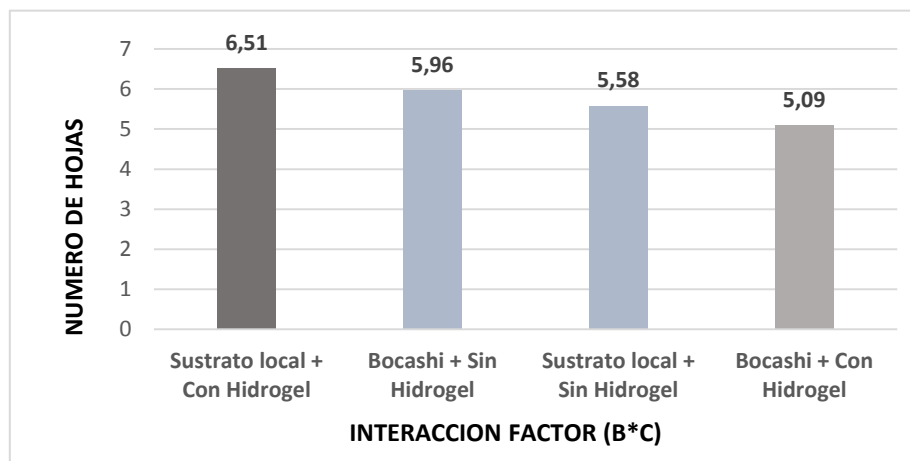
En la figura 20, indica que el factor **a2c2**, logro mayor número de hojas con 6,45., a diferencia del **a1c1** se logró 5,80 y **a2c1** con 5,77 en número de hojas, y el menor promedio que obtuvo es **a1c2** con 5,16 números de hojas.

**Cuadro 30:** Prueba de comparación de medias Duncan B\*C (Sustratos y solución) en el número de hojas (30 días)

Sustratos	Solución	Medias (hojas)	n	E.E. (hojas)	$\alpha = 5\%$
Sustrato local	Con Hidrogel	6,51	10	0,13	A
Bocashi	Sin Hidrogel	5,96	10	0,13	B
Sustrato local	Sin Hidrogel	5,58	10	0,13	B
Bocashi	Con Hidrogel	5,09	10	0,13	C

Se determina en el cuadro 30, que la prueba de comparación de medias Duncan al 5%, elaborada para la variable número de hojas a los 30 días, para la interacción del Factor (B\*C), existen variaciones en los tratamientos estudiados, donde el **b1c2** (sustrato local \* con hidrogel) presentan un mayor número de hojas con un valor promedio de 6,51

hojas, con una diferencia de 1,42 hojas con la interacción **b2c2** (bocashi \* con hidrogel) que tiene un valor de 5,09 hojas, en cambio los otras interacciones **b2c1** y **b1c1** con promedios medios con valores de 5,96 y 5,58 hojas respectivamente.



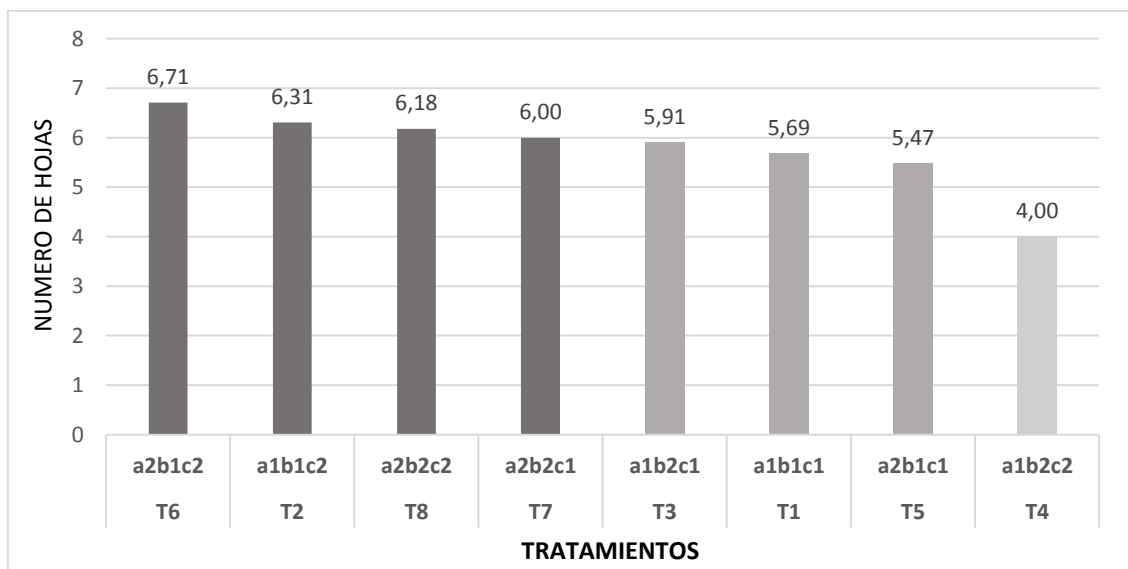
**Figura 21:** Promedio de número de hojas, para interacción Factor (B\*C) a los 30 días.

En la figura 21, podemos observar que tuvo un mayor efecto en número de hojas la interacción de sustrato local \* con hidrogel (**a1c2**) con 6,51 hojas, seguido tenemos la interacción **b2c1** y **b1c1** con valores promedio 5,96 y 5,58 número de hojas. Y el menor valor que obtuvo es la interacción **b2c2** con 5,09 hojas.

**Cuadro 31:** Prueba de comparación de medias Duncan, para la interacción de los Factores A\*B\*C (Macetas, sustratos, solución) en el número de hojas a los 30 días.

Macetas	Sustratos	Solución	Medias (hojas)	n	E.E. (hojas)	$\alpha= 5\%$
Tubetes	Sustrato Local	Con Hidrogel	6,71	5	0,18	A
Bolsitas De Polietileno	Sustrato Local	Con Hidrogel	6,31	5	0,18	A B
Tubetes	Bocashi	Con Hidrogel	6,18	5	0,18	A B C
Tubetes	Bocashi	Sin Hidrogel	6,00	5	0,18	B C D
Bolsitas De Polietileno	Bocashi	Sin Hidrogel	5,91	5	0,18	B C D
Bolsitas De Polietileno	Sustrato Local	Sin Hidrogel	5,69	5	0,18	C D
Tubetes	Sustrato Local	Sin Hidrogel	5,47	5	0,18	D
Bolsitas De Polietileno	Bocashi	Con Hidrogel	4,00	5	0,18	E

Para el cuadro 31, la comparación de medias Duncan al 5 %, para el número de hojas a los 30 días, en la interacción de Factores A\*B\*C, existen variaciones en los tratamientos estudiados, donde el T6 presentan mayor número de hojas con un promedio de 6,71 hojas, con una diferencia de 2,71 hojas del T4 con un valor de 4,00 hojas, los otros tratamientos se encuentran con promedios medios con valores de 6,31 hojas el T2, el T8 presenta un valor promedio de 6,18 hojas, pero el T7 presenta un valor promedio de 6,00 hojas, además para el T3 presenta un valor promedio de 5,91 hojas, pero para el T1 da un valor promedio de 5,69 hojas, además para el T5 muestra un valor promedio de 5,47 hojas y por último el T4 presenta un valor promedio de 4,00 hojas.



**Figura 22:** Comparación de medias para la variable número de hojas a los 30 días.

En la figura 22, se observa que la mayor altura corresponde al T6 (tubetes\*sustrato local \* con hidrogel) con 6,71 números de hojas, por otra parte, se obtuvo el menor promedio el T4 (bolsitas de polietileno \* bocashi \* con hidrogel) con 4,00 números de hojas, así mismo los tratamientos T1, T2, T3, T5, T7 y T8 con valores promedios son iguales estadísticamente.

### 5.1.4.2. Día 60

**Cuadro 32:** Análisis de varianza para el número de hojas (60 días)

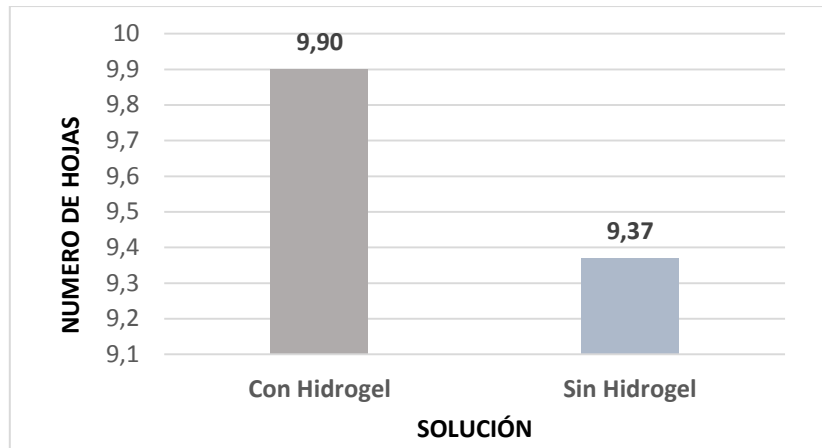
FV	SC	GL	CM	F	P-Valor	Nivel de sig.
Macetas (A)	0,01	1	0,01	0,01	0,9172	NS
Error a	6,47	8	0,81			
Sustratos (B)	2,80	1	2,80	4,47	0,0674	NS
A*B	3,06	1	3,06	4,89	0,0580	NS
Error b	5,01	8	0,63			
Solución (C)	2,82	1	2,82	5,30	0,0351	*
A*C	3,24	1	3,24	6,09	0,0253	*
B*C	3,35	1	3,35	6,28	0,0234	*
A*B*C	0,18	1	0,18	0,33	0,5739	NS
Error	8,52	16	0,53			
Total	35,48	39				

**CV = 7,57 %**

En el análisis de varianza para la variable número de hojas para los 60 días cuadro 32, presenta valores significativos en cuanto a los tratamientos del Factor C (con o sin hidrogel), para las interacciones con los Factores A\*C (tipo de maceta \* solución) y B\*C (tipo de sustrato \* solución) sin embargo, esto determina diferencias estadísticas entre los diferentes tratamientos en cuanto al usar o no hidrogel, como también en las interacciones conjuntas presentan diferencias. Obteniendo un coeficiente de variación de CV = 7,57 %, teniendo certeza en los resultados analizados.

