



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL**

Proyecto de investigación previo a la  
obtención del título de Ingeniero  
Forestal.

**Tema:**

Producción de plántulas de *Ochroma pyramidale* (Cay. ex Lam.) Urb. (balsa) y *Tectona grandis* L.f. (teca) a nivel de vivero con sustratos de carbón activado provenientes de residuos de cosechas agrícolas y forestales

**Autor**

Rodríguez Estrada Ángel Fabricio

**Directora**

Ing. María Lorena Cadme Arévalo M.Sc.

**Quevedo - Los Ríos - Ecuador.**

**2021**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

Yo, **Rodríguez Estrada Ángel Fabricio**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

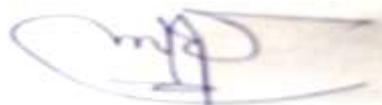
La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**Rodríguez Estrada Angel Fabricio**  
**C.C. # 120551118-9**

## **CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

El suscrito, Ing. María Lorena Cadme M.Sc., Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante, Rodríguez Estrada Ángel Fabricio, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado **“Producción de plántulas de *Ochroma pyramidale* (Cay. ex Lam.) Urb. (balsa) y *Tectona grandis* L.f. (teca) a nivel de vivero con sustratos de carbón activado provenientes de residuos de cosecha agrícola y forestales”**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Forestal**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.



---

ING. MARÍA LORENA CADME M.Sc.

**DIRECTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

## REPORTE DE HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

El suscrito, **Ing. María Lorena Cadme, MSc.** Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en calidad de directora del Proyecto de Investigación titulado “**Producción de plántulas de *Ochroma pyramidale* (Cay. ex Lam.) Urb. (balsa) y *Tectona grandis* L.f. (teca) a nivel de vivero con sustratos de carbón activado provenientes de residuos de cosecha agrícola y forestales**”, de autoría del estudiante **Rodríguez Estrada Ángel Fabricio** de la carrera de Ingeniería Forestal.

Certifica: el cumplimiento de los parámetros establecidos por el SENESCYT, y se evidencia el reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico (URKUND) con un porcentaje de coincidencia del 8%.

Original

### Document Information

Analyzed document	TESIS FINAL ANGEL RODRIGUEZ.docx (0115946442)
Submitted	2021-10-21 14:18:00
Submitted by	
Submitter email	mcadme@uteq.edu.ec
Similarity	8%
Analysis address	mcadme.steq@analysis.urkund.com



---

ING. MARÍA LORENA CADME M.Sc.  
**DIRECTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA FORESTAL**

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

**Título:**

**“Producción de plántulas de *Ochroma pyramidale* (Cay. ex Lam.) Urb. (balsa) y *Tectona grandis* L.f. (teca) a nivel de vivero con sustratos de carbón activado provenientes de residuos de cosecha agrícola y forestales”**

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Forestal.

Aprobado por:



Firmado electrónicamente por:  
**CARLOS EULOGIO  
BELEZACA  
PINARGOTE**

---

Dr. Carlos Belezaca Pinargote, PhD.  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:  
**ROMMEL SANTIAGO  
CRESCO GUTIERREZ**

---

Dr. Crespo Gutiérrez Rommel, PhD.  
INTEGRANTE DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:  
**NICOLAS  
JAVIER CRUZ  
ROSERO**

---

Dr. Nicolás Cruz Rosero, PhD.  
INTEGRANTE DEL TRIBUNAL

QUEVEDO-LOS RIOS -ECUADOR

2021

## **DEDICATORIA**

A Dios quien ha sido mi guía, fortaleza y su mano de fidelidad y amor han estado conmigo hasta el día de hoy para conseguir lo que me propongo.

A mis padres Rodríguez Bedón Ángel y Estrada Bazán Eva quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mis abuelos/as por su cariño y apoyo incondicional durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento, hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a todas mis amigos/as y a la ingeniera Cárdenas Molina Carmen, por apoyarme cuando más los necesito, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día, de verdad mil gracias, siempre los llevo en mi corazón.

## AGRADECIMIENTO

A Dios a mi madre, padre y familia que fueron pilares fundamentales en la realización de esta meta de vida.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

A la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

A la Carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Al Ing. For. Rolando López Tobar, Coordinador de la carrera de Ingeniería Forestal.

Al Ing. **María Lorena Cadme Arévalo M.Sc.** Directora del Proyecto de Investigación.

Al Ing. Dr. Carlos Belezaca Pinargote, PhD.

Al Ing. For. Pedro Suatunce Cunuhay.

Al Ing. For. Fidel Troya Zambrano.

Al Ing. For. Gary Ramírez Huila.

Al Ing. For. Elías Cuasquer Fuel.

Al Ing. For. Luis Muñoz Marcillo, PhD.

Al Ing. For. Meza Bone Fabricio

Al Ing. Dr. Mercedes Carranza Patiño, PhD.

Al Ing. Dr. Crespo Gutiérrez Rommel, PhD.

Al Ing. Dr. Nicolás Cruz Rosero, PhD.

Docentes que con sus consejos y amistad se ganaron mi respeto y admiración.

A mi compañero y amigo Calero Cedeño Dany. También a la Ing. Cárdenas Molina Carmen.

Por su apoyo y amistad en la realización de este trabajo.

A Arias Michael, Arroba Brayan, Barreiro Jordán, Flores Bagner, Triviño Wagner y también a mis compañeras Defaz Lady, Carbo Lisseth, Costa Yinyer, Enríquez Lisseth, Tómalá Jomaira, Valdéz Mayi, Proaño Keyla, Villanueva Ivanna de mi promoción y amigos(as) que brindaron su amistad y colaboración para el cumplimiento de esta meta cumplida.

## RESUMEN

La producción de plántulas de excelente calidad en *O. pyramidale* y *T. grandis* ha originado que se realicen investigaciones para conocer el sustrato idóneo para su propagación, por lo que se han utilizado diferentes materiales y actualmente el carbón activado se está considerando como un medio de propagación en hortalizas, por lo cual el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la producción de plántulas de *O. pyramidale* y *T. grandis* a nivel de vivero con sustratos de carbón activado provenientes de residuos de cosecha agrícola y forestales. Los sustratos utilizados fueron T1 (carbón activado de cascarilla de arroz + tierra de plantación); T2 (carbón activado de raquis de banano + tierra de plantación); T3 (carbón activado de madera + tierra de plantación); T0 (testigo). Se utilizó un diseño completamente al azar con 3 tratamientos y 3 repeticiones respectivamente. Se determinaron las variables día de inicio de germinación (DIG); día de máxima germinación (DMG); día final de germinación (DFG); porcentaje de germinación (PG), porcentaje de mortalidad (PM); altura de la plántula (AP); diámetro del tallo (DT); número de hojas (NH); porcentaje de sobrevivencia turno final (PS), se aplicó la prueba de Tukey al 5% para encontrar diferencias significativas entre los sustratos. Los mejores promedios en *O. pyramidale* lo obtuvo el T1 con 100% de germinación y 0% de mortalidad, altura de 6,84 cm, diámetro de 3 mm, 6 hojas y una sobrevivencia del 97%, para *T. grandis* el T1 presentó un 87% de germinación y 13% de mortalidad, altura de 5,56 cm, diámetro de 2 mm, 6 hojas y la sobrevivencia del 92%.

**Palabras claves:** germinación, variables morfológicas, sobrevivencia, prueba de Tukey, residuos.

## ABSTRACT

The production of excellent quality seedlings in *O. pyramidale* and *T. grandis* has led to research being carried out to determine the ideal substrate for their propagation, for which different materials have been used and activated carbon is currently being considered as a means of propagation in vegetables, for which the present study aimed to evaluate the production of *O. pyramidale* and *T. grandis* seedlings at the nursery level with activated carbon substrates from agricultural and forestry harvest residues. The substrates used were T1 (activated carbon from rice husk + plantation land); T2 (activated carbon from banana rachis + plantation land); T3 (wood activated carbon + plantation land); T0 (control). A completely randomized design was used with 3 treatments and 3 repetitions respectively. The variables on germination start day (DIG) were determined; day of maximum germination (DMG); final day of germination (DFG); germination percentage (PG), mortality percentage (PM); seedling height (AP); stem diameter (DT); number of sheets (NH); Final shift survival percentage (PS), the Tukey test was applied at 5% to find significant differences between the substrates. The best averages in *O. pyramidale* were obtained in T1 with 100% germination and 0% mortality, height of 6.84 cm, diameter of 3 mm, 6 leaves and a survival of 97%, for *T. grandis* on T1 presented 87% germination and 13% mortality, height of 5.56 cm, diameter of 2 mm, 6 leaves and survival of 92%.

Keywords: germination, morphological variables, survival, Tukey's test, waste.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

### PORTADA

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS .....	i
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	ii
REPORTE DE HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA.....	iii
CERTIFICADO DE APROVACIÓN DEL TRIBUNAL .....	v
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
ÍNDICE DE CONENIDO.....	ix
CÓDIGO DUBLÍN.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I : CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de la investigación.....	4
1.1.1. Planteamiento del problema.....	4
1.1.2. Formulación del problema. ....	4
1.1.3. Sistematización del problema .....	4
1.2. Objetivos .....	5
1.2.1. General .....	5
1.2.2. Específicos .....	5
1.3. Justificación .....	6

### CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual.....	8
2.1.1. Vivero.....	8
2.1.2. Vivero forestal.....	8
2.1.3. Clasificación de los viveros forestales .....	8
2.1.4. Componentes de un vivero forestal .....	9
2.1.5. Importancia de los viveros forestales.....	9
2.1.6. Aspectos para adecuación de un vivero forestal .....	9
2.1.7. Semillas.....	10
2.1.8. Selección de semillas .....	11

2.1.9.	Tratamiento de semillas .....	11
2.1.10.	Siembra .....	12
2.1.11.	Profundidad de la siembra.....	12
2.1.12.	Fertilización y abonos orgánicos.....	12
2.1.13.	Riego .....	13
2.1.14.	Sustratos .....	13
2.1.15.	Germinación de la semilla.....	14
2.1.16.	Especies forestales de interés comercial .....	14
2.1.17.	Carbón activado .....	15
2.2.	Marco referencial .....	16
2.2.1.	<i>Ochroma pyramidale</i> (cav. Ex lam.) Urb. (balsa) .....	16
2.2.2.	Clasificación taxonómica de la especie .....	16
2.2.3.	Descripción botánica de la especie .....	16
2.2.4.	Distribución de la especie .....	17
2.2.5.	Características edafoclimáticas .....	18
2.2.6.	Usos.....	19
2.2.7.	Enfermedades.....	19
2.2.8.	<i>Tectona grandis</i> l.f. (teca).....	20
2.2.9.	Clasificación taxonómica de la especie .....	20
2.2.10.	Descripción botánica de la especie .....	20
2.2.11.	Distribución de la especie .....	21
2.2.12.	Características edafoclimáticas .....	21
2.2.11.	Usos.....	22
2.2.12.	Enfermedades.....	22
2.2.13.	Características físicas de los sustratos .....	23
2.2.14.	Características químicas de los sustratos .....	23
2.2.15.	Características biológicas de los sustratos .....	23
2.2.16.	Clases de sustrato .....	24
2.2.17.	Criterios para la preparación de los sustratos.....	24
2.2.18.	Tipos de carbón activado .....	25
2.2.19.	Características del carbón activado.....	26
2.2.20.	Beneficios del carbón activado .....	26
2.2.21.	Trabajos realizados con el carbón activado .....	27

### CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.	Localización de la investigación .....	30
3.1.1.	Características climáticas del área de estudio .....	30
3.2.	Tipo de investigación .....	30
3.3.	Métodos.....	31
3.4.	Fuentes de recopilación.....	31
3.4.1.	Fuentes primarias .....	31
3.4.2.	Fuentes secundarias.....	32
3.5.	Diseño de investigación .....	32
3.6.	Trabajo de campo.....	32
3.7.	Métodos de evaluación.....	34
3.7.4.1.	Altura .....	35
3.7.4.2.	Diámetro.....	36
3.7.4.3.	Hojas .....	36
3.8.	Recursos humanos y materiales .....	36

### CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Influencia de los sustratos en la germinación inicial .....	39
4.1.1.	Germinación de <i>O. Pyramidale</i> .....	39
4.1.2.	Germinación de <i>T. Grandis</i> .....	41
4.2.	Desarrollo de las variables morfológicas con los sustratos.....	43
4.2.1.	Desarrollo morfológico de altura .....	43
4.2.2.	Variable morfológica de diámetro .....	44
4.2.3.	Variabes morfológicas de número de hojas .....	45
4.3.	Influencia de los sustratos en sobrevivencia .....	47
4.4.	Discusión.....	48

### CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	Conclusiones .....	51
5.2.	Recomendaciones.....	52

### CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA

6.1.	Bibliografía .....	54
------	--------------------	----

CAPÍTULO VII: ANEXOS

7.1. Anexos de la investigación .....64

## ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Características climáticas del cantón Mocache.....	30
Tabla 2. Tipos de sustratos a utilizarse en la investigación.....	33
Tabla 3. Variables a evaluar para la recolección de datos.....	35

## ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Porcentaje de germinación de <i>O. pyramidale</i> .....	39
Figura 2. Porcentaje de mortalidad de <i>O. pyramidale</i> .....	40
Figura 3. Germinación inicial de <i>O. pyramidale</i> .....	40
Figura 4. Porcentaje de germinación de <i>T. grandis</i> .....	41
Figura 5. Porcentaje de mortalidad de <i>T. grandis</i> .....	42
Figura 6. Germinación inicial de <i>T. grandis</i> .....	42
Figura 7. Altura promedio de <i>O. pyramidale</i> .....	43
Figura 8. Altura promedio de <i>T. grandis</i> .....	44
Figura 9. Diámetro promedio de <i>O. pyramidale</i> .....	44
Figura 10. Diámetro promedio de <i>T. grandis</i> .....	45
Figura 11. Número de hojas promedio de <i>O. pyramidale</i> .....	46
Figura 12. Número de hojas promedio de <i>T. grandis</i> .....	46
Figura 13. Supervivencia promedio de <i>O. pyramidale</i> .....	47
Figura 14. Supervivencia promedio de <i>T. grandis</i> .....	47

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de los sustratos.....	60
Anexo 2. Riego de las semillas.....	60
Anexo 3. Recolección de datos, midiendo la altura. ....	61
Anexo 4. Recolección de raquis de banano.....	61
Anexo 5. Madera de teca para su carbonización .....	62
Anexo 6. Cascarrilla de arroz para su carbonización.....	62
Anexo 7. Análisis de varianza de la variable germinación de <i>O. pyramidale</i> .....	63
Anexo 8. Análisis de varianza de la variable mortalidad de <i>O. pyramidale</i> .....	63