**Cuadro 33:** Prueba de comparación de medias Duncan del Factor C (Solución) en el número de hojas (60 días)

Solución	Medias (hojas)	n	E.E. (hojas)	$\alpha = 5\%$
Con Hidrogel	9,9	20	0,16	<b>A</b>
Sin Hidrogel	9,37	20	0,16	<b>B</b>



**Figura 23:** Promedio de número de hojas del Factor C (Solución) a los 60 días.

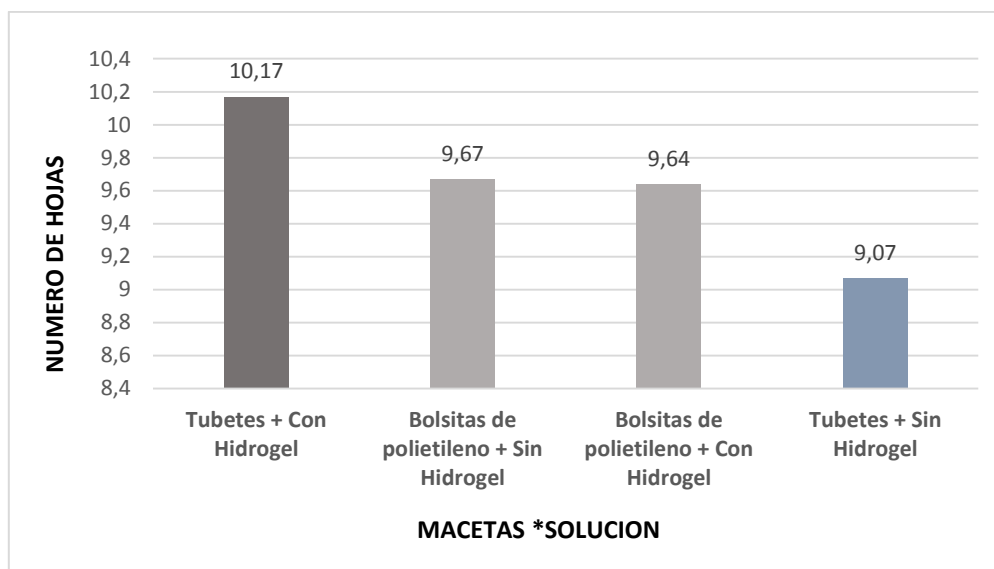
En el cuadro 33 y en la figura 23, indica que la prueba de comparación de medias Duncan elaborada para el número de hojas a los 60 días para el Factor C (solución), existen variaciones en los tratamientos estudiados, donde el **c2** (con hidrogel), presentan un mayor número de hojas con un valor promedio de 9,90 hojas, con una diferencia de 0,53 hojas comparado con el **c1** (sin hidrogel) que tiene un valor de 9,37 hojas. Esto determina que usar hidrogel tuvo un efecto en cuanto al desarrollo de las plantas de teca a los 30 días.

**Cuadro 34:** Prueba de comparación de medias Duncan A\*C (Macetas y solución) en el número de hojas (60 días)

Macetas	Solución	Medias (hojas)	n	E.E. (hojas)	$\alpha = 5\%$	
Tubetes	Con Hidrogel	10,17	10	0,23	<b>A</b>	
Bolsitas de polietileno	Sin Hidrogel	9,67	10	0,23	<b>A</b>	<b>B</b>
Bolsitas de polietileno	Con Hidrogel	9,64	10	0,23	<b>A</b>	<b>B</b>
Tubetes	Sin Hidrogel	9,07	10	0,23	<b>B</b>	

Observando el cuadro 34, indica que la prueba de comparación de medias Duncan al 5% para el número de hojas a los 60 días en la interacción de Factor A\*C, existen variaciones en los tratamientos estudiados, donde **a2c2** (tubete \* con hidrogel) presentan un mayor número de hojas con un valor promedio de 10,17 hojas, con una

diferencia de 1,1 hojas, con el **a2c1** (tubete \* sin hidrogel) que tiene un valor de 9,07 hojas, mientras que las otras interacciones **a1c1** (bolsitas polietileno \* sin hidrogel) y **a1c2** (bolsitas polietileno \* con hidrogel) se encuentran con promedios medios de 9,67 y 9,64 hojas respectivamente.



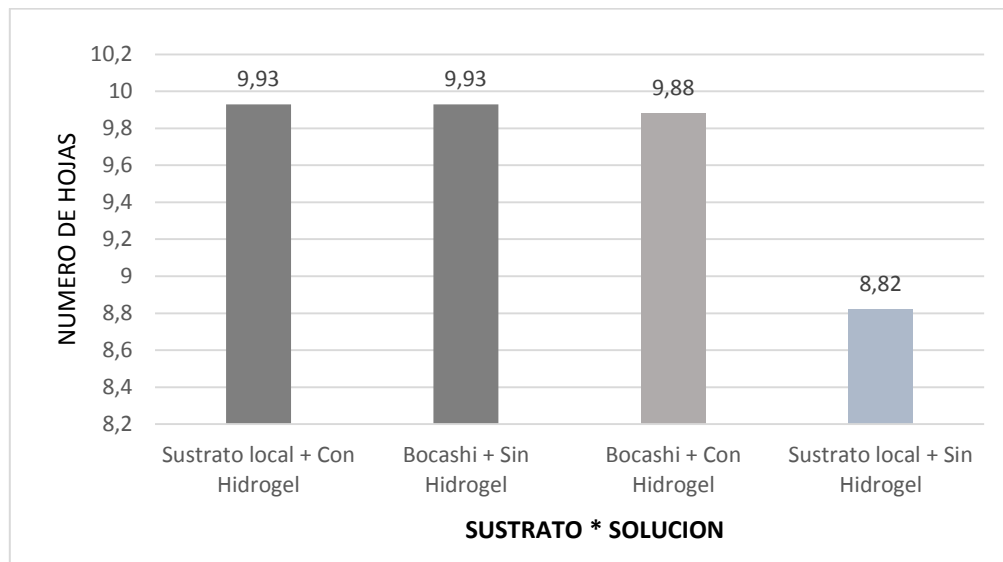
**Figura 24:** Promedio de numero de hojas para el Factor A\*C (macetas \* solución) a los 60 días.

En la figura 24, se observa claramente cuanto al número de hojas **a2c2**, **a1c1**, **a1c2** y **a2c1** no existen grandes diferencias, pero si entre **a2c2** que alcanzo un numero de 10,17 hojas y **a2c1** solo alcanzo un numero de 9,07 hojas y las diferencias son significativas.

**Cuadro 35:** Prueba de comparación de medias Duncan B\*C (Macetas y solución) en el número de hojas a los 60 días.

Sustratos	Solución	Medias (hojas)	n	E.E. (hojas)	$\alpha = 5\%$
Sustrato local	Con Hidrogel	9,93	10	0,23	<b>A</b>
Bocashi	Sin Hidrogel	9,93	10	0,23	<b>A</b>
Bocashi	Con Hidrogel	9,88	10	0,23	<b>A</b>
Sustrato local	Sin Hidrogel	8,82	10	0,23	<b>B</b>

Se presenta en el cuadro 35, que la prueba de comparación de medias Duncan elaborada para el número de hojas a los 60 días en la interacción entre tipo de sustrato y solución, existen variaciones en los tratamientos estudiados, donde el sustrato local \* con hidrogel (b1\*c2) y el bocashi \* sin hidrogel (b2c1) presenta un mayor número de hojas con un valor promedio de 9,93 hojas, con una diferencia de 1,11 hojas con el sustrato local \* sin hidrogel (b1\*c1) que tiene un valor de 8,82 hojas, en tanto que el tratamiento bocashi \* con hidrogel (b2\*c2) se encuentran con un promedio de 9,88 hojas.



**Figura 25:** Promedio de numero de hojas para el Factor B\*C a los 60 días.

En la figura 25, nos muestra el resultado obtenido de las diferentes combinaciones de sustrato y solución, en cuanto al número de hojas, se puede observar que las interacciones b1c2, b2c1 y b2c2 presentaron mayor o igual número de hojas, mientras que b1c1 fue el que presento menor número de hojas.