Anexo 9.	Análisis de varianza de la variable DIG de <i>O. pyramidale</i> .....	64
Anexo 10.	Análisis de varianza de la variable DMG de <i>O. pyramidale</i> .....	64
Anexo 11.	Análisis de varianza de la variable DFG de <i>O. pyramidale</i> .....	65
Anexo 12.	Análisis de varianza de la variable germinación de <i>T. grandis</i> .....	65
Anexo 13.	Análisis de varianza de la variable mortalidad de <i>T. grandis</i> .....	66
Anexo 14.	Análisis de varianza de la variable DIG de <i>T. grandis</i> .....	66
Anexo 15.	Análisis de varianza de la variable DMG de <i>T. grandis</i> .....	67
Anexo 16.	Análisis de varianza de la variable DFG de <i>T. grandis</i> .....	67
Anexo 17.	Análisis de varianza de la variable altura de <i>O. pyramidale</i> .....	68
Anexo 19.	Análisis de varianza de la variable número de hoja de <i>O. pyramidale</i> .....	69
Anexo 20.	Análisis de varianza de la variable altura de <i>T. grandis</i> .....	69
Anexo 21.	Análisis de varianza de la variable diámetro de <i>T. grandis</i> .....	70
Anexo 22.	Análisis de varianza de la variable número de hojas de <i>T. grandis</i> .....	70
Anexo 23.	Análisis de varianza en la variable sobrevivencia de <i>O. pyramidale</i> .....	71
Anexo 24.	Análisis de varianza en la variable sobrevivencia de <i>T. grandis</i> .....	71

## CÓDIGO DUBLÍN

Título:	Producción de plántulas de <i>Ochroma pyramidale</i> (Cay, ex Lam.) Urb. (balsa) y <i>Tectona grandis</i> L.f. (teca) a nivel de vivero con sustratos de carbón activado provenientes de residuos de cosecha agrícola y forestales
Autor:	Rodríguez Estrada Ángel Fabricio
Palabras clave:	germinación, variables morfológicas, sobrevivencia, prueba de Tukey, residuos
Fecha de publicación:	
Editorial:	
Resumen: (hasta 300 palabras)	<p>La producción de plántulas de excelente calidad en <i>O. pyramidale</i> y <i>T. grandis</i> ha originado que se realicen investigaciones para conocer el sustrato idóneo para su propagación, por lo que se han utilizado diferentes materiales y actualmente el carbón activado se está considerando como un medio de propagación en hortalizas, por lo cual el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la producción de plántulas de <i>O. pyramidale</i> y <i>T. grandis</i> a nivel de vivero con sustratos de carbón activado provenientes de residuos de cosecha agrícola y forestales. Los sustratos utilizados fueron T1 (carbón activado de cascarilla de arroz + tierra de plantación); T2 (carbón activado de raquis de banano + tierra de plantación); T3 (carbón activado de madera + tierra de plantación); T0 (testigo). Se utilizó un diseño completamente al azar con 3 tratamientos y 3 repeticiones respectivamente. Se determinaron las variables día de inicio de germinación (DIG); día de máxima germinación (DMG); día final de germinación (DFG); porcentaje de germinación (PG), porcentaje de mortalidad (PM); altura de la plántula (AP); diámetro del tallo (DT); número de hojas (NH); porcentaje de sobrevivencia turno final (PS), se aplicó la prueba de Tukey al 5% para encontrar diferencias significativas entre los sustratos. Los mejores promedios en <i>O. pyramidale</i> lo obtuvo el T1 con 100% de germinación y 0% de mortalidad, altura de 6,84 cm, diámetro de 3 mm, 6 hojas y una sobrevivencia del 97%, para <i>T. grandis</i> el T1 presentó un 87% de germinación y 13% de mortalidad, altura de 5,56 cm, diámetro de 2 mm, 6 hojas y la sobrevivencia del 92%.</p>
Descripción:	
URI:	

## INTRODUCCIÓN

Producir plantas es un arte que contribuye al cuidado de la vida y garantiza tener plántulas de calidad y adaptadas a nuestra comunidad, lo que contribuirá a formar plantaciones y sistemas agroforestales sostenibles, cambiando nuestro entorno natural, constituyéndose en una fuente de ingreso económico para la familia o comunidad (Hirozumi, 2014). Debido a la importancia de la calidad de la planta, se deben usar técnicas adecuadas en los viveros como semilla mejorada, producción y uso de abonos orgánicos locales, y uso adecuado de agroquímicos, la calidad de la planta influye en gran medida en la disponibilidad de los productores para la reforestación, (Kevyn y Santiago, 2003). Creando un ciclo virtuoso o vicioso al ver los resultados de su inversión de esfuerzos.

En la mayoría de plantaciones a nivel mundial se utilizan principalmente plántulas de viveros particulares, cuyo origen de la semilla se desconoce; asimismo, se desconoce el manejo que se realiza en esta fase de la producción de valiosas fuentes maderables. Este tipo de plántulas no garantiza la obtención de plantas vigorosas y fuertes, necesarias para el establecimiento de plantaciones comerciales con una excelente sanidad, buenas características fenotípicas y alta producción de madera (Díaz *et al.*, 2010). Ante esta situación, es necesario producir semilla de calidad, al alcance de todos los viveristas, por lo que se deberá trabajar en el desarrollo de fuentes semilleras (rodales seleccionados, identificados para tal efecto, huerto semillero.

En el Ecuador existen más de tres millones de hectáreas de tierras con vocación forestal para plantaciones comerciales e industriales, de las cuales 1,8 millones corresponden a la región Costa. Se puede decir que las áreas priorizadas para plantaciones industriales y comerciales consideradas más adecuadas están en las regiones de la Costa y Sierra. En la Costa, las provincias más representativas son: Esmeraldas, Manabí, Guayas y Los Ríos, lo cual explica el auge de la explotación de madera, especialmente exóticas en el país (Fonseca, 2003). *O. pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb., conocida como “balsa”, es un árbol nativo del trópico americano; frecuentemente se encuentra en áreas intervenidas y degradadas; siendo además una materia prima renovable con alta valoración económica (Jiménez *et al.*, 2017). Ecuador posee más de 20 mil hectáreas de plantaciones de esta especie, entre bosques naturales y

reforestados, (González *et al.*, 2010). siendo las zonas de mayor producción las provincias del Guayas, El Oro, Los Ríos y Pichincha.

*T. grandis* L.f. (teca) es una de las principales maderas frondosas que existen en el mundo. Sólo se da de forma natural en la India, Myanmar, la República Democrática Popular de Laos y Tailandia. En el caso del Ecuador, la *T. grandis* fue introducida hace unos 50 años en la Estación Experimental Tropical Pichilingue, demostrando hasta el momento una buena aclimatación y prometedores resultados en lo que hace referencia al exponencial crecimiento. (Díaz *et al.*, 2010). En el Ecuador existen alrededor de unas 24.000 hectáreas cultivadas de esta especie con una tendencia al incremento.

Por ende, en la realización del presente proyecto investigativo, se pretende determinar la influencia del carbón activado proveniente de residuos de cosechas agrícolas y forestales: cascarilla de arroz (CACs); raquis de banano (CARBS) y madera de *T. grandis* (CAMS), para incentivar la germinación, desarrollo fisiológico y supervivencia de las plántulas de *O. pyramidale* y *T. grandis*, cultivadas en el vivero de la finca experimental “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en la provincia de Los Ríos.

**CAPÍTULO I**  
**CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Problema de la investigación**

### **1.1.1. Planteamiento del problema**

Uno de los grandes problemas al momento de hablar de producción a nivel de vivero en especies forestales es la falta de métodos eficientes de germinación, que ocasiona una pérdida grande de materiales, tiempo y dinero. La baja tasa de germinación y sobrevivencia en ciertas especies es otra problemática, pues las semillas de algunas especies pierden viabilidad rápidamente, (Rodríguez, 2010). Debido a la escasez de nutrientes brindados a las plántulas en la fase inicial de vivero se puede conllevar eventualmente a plantaciones susceptibles, enfermas y que presentan bajas cualidades de venta.

La escasa información disponible sobre el crecimiento de las especies forestales tropicales ha limitado el establecimiento de plantaciones comerciales a gran escala, y se continúa ejerciendo mucha presión sobre los bosques naturales.

### **1.1.2. Formulación del problema**

¿Cómo influye el carbón activado obtenido a partir de residuos agrícolas y forestales sobre el sustrato en la producción de plántulas a nivel de vivero de *O. pyramidale* y *T. grandis*?

### **1.1.3. Sistematización del problema**

¿Cuál es la influencia de los sustratos CACS, CARBS y CAMS en la capacidad germinativa de las plantas de *O. pyramidale* y *T. grandis*?

¿El contenido de los sustratos de CARBS, CACS y CAMS, inciden en las variables morfológicas de las plantas de *O. pyramidale* y *T. grandis*?

¿Los sustratos CARBS, CACS y CAMS ejercen influencia en la sobrevivencia de las plantas de *O. pyramidale* y *T. grandis*?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. General**

Evaluar la producción de plántulas a nivel de vivero de *O. pyramidale* y *T. grandis* con sustratos de carbón activado provenientes de residuos de cosechas agrícolas y forestales.

### **1.2.2. Específicos**

Determinar la influencia de los sustratos CACS, CARBS y CAMS en la capacidad germinativa de las plantas de *O. pyramidale* y *T. grandis*.

Analizar el efecto de los sustratos CACS, CARBS y CAMS sobre las variables morfológicas de las plantas de *O. pyramidale* y *T. grandis*.

Identificar el sustrato que ejerce mayor influencia en la sobrevivencia en las plantas de *O. pyramidale* y *T. grandis*.

### 1.3. Justificación

La aplicación a nivel de vivero en plántulas forestales de carbón activado proveniente de residuos de vegetales permite obtener una mayor germinación y productividad, sin que se requiera de equipos y de estructuras sofisticadas. Para realizar un proceso de germinación, basta con un adecuado manejo de suelo, en el cual se puede controlar diferentes factores como la temperatura, la fertilización o la humedad del ambiente. Los sustratos están compuestos de diferentes proporciones, por una mezcla de dos o más materiales de fácil y económico acceso, que tienen como objetivo complementar propiedades adecuadas para el crecimiento vegetal. La combinación y proporción de materiales del sustrato debe ser cuidadosamente estudiados, para dar origen a una plántula de características superiores que supla las necesidades del mercado.

En la actualidad la mayoría de información generada de la implementación de carbono activado proveniente de desecho en plántulas forestales a nivel de vivero se encuentra elaborada a nivel *in vitro*, con mayor aplicabilidad en especies agrícolas.

El presente trabajo investigativo pretende hacer un análisis del comportamiento en vivero de las especies *O. pyramidale* y *T. grandis*, mediante la adición al sustrato de carbón activado obtenidos de desechos de cosechas agrícolas y forestales.

En definitiva, el fin de este proyecto de investigación fue dar a conocer el mejor sustrato de residuos de cosechas en la cual los beneficiarios directos serán los pequeños agricultores y viveristas así también como los estudiantes e investigadores que estudien acerca de estas especies.

**CAPÍTULO II**  
**FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

## **2.1. Marco conceptual**

### **2.1.1. Vivero**

Un vivero es una instalación agronómica donde se cultivan, germinan y maduran todo tipo de plantas. Es un lugar, donde se desarrollan diversas clases de especies vegetales, utilizando para ello, diferentes métodos de propagación de plantas (Arauz, 2019).

### **2.1.2. Vivero forestal**

El vivero forestal es el lugar destinado a la reproducción de árboles con diversos fines, su misión es obtener plantas de calidad, que garanticen una buena supervivencia y crecimiento en el lugar donde se establezcan en forma definitiva, la calidad de las plántulas forestales es muy específica, y generalmente implica mayores requerimientos que las plantas destinadas a jardinería u horticultura, ya que los pequeños árboles deberán estar en condiciones de arraigarse en un ambiente natural, generalmente adverso, muy distinto a las condiciones óptimas recibidas en el vivero o un jardín doméstico (Jiménez, 2015).

Según Gutiérrez y Valencia (2006) el vivero forestal es un sitio que cuenta con un conjunto de instalaciones, equipos, herramientas e insumos, en el cual se aplican técnicas apropiadas para la producción de plántulas forestales, con talla y calidad apropiada dependiendo de la especie, para su plantación en un lugar definitivo, con el consecuente mejoramiento ambiental, también es un lugar de permanencia de las plantas en su proceso de multiplicación de cuyas características, manejo y atención, dependerá en gran parte la calidad de los individuos producidos.

### **2.1.3. Clasificación de los viveros forestales**

El buen crecimiento de las plántulas se logra únicamente si se ha seguido una metodología adecuada de producción, desde la siembra hasta la etapa de postcosecha. Para ello se requiere que las personas encargadas de esta actividad estén capacitadas para aplicar las técnicas más apropiadas (Miranda *et al.*, 2009). Según Jiménez (2015) los viveros forestales, de acuerdo con la permanencia y magnitud, se clasifican en viveros permanentes y viveros temporales

**Viveros permanentes:** llamados también fijos, son aquellos que producen grandes cantidades de plantas todos los años. Requieren de infraestructura formal (almacenes, invernaderos, etc.) bastante sólida

**Viveros temporales:** llamados también volantes, son viveros pequeños que se establecen en el mismo lugar a realizar la plantación, por una temporada.

#### **2.1.4. Componentes de un vivero forestal**

Son varios los componentes de un vivero forestal, algunos de ellos son fundamentales y dependen del tipo de vivero y de las condiciones del sitio, entre estos están: Terreno de buenas características, cercas, fuentes seguras de aguas, buenos viveristas, plántulas y semillas, herramientas y recursos económicos (Jiménez, 2015).

#### **2.1.5. Importancia de los viveros forestales**

Establecer un vivero forestal puede producir muchos beneficios, entre ellos destacan los siguientes aspectos (MINAGRO, 2009):

Se evita depender de otros.

Los costos de producción son bajos.

Los arbolitos sufren menos daños al plantarlos cerca del lugar de producción.

Producen especies deseadas.

Se produce la cantidad deseada.

Se controla la calidad del material a plantar.

Es un negocio muy rentable si está bien planificado.

Se contribuye a mejorar el ambiente con los programas de reforestación.

Ubicación e instalación del vivero.

#### **2.1.6. Aspectos para adecuación de un vivero forestal**

Según Jiménez (2015) es importante para construir viveros forestales, considerar los componentes de agrupaciones agrarias, planificar conjuntamente entre los agricultores y

técnicos todo lo relacionado con actividades forestales, donde los factores a considerar al momento de establecer un vivero forestal son los siguientes:

**Localización y accesibilidad del terreno:** un vivero debe localizarse en un sitio que sea lo más representativo posible de las condiciones del clima y suelo del lugar donde se desea repoblar. El lugar debe ser soleado y con buena orientación a la salida del sol, para así disminuir el efecto de la sombra en el crecimiento de las plantas. Los mejores sitios para la ubicación del vivero son los que cuentan con una ligera pendiente de no más del 5%, lo cual permitirá la salida fácil del exceso de las aguas de lluvia, el sitio seleccionado debe ser de acceso fácil, es decir, que no se dificulte el transporte de todas las plantas en el momento de trasladarlas al campo de cultivo.

**Tipo de suelo:** para el vivero se busca un sitio con buena tierra. Se deben evitar suelos arenosos porque no retienen el agua ni los fertilizantes. También se deben evitar suelos muy arcillosos por ser compactos y porque no permiten la penetración del agua. Si el suelo del sitio no es bueno, se debe considerar la localización de fuentes de tierra negra y arena no muy lejos del sitio, para así hacer más fácil la preparación de semilleros y la mezcla de suelo para el llenado de bolsas.

**Agua:** éste es uno de los factores más importantes. Se debe buscar un lugar donde haya agua cerca o donde se pueda hacer que el agua llegue por medio de mangueras o canales.