### 5.1.3.3. Día 90

**Cuadro 36:** Análisis de varianza para el número de hojas (90 días)

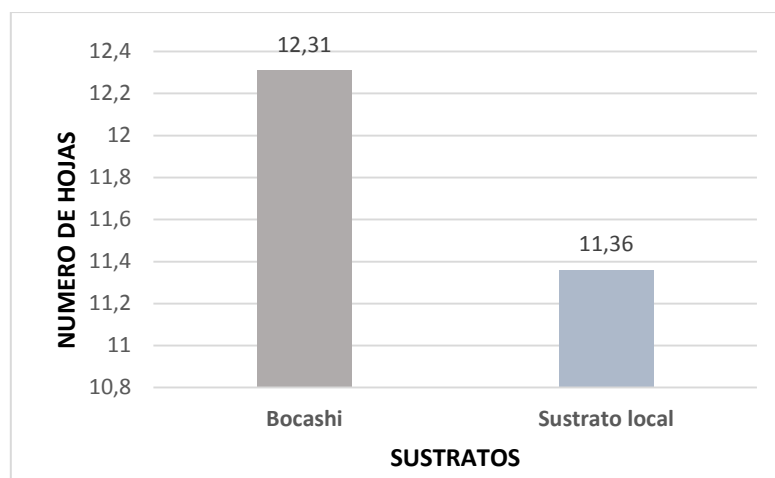
FV	SC	GL	CM	F	P - Valor	Nivel de sig.
Macetas (A)	0,2	1	0,2	0,22	0,6544	NS
Error a						
Sustratos (B)	9,02	1	9,02	10,94	0,0107	*
A*B	7,06	1	7,06	8,55	0,0192	*
Error b						
Solución (C)	1,85	1	1,85	2,4	0,1406	NS
A*C	0,4	1	0,4	0,52	0,4812	NS
B*C	0,01	1	0,01	0,01	0,9152	NS
A*B*C	0,1	1	0,1	0,13	0,7231	NS
Error	12,31	16	0,77			
Total	44,8	39				
<b>CV = 7,41 %</b>						

En el cuadro 36, el análisis de varianza para la variable número de hojas a los 90 días, presenta valores altamente significativos en cuanto a los tratamientos del Factor B (tipos de sustrato), y el Factor A\*B (tipo de maceta\* tipo de sustrato), esto nos determina diferencias estadísticas entre los diferentes tratamientos en cuanto a las macetas, como también la interacción demostrando que la acción conjunta en ambos factores tiene un efecto en el número de hojas. Obteniendo un coeficiente de variación de CV = 7,41%, teniendo certeza en los resultados analizados.

**Cuadro 37:** Prueba de comparación de medias Duncan del Factor B (tipo de sustratos) en el número de hojas (90 días)

Sustrato	Medias (hojas)	n	E.E. (hojas)	$\alpha = 5\%$
Bocashi	12,31	20	0,2	<b>A</b>
Sustrato local	11,36	20	0,2	<b>B</b>





**Figura 26:** Prueba de comparación de medias Duncan del Factor B (tipo de sustratos) en el número de hojas (90 días)

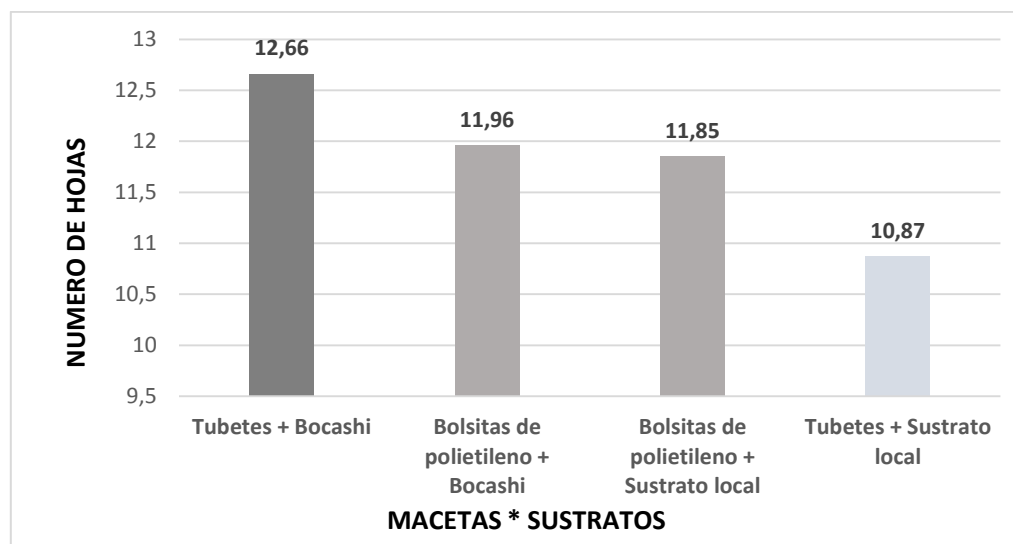
En el cuadro 37 y figura 26, nos muestra que la prueba de comparación de medias Duncan elaborada para el tratamiento de número de hojas a los 90 días para el tipo de sustrato, existen variaciones en los tratamientos estudiados, donde el bocashi (b2) presentan un mayor número de hojas con un valor promedio de 12,31 hojas, con una diferencia de 0,95 hojas con el número de hojas con el sustrato local (b1) que tiene un valor de 11,36 hojas.

**Cuadro 38:** Prueba de comparación de medias Duncan A\*B (Macetas y sustratos) en el número de hojas (90 días).

Macetas	Sustratos	Medias (hojas)	n	E.E. (hojas)	$\alpha = 5\%$
Tubetes	Bocashi	12,66	10	0,29	<b>A</b>
Bolsitas de polietileno	Bocashi	11,96	10	0,29	<b>A</b>
Bolsitas de polietileno	Sustrato local	11,85	10	0,29	<b>A</b>
Tubetes	Sustrato local	10,87	10	0,29	<b>B</b>

Se observa que en el cuadro 38, la prueba de comparación de medias Duncan elaborada para el número de hojas a los 90 días para la interacción entre el tipo de maceta y el tipo de sustrato, existen variaciones en los tratamientos estudiados, donde el tubete \* bocashi (a2\*b2), presenta un valor mayor de 12,66 hojas con una diferencia

de 1,79 hojas con el menor que el tubete \* sustrato local con un valor de 10,87, mientras que los otros tratamientos se encuentran con valores de 11,96 y 11,85 hojas (bolsita de polietileno \* bocashi y bolsita de polietileno \* sustrato local), respectivamente.

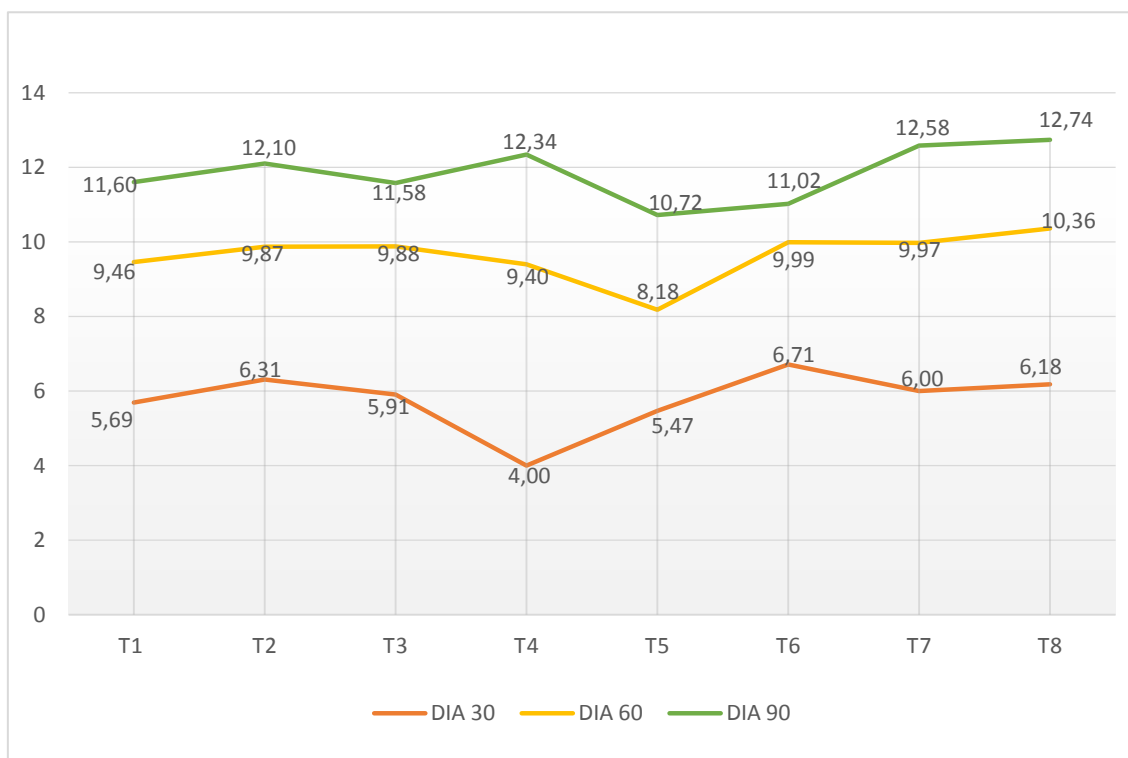


**Figura 27:** Prueba de comparación de medias Duncan A\*B (Macetas y sustratos) en el número de hojas (90 días)

En la figura 27, se muestra el número de hojas a los 90 días de desarrollo de planta de teca, se puede observar que las interacciones a2b2, a1b2 y a1b1 presentaron mayor o igual número de hojas, mientras que a2b1 fue el que presentó menor número de hojas.