**Sombra:** la sombra de árboles grandes perjudica el crecimiento de las plantas. Si hay muchos árboles en el lugar donde se desea colocar el vivero, es necesario podar o quitar algunos para que haya un poco de sombra, pero no demasiada.

**Cercado:** para evitar daños de animales sueltos y personas ajenas a la actividad de reforestación, es indispensable cercar bien el vivero.

### **2.1.7. Semillas**

La semilla se forma mediante una embriogénesis cigótica que comprende los cambios morfológicos, estructurales y de expresión génica que tienen lugar desde la formación del

cigoto hasta el final del desarrollo y maduración del embrión, este podrá germinar cuando las condiciones endógenas y medioambientales sean las apropiadas (Matilla, 2008).

### **2.1.8. Selección de semillas**

De acuerdo con Galarza (2009) para que los viveros de las agrupaciones de explotaciones agrarias sean autosuficientes en semillas forestales es preciso enseñar a los miembros cuándo y cómo recolectar sus propias semillas, ya que la selección y preparación de buenas semillas es la base para producir buenas plantas.

Ésta se logra básicamente realizando los pasos siguientes:

Seleccionar buenos árboles para semilla, que sean sanos, de buen crecimiento, rectos, de buena forma, que den buenos frutos.

Transportar los frutos, vaina o conos en costales o canastos, y poner etiquetas que especifiquen: especie, sitio de recolección, fecha.

A continuación, se puso las semillas sobre costales en el suelo, se utilizó periódicos, canastos, mantos, dándole vueltas varias veces al día.

En semillas grandes se pueden usar canastos, para secar.

### **2.1.9. Tratamiento de semillas**

Campillo (2012) explica que muchas veces las semillas pueden ser fácilmente tratadas utilizando el método de remojo en agua a temperatura ambiente o en agua caliente. En el primer caso, se remojan las semillas en agua de uno a tres días.

El otro caso consiste en remojar en agua caliente por dos minutos, y después meter en agua fría hasta que se enfríen. Es importante no dejar las semillas reposando mucho tiempo en el agua o dejarlas secar después de haberlas tratado; lo primero causaría que se pudran, lo último aceleraría la germinación.

### **2.1.10. Siembra**

En la siembra directa las semillas se colocan directamente en el envase, ahorrando el trabajo de trasplante. Se acostumbra perforar un pequeño agujero en el centro de la bolsa, donde se coloca la semilla; luego se cubre ésta con una capa de tierra de aproximadamente el doble del diámetro de la semilla. Es necesario conocer el porcentaje de germinación de la semilla, con el objeto de colocar la cantidad necesaria en cada bolsa. Se usa cuando la germinación es buena y cuando las especies son delicadas para trasplantar (Irigoyen y Vela, 2005).

### **2.1.11. Profundidad de la siembra**

De manera general, las semillas se siembran a una profundidad de 1 1/2 a dos veces en relación con su tamaño. Para tapar las semillas se debe utilizar arena cernida, colocando una capa de tres milímetros de espesor (Campillo, 2012).

La profundidad de la siembra o tapado de la semilla es muy importante. Si es demasiado superficial se produce un arraigo defectuoso, con posibilidad de desecación de la plántula y mayor riesgo de pérdida. Si es demasiado profunda se puede producir un agotamiento de las sustancias de reserva en la emergencia ésta por resistencia mecánica (Campillo, 2012).

La regla general en este sentido, consiste en enterrar la semilla de 1,5 a 2 veces el diámetro máximo de la semilla que se esté empleando. Es conveniente conocer en cada caso el tiempo que tardan en germinar las semillas. Este tiempo varía con la especie y la época de siembra (Campillo, 2012).

### **2.1.12. Fertilización y abonos orgánicos**

Si se tiene el problema de que el crecimiento de las plantas es bastante lento, pueden hacerse aplicaciones de abono orgánico o químico directamente al suelo, para una mejor germinación en el momento de la siembra o del trasplante, o bien cuando esté establecida la planta, y al follaje cuando se utilizan abonos foliares. Se define como abono orgánico a aquel material compuesto por residuos de distinto origen, en diferente estado de transformación, todo de características orgánicas. Algunos ejemplos son: restos vegetales, residuos de cosecha,

vegetales en pleno desarrollo, residuos urbanos y cloacales, estiércol, cama de criadero, residuos de industria (Garro y Sierra, 2017).

El uso de abonos orgánicos se limita a cultivos hortícolas, frutícolas y ornamentales de tipo intensivo, debido fundamentalmente al alto volumen que se debe utilizar. Se caracteriza por su capacidad de proveer nutrientes asimilables, que tiene buenos beneficios para las plantas y el nivel de materia orgánica relativamente alto y su efecto principal sobre las propiedades físicas del suelo (Garro y Sierra, 2017).

### **2.1.13. Riego**

Se aconseja sembrar con el suelo húmedo y luego de la siembra volver a regar. El agua debe caer sobre el suelo en forma de fina lluvia, de esta manera se evita descalzar las plantitas, compactar el suelo y desenterrar las semillas sembradas. Para ello se pueden utilizar regaderas con flor o recipientes como latas o botellas de plástico, a las que se les realizan perforaciones (MINAGRO, 2009).

### **2.1.14. Sustratos**

El término “sustrato”, que se aplica en la producción viverística, se refiere a todo material sólido diferente del suelo que puede ser natural o sintético, mineral u orgánico y que, colocado en contenedor, de forma pura o mezclado, permite el anclaje de las plantas a través de su sistema radicular; el sustrato puede intervenir o no en el proceso de nutrición de la planta allí ubicada. Esto último, clasifica a los sustratos en químicamente inertes (perlita, lana de roca, roca volcánica, etc.) y químicamente activos (turbas, corteza de pino, etc.). En el caso de los materiales químicamente inertes, éstos actúan únicamente como soporte de la planta, mientras que en los restantes intervienen además en procesos de adsorción y fijación de nutrimentos (Pastor, 2000).

Según Zamora (2002) un sustrato de cultivo es un medio material en el que se desarrollan las raíces de las plantas, limitado físicamente en su volumen, aislado del suelo para impedir el desarrollo de las raíces en el mismo y capaz de proporcionar a la planta el agua y los elementos nutritivos que demande, y a las raíces el oxígeno necesario para su respiración.

En el sustrato se puede sembrar semillas e insertar esquejes, estacas o plántulas. Su objetivo es propiciar un buen crecimiento dentro del espacio limitado que ofrece su contenedor (macetas, bolsas, jardineras, etc.) (Alvarado y Solano, 2002).

### **2.1.15. Germinación de la semilla**

Es la habilidad de las semillas para germinar y que puedan desarrollar plántulas normales, bajo condiciones adecuadas de humedad, temperatura y luz óptimas. Las plántulas anormales carecen de brote o raíz, o tienen otras malformaciones (FAO y AfrizaSeeds, 2019).

La germinación consiste en tres procesos parcialmente simultáneos: 1) absorción de agua, principalmente por imbibición, que hace que la semilla se hinche y acabe abriéndose la cubierta seminal; 2) actividad enzimática e incremento de las tasas de respiración y asimilación, que indican la utilización de alimento almacenado y su transposición a las zonas en crecimiento; 3) engrandecimiento y divisiones celulares, que tienen como consecuencia la aparición de la radícula y la plúmula (William, 2012).

En la mayoría de las semillas la radícula del embrión está cerca del micrópilo, por donde el agua se absorbe con más facilidad y rapidez que atravesando la cubierta seminal. A medida que la radícula se hincha, ejerce una presión sobre la cubierta, que normalmente se abre por vez primera en este punto para liberar la radícula. Esta da lugar a la raíz primaria, que penetra en el suelo y produce pronto raíces laterales. Muchas especies del bosque higrofítico tropical, que tienen un elevado contenido de humedad y cubiertas permeables cuando cae la semilla, deben germinar en el plazo de unas cuantas semanas. Si no encuentran pronto las condiciones adecuadas, pierden viabilidad y mueren (Acquah, 2011).

### **2.1.16. Especies forestales de interés comercial**

El área total de bosques en el mundo es de 4060 millones de hectáreas (ha), que corresponde al 31% de la superficie total del planeta tierra. Las zonas tropicales poseen la mayor proporción de los bosques del mundo (45%), el resto está localizado en las regiones boreales, templadas y subtropicales. Más de la mitad (54%) de los bosques del mundo está situada en solo cinco países leyes para su conservación que son: la Federación de Rusia, Brasil, Canadá, los Estados Unidos de América y la China (FAO, 2010).

Dentro de los ecosistemas del Ecuador, se encuentran especies forestales de importancia económica que son aprovechadas constantemente. Al menos 750 especies forestales son aprovechadas anualmente, un 48 % para obtención de Productos Forestales No Maderables (PFNM), 45 % para productos forestales maderables (PFM) y 7 % para leña (Añazco *et al.*, 2010).

Las diez principales especies utilizadas con valor maderable autorizadas por el Ministerio del Ambiente desde enero del 2008 son: Especies nativas: balsa (*Ochroma pyramidale*), laurel (*Cordia alliodora*), pigüe (*Pollalesta discolor*), sande (*Brosimum utile*), y chalviande (*Virola sebifera*). Especies exóticas: eucalipto (*Eucalyptus globulus*), pino (*Pinus radiata* y *P. patula*), pachaco (*Schizolobium parahybum*), teca (*Tectona grandis*) y melina (*Gmelina arborea*) (INIAP, 2012).

### **2.1.17. Carbón activado**

El término “carbón activado” se refiere a carbones muy porosos producidos a partir de materiales ricos en carbono, mediante diversas formas de activación química o física (Rouquerol *et al.*, 2013).

Para la preparación de carbones activados el material es calcinado (carbonización) y luego sometido al proceso de activación, lo cual conduce a aumentar la porosidad y la capacidad de adsorción del material carbonizado mediante tratamientos de oxidación de los grupos funcionales de la superficie del sólido (Carriazo *et al.*, 2010).

El carbón activado hoy en día es uno de los productos más utilizados en diferentes productos como para la belleza, la alimentación, en la producción de plántulas, es un producto que posee una estructura cristalina reticular similar a la del grafito solo que el orden en la estructura del carbón activado es menos perfecto; es extremadamente poroso y puede llegar a desarrollar áreas superficiales del orden de 500 a 1.500 metros cuadrados o más, por gramo de carbón. El área de superficie del carbón activado varía dependiendo de la materia prima y del proceso de activación. Son las altas temperaturas, la atmósfera especial y la inyección de vapor del proceso de fabricación del carbón activado lo que “activa” y crea la porosidad, dejando mayormente una “esponja” de esqueleto de carbón (Espinoza, 2019).

## **2.2. Marco referencial**

### **2.2.1. *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. (balsa)**

Es una especie de gran demanda en el mercado internacional. Tiene una infinidad de usos que van desde la artesanía, marquetería, entre otros. Comercialmente esta madera es muy utilizada debido a su bajo peso como material aislante, térmico, acústico, para la construcción de molinos de viento, en aeronaves, buques, es decir toda la cadena de transportes donde se necesita llenar espacios con productos ligeros pero que a la vez otorgue la fuerza mecánica necesaria (Lozano y Orellana, 2013).

### **2.2.2. Clasificación taxonómica de la especie**

De acuerdo con Lozano y Orellana (2013) *O. pyramidale* presenta la siguiente descripción taxonómica:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Malvales

Familia: Malvaceae

Género: *Ochroma*

Especie: *pyramidale*

Determinante: (Cav. ex Lam.) Urb.

Nombre común: Boya, balsa, palo de balsa, huambo, lanilla.

### **2.2.3. Descripción botánica de la especie**

El exterior de la corteza es liso, con algunas cicatrices lineales de color claro con manchas blancas, a veces marrón grisáceo. El interior de la corteza de esta especie forestal es fibroso de color crema amarillento, a veces rosado. El grosor total de la corteza puede alcanzar los 2 cm y el grosor de las ramas laterales es de unos 2 cm, son de color verde a claro, con pelos castaños cuando aparecen por primera vez y grandes cicatrices foliares. En Ecuador se han

reportado especímenes de *O. pyramidale* de 30,5 m de altura y 1,22 m de diámetro, (Castro y Suárez, 2002). Fuste recto y cilíndrico, es limpio hasta los 15 m y a veces hasta los 20 m. La corteza es lisa o ligeramente agrietada, de color grisáceo o café con manchas blanquecinas, interiormente es crema-amarillento y a veces rosado (Zambrano, 2017).

La copa del árbol es muy amplia, redondeada, de gran tamaño, el tamaño de la copa puede variar de acuerdo a su altura y otros factores como acondicionamiento de aislamiento y competencia. El envés es simple, alterno, pentalobuladas, grande, pubescente y el tamaño del pecíolo es casi igual al tamaño de la hoja. Hojas simples, dispuestas en espiral, de 13 x 13 cm a 35 x 35 cm de largo; grandes y casi redondas, en forma de corazón, con bordes enteros o 10 curvos, nervios principales 7-9, muy prominentes en el envés, pecíolo marrón a rojo (Ecuador Forestal, 2012).

Las flores son grandes, de color blanco a beige y campanuladas. El cáliz es verde castaño de 5 cm de largo con 5 lóbulos de 3,5 cm de longitud y la corola presenta 5 pétalos blanquecinos de 12 a 17 cm de largo. Las cápsulas alargadas, que se abren en cinco valvas, de 14-28 cm de largo. Las valvas son pardas a negras, densamente lanosas en el interior. Estas semillas se encuentran en numerosas cantidades, cubiertas por tricomas castaños; se pueden encontrar en hábitats alterados, El cáliz es verde castaño de 5 cm de largo con 5 lóbulos de 3,5 cm de longitud (Paillacho, 2010).

Las semillas de *O. pyramidale* deben almacenarse o conservarse en lugares con buena aireación, su dispersión es orniquiropterócora por pájaros o murciélagos frugívoros, las semillas germinan durante 8 días en promedio, con una tasa de germinación del 70%. Los frutos recolectados o extraídos se recolectan en semi-verde, cuando se secan al sol adquieren un color marrón rojizo, que se obtiene al quinto día; las semillas no requieren tratamiento de pre-germinación, solo lavar y secar (Viera, 2020).

#### **2.2.4. Distribución de la especie**

El área de distribución natural de *O. pyramidale* se extiende desde el sur de México hasta Bolivia, hacia el este a través de la mayor parte de Venezuela, y a través de las Antillas. Los extremos latitudinales son 22° N hasta alrededor de 15° S. La especie es de importancia

comercial en la cuenca del Río Guayas en Ecuador, de donde se obtiene el 95% de la cosecha mundial *O. pyramidale* se ha cultivado con éxito en localidades exóticas en plantaciones de la India, Sri Lanka, Malasia, Vietnam, Borneo, Fiji, las Islas Salomón, las Filipinas y Papua Nueva Guinea (Francis, 1991).

### **2.2.5. Características edafoclimáticas**

Según Pérez (2014) las temperaturas óptimas para el desarrollo fisiológico y productivo de *O. pyramidale* se encuentran en las zonas con rangos de 22 a 26 °C, a mayores o menores temperaturas su producción se reduce, por lo que es crítico determinar las zonas para cultivos comerciales. Los niveles de precipitación requeridos oscilan entre los 2.000 y 4.000 mm por año. En zonas de mayor precipitación crece, pero la calidad no es la requerida por los mercados. *O. pyramidale* se desarrolla mejor en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 1.200 m.s.n.m.