**Cuadro 39:** Desarrollo del número de hojas para los días 30, 60 y 90

Tratamientos	Día 30	Día 60	Día 90
T1 (a1b1c1)	5,69	9,46	11,60
T2 (a1b1c2)	6,31	9,87	12,10
T3 (a1b2c1)	5,91	9,88	11,58
T4 (a1b2c2)	4,00	9,40	12,34
T5 (a2b1c1)	5,47	8,18	10,72
T6 (a2b1c2)	6,71	9,99	11,02
T7 (a2b2c1)	6	9,97	12,58
T8 (a2b2c2)	6,18	10,36	12,74



**Figura 28:** Comportamiento del número de hojas

Por otro lado, en el cuadro 39 y la figura 28 se puede observar el comportamiento de los tratamientos respecto al número de hojas en los 30, 60 y 90 días, determinando que tiene un mayor número de hojas es el tratamiento T6 (a2b1c2), el cual presenta un valor promedio de 6,71 hojas el día 30, mientras que para los otros días tiene un valor menor, de 9,99 y 11,02 hojas los días 60 y 90 respectivamente, mientras que en el día 60 y 90 el tratamiento T8 (a2b2c2) que gana mayor número de hojas con valores promedios de 10,36 y 12,74 hojas respectivamente y mientras que para el día 30 solo tiene un valor de 6,18 mm, y el tratamiento que presento un menor promedio en los días 30, 60 y 90 fue T4 (a1b2c2) con un valor promedio de 4 hojas en el día 30, mientras que para los otros dos días llego a tener un mayor número de hojas de 9,4 y 12,34 hojas para los días 60 y 90 respectivamente, mientras que el tratamiento que presento un menor número de hojas en el día 60 y 90 con un promedio de 8,18 y 10,72 hojas

respectivamente fue el tratamiento T5 (a2b1c1), mientras que para el día 30 tiene un promedio de 5,57 hojas.

Además, los otros tratamientos se encuentran intermedios para los días 30, 60 y 90, donde entre estos tratamientos con un valor promedio de 5,69, 9,46 y 11,6 hojas en el tratamiento T1 (a1b1c1), con valores de 6,31, 9,87 y 12,1 hojas al T2 (a1b1c2), mientras que para el tratamiento T3 (a1b2c1) presenta unos valores de 5,91, 9,88 y 11,58 hojas, y por último el T7 (a2b2c1) que presentó un valor de 6, 9,97 y 12,58 hojas.

El análisis de resultados para la variable número de hojas a los 30 días presenta diferencias significativas para el factor A (macetas) y diferencias altamente significativas para el efecto del factor B (Sustrato) y no presenta diferencias significativas para el efecto del Factor C (Solución hidrogel). Por otra parte, el comportamiento de esta variable a los 60 días cambia sustancialmente y presenta diferencias significativas para el efecto del Factor C (Solución hidrogel) y a los 90 días, el factor B y la interacción A x B presentan diferencias significativas. Este comportamiento a lo largo del establecimiento de los plantines en vivero es muy fluctuante, donde aparentemente cada factor actúa de manera diferente a medida que los plantines se van desarrollando en el vivero, probablemente este comportamiento se deba al volumen de sustrato, desarrollo de raíces en las diferentes etapas en vivero y a la disponibilidad de nutrientes por efecto de los sustratos, lo que puede repercutir en un mayor número de hojas en los plantines.

Al respecto, un estudio realizado por Chirino et al. (2011), donde aplicó hidrogel, afirma que el hidrogel no solo mitiga el estrés hídrico, sino que también es un mitigador del estrés post trasplante en plantas de *Quercus suber*, ya que reporta que usar una concentración de 1.5% de hidrogel, mejora la supervivencia en hasta un 33% más con respecto al control. También indican que mejora el crecimiento de los brotes e incremento en biomasa en hasta 6,9 cm y 0,4 g más con respecto al testigo.

Cabe destacar que Ouma (2006) reportó para plantas de limón (*Citrus limón*), incremento en el número de hojas, altura de la planta, altura del dosel, diámetro del

tallo, el peso seco de las raíces y tallos, con el aumento del volumen de los contenedores, y viceversa para pequeños volúmenes.

Por otra parte, Gutiérrez et al. (2011) , en un estudio del comportamiento del crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.), en vivero, sembradas en diferentes volúmenes de sustrato en bolsas y tubetes, encontró que la mayor restricción en el crecimiento de la raíz y de estructuras aéreas fue en los tratamientos con recipiente tubete, donde las plántulas que crecieron en el recipiente de tubete se desarrollaron normalmente hasta los 60 días, con una tasa de crecimiento posterior muy baja comparativamente con la bolsa, ya que contaron con mayor espacio y cantidad de nutrientes y en el caso de la bolsa el incremento la tasa de crecimiento fue muy baja a partir de los 90 días.

Un experimento similar en café (*Coffea arabica* L.) bajo tres formas de producción en vivero, realizado por Mamani (2013), observó que el número de pares de hojas verdaderas en café, tuvo un mayor par de hojas 8,28 a raíz desnuda, en contraste con la producción en tubetes, que muestra el dato más bajo en el desarrollo de pares de hojas con 7,18.

Este comportamiento también se presenta en un estudio en café realizado por Gonzales (2001), donde indica que los tratamientos con trasplante en bolsa dieron mayor crecimiento que en tubete, e indica que pudo deberse a un factor importante como es la composición y el volumen del sustrato, que es fundamental para la obtención de plantas con una porción aérea mayor.

### 5.2.1. Análisis Económico

Se hizo el análisis económico, en el cual se evaluó los ingresos y egresos, el parámetro utilizado fue la relación Beneficio/Costo, el cálculo se realizó en bolivianos.

#### 5.2.1.1. Egresos

El total de los egresos fue una suma de los costos que se utilizaron para realizar la investigación, los cuales se encuentran detallados en el siguiente cuadro.

**Cuadro 40:** Egresos por tratamientos

EGRESOS			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Detalles	Cantidad. (kg)	Costo	a1b1c1	a1b1c2	a1b2c1	a1b2c2	a2b1c1	a2b1c2	a2b2c1	a2b2c2
Semillas	0,1	250	25	25	25	25	25	25	25	25
Bolsitas de polietileno	45	0,12	5,4	5,4	5,4	5,4	0	0	0	0
Tubetes	45	1	0	0	0	0	45	45	45	45
Sustrato local/carretilla	2	12,5	25	25	0	0	25	25	0	0
Bocashi	10	5,5	0	0	55	55	0	0	55	55
Hidrogel	0,1	200	0	20	0	20	0	20	0	20
Otros	1	50	50	50	50	50	50	50	50	50
<b>Costo Total por tratamiento</b>			<b>105,4</b>	<b>125,4</b>	<b>135,4</b>	<b>155,4</b>	<b>145</b>	<b>165</b>	<b>175</b>	<b>195</b>

#### 5.2.1.2. Ingresos

Los ingresos brutos resultan del precio de cada uno de los plantines vendidos, siendo dicho precio dado para el plantín de Bs. 5,0 (*Cinco 00/100 bolivianos*), dependiente de su peso y tamaño.

**Cuadro 41:** Costos totales de los ingresos

INGRESOS	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Detalles	a1b1c1	a1b1c2	a1b2c1	a1b2c2	a2b1c1	a2b1c2	a2b2c1	a2b2c2
Plantines de teca	45	45	45	45	45	45	45	45
Precio unitario	5	5	5	5	5	5	5	5
Ingreso por tratamiento	225	225	225	225	225	225	225	225

### 5.2.1.3. Relación Beneficio/Costo

Se efectuó el análisis económico con el fin de identificar los tratamientos que mayores beneficios económicos puedan otorgar a los productores. Todos los datos han sido calculados para 360 plantines que se llegaron a obtener de 0,8 kg de semillas de teca durante los meses que se realizó la investigación.

El beneficio/costo indica que tratamientos permiten recuperar la inversión inicial, considerando que con un B/C de uno solo se recupera las inversiones y no existe un margen de ganancia, en el caso de obtener un B/C de menor a uno se llegan a perder las inversiones y en mayores a uno por supuesto que existe un margen de ganancia.

**Cuadro 42:** Evaluación económica mediante el indicador B/C.

Detalles	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
	a1b1c1	a1b1c2	a1b2c1	a1b2c2	a2b1c1	a2b1c2	a2b2c1	a2b2c2
Relación B/C	2,15	1,81	1,66	1,45	1,56	1,37	1,29	1,15

De acuerdo con los datos obtenidos de la relación B/C, podemos apreciar que todos los tratamientos presentan una ganancia, pero el T1 (a1b1c1) presenta la relación beneficio/costo más alto con 2.15, indicando que por cada boliviano invertido se gana 1,15 bs. Por otra parte, el T8 (a2b2c2) es el tratamiento que tiene menos ganancia ya que solo gana 0,15 bolivianos.

Sin embargo, en los otros tratamientos tienen una ganancia de 0,81 bs el T2 (a1b1c2), de 0,66 bs el T3 (a1b2c1), de 0,45 bs el T4 (a1b2c2), de 0,56 bs el T5 (a2b1c1), de 0,37 bs el T6 (a2b1c2) y por último el T7 (a2b2c1) que tiene una ganancia de 0,29 bs.