Los suelos recomendados para este cultivo deben tener buen drenaje, buena disponibilidad de humedad, textura franca, franco arenoso o franco limoso, demanda una rica provisión de nutrientes, de hecho, se reporta que los árboles de esta especie mueren con facilidad debido a las inundaciones, la especie tiene su mejor crecimiento en suelos aluviales a lo largo de ríos y es aquí en donde se le encuentra con mayor frecuencia. *O. pyramidale* coloniza suelos arcillosos, margosos y limosos, pero no tolera los suelos de alta salinidad, El contenido de materia orgánica debe ser sobre el 3 % con el fin de mantener la humedad, temperatura y disponibilidad de nutrientes en el suelo (Ortiz, 2012).

El contenido de materia orgánica debe ser sobre el 3 % con el fin de mantener la humedad, temperatura y disponibilidad de nutrientes en el suelo. El valor de pH del suelo que prefiere la planta es ligeramente ácido, con rangos que van de 5,5 a 6,5. Los terrenos para cultivar *O. pyramidale* deben ser ligeramente planos (3 – 10 %), a fin de poder mecanizar las labores agrícolas (deshierba, riego, controles fitosanitarios, fertilización, abonamiento y otras) (Mora, 2011).

En el Ecuador, una de las zonas más propicias para el cultivo de *O. pyramidale* es la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas y sitios aledaños, su clima y sus suelos son

ideales para este cultivo, presenta temperaturas medias entre 17 a 25 °C, humedad relativa atmosférica de 80 – 90%, precipitaciones de 2.000 – 4.000 mm al año. Existen plantaciones en altitudes que fluctúan entre los 100 a 1.500 m.s.n.m, siendo la producción óptima a los 200 – 400 m.s.n.m. y con una heliofanía de 550 a 700 horas sol/año. La principal limitante en la zona de Santo Domingo es la luminosidad, pero las condiciones de cultivo y la calidad de la madera son buenas (Ortiz, 2012).

Si bien *O. pyramidale* requiere plena luz desde arriba, también tolera y hasta demanda el sombreado lateral, tal como se produce en los claros y aberturas naturales del bosque y, por lo tanto, el cultivo en mezcla con otras especies también es factible (Chuquirima, 2013).

### **2.2.6. Usos**

Es usada la madera para la elaboración de artesanías y juguetes, construcción rural. El algodón del interior de los frutos sirve para relleno de almohadas, cojines, colchones, sofás. También se la emplea para la confección de canoas, partes de aeroplanos, flotadores de redes, salvavidas, sogas, sombreros de fieltro. Posee una madera extremadamente liviana (pesa menos que el corcho; su peso específico es 0.22). La madera de *O. pyramidale* es ideal en la fabricación de artículos atlético-deportivos, resulta un recurso maderable susceptible de explotación inmediata (Rengifo, 2014).

### **2.2.7. Enfermedades**

El escarabajo *Coptoborus* sp. es un pequeño insecto que se ha convertido en el dolor de cabeza de los productores de *O. pyramidale* de varias zonas del país por el daño que ha causado. En el recinto Toachi del cantón Valencia de la provincia de Los Ríos y en La Maná, de la provincia de Cotopaxi, han encontrado una mortalidad del 50% de las plantaciones de esta especie a causa de esta plaga.

El valor de pH del suelo que prefiere la planta es ligeramente ácido, con rangos que van de 5,5 a 6,5. Mientras que en el recinto Minas del Corotú de El Empalme de la provincia del Guayas existe la presencia del insecto, pero el daño es menor sin mortalidad de los árboles (Magnet y Generator, 2017).

### 2.2.8. *Tectona grandis* L.f. (teca)

*Tectona grandis* L.f. es un árbol originario de la India, Tailandia y Laos. En los países tropicales de América Latina se introdujo aproximadamente hace 100 años. En nuestro país la primera plantación de *T. grandis* fue establecida en el año de 1950 por la Estación Experimental Tropical Pichilingue del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en la zona de Quevedo. De este germoplasma introducido de la India se dieron las primeras plantaciones de monocultivos (Cedeño, 2014).

### 2.2.9. Clasificación taxonómica de la especie

Cedeño (2014) indica que la clasificación taxonómica de *T. grandis* es la siguiente:

**Reino:** Plantae

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Orden:** lamiales

**Familia:** Lamiaceae (Verbenaceae)

**Género:** *Tectona*

**Especie:** *grandis*

**Nombre común:** Teca

**Nombre científico:** *Tectona grandis*

### 2.2.10. Descripción botánica de la especie

*T. grandis* es una especie decidua, los árboles descartan sus hojas durante la época seca, y aparece un nuevo follaje durante la época de lluvias. Posee un tallo recto que puede alcanzar sobre los 50 m en condiciones favorables. Cuando crece aislado hay bifurcación del fuste y presenta una copa más amplia, ramas gruesas y bajas (Aguayo, 2012).

Pero la bifurcación también puede llegar a darse a la madurez, o cuando la floración empieza a una edad temprana. La corteza es áspera y delgada, fisurada de color café claro; la albura es amarillenta, el corazón es de color verde oliva que al cortarse toma el color café oscuro,

es dura, pesada y presenta anillos de crecimiento (bien delimitados cuando la época seca es bien definida) (Aguayo, 2012).

Las hojas son opuestas, grandes, ovales de colores verde oscuras y ásperos en el haz, midiendo de 10 - 80 cm de largo y de 6 - 50 cm de ancho. Sus peciolo de las flores son gruesos y los limbos son membranáceos. *T. grandis* en su hábitat natural florece a los 5 - 6 años de edad. Poblaciones plantadas fuera de su distribución natural florecen a los 2 - 4 años después de ser plantadas. La floración usualmente comienza luego de las lluvias. Sus flores son numerosas y se disponen en panículas erectas terminales. Los pedicelos miden de 0,9 a 4,5 mm de largo. Las brácteas son grandes, foliáceas con bractéolas numerosas. Las flores presentan un cáliz en forma de campana, de color amarillo verdoso con un estilo blanco amarillento con pubescencia de pelos ramificados. El ovario es ovado o cónico, densamente pubescente, con cuatro celdas (Cedeño, 2014).

Según Aguayo (2012) las flores se abren pocas horas después del amanecer, siendo el mejor periodo de polinización a las 11h30. Los insectos como moscas, avispas, abejas y escarabajos han sido encontrados polinizando las flores. *Heriades parvula* y *Ceratina hieroglyphica* son los dos polinizadores más importantes de *T. grandis*; además las flores son también polinizadas por el viento. El fruto es sub globoso, más o menos tetragono, aplanado; exocarpo delgado, algo carnoso cuando está fresco y tomentoso; endocarpo grueso, óseo, corrugado con cuatro celdas que encierran generalmente una o dos semillas de 5 mm de largo. Los frutos maduran cerca de 120 días después de la polinización.

### **2.2.11. Distribución de la especie**

La especie es originaria de la mayor parte de Myanmar, la península de la India, al oeste de Tailandia e Indonesia. Se encuentra en bosques tipo monzónico, en bosque seco tropical y en bosque húmedo tropical. (Aguirre, 2013)

### **2.2.12. Características edafoclimáticas**

*T. grandis* necesita una precipitación promedio anual de 760 a 3500 mm/año, con una estación seca de 3 a 6 meses, temperatura promedio anual de 22 a 28 °C. Alcanza su mejor

desarrollo en suelos profundos, fértiles y bien drenados, de reacción neutra a alcalina (valor de pH 6,5 – 8,0), con contenidos relativamente altos de calcio y fósforo, franco-arenosos a moderadamente arcillosos, preferiblemente en zonas con una precipitación promedio anual entre 1.200 y 2.500 (-3.800) mm (con el 75% de ocurrencia en la estación lluviosa), y una estación seca de 3 a 6 meses continuos. Al respecto, algunos autores anotan que *T. grandis* medra en diversos tipos de suelo y formaciones geológicas, y siempre y cuando sean suficientemente profundos y fértiles, cuenten con buena humedad, y el drenaje del subsuelo sea bueno, su desarrollo será igualmente satisfactorio en aluvión o en suelos derivados de areniscas, arcilla pizarrosa, granito, esquisto o gneis, y en suelos tanto calizos como no calizos (Díaz *et al.*, 2010).

No prospera en suelos sujetos a inundación o en suelos lateríticos pobres, con drenaje impedido, y de texturas pesadas y compactas, y por tal razón, casi todos los bosques de *T. grandis* se hallan situados en terrenos ondulados o montañosos, de otra parte, también existen marcadas diferencias en cuanto a requerimientos edáficos de acuerdo con la procedencia; las de la India se adaptan mejor en suelos lateríticos pobres, en Tailandia se reportan por lo menos dos procedencias; una que crece en suelos calizos, pero no en los arenosos no calizos donde medra la otra procedencia, y las razas de la región noroccidental que se adaptan mejor en suelos pesados, la teca generalmente ocurre en forma aislada, pero puede formar rodales casi puros bajo condiciones favorables, en suelos fértiles bien drenados, aluvio-coluviales, y usualmente en zonas de ladera o terrenos ondulados, aunque también logra un buen desarrollo en suelos aluviales en zonas planas (Díaz *et al.*, 2010).

### **2.2.13. Usos**

La madera de *T. grandis* puede tener varios usos, entre los cuales consta: construcción de botes, muebles de interior y exterior, carpintería, ebanistería, durmientes, pisos, instrumentos musicales, juguetes, cajonería (Loja y Solano, 2015).

### **2.2.14. Enfermedades**

Las plagas y enfermedades de mayor incidencia y severidad son *Hyadaphis erysimi* y *Hortensia similis* (Homóptera): y *colletotrichum* sp., *Olivea tectonae* y *Ceratocystis* sp. en

época lluviosa. *Atta* sp. (Hymenóptera), *Hemileuca maia* y *Scolytus* sp. (Coleóptera); y *Olivea tectonae* en época seca (Magnet y Generator, 2017).

### **2.2.15. Características físicas de los sustratos**

Estas vienen determinadas por la estructura interna de las partículas, su granulometría y el tipo de empaquetamiento, algunas de las más destacadas son (Pastor, 2000):

Densidad real y aparente

Distribución granulométrica

Porosidad y aireación

Retención de agua

Permeabilidad

Capacidad de infiltración

Distribución de tamaños de poros

Estabilidad estructural

### **2.2.16. Características químicas de los sustratos**

Estas propiedades vienen definidas por la composición elemental de los materiales; éstas caracterizan las transferencias de materia entre el sustrato y la solución del mismo, entre las características químicas de los sustratos destacan son (Pastor, 2000):

Capacidad de intercambio catiónico

pH

Capacidad tampón

Contenido de nutrientes

Relación C/N

### **2.2.17. Características biológicas de los sustratos**

Se refiere a propiedades dadas por los materiales orgánicos, cuando éstos no son de síntesis son inestables termodinámicamente y, por lo tanto, susceptibles de degradación mediante reacciones químicas de hidrólisis, o bien, por la acción de microorganismos, Capacidad de

intercambio catiónico, pH, contenido de nutrientes entre las características biológicas de los sustratos destacan (Pastor, 2000):

Contenido de materia orgánica

Estado y velocidad de descomposición

### **2.2.18. Clases de sustrato**

De acuerdo con Zamora (2002) se pueden distinguir diferentes grupos de sustratos, según sus particulares, para producción viverista, para la multiplicación de plantas, para hidroponía y para jardinería:

**Sustratos químicamente inertes:** Arena granítica o silíceo, grava, roca volcánica, perlita, arcilla expandida, lana de roca.

**Sustratos para multiplicación:** estos difieren poco según cultivos y técnicas empleadas. Es previsible que se empiecen a diferenciar diversas tipologías de sustratos: para semilleros, para enraizamientos de esquejes y para forestales, expresa que a medida que se desarrolla la planta, la evapotranspiración aumenta; por ello es necesario que el sustrato proporcione un suministro continuo de agua y elementos nutritivos y de aireación suficiente al mismo tiempo. El principal aspecto restrictivo de estos sustratos es el tamaño del contenedor. Esto obliga a seleccionar sustratos de elevada retención de agua a bajas tensiones, a la vez que garantiza la óptima aireación de las raíces.

### **2.2.19. Criterios para la preparación de los sustratos**

De acuerdo con Campillo (2012) cada componente que se le adiciona a un sustrato tiene ciertas propiedades que inciden directamente en la forma como se presenta la germinación, de esta manera, mediante la combinación apropiada de materiales se puede obtener un medio que le proporciona a la semilla buenas condiciones de humedad y aireación, logrando una germinación lo más homogénea posible. En vivero no siempre se emplea el mismo sustrato, éste puede variar según los siguientes aspectos (Campillo 2012):

**Según el método de reproducción a emplear.** El sustrato empleado en germinación no es el mismo que el empleado para enraizamiento de estacas o el que se emplea en eras de crecimiento.

**Según la especie a reproducir.** No todas las especies soportan el mismo sustrato. Algunas especies prefieren medios ácidos, otras prefieren medios neutros.

**Según las técnicas empleadas en el vivero.** La reproducción mediante bandejas germinadoras exige un sustrato diferente a la reproducción mediante el sistema tradicional de bolsa.

**Según la delicadeza y el costo de la semilla a germinar.** Algunas semillas, especialmente de plantas ornamentales y hortalizas, son sumamente costosas y requieren de un sustrato completamente esterilizado a fin de obtener los porcentajes de germinación más altos.

**Según el costo del sustrato mismo.** Algunos sustratos, por sus características, también son muy costosos y resulta antieconómica su adquisición en grandes volúmenes.

**Según la velocidad de germinación.** Algunos sustratos tienden a permitir la proliferación de algas y líquenes cuando llevan mucho tiempo sin ser removidos, de tal forma que se origina en la superficie una costra que incide negativamente en la germinación.

**Según los materiales disponibles en la región.** En el caso de viveros forestales se prefiere el empleo de los materiales que puedan existir en la región para evitar sobrecostos por transporte que ayudan a la economía del sector.

### **2.2.20. Tipos de carbón activado**

Los carbones activados se clasifican en relación con la forma y al tamaño que tienen sus partículas, el carbón activado tipo polvillo con sus siglas CAP y carbón activado de mayor tamaño de partícula llamado el granular con sus siglas CAG (Ures *et al.*, 2014).

Los carbones activados en polvo tienen un tamaño promedio de 100  $\mu\text{m}$ , los tamaños promedios típicos se encuentran entre 55 y 75  $\mu\text{m}$ . Los carbones activados granulares tienen

a promedio entre 1 y 5 mm el tamaño de partícula, este tipo de carbón activado se subdividen en dos categorías: carbón activo troceado (o sin forma) y carbón activo conformado (o con una forma específica, cilindros, discos, etc.). Los carbones activos troceados se obtienen por molienda, tamizado y clasificación de briquetas de carbón o de trozos más grandes (Navarro y Vargas, 2010).

### **2.2.21. Características del carbón activado**

Existen dos características fundamentales en lo que respecta a aplicación del carbón activado: primero, la elevada capacidad de eliminación de sustancias y baja selectividad de retención de líquidos y sustancias solubles (Rodríguez y Molina, 2001). La elevada capacidad de adsorción se debe a su alta cantidad de poros y microporos presentes en la superficie interior (Navarro y Vargas, 2010).

En el carbón activado existe presencia de mesoporos y macroporos, estos son necesarios para retener partículas o moléculas de agua o alguna sustancia de gran tamaño (Sevilla, 2011). No obstante, según la naturaleza del carbón activado que es polar y debido al tipo de fuerzas que aplican en el proceso su proceso al momento de adsorción (Mejia, 2004), se sabe que se retendrá mayoritariamente moléculas de carácter apolar y con un alto volumen molecular en este caso colorantes, fenoles o hidrocarburos aromáticos, mientras que sustancias como nitrógeno, oxígeno y agua prácticamente no son retenidas por el carbón a temperatura ambiente (Becerra-Torres *et al.*, 2014).

### **2.2.22. Beneficios del carbón activado**

El carbón activado es un adsorbente versátil ya que sus características del tamaño de poro, de forma y superficie química pueden controlarse en el proceso de producción. En la actualidad tienen múltiples usos en diferentes países, pero principalmente en, en EE.UU. suman aproximadamente un 80% del total del uso en distintos productos. En general, la adsorción sobre carbones activados es principalmente por la capacidad que posee de recuperar el adsorbato, gracias a esto es lo más utilizado por ejemplo para recuperación de solventes en el aire y en el uso en filtros de agua, permite la adsorción de impurezas. Los disolventes comunes que más se recuperan usando material carbonoso son principalmente

los solventes orgánicos derivados del benceno, alcoholes y clorados (Navarro y Vargas, 2010).

### **2.2.23. Trabajos realizados con el carbón activado**

Se han realizado diversas investigaciones sobre el uso de carbón activado como sustrato para especies agrícolas y forestales, una de estas investigaciones fue la de Herrera *et al.* (2018), en donde se produjeron biocarbones a partir de tres tipos de biomasa residual: coronta de maíz, cáscara de café y exoesqueleto de langostino, para estudio del carbón la influencia de diferentes dosis de los mismos en la germinación y crecimiento en vivero de semillas de la especie forestal *Capparis scabrida* (sapote). Se determinó que el tipo de biocarbón tuvo influencia solamente en el tiempo de germinación y la dosis de biocarbón tuvo influencia en el incremento de masa y en su densidad de parte aérea durante el crecimiento de las plántulas. El resto de parámetros evaluados no fueron afectados significativamente por el tipo ni por la dosis de biocarbón.

Couoh *et al.* (2016) aprovecharon los residuos procedentes de la actividad forestal, en este caso aserrín, siendo el objetivo principal alcanzar el máximo aprovechamiento de los residuos generados a través de su utilización como carbón activado a partir de los desechos maderables especies de katalox (*Swartzia cubensis*), caoba (*Swietenia macrophylla*), chechen (*Metopium brownei*) y chicozapote (*Manilkara zapota*). Las muestras fueron tratadas térmicamente a 480 °C para su carbonización, posteriormente fueron caracterizadas mediante Microscopía Electrónica de Barrido (SEM), mientras que la composición química fue analizada mediante Espectroscopia de Energía Dispersiva (EDS).

En la investigación de Arteaga (2013) se realizó la termo conversión del aserrín de *Acacia mangium* Willd en un material carbonoso (biocarbón) donde los mayores rendimientos se presentaron a una temperatura de 270 °C con una velocidad de calentamiento de 5 °C min<sup>-1</sup>. El biocarbón presentó propiedades de adsorción y absorción, dado a la presencia de grupos funcionales cargados negativamente en la superficie y su estructura porosa, con un alto contenido de materia orgánica y retención de humedad, y baja densidad, lo que permitió su utilización como componente activo de los sustratos, mejorando las propiedades químicas y físicas para la producción de plantas forestales en contenedores.

La especie *Talipariti elatum* (Sw.) Fryxell mostró una respuesta hídrica con desarrollo de mecanismos de ajuste osmótico y elástico en el período evaluado. Los parámetros morfológicos más favorables resultaron en los sustratos conformados por cachaza con un 20 % y 50% de biocarbón (C80 y C50), lo que evidenció que estos sustratos proporcionan las mejores características químicas y físicas requeridas para su crecimiento, con aportes nutricionales en la mayor parte del período evaluado (Arteaga, 2013).

**CAPÍTULO III**  
**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### 3.1. Localización de la investigación

El presente trabajo investigativo se realizó en la Finca Experimental “La María”, localizada en el kilómetro 7 ½ de la Vía Quevedo- El Empalme, cantón Mocache de la provincia de Los Ríos, perteneciente a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

#### 3.1.1. Características climáticas del área de estudio

En la tabla 1 se detallan las características edafoclimáticas de la zona donde se sitúa la finca experimental La María.

Tabla 1. Características climáticas del cantón Mocache.

Parámetros	Promedio
<b>Humedad (%)</b>	75,00
<b>Temperatura (°C)</b>	25,40
<b>Precipitación (mm)</b>	1587,50
<b>Heliofanía (h/luz/año)</b>	997,50
<b>Evaporación promedio anual (mm/día)</b>	3,00

Fuente: (INIAP) (2014).

### 3.2. Tipo de investigación

El proyecto de investigación fue de tipo exploratorio y de campo, debido a que las variables que se estudiaron como son el tipo de carbón, origen del carbón y cantidad de carbón activado adicionado al sustrato que influenciarán en el porcentaje germinativo, el desarrollo morfológico y supervivencia de las especies en estudio como *O. pyramidale* y *T. grandis*, fueron evaluados en correlación con los distintos sustratos de carbón activado de cascarilla de arroz, raquis de banano, madera de *T. grandis*.

### **3.3. Métodos**

#### **3.3.1. Método deductivo**

Según Pericial (2017), el método deductivo es un tipo de método científico que se caracteriza por extraer conclusiones particulares partiendo de premisas generales, estas conclusiones pueden obtenerse mediante el método científico, ya que es una forma de realizar comprobaciones que alimentan las experiencias, lo que aumenta las probabilidades de que las deducciones sean más certeras.

#### **3.3.2. Método inductivo**

Pericial (2017), expresa que la inducción se refiere al movimiento del pensamiento que va de los hechos particulares a afirmaciones de carácter general.

Generaliza los resultados y al hacer esto hay una superación, un salto en el conocimiento al no quedarnos en los hechos particulares, sino que buscamos su comprensión más profunda en síntesis racionales (hipótesis, leyes, teorías).

#### **3.3.3. Método de campo**

Esta investigación fue del tipo de campo en vivero, donde se mantuvo control permanente del desarrollo fisiológico de las especies en estudio.

#### **3.3.4. Fuentes de recopilación**

#### **3.3.5. Fuentes primarias**

Por medio de la investigación en el sitio y mediante la observación de los cambios de las variables tratadas en el estudio se pudo obtener los datos necesarios para llevar a cabo la conclusión de los resultados y además estos deben ser presentados de manera clara para las comparaciones.

### **3.3.6. Fuentes secundarias**

Consistió en la búsqueda de información pertinente a través de los diferentes medios digitales de divulgación científica, libros, periódicos, entre otros.

### **3.3.7. Diseño de investigación**

Para el análisis de la información se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA), donde se tomaron por variables a FA (Especie) y FB (Sustrato), empleando cuatro tratamientos contando el testigo, con tres repeticiones cada uno y 10 unidades experimentales por repetición.

Factor A (Especie):

E1 (*O. pyramidale*).

E2 (*T. grandis*).

Factor B (Sustrato)

CACS (carbón activado de cascarilla de arroz + tierra, relación de plantación, relación 1:4).

CARBS (carbón activado de raquis de banano + tierra de plantación, relación 1:4).

CAMS (carbón activado de madera + tierra de plantación, relación 1:4).

## **3.4. Trabajo de campo**

### **3.4.1. Preparación de materiales**

Las semillas que se utilizaron en la investigación fueron compradas en el vivero “Tubay” en el km 5 ½ vía El Empalme, a 100 m de la entrada al cantón Mocache. El sustrato (tierra de plantación) se recolectó en la finca experimental “La Represa” en una plantación de *T. grandis* con un aproximado de tres años de edad, el CACS se obtuvo a partir de cascarilla

de arroz quemada en la piladora “El Progreso”, localizada en la vía a Empalme. En el caso del sustrato denominado CARBS se obtuvo de residuos de raquis de banano obtenidos en la hacienda “La Bonita” perteneciente al grupo Noboa en el sector Desquite y el CAMS a partir de material proveniente de un raleo forestal de *T. grandis* en el Instituto Nacional de Investigación Agropecuarias (INIAP).

### 3.4.2. Preparación del Sustrato

Los sustratos se utilizaron en la presente investigación, se formularon de acuerdo a lo que establece la tabla 2. Luego de la preparación de sustrato se llenaron las fundas de polietileno hasta el borde.

Tabla 2. Tipos de sustratos a utilizarse en la investigación.

<b>Tratamiento</b>	<b>Tierra de campo (cultivo de <i>T. grandis</i>)</b>	<b>Carbón activado de cascarilla de arroz</b>	<b>Carbón activado de madera de <i>T. grandis</i></b>	<b>Carbón activado de raquis de banano</b>
CACS	75%	25%		
CAMS	75%		25%	
CARBS	75%			25%
TESTIGO	100%			

### 3.4.3. Siembra

Como proceso pregerminativo para acelerar la germinación, las semillas se sumergieron por un tiempo de 24 horas en agua.

A continuación, visualizando que la semilla se engrosa por la absorción de agua la cual ayuda a pueda germinar con mayor facilidad y que el proceso germinativo acelere y después

de revisar las semillas, se realizó la siembra en la funda de polietileno, a una profundidad de 0,5 cm.

#### **3.4.4. Riego**

El riego de las plántulas se lo realizó de forma manual a través de una regadera de plástico elaborada con material reciclado, en un intervalo de 3 días y, de acuerdo a las condiciones climáticas y la pérdida de humedad en el suelo.

#### **3.4.5. Control de Plagas**

Se lo realizó este procedimiento mediante la aplicación de agua de *Azadirachta indica* (neen) y se calentó para una mejor preparación que es un fungicida natural utilizado para tratamiento de semillas que controla aparición de hongos y bacterias.

### **3.5. Métodos de evaluación**

#### **3.5.1. Análisis de suelo**

El sustrato seleccionado corresponde a suelo del cultivo de *T. grandis* localizado en la finca “La Represa”, perteneciente a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, localizada vía a San Carlos por la entrada a Fanta. Se tomaron 5 lb de suelo del horizonte “A” localizado entre 0 a 20 cm, el cual fue trasladado al laboratorio de suelos de la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP en la ciudad de Quevedo a fin de realizar el análisis físico-químico los cuales nos fue de utilidad para conocer con qué tipo de suelo estamos trabajando y la composición del mismo.

#### **3.5.2. Variables a medir**

Se evaluaron 60 plantas por tratamiento, en la que se determinaron, la altura (en cm), análisis morfológico, sobrevivencia (%) de la planta, la capacidad germinativa, porcentaje de germinación, volumen de la raíz, fueron consideradas como variables morfológicas.

Tabla 3. Variables a evaluar para la recolección de datos.

<b>N°</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>ABREVIATURA</b>
1	Día de inicio de germinación	DIG
2	Día de máxima germinación	DMG
3	Día final de germinación	DFG
4	Porcentaje de germinación	PG
5	Porcentaje de mortalidad	PM
6	Altura de la plántula	AP
7	Diámetro del tallo	DT
8	Número de hojas	NH
9	Porcentaje de sobrevivencia turno final	PS

### **3.5.3. Porcentaje de germinación**

Mediante la siguiente fórmula se evaluó el porcentaje de germinación de los tres sustratos (Ilbay, 2012).

$$Pg = \frac{\text{Número de semillas germinadas}}{\text{Número de semillas sembradas}} \times 100$$

### **3.5.4. Variables morfológicas**

#### **3.7.4.1. Altura**

La altura de la planta se midió al inicio desde el cuello (unión entre la raíz y el tallo) hasta el ápice, esta se la realizo con ayuda de una cinta métrica esta metodología se aplicó en todas las densidades poblacionales.

### **3.7.4.2. Diámetro**

Con la ayuda de un pie de rey graduado a 1 mm se midieron las plántulas desde el cuello de la planta.

### **3.7.4.3. Hojas**

Se contaron el número de hojas y el promedio por plántula. Esta medición se realizó para medir la capacidad foliar de las plantas.

### **3.7.4.4. Tratamiento dado**

Una vez obtenido los datos, se procedió a su digitalización en el programa Excel 2016 en el cual se obtuvieron los cuadros y gráficos en primera instancia para su respectiva interpretación. A continuación, visualizando que la semilla se engrosa por la absorción de agua la cual ayuda a pueda germinar con mayor facilidad y que el proceso germinativo acelere y después de revisar las semillas, visualizando que la semilla se engrosa por la absorción de agua la cual ayuda a pueda germinar.

## **3.6. Recursos humanos y materiales**

### **3.6.1. Materiales de oficina**

- Libros
- Artículos
- Documentos electrónicos
- Internet
- Computadora
- Dispositivos de almacenamiento
- Libreta de apuntes
- Impresora
- Papel de impresión

### 3.6.2. Materiales de campo

- Pala
- Machete
- Alambre
- Clavos
- Bambú
- Plástico
- Malla
- Fundas plásticas
- Saquillo
- Calibrador
- Agua
- Flexómetro
- Sustratos: tierra la finca la represa, carbón de madera de teca, carbón de raquis de banano, carbón de cascarilla de arroz.
- Semillas de *O. pyramidale* (balsa)
- Semillas de *T. grandis* (teca)

**CAPÍTULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### 4.1.1. Influencia de los sustratos en la germinación inicial

### 4.1.2. Germinación de *O. pyramidale*

En el porcentaje de germinación de la especie *O. pyramidale* se observó que de las 30 semillas establecidas en el T1 germinó el 100%, seguido del T0 con 93% de germinación, el T2 obtuvo un 83% y el T3 presentó un 0% de germinación. Como se muestra en la figura 1, el T1 presentó los mejores resultados. Aplicando el análisis de varianza se presentaron diferencias significativas en el sustrato T3 (anexo 7), con una media de 0, lo que indica la nula germinación de este material en comparación con los otros sustratos.