## 6. CONCLUSIONES

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

- Se concluye que el envase más adecuado y el mejor tratamiento es el T1 donde se utilizó la maceta de polietileno, el sustrato local y sin hidrogel, y el que presento menores resultados fue el tratamiento T5 donde se utilizó la maceta de tubete, el sustrato y sin hidrogel.
- Con relación a la altura de planta a los 30, 60 y 90 días, tiene una mayor altura de la planta el tratamiento T2 (a1b1c2), el cual presenta un valor promedio de 8,32 cm el día 30, 16,06 el día 60, mientras que en el día 90 gana mayor altura el tratamiento T1 (a1b1c1) con un promedio de 18,58 cm, sin embargo el tratamiento que presentó un menor promedio en el día 30 fue T5 (a2b1c1) con un valor de 4,6 cm, pero en los días 60 y 90 el menor tratamiento fue el T8 (a2b2c2) con valores promedios de 7,95 y 10,25 cm respectivamente.
- En cuanto al diámetro de tallo a nivel del cuello el tratamiento T1 (a1b1c1), es el que presenta un mayor valor promedio de 2,82 mm el día 30, mientras que en el día 60 y 90 el tratamiento T4 (a1b2c2) gana mayor diámetro de tallo a nivel del cuello con valores promedios de 3,88 y 5,3 mm respectivamente, por otra parte el tratamiento que presento un menor promedio en los días 30, 60 y 90 fue T5 (a2b1c1) con valores de 2,5, 3,08 y 3,97 mm respectivamente.
- Respecto al número de hojas se determina que el mayor número de hojas presenta el tratamiento T6 (a2b1c2), con un valor promedio de 6,71 hojas al día 30, mientras que en el día 60 y 90 el tratamiento T8 (a2b2c2) que ganó mayor número de hojas con valores promedios de 10,36 y 12,74 hojas respectivamente y el tratamiento que presentó un menor promedio en los días 30, 60 y 90 fue T4 (a1b2c2) con un promedio de 4 hojas en el día 30, mientras que el tratamiento que registró un menor número de hojas en el día 60 y 90 con un promedio de 8,18 y 10,72 hojas respectivamente fue el tratamiento T5 (a2b1c1).



- Finalmente, respecto al costo – beneficio (B/C), podemos apreciar que todos los tratamientos presentan una ganancia, pero el T1 (a1b1c1) presenta la relación beneficio/costo más alto con 2,15 indicando que por cada boliviano invertido se gana 1,15 bs. Por otra parte, el T8 (a2b2c2) es el tratamiento que tiene menos ganancia ya que solo gana 0,15 bolivianos.

## 7. RECOMENDACIONES

Por los resultados obtenidos en el trabajo de investigación sobre la Innovación de producción de plantines de teca en condiciones de vivero se recomienda lo siguiente:

- Hacer uso del tratamiento T1 (bolsitas de polietileno + sustrato local), razón por el cual se obtuvo los resultados más significativos en el desarrollo durante los tres meses en el vivero y vigor de los plantines a comparación de los demás tratamientos.
- Seguir utilizando las bolsas de polietileno de 8 x 16 centímetros para la producción de plantines forestales debido a que se alcanzó un crecimiento más rápido en el diámetro, altura del tallo y número de hojas, comparado con los tubetes de polipropileno 15 – 320 IPL.
- Se recomienda evaluar diferentes dimensiones de tubetes para la producción de plantines de teca (*Tectona grandis* L. f.) u otras especies forestales para determinar el desarrollo más eficiente.
- Se recomienda evaluar diferentes intervalos de riego con diferentes dosis de hidrogel en vivero y en campo definitivo.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, B. N. (2013). Metodos de desinfeccion de sustrato para el control de Damping – off en semillero de teca (*tectona grandis L. f.*), bajo invernadero en la Empresa Seragroforest, provincia Santo Domingo de los Tsachilas. pág. 16 – 17. Riobamba Ecuador.
- Akhter, K. Mahmood, K. A. Malik, A. Mardan, M. Ahmad, and M. M. Iqbal, (2004). “Effects of hydrogel amendment on water storage of sandy loam and loam soils and seedling growth of barley, wheat and chickpea,” *PLANT SOIL Env.*, vol. 50, no. 10, pág. 463 - 469.
- Alvarado, A. (2006). Nutricion y fertilizacion de la teca. Informaciones Agronomicas n.61, pág. 1 – 8. Instituto de la Potasa y el Fosforo - Impofos A. S., Quito Ecuador.
- Anibal, P. G. (2007). "Identificacion de la calidad de sitio, utilizando el incremento medio anual en un cultivo de rebrote de teca en la hacienda Tecal Robusta". Vol. 105, pág. 18 - 19. Guayaquil, Ecuador.
- Armando, S. (2015). Evaluación del efecto de tres coberturas vivas, (*arachis pintoi*, *pueraria phaseoloides* y *centrosema pubescens*) sobre el crecimiento inicial de la teca (*tectona grandis L. f.*), el nivel de fertilidad del suelo y control de malezas, en el cantón Santo Domingo Tsachilas, Ecuador. Pág. 19 – 20.
- Bartolomé, J. y Vega, I. (2001). El buen sembrador; Manual de producción ecológica de plantas forestales autóctonas. Madrid – España. Adena. pág. 32.
- Barillas, E. (2016). Efecto de tres dosis y dos formas de aplicación del acrilato de potasio o hidrogel, sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de frijol (*phaseolus vulgaris L.*), establecido a campo abierto en tres localidades del corredor seco de Guatemala.

- Barroso, D. G.; Figueiredo, F. A. M. M. A.; Pereira, R. C.; Mendonça, A. V. R.; Silva, L. C (2005). Diagnóstico de deficiencias de macronutrientes en plántulas de teca. Revista Árvore, Viçosa, vol. 29, n. 5, pág. 671-679, set./out.
- Bello, H. R. (2012). Evaluación del crecimiento de plantas en el vivero de la Universidad de la Sierra Juárez. Ixtlán de Juárez, Oaxaca.
- Chirino, E., Vilagrosa, A., & Vallejo, V. R. (2011). Uso de hidrogel y arcilla para mejorar el estado hídrico de las plántulas para la restauración de tierras secas. Planta y suelo, 344 (1-2), 99-110.
- Cumat y Cotesu (1985). Proyecto USAID / Bolivia. Capacidad de uso mayor de la tierra. Proyecto Alto Beni, La Paz, Bolivia. V. 1, pág. 49.
- Cruz Castillo, J. B. (2017). Respuesta de cacao (*Theobroma cacao L.*) y Teca (*Tectona grandis L. f.*) a la micorrización durante la etapa de vivero, Kukra Hill, RACCN, Nicaragua, 2017 (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria).
- Cruz, G. E. (2014). Fertilización inicial en plantaciones comerciales de teca (*Tectona grandis Linn L.f.*), Siuna, RAAN, Universidad Nacional Agraria).
- Custode, J. (2007). Ficha Técnica. jaimebt@bosquestropicales.com – Bosques Naturales Tropicales S. A., Quito – Ecuador, Sudamérica. Pág. 9 -11.
- DaMatta FM. 2003. La sequía como estrés multidimensional que afecta la fotosíntesis en cultivos de árboles tropicales. En: Hemantaranjan A editor. Avances en fisiología vegetal. Vol. 5. Jodhpur, India: Editorial científica. págs. 227-265.
- Espejo, M. J. (2010). Efecto de diferentes sustratos en la producción de plantines de cacao criollo (*teobroma cacao L.*), en el sector de Jacintillotingo. Tingo María - Perú.

- Farro Paredes, A. W. (2015). Efecto del abono orgánico tipo bokashi sobre el desarrollo de la capirona (*Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook F. Ex.) producidas en tubetes y en bolsas de polietileno.
- Faustino, R.; Kato, M. T.; Florêncio, L.; Gavazza, S. (2005). Lodos de depuradora como sustrato para producción de plántulas de *Senna siamea* Lam. Revista Ingeniería Agrícola y Ambiental de Brasil, Campina Grande, vol. 9, pág. 278 - 282.
- Fonseca, W. y Heredia (2004). Manual para Productores de Teca (*Tectona grandis* L. f) en Costa Rica, pág. 209.
- Fossati, J y Olivera, T. (1996). Programa de repoblamiento forestal, tratamientos pregerminativos. Cartilla nº 3. Cochabamba - Bolivia. Cotesu. Pág. 2 – 7.
- Gonzalez, D. O. (2001). Comparación entre la bolsa y el " Cono Macetero" o "Tubete" en la producción de plantas de Cafe. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. El Zamoramo.
- Gutiérrez, M., Gómez, R., & Rodríguez, N. F. (2011). Comportamiento del crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.), en vivero, sembradas en diferentes volúmenes de sustrato. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, Vol. 12 (1), pág. 33-41.
- Herrera, F. Velasco, C. Denen, H. Radulovich, R. (1994). Fundamentos de análisis económico. Guía para la investigación y extensión rural. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. CATIE. Turrialba.
- Huchani, M; Carvajal, M. (2005). Conservación de suelos y fertilidad: Producción de plantines forestales. Serie agricultura sostenible nº 1. La Paz – Bolivia. CIPCA. Pág. 37 – 42.