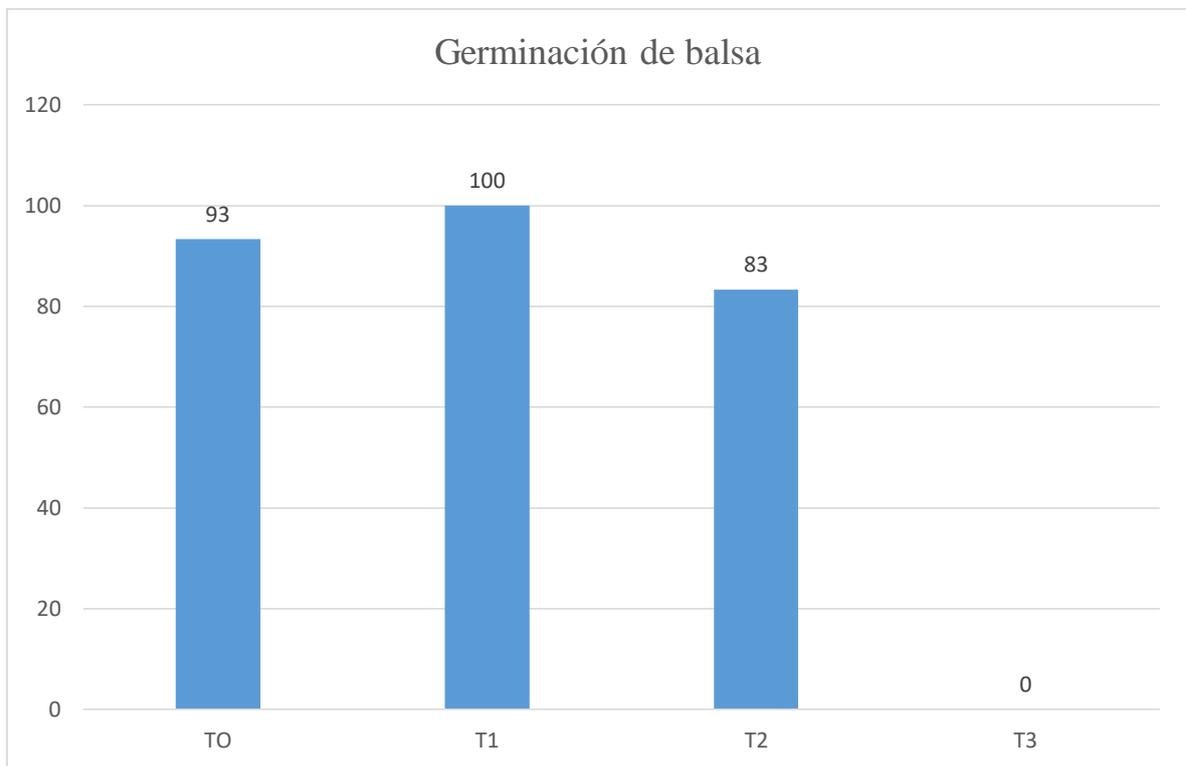


Figura 1. Porcentaje de germinación de *O. pyramidale*

La mortalidad de la semilla de *O. pyramidale* fue del 100% con el sustrato T3 donde ninguna de las 30 semillas germinó en los 45 días de investigación, el T2 obtuvo un 17% con 5 semillas no germinadas, para el T0 se obtuvieron 2 semillas no germinadas y, por último, el T1 presentó un 0% de mortalidad, como se muestra en la figura 2. Mediante el análisis de varianza el T3 sí presentó diferencias significativas con una media del 100 en comparación con los otros sustratos.

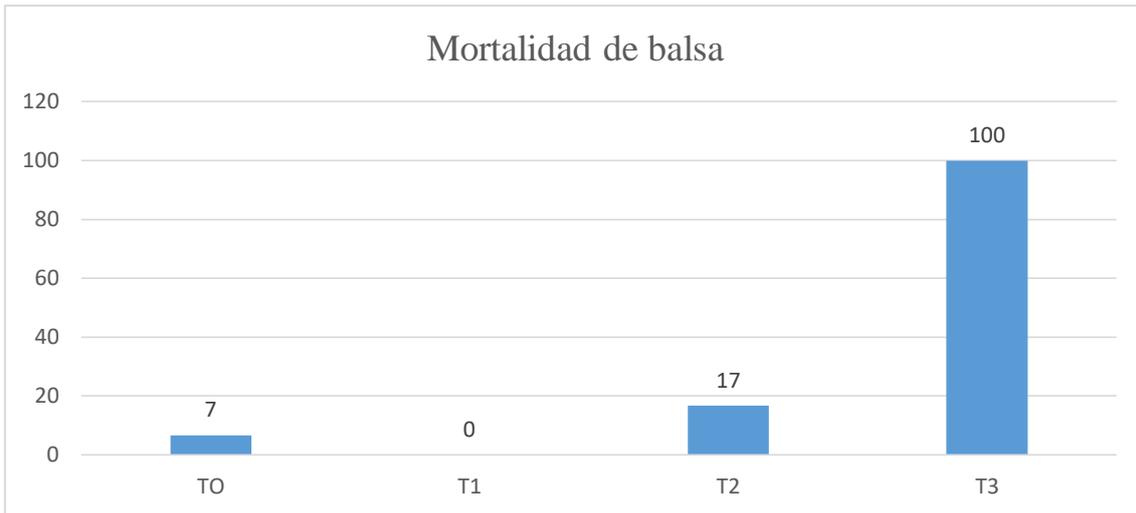


Figura 2. Porcentaje de mortalidad de *O. pyramidale*

Para la germinación inicial de *O. pyramidale* el DIG y su DMG fue el día 6 en los sustratos T0, T1 y T2 con 9, 13 y 10 semillas germinadas, para el DFG en el T0 y T1 fue a los 14 días con 1 y 2 semillas germinadas y en el caso del T2 el día 15 presentó su germinación final con 2 plántulas germinadas como se presenta en la figura 3. Aplicando el análisis de varianza en el DIG (anexo 9) no existe diferencias significativas entre los sustratos, para el DMG (anexo 10) tampoco se presentó diferencias significativas y en el DFG (anexo 11) se presentaron diferencias significativas para el T2 con una media de 14,33 y el T0 con una media de 12,67.

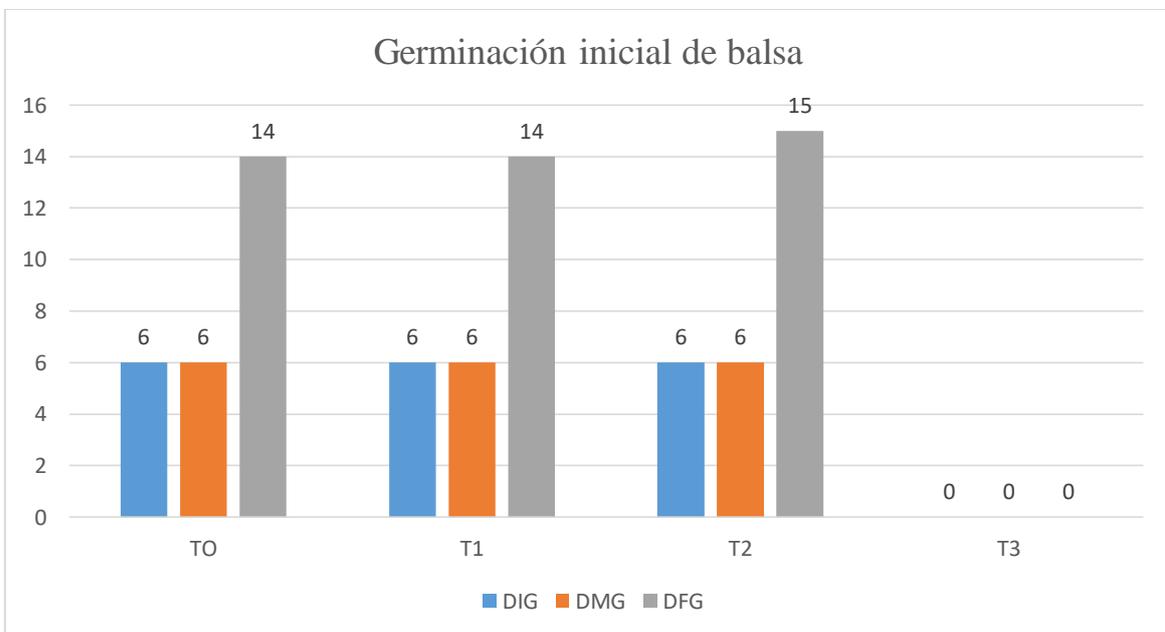


Figura 3. Germinación inicial de *O. pyramidale*

### 4.1.3. Germinación de *T. grandis*

El porcentaje de germinación de *T. grandis* en el T1 fue de un 87% con 26 semillas germinadas, seguido del T2 con 23 semillas y un 77%, el T0 presentó un 70% de germinación con 21 semillas y el T3 presentó un 0% de germinación como se demuestra en la figura 4. El análisis de varianza (anexo 12) demuestra que existen diferencias significativas en cuanto al T3 con una media de 0, para el T0 su mortalidad fue del 30% con 9 semillas no germinadas, el T2 presentó 7 semillas no germinadas lo que le otorgó un 23,33% de mortalidad y el T1 con tan solo 6 semillas no germinadas presentó un 13,33%,

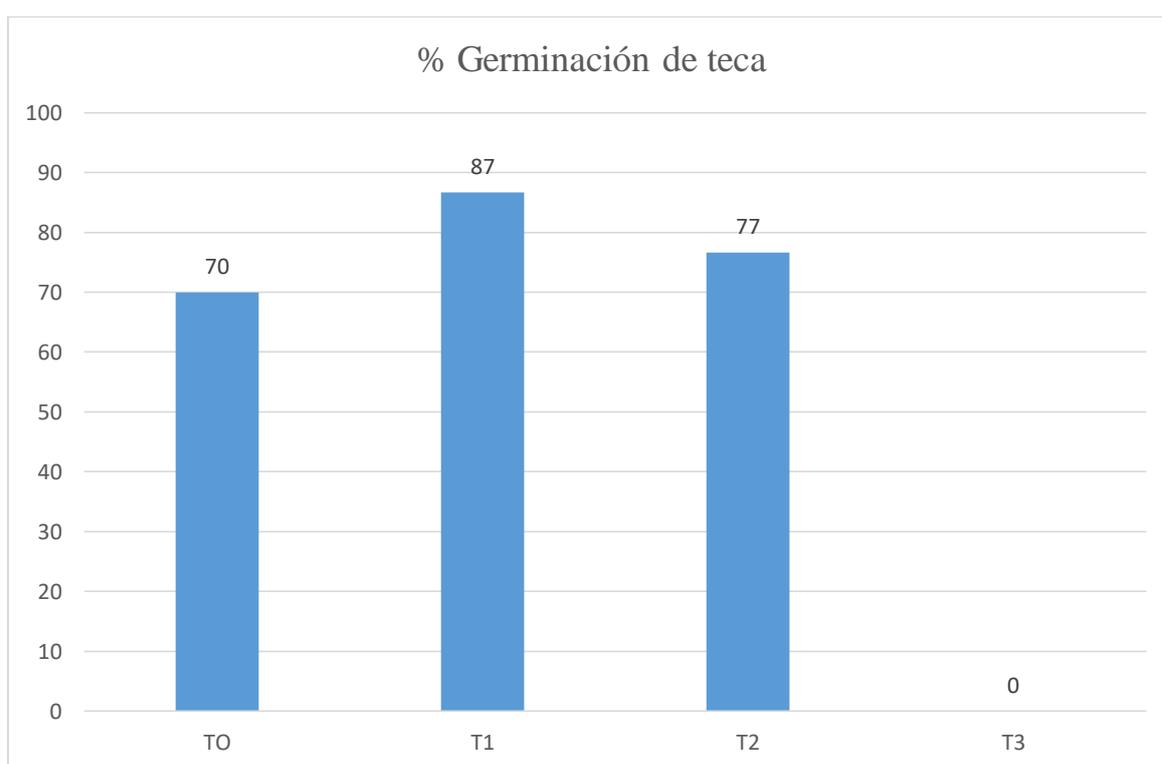


Figura 4. Porcentaje de germinación de *T. grandis*

En la mortalidad de las semillas de *T. grandis* con los diferentes sustratos se obtuvo que el T3 presentó un 100% de mortalidad con sus 30 semillas no germinadas, para el T0 su mortalidad fue del 30% con 9 semillas no germinadas, el T2 presentó 7 semillas no germinadas lo que le otorgó un 23,33% de mortalidad y el T1 con tan solo 6 semillas no germinadas presentó un 13,33%, como se detalla en la figura 5. Aplicando el análisis de varianza (anexo 13) se encontró diferencias significativas en el T3 en comparación con los otros sustratos con una media de 100.

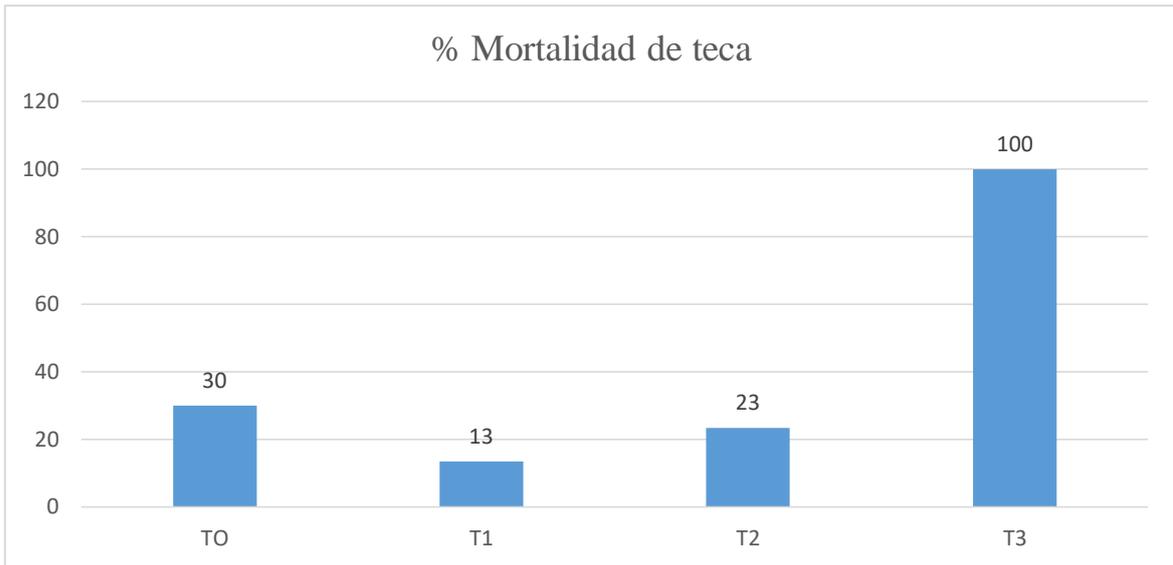


Figura 5. Porcentaje de mortalidad de *T. grandis*.

Para la germinación inicial de *T. grandis* el DIG fue el día 15 en el T0 con 2 plántulas, seguido del T1 y T2 en el día 14 con 7 y 1 plántula respectivamente, para el DMG se mantiene en el T1 siendo el día 14 con 7 plántulas y en el caso del T0 y T2 fue el día 20 con 7 y 9 plántulas que es el mismo del DFG, a esto se añade que el T1 también presentó su DFG el día 20 como se observa en la figura 6. Aplicando el análisis de varianza se determinó que no existieron diferencias significativas en ninguna variable aplicada.

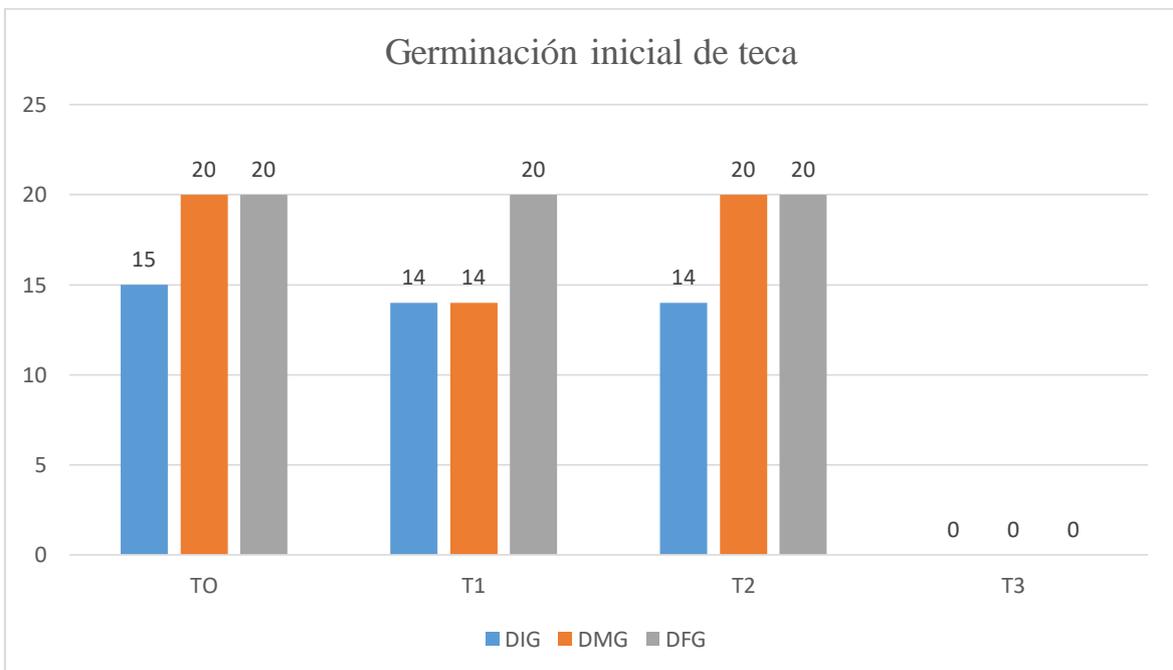


Figura 6. Germinación inicial de *T. grandis*.

#### 4.1.4. Desarrollo de las variables morfológicas con los sustratos

#### 4.1.5. Desarrollo morfológico de altura

Para la especie *O. pyramidale* el sustrato que obtuvo los mejores resultados fue el T1 durante los 45 días de la toma de datos, obteniendo un promedio de 1,17 cm de alto a los 15 días, un 2,48 cm de alto a los 30 días y 6,84 a los 45 días dejando por debajo al T0 y el T2 que lograron 2,22 cm de largo y 1,78 cm de largo a los 45 días como se demuestra en la figura 7. Aplicando el análisis de varianza en esta variable se presentó diferencias significativas (anexo 17), el mejor promedio fue el T1 con una media de 3,67 cm.

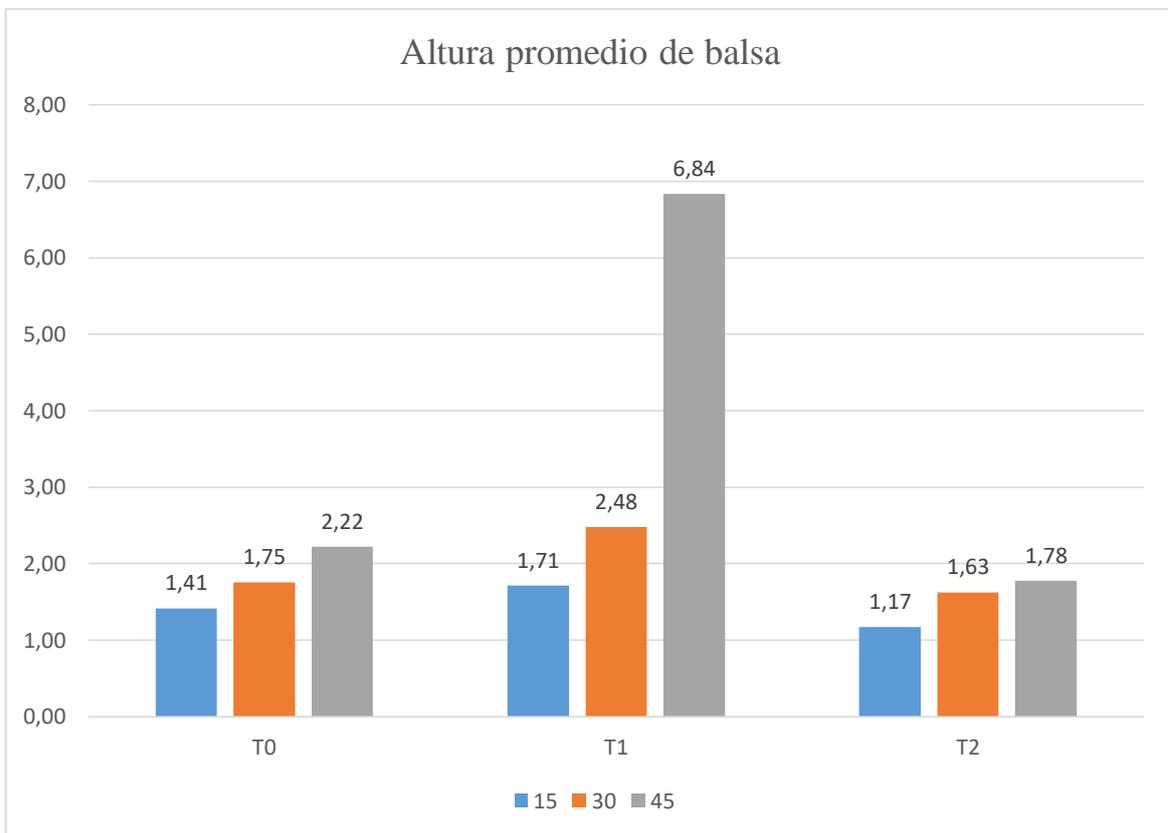


Figura 7. Altura promedio de *O. pyramidale*

En el caso de la especie *T. grandis* para la variable altura a los 15 días se presentó su mejor resultado en el T2 con 1 cm de alto, mientras que a los 30 y 45 días el T1 demostró mayor incremento con 3,45 cm de alto y 5,56 cm de alto respectivamente como se evidencia en la figura 8. Aplicando el análisis de varianza (anexo 20) no existieron diferencias significativas entre los sustratos.

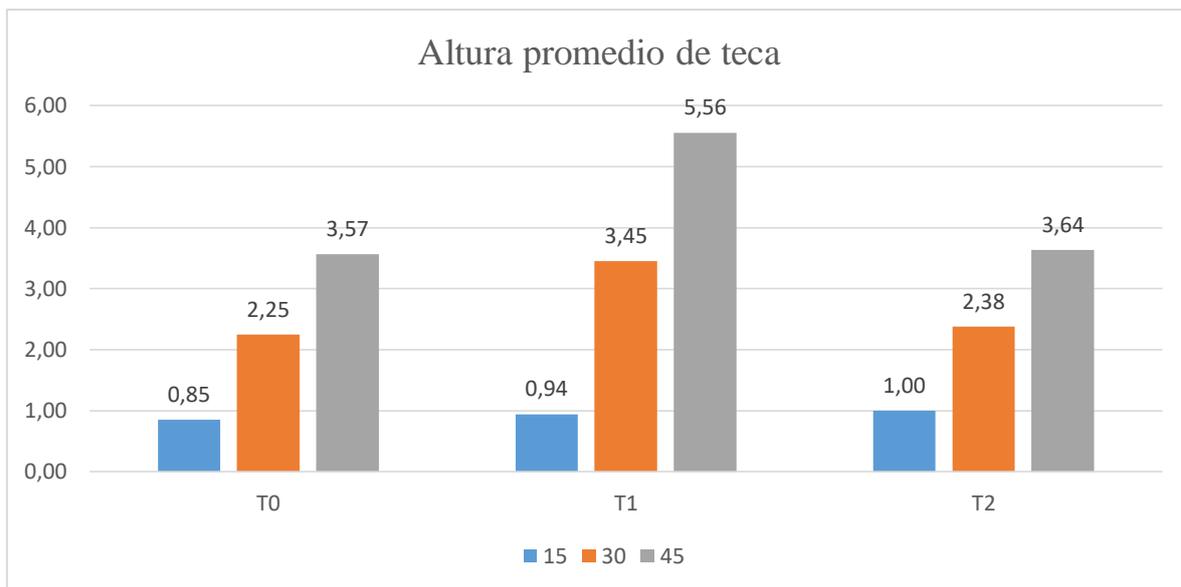


Figura 8. Altura promedio de *T. grandis*

#### 4.1.6. Variable morfológica de diámetro

En la especie *O. pyramidale* el diámetro promedio a los 15 días se mantuvo constante en los sustratos T0, T1 y T2 con 1 mm, ya para el día 30 en el sustrato T1 se incrementó en 1,66 mm y a los 45 días ya existía un diámetro promedio de 3 mm en el sustrato T1 mientras que los otros sustratos se quedaron por debajo de 2 mm, como se demuestra en la figura 9. Aplicando el análisis de varianza (anexo 21) no se presentaron diferencias significativas entre los sustratos.

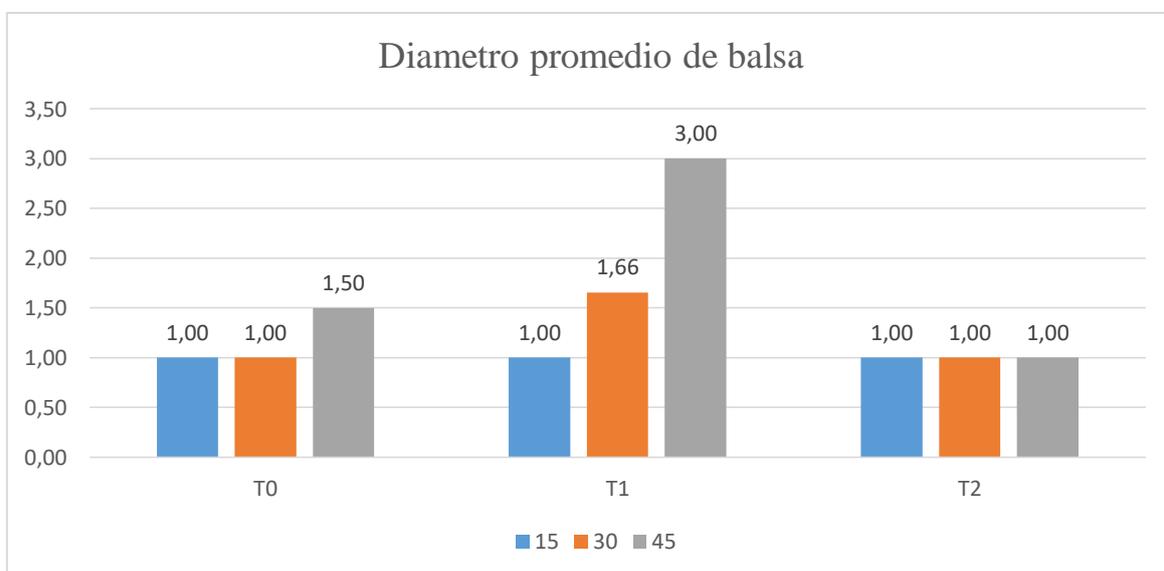


Figura 9. Diámetro promedio de *O. pyramidale*

Para la especie *T. grandis* los diámetros promedio se mantienen iguales en los sustratos T0, T1 y T3 a los 15 días con 1 mm, ya a los 30 días el T1 presentó un incremento y pasó a 1,50 mm y para los 45 días el T0 se incrementó en un 100% llegando a igualar al T1 ya que los dos presentaron un diámetro promedio de 2 mm y el T2 se quedó en 1,50 mm, como se observa en la figura 10. Aplicando el análisis de varianza (anexo 21) no existieron diferencias significativas entre los sustratos.

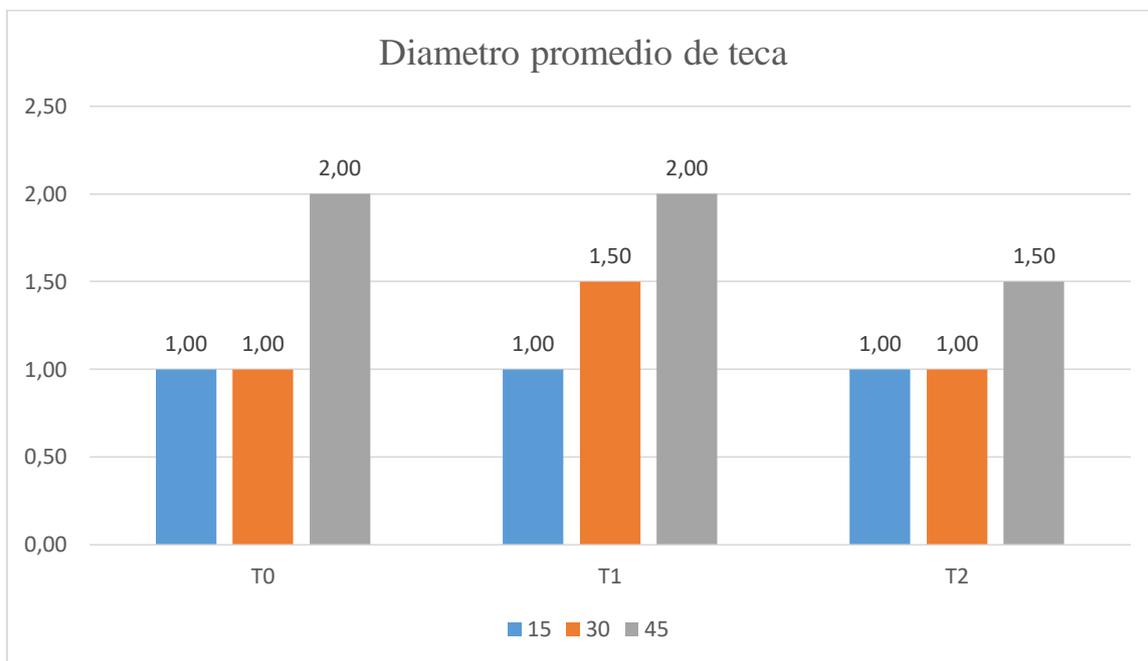


Figura 10. Diámetro promedio de *T. grandis*

#### 4.1.7. Variables morfológicas de número de hojas

En el número de hojas para la especie *O. pyramidale* los resultados señalan que el T1 obtuvo un incremento homogéneo pasando de 4 hojas a los 15 días, 5 hojas a los 30 días y llegar a las 6 hojas a los 45 días, por otro lado, el T0 y el T1 pasaron de 3 hojas a los 15 días a 4 hojas promedio en los 30 y sin incrementarse a los 45 días, como se demuestra en la figura 11.