- Isaula, R. (2011). Análisis financiero de la producción de 10 hectáreas de teca (*tectona grandis L.f.*), en Santa Rosa. Guatemala. Vol. 36.
- Jimenez, H. A. (2014). Evaluación de seis especies forestales bajo tres tratamientos pregerminativos en vivero comunal, Sapecho - Alto Beni. Vol. 174. Pág. 59. La Paz, Sud Yungas.
- Ladrach, W. (2009). Manejo de Plantaciones de teca para Productos Solidos. Istf Noticias, Sociedad Internacional de Forestales Tropicales, Maryland, USA, Bethesda. Pág. 1 – 27.
- Leblanc, H.A.; Cerrato, M.E.; Miranda, A.; Valle, G. (2007). Determinación de la calidad de abonos orgánicos a través de bioensayos. Tierra Tropical: Sostenibilidad, Ambiente y Sociedad. pág. 97-107.
- Luna, T. L., & Dumroese, K. (2012). Produccion de plantas en viveros forestales; contenedores: aspectos tecnicos, biologicos y economicos.
- Macías Zambrano, J. W. (2013). Comportamiento agronómico de plántulas de cacao (*theobroma cacao L.*), en vivero, sembradas en diferentes volúmenes de sustrato. Quevedo (Bachelor's thesis, Quevedo: UTEQ).
- Mamani Rojas, J. R. (2013). Evaluación de dos variedades de café (*Coffea arabica L.*) bajo tres formas de producción en vivero en la estación experimental de Sapecho - La Paz. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés.
- Mamani, A. P. (2006). Efectos de los sustratos y tratamientos pregerminativos en semillas de Asaí (*Euterpe precatoria, Martius*), en la comunidad Rosario del Yata, provincia Vaca Diez – Beni. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. Tesis de Grado. La Paz – Bolivia. pág. 68.

- Manuel A., & Carrera. (2012). Estudio Técnico y Financiero para el Establecimiento de una Plantación de Teca (*Tectona grandis L. f.*), en Guayaquil, Ecuador y Zamorano, Honduras.
- Matarrita, D. L. (2004). Prevalencia de roya de la teca *olivea tectonae (Rac.)*, en Costa Rica C. A. Vol. 1-58. pág. 13 Montesillo, Texcoco, Edo, Mexico.
- Mejía, L. D. (2009). Análisis costo beneficio de la implementación de un cultivo de teca (*tectona grandis L. f.*), como solución para reforestación en la provincia el Roble, Valle del Cauca. Universidad de la Salle Facultad de Economía. Bogotá D. C., Colombia.
- Méndez, J. y Cárdenas, P. (2009). Implementación de buenas prácticas ambientales, agroforestales y productivas. Cobija, Pando - Bolivia. CARE. Pág. 20.
- Miranda, C. R. (2002). Propiedades físicas y químicas de los suelos. La Paz – Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. pág. 5 - 6.
- Muños, J. H. (2012). Monografías de Especies Forestales para la Implantaciones Comerciales en Clima Tropical de Michoacan. Instituto Nacional de Investigadores Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Vol. 228, pág.161 - 162. Sagarpa, EE. UU. y Mexico.
- Navarro, P.; Moral, H.; Gómez, L.; Mataix, B. (1995). Residuos Orgánicos y Agricultura. España. Compobell S.L. Murcia. pág. 139.
- Norellys, H. S. (2017). Establecimiento de criterios técnicos para el mejoramiento y expansión de una plantación de Teca (*Tectona grandis L. f.*) en la finca Villa de San Francisco, Municipio de Aguachica - Cesar. (W. Diaz, Ed.) Ocaña, Colombia.

- Oriquiriza, L. y col. (2013). «Effects of hydrogels on tree seedling performance in temperate soils before and after water stress». En: Journal of Environmental Protection 4.07, 713-721. Online:<https://bit.ly/3o2FNZT>.
- Ortega, P. (2012). Monografía. Elaboracion de bocashi solido y liquido en la universidad de la cuenca de la facultad de ciencias agropecuarias. Cuenca Ecuador. pág. 10 – 25.
- Ouma G. (2006). Respuestas de crecimiento de plántulas de portainjertos de "limón rugoso" (*Citrus limón* L.) a diferentes tamaños de contenedores y niveles de nitrógeno. Agricultura Tropical ET Subtropical Vol. 39. Pág.183-188.
- Pastrana, A. (2007). Sistemas Agroforestales y silvopastoriles. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz – Bolivia. Pág. 104.
- Perez M. (2015). La aplicacion de beneficios tributarios en nuevas inversiones en el Canton el Empalme: Cultivo Industrializacion y Comercializacion de Madera de Teca (*Tectona grandis* L. f.), Vol. 153. pág. 56 – 57. Guayaquil, Ecuador.
- Picado, J. & Añasco, A. (2005). Preparación y uso de Abonos Orgánicos Sólidos y Líquidos. San José - Costa Rica: 1ra edición.
- Porco, F. y Terrazas, J. (2009). Producción de plantas en vivero. Flores, forestales, frutales y aromáticos. La Paz – Bolivia. Pág. 57 – 59, 69.
- Portillo, N. (2011). Elaboracion y Uso del Bocashi - FAO , Ministerio de Agricultura y Ganaderia - Programa Especial para la Seguridad Alimentaria pesa en el Salvador - GSP/ELS/007/SPA. San Salvador, Centroamerica.
- Quenallata, J. (2008). Aplicación de técnicas pregerminativas en semillas de teca (*tectona grandis* L. f.) en Sapecho – La Paz (Doctoral dissertation, Tesis de grado para obtener el grado de licenciatura. UMSA. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia).

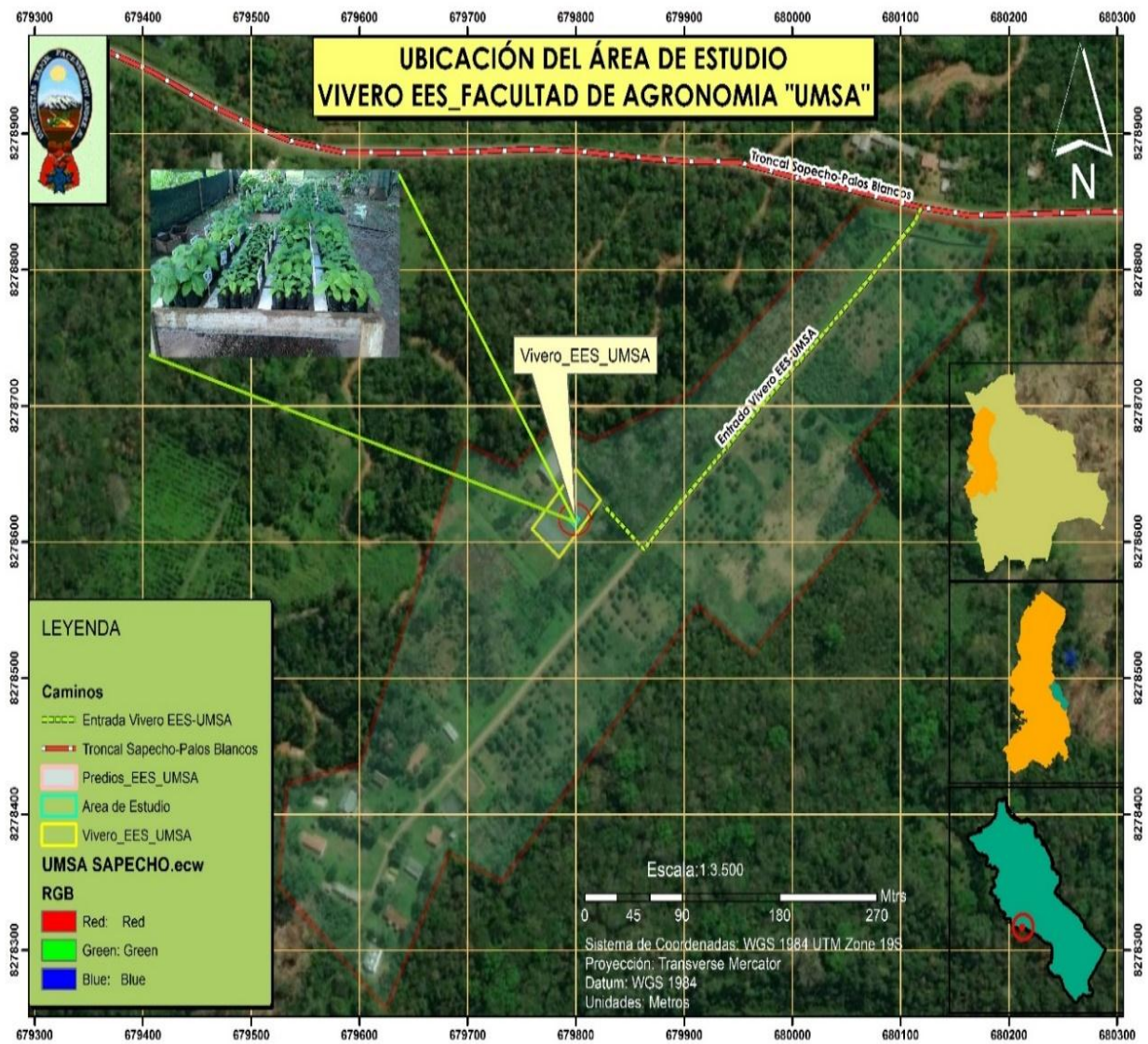


- Restrepo, (2001). Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares. San José – Costa Rica. pág. 20.
- Rivero, J. y Moya, R. (2006). Propiedades físico – mecánicas de la madera de teca (*Tectona grandis L. f.*), proveniente de una plantación de ocho años de edad en Cochabamba, Bolivia. Kuru: Revista Forestal. Costa Rica 3(9), vol. 14, pág. 2 – 3.
- Rodríguez Matos, Y; Álvarez Olivera, PA; Riera, MC; Rodríguez Oquendo, V; Román, ML. (2011). Efecto de dos productos biológicos en el desarrollo de la especie (*Tectona grandis L. f.*), en vivero y plantación. Revista Avances 13 (2): s.p.
- Romero, A., Laguna, R. R., García, F. P., Rangel, J. M., Zarate, R. R., & Flores, M. D. L. L. H. (2014). Hidrogel como mitigador de estrés hídrico. Revista Iberoamericana de Ciencias.
- Trazzi, P. A., Caldeira, M. V. W., Reis, E. F. D., & Silva, A. G. D. (2014). Producción de plantones de (*Tectona grandis L.f.*) sobre sustratos formulados con biosólidos. CERNE, 20 (2), 293-302.
- Salcedo, L. (2015). Evaluación del efecto de tres coberturas vivas, (*Arachis pintoi*, *Pueraria phaseoloides* y *centrosema pubescens*) sobre el crecimiento inicial de la teca (*Tectona grandis L. f.*), el nivel de fertilidad del suelo y control de malezas, en Canton Santo Domingo. Ecuador. Tesis, vol. 66. pág. 6 – 7.
- Soledad, L. M. (2013). Síntesis y caracterización de hidrogeles de alginato y n-isopropilacrilamida para aplicaciones biológicas, Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Argentina.
- Vallejo, A., & Zapata, F. (2018). Forestal Maderero de teca (*Tectona grandis L.f.*), 12 de septiembre. Artículo de revista.

- Varela P, J. (2007). Producción de plantas forestales. Quito – Ecuador. Cosude. Pág. 145.
- Vásquez, W. y Ugalde A. (1995). Crecimiento y calidad de sitio para *Gmelina arbórea*, *Tectona grandis*, *Bonbacopsis quinata* y *Pnus caribaea var. Hondurensis* en la Región Chorotea, Guanacaste, Costa Rica. Turrialba, CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico No 256. Pág. 32.
- Vicente, R. (2004). Guía metodológica de Diseños Experimentales. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. Texto de ejercicios.
- Villeda, V. (2016). Evaluación de cuatro dosis de hidrogel y tres formas de aplicación en el cultivo de maíz (zea mays), en las comunidades de tatutú y guaraquiche, municipio de jocotán, Chiquimula, 2015. Tesis Ing. Agr. Vol. 113. Chiquimula , Guatemala.
- Villacis V., & John K., (2019). Evaluación de la germinación y crecimiento de Teca (*Tectona grandis*) de cuatro fuentes semilleras. Carrera de Ambiente y Desarrollo. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras.
- Vinueza, M. (2012). Ficha Técnica N° 1; Fecha: 9 de julio; Teca (*tectona grandis L.f.*), Especies Forestales. Ecuador / Forestal.
- Weaver, P. L. 2008. *Tectona grandis* L. f. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. New Orleans, U. S. A. 540 p.
- Zuñiga, F. (2007). Hidrorretenedores solución alternativa a problemas de escasez de agua en cultivos frutales, agrícolas y forestales, Bogotá, Colombia. Colombia. Pág. 50.

# Anexos

Anexo 1: Ubicación del lugar de investigación, vivero EES – UMSA





**Anexo 2:** Características botánicas de la especie teca (*Tectona grandis*)





**Anexo 3:** Recolección de materiales y elaboración de abono bocashi.



**Anexo 4:** Plántulas germinadas en almaciguera, listos para el repique.





**Anexo 5:** Mesón para bolsas de polietileno.



**Anexo 6:** Mesón para tubetes.





**Anexo 7: Preparado y llenado de sustrato para cada tratamiento.**





**Anexo 8:** Repique de plántulas a las bolsitas de polietileno y tubetes.



**Anexo 9:** Toma de datos de las variables de evaluación.



### Anexo 10: Planilla de toma de datos a los 30 días

REP	FACTOR (A)	FACTOR (B)	FACTOR (C)	TRAT	AP1	DTC1	NH1
1	<b>MACETAS</b>	<b>SUSTRATO LOCAL</b>	<b>SIN HIDROGEL</b>	<b>T1</b>	6,5	2,8	5,78
2	MACETAS	SUSTRATO LOCAL	SIN HIDROGEL	T1	7,61	2,78	5,78
3	MACETAS	SUSTRATO LOCAL	SIN HIDROGEL	T1	7,78	3,01	5,78
4	MACETAS	SUSTRATO LOCAL	SIN HIDROGEL	T1	6,17	2,77	5,56
5	MACETAS	SUSTRATO LOCAL	SIN HIDROGEL	T1	7,11	2,74	5,56
1	<b>MACETAS</b>	<b>SUSTRATO LOCAL</b>	<b>CON HIDROGEL</b>	<b>T2</b>	8,89	2,58	6
2	MACETAS	SUSTRATO LOCAL	CON HIDROGEL	T2	8,78	2,76	6,44
3	MACETAS	SUSTRATO LOCAL	CON HIDROGEL	T2	7,78	2,32	6
4	MACETAS	SUSTRATO LOCAL	CON HIDROGEL	T2	7,84	2,5	6,44
5	MACETAS	SUSTRATO LOCAL	CON HIDROGEL	T2	8,33	2,84	6,67
1	<b>MACETAS</b>	<b>BOCASHI</b>	<b>SIN HIDROGEL</b>	<b>T3</b>	7	2,77	6
2	MACETAS	BOCASHI	SIN HIDROGEL	T3	7,17	2,6	6
3	MACETAS	BOCASHI	SIN HIDROGEL	T3	7,89	2,73	6
4	MACETAS	BOCASHI	SIN HIDROGEL	T3	7,22	2,69	5,78
5	MACETAS	BOCASHI	SIN HIDROGEL	T3	7,67	2,64	5,78
1	<b>MACETAS</b>	<b>BOCASHI</b>	<b>CON HIDROGEL</b>	<b>T4</b>	8,56	2,73	4
2	MACETAS	BOCASHI	CON HIDROGEL	T4	7,78	2,54	4
3	MACETAS	BOCASHI	CON HIDROGEL	T4	8	2,71	4
4	MACETAS	BOCASHI	CON HIDROGEL	T4	6,67	2,47	4
5	MACETAS	BOCASHI	CON HIDROGEL	T4	6,67	2,6	4
1	<b>TUBETES</b>	<b>SUSTRATO LOCAL</b>	<b>SIN HIDROGEL</b>	<b>T5</b>	4,72	2,5	6
2	TUBETES	SUSTRATO LOCAL	SIN HIDROGEL	T5	5,78	2,81	6,22
3	TUBETES	SUSTRATO LOCAL	SIN HIDROGEL	T5	4,83	2,54	5,56
4	TUBETES	SUSTRATO LOCAL	SIN HIDROGEL	T5	3,72	2,35	5,56
5	TUBETES	SUSTRATO LOCAL	SIN HIDROGEL	T5	3,94	2,29	4
1	<b>TUBETES</b>	<b>SUSTRATO LOCAL</b>	<b>CON HIDROGEL</b>	<b>T6</b>	7,28	2,6	6,67
2	TUBETES	SUSTRATO LOCAL	CON HIDROGEL	T6	7,33	2,85	6,89
3	TUBETES	SUSTRATO LOCAL	CON HIDROGEL	T6	7,11	2,6	6,67
4	TUBETES	SUSTRATO LOCAL	CON HIDROGEL	T6	7,5	2,81	6,67
5	TUBETES	SUSTRATO LOCAL	CON HIDROGEL	T6	6,78	2,84	6,67
1	<b>TUBETES</b>	<b>BOCASHI</b>	<b>SIN HIDROGEL</b>	<b>T7</b>	6,17	2,53	6,44
2	TUBETES	BOCASHI	SIN HIDROGEL	T7	6,56	2,85	6
3	TUBETES	BOCASHI	SIN HIDROGEL	T7	5,89	2,43	5,78
4	TUBETES	BOCASHI	SIN HIDROGEL	T7	4,94	2,74	6
5	TUBETES	BOCASHI	SIN HIDROGEL	T7	4,83	2,73	5,78
1	<b>TUBETES</b>	<b>BOCASHI</b>	<b>CON HIDROGEL</b>	<b>T8</b>	5,06	2,52	6,22
2	TUBETES	BOCASHI	CON HIDROGEL	T8	5,17	2,64	6,67
3	TUBETES	BOCASHI	CON HIDROGEL	T8	5,56	2,55	6
4	TUBETES	BOCASHI	CON HIDROGEL	T8	6,28	2,53	6,89
5	TUBETES	BOCASHI	CON HIDROGEL	T8	5,33	2,27	5,11

### Anexo 11: Planilla de toma de datos a los 60 días.

REP	FACTOR (A)	FACTOR (B)	FACTOR (C)	TRAT	AP2	DTC2	NH2
1	<b>MACETAS</b>	<b>SUSTRATO LOCAL</b>	<b>SIN HIDROGEL</b>	<b>T1</b>	13,7	3,68	9,56
2	MACETAS	SUSTRATO LOCAL	SIN HIDROGEL	T1	14,7	3,79	10,2
3	MACETAS	SUSTRATO LOCAL	SIN HIDROGEL	T1	15,2	3,7	10
4	MACETAS	SUSTRATO LOCAL	SIN HIDROGEL	T1	12,6	3,25	8,44
5	MACETAS	SUSTRATO LOCAL	SIN HIDROGEL	T1	14,6	3,87	9,11
1	<b>MACETAS</b>	<b>SUSTRATO LOCAL</b>	<b>CON HIDROGEL</b>	<b>T2</b>	17,6	3,85	9,56
2	MACETAS	SUSTRATO LOCAL	CON HIDROGEL	T2	17,7	3,91	10,2
3	MACETAS	SUSTRATO LOCAL	CON HIDROGEL	T2	14,6	3,38	9,33
4	MACETAS	SUSTRATO LOCAL	CON HIDROGEL	T2	14,1	3,51	9,56
5	MACETAS	SUSTRATO LOCAL	CON HIDROGEL	T2	16,3	3,95	10,7
1	MACETAS	<b>BOCASHI</b>	<b>SIN HIDROGEL</b>	<b>T3</b>	12,4	3,51	10,4
2	MACETAS	BOCASHI	SIN HIDROGEL	T3	14	3,73	10,4
3	MACETAS	BOCASHI	SIN HIDROGEL	T3	15,2	4,04	10
4	MACETAS	BOCASHI	SIN HIDROGEL	T3	11,9	3,5	9,29
5	MACETAS	BOCASHI	SIN HIDROGEL	T3	14,7	4,02	9,33
1	<b>MACETAS</b>	<b>BOCASHI</b>	<b>CON HIDROGEL</b>	<b>T4</b>	13,7	4,04	10
2	MACETAS	BOCASHI	CON HIDROGEL	T4	12,3	3,52	8,86
3	MACETAS	BOCASHI	CON HIDROGEL	T4	15,4	4,15	9,71
4	MACETAS	BOCASHI	CON HIDROGEL	T4	12,7	3,62	9,43
5	MACETAS	BOCASHI	CON HIDROGEL	T4	13,3	4,08	9
1	<b>TUBETES</b>	<b>SUSTRATO LOCAL</b>	<b>SIN HIDROGEL</b>	<b>T5</b>	10,7	3,36	10
2	TUBETES	SUSTRATO LOCAL	SIN HIDROGEL	T5	10,7	3,31	9,33
3	TUBETES	SUSTRATO LOCAL	SIN HIDROGEL	T5	11,3	3,17	9,11
4	TUBETES	SUSTRATO LOCAL	SIN HIDROGEL	T5	4,33	2,87	6,44
5	TUBETES	SUSTRATO LOCAL	SIN HIDROGEL	T5	4,28	2,69	6
1	<b>TUBETES</b>	<b>SUSTRATO LOCAL</b>	<b>CON HIDROGEL</b>	<b>T6</b>	10,6	3,7	10,2
2	TUBETES	SUSTRATO LOCAL	CON HIDROGEL	T6	10,3	2,97	10,4
3	TUBETES	SUSTRATO LOCAL	CON HIDROGEL	T6	9,83	3,31	9,78
4	TUBETES	SUSTRATO LOCAL	CON HIDROGEL	T6	10,4	3,19	10
5	TUBETES	SUSTRATO LOCAL	CON HIDROGEL	T6	9,39	2,9	9,56
1	<b>TUBETES</b>	<b>BOCASHI</b>	<b>SIN HIDROGEL</b>	<b>T7</b>	12,4	3,98	9,7
2	TUBETES	BOCASHI	SIN HIDROGEL	T7	11,9	3,92	10
3	TUBETES	BOCASHI	SIN HIDROGEL	T7	10,6	3,6	9,75
4	TUBETES	BOCASHI	SIN HIDROGEL	T7	9,89	3	10,4
5	TUBETES	BOCASHI	SIN HIDROGEL	T7	10	3,51	10
1	<b>TUBETES</b>	<b>BOCASHI</b>	<b>CON HIDROGEL</b>	<b>T8</b>	7,86	3,09	10,9
2	TUBETES	BOCASHI	CON HIDROGEL	T8	6,88	2,97	10,5
3	TUBETES	BOCASHI	CON HIDROGEL	T8	8,4	3,31	10,4
4	TUBETES	BOCASHI	CON HIDROGEL	T8	8,71	3,19	10
5	TUBETES	BOCASHI	CON HIDROGEL	T8	7,89	2,9	10

## Anexo 12: Planilla de toma de datos a los 90 días.

REP	FACTOR (A)	FACTOR (B)	FACTOR (C)	TRAT	AP3	DTC3	NH3
1	<b>MACETAS</b>	<b>SUSTRATO LOCAL</b>	<b>SIN HIDROGEL</b>	<b>T1</b>	19	4,61	12
2	MACETAS	SUSTRATO LOCAL	SIN HIDROGEL	T1	17,9	4,91	11,8
3	MACETAS	SUSTRATO LOCAL	SIN HIDROGEL	T1	18,5	4,95	11,1
4	MACETAS	SUSTRATO LOCAL	SIN HIDROGEL	T1	17,4	4,41	11,3
5	MACETAS	SUSTRATO LOCAL	SIN HIDROGEL	T1	20,1	5,23	11,8
1	<b>MACETAS</b>	<b>SUSTRATO LOCAL</b>	<b>CON HIDROGEL</b>	<b>T2</b>	19,7	5,26	11,6
2	MACETAS	SUSTRATO LOCAL	CON HIDROGEL	T2	19,7	5,35	12,2
3	MACETAS	SUSTRATO LOCAL	CON HIDROGEL	T2	16,2	4,31	12
4	MACETAS	SUSTRATO LOCAL	CON HIDROGEL	T2	16,1	4,42	11,8
5	MACETAS	SUSTRATO LOCAL	CON HIDROGEL	T2	18,6	5,07	12,9
1	<b>MACETAS</b>	<b>BOCASHI</b>	<b>SIN HIDROGEL</b>	<b>T3</b>	13,6	4,92	11,6
2	MACETAS	BOCASHI	SIN HIDROGEL	T3	16,9	5,31	12
3	MACETAS	BOCASHI	SIN HIDROGEL	T3	18,9	5,4	12
4	MACETAS	BOCASHI	SIN HIDROGEL	T3	14,3	4,96	11
5	MACETAS	BOCASHI	SIN HIDROGEL	T3	16,4	5,26	11,3
1	<b>MACETAS</b>	<b>BOCASHI</b>	<b>CON HIDROGEL</b>	<b>T4</b>	16	5,44	12
2	MACETAS	BOCASHI	CON HIDROGEL	T4	15	4,62	10
3	MACETAS	BOCASHI	CON HIDROGEL	T4	17	6,21	14
4	MACETAS	BOCASHI	CON HIDROGEL	T4	15,3	4,38	12,7
5	MACETAS	BOCASHI	CON HIDROGEL	T4	18	5,84	13
1	<b>TUBETES</b>	<b>SUSTRATO LOCAL</b>	<b>SIN HIDROGEL</b>	<b>T5</b>	15,2	4,54	12,7
2	TUBETES	SUSTRATO LOCAL	SIN HIDROGEL	T5	13	4,8	11,3
3	TUBETES	SUSTRATO LOCAL	SIN HIDROGEL	T5	16	5,01	11,6
4	TUBETES	SUSTRATO LOCAL	SIN HIDROGEL	T5	5,39	2,68	8,89
5	TUBETES	SUSTRATO LOCAL	SIN HIDROGEL	T5	5,17	2,83	9,11
1	<b>TUBETES</b>	<b>SUSTRATO LOCAL</b>	<b>CON HIDROGEL</b>	<b>T6</b>	12,2	4,52	11,3
2	TUBETES	SUSTRATO LOCAL	CON HIDROGEL	T6	11,7	4,93	11,1
3	TUBETES	SUSTRATO LOCAL	CON HIDROGEL	T6	11	4,4	11,1
4	TUBETES	SUSTRATO LOCAL	CON HIDROGEL	T6	11,9	4,91	10,9
5	TUBETES	SUSTRATO LOCAL	CON HIDROGEL	T6	11	4,78	10,7
1	<b>TUBETES</b>	<b>BOCASHI</b>	<b>SIN HIDROGEL</b>	<b>T7</b>	15,3	5,13	12,4
2	TUBETES	BOCASHI	SIN HIDROGEL	T7	14,3	5,03	13
3	TUBETES	BOCASHI	SIN HIDROGEL	T7	12,7	4,96	11,8
4	TUBETES	BOCASHI	SIN HIDROGEL	T7	13,3	4,15	12,9
5	TUBETES	BOCASHI	SIN HIDROGEL	T7	12,9	4,52	12,8
1	<b>TUBETES</b>	<b>BOCASHI</b>	<b>CON HIDROGEL</b>	<b>T8</b>	10,3	4,39	12,7
2	TUBETES	BOCASHI	CON HIDROGEL	T8	10,3	4,15	14
3	TUBETES	BOCASHI	CON HIDROGEL	T8	10	3,84	13
4	TUBETES	BOCASHI	CON HIDROGEL	T8	12	6	12
5	TUBETES	BOCASHI	CON HIDROGEL	T8	8,67	3,93	12



**Anexo 13:** Desarrollo de plantines de teca en bolsas de polietileno.



**Anexo 14:** Desarrollo de plantines de teca en tubetes.