Aplicando el análisis de varianza (anexo 22) no se presentaron diferencias significativas, T1 presentó un incremento y pasó a 1,50 mm y para los 45 días el T0 se incrementó en un 100% llegando a igualar al T1 ya que los dos presentaron un diámetro promedio de 2 mm y el T2 se quedó en 1,50 mm

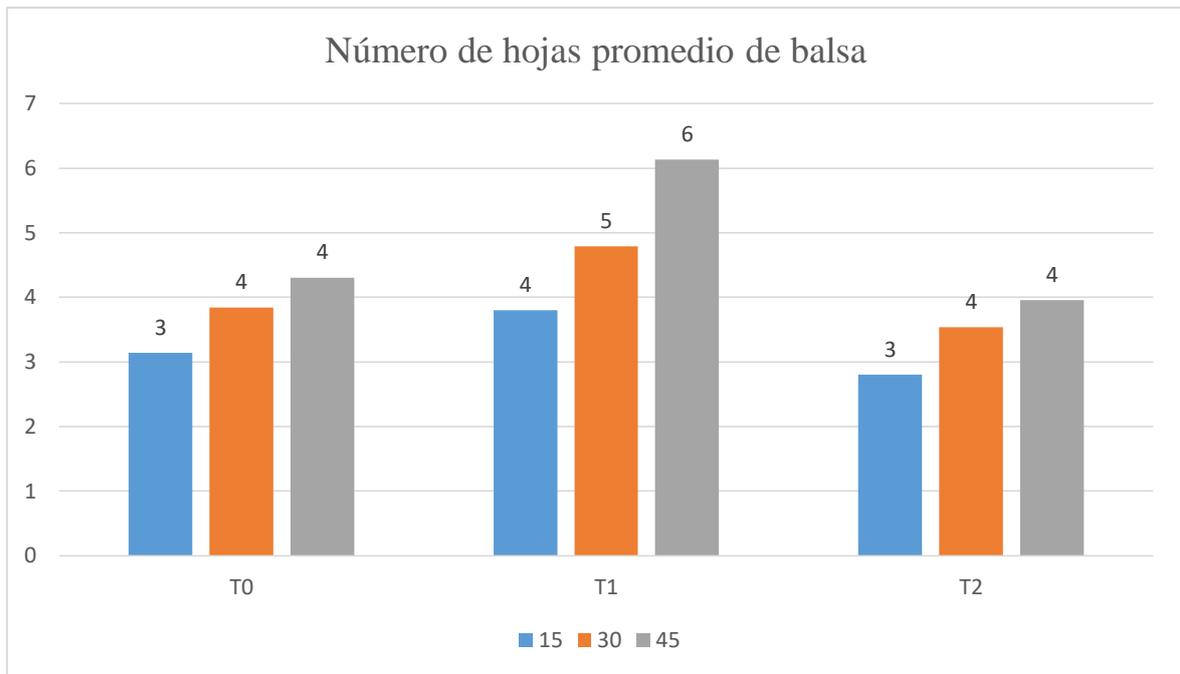


Figura 11. Número de hojas promedio de *O. pyramidale*

En *T. grandis*, el número promedio de hojas presentó una igualdad en los 3 sustratos experimentales, pasando de 2 mm a los 15 días, 4 mm a los 30 días y los 6 mm a los 45 días, es decir, se mantuvo constante como se demuestra en la figura 12. Aplicando el análisis de varianza (anexo 22) no existieron diferencias significativas entre los sustratos.

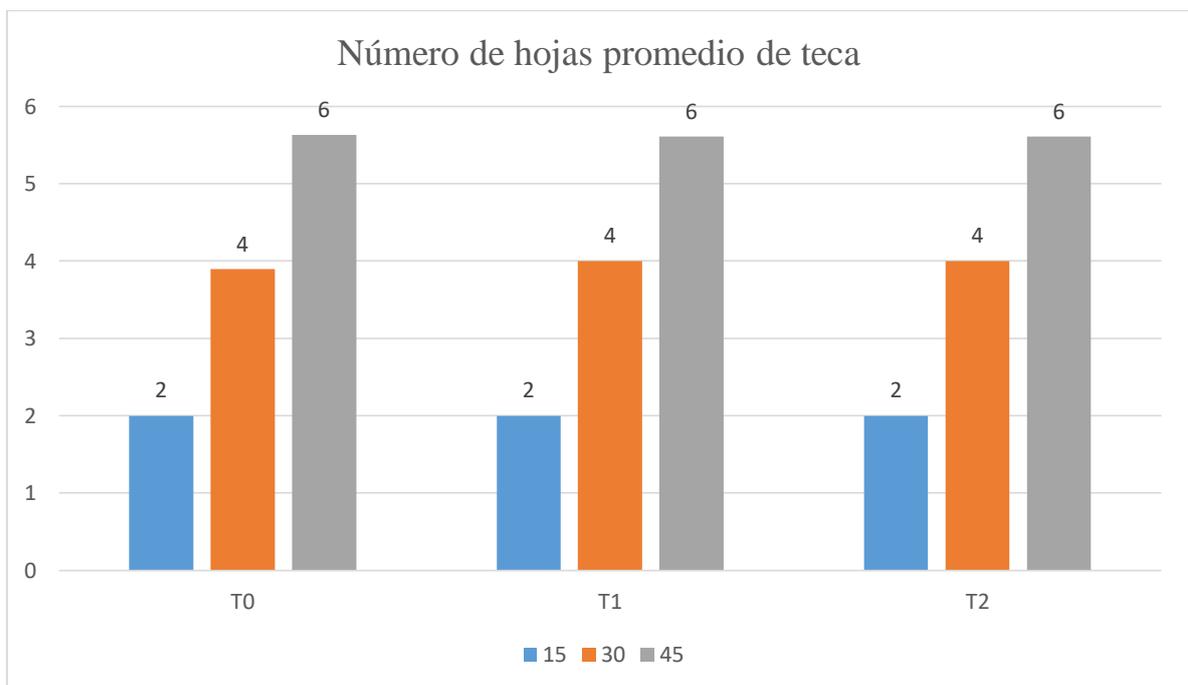


Figura 12. Número de hojas promedio de *T. grandis*

## 4.2. Influencia de los sustratos en sobrevivencia

La sobrevivencia de la especie *O. pyramidale* se mantuvo por encima del 90%, siendo el T1 con 97% que obtuvo el índice más alto con 29 plántulas, el T2 con 24 plántulas al turno final y esto representa el 96%, por último, el T0 con 26 plántulas mantenidas dio un 93% de sobrevivencia, como lo demuestra la figura 13. Aplicando el análisis de varianza (anexo23) no se encontraron diferencias significativas entre los sustratos.

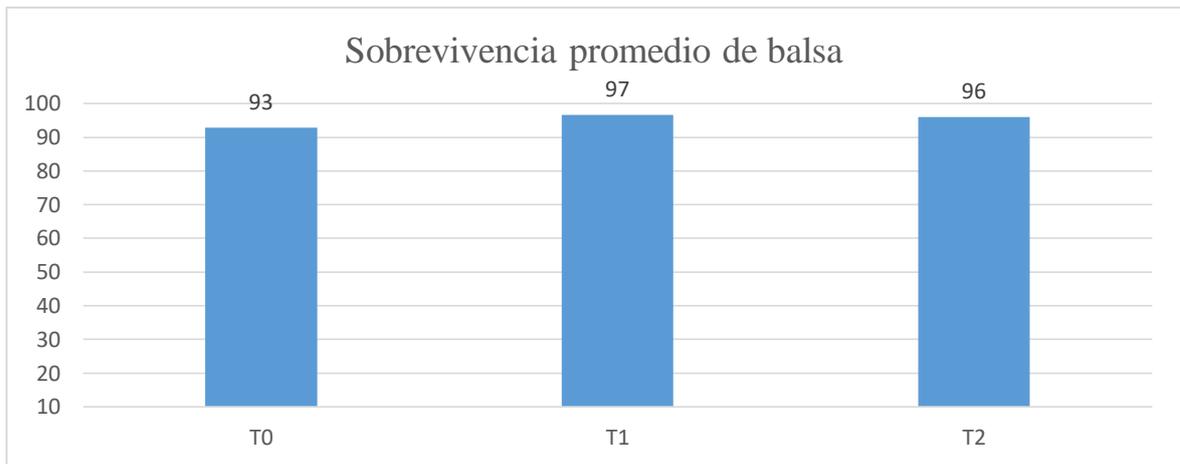


Figura 13. Sobrevivencia promedio de *O. pyramidale*

En cuanto a la sobrevivencia de la especie *T. grandis* hasta los 45 días se mantuvo con un 92% el T1 con 24 plántulas vivas, seguido del T0 con 19 lo que representa el 90% y, por último, el T2 presentó un 78% de sobrevivencia con 18 plántulas vivas como se señala en la figura 14. Aplicando el análisis de varianza (anexo 24) no existieron diferencias significativas entre los sustratos.

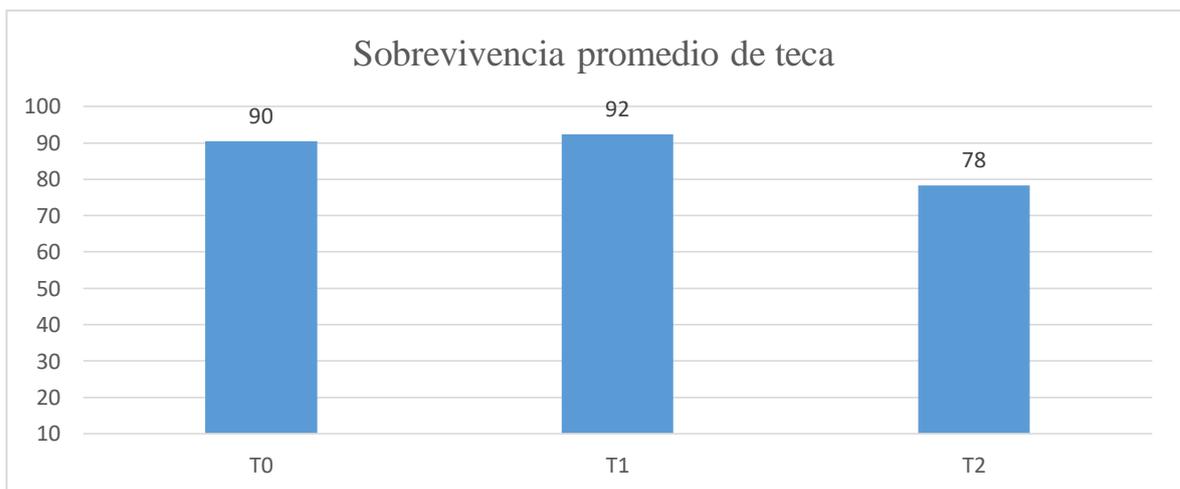


Figura 14. Sobrevivencia promedio de *T. grandis*

### 4.3. Discusión

Al aplicar carbón activado se puede acelerar o mantener el proceso de germinación, según Villacis (2019) encontró que el día 14 es el tiempo óptimo para la fase de crecimiento en bolsa para la especie *T. grandis* esto concuerda con los resultados obtenidos puesto que en el T1 y T2 el inicio de la germinación fue a partir del día 14, mientras que para el T0 fue el día 15 con 2 plántulas, y confirma lo indicado por Vaca *et al.* (2018) donde se aplicó carbón activado en tejido de *Citrus limon* y se mejoraron las condiciones de germinación y brotación.

En el estudio de Pedroza *et al.* (2010), determinaron que el efecto de la interacción de carbón activado con AIS es positivo sobre la tasa de crecimiento para el desarrollo de los protocormos, lo cual afirma la importancia del uso del carbón activado como medio de propagación.

En este estudio el T1 obtuvo los mejores resultados numéricos en cuanto a las variables morfológicas de altura en ambas especies con 6,84 cm en *O. pyramidale* y 5,56 cm en *T. grandis*. Esto concuerda con Arteaga (2013), que evidenció que los sustratos conformados por cachaza y biocarbón proporcionan las mejores características químicas y físicas requeridas para su crecimiento.

En las pantas de tomate al utilizarse con carbón activado y biochar en una investigación de Balta (2019), se llegó a la conclusión de que el carbón activado no registra diferencias con respecto al testigo, esto concuerda con la investigación de las variables morfológicas de altura, diámetro y número de foliolos en *O. pyramidale* y *T. grandis* donde ningún sustrato obtuvo una diferencia entre sí o en comparación con el testigo.

Según Amparán (2007), los carbones aumentan el pH y la retención de agua, lo que coincide con la investigación pues el testigo tenía un pH inicial de 6 y al ser mezclado con cascarilla de arroz el pH aumentó a 10,0 volviéndolo alcalino, en raquis de banano obtuvo un 9,9 es decir, medio alcalino y en madera un 8,3 volviéndose un ligeramente alcalino.

En el T3 tanto como para *O. pyramidale* y para *T. grandis* no se obtuvo germinación, en los

45 días de campo se observó que las semillas colocadas en cada funda comenzaron a pudrirse, según los estudios realizados a los sustratos por su alto contenido de potasio el T3 presentó un 10.25%, en el T1 0,75% y en el T2 0,27%.

**CAPÍTULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1. Conclusiones

El porcentaje de germinación en la especie *O. pyramidale* obtuvo los mejores promedios en el T1 con un 100% de germinación y 0% de mortalidad, para la especie *T. grandis* el T1 también presentó los mejores resultados con un 87% de germinación y 13% de mortalidad.

En las variables morfológicas para la especie *O. pyramidale*, los mejores resultados se obtuvieron en el T1 al ser comparados con otros sustratos, siendo la altura promedio máxima de 6,84 cm, diámetro de 3,00 mm y un número de hojas de 6. En *T. grandis* la mayor altura se obtuvo en el T1 con una altura promedio de 5,56 cm, diámetro de 2 mm y 6 número de hojas.

El porcentaje de sobrevivencia en la especie *O. pyramidale* fue representada por el T1 con 97% y en *T. grandis* el T1 mostró un 92% de sobrevivencia.

## **5.2. Recomendaciones**

Se puede sugerir que se continúen con los estudios de germinación de semillas utilizando otros sustratos provenientes de residuos de cosecha.

Los residuos de cosecha pueden contribuir al desarrollo de las plántulas forestales, por lo cual, se puede variar en diferentes concentraciones aplicando el sustrato T1 (cascarilla de arroz) para poner determinar la relación adecuada para obtener las plántulas de mejor calidad.

Para mantener el número de plántulas germinadas hasta el turno final se debe utilizar técnicas de vivero que contribuyan a mantenerlas como fertilizantes y pesticidas orgánicos.

**CAPÍTULO VI**  
**BIBLIOGRAFÍA**

## 6.1. Bibliografía

- Acquah, F. (2011). Guía pedagógica sobre la recolección de semillas forestales  
file:///C:/Users/PC-HP/Documents/TESIS/tesiss/documentos para la tesis/tasa de germinacion.pdf., 37-39.
- Aguayo, J. (2012). Determinación del volumen de *Tectona grandis* L.F (Teca), utilizando distintos tamaños y formas de unidades de muestreo, en el recinto San Mateo, cantón Esmeraldas, provincia de Esmeraldas. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Aguirre, Z. (2013). Especies forestales más aprovechadas en la región sur del Ecuador 53 (9):.
- Alvarado, M. Solano, J. (2002). Producción de sustratos para viveros. OIRSA. Costa Rica.
- Amparán, A. (2007). Modificación con hierro de carbón activado para remover As en agua. 54 de 94 p.
- Añazco, M., Morales, M., Palacios, W., Vega, E., Cuesta, A. (2010). Sector Forestal Ecuatoriano: Propuesta para una gestión sostenible. Programa Regional 67-70
- Arauz, R. (2019). Criterios para el manejo de la fertilización en plantas de *Eucalyptus globulus* L. en condiciones de vivero en el cantón San Miguel de Urucuquí, hacienda pisangacho, provincia de Imbabura, año 2019. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Arteaga, Y. (2013). Termoconversión del aserrín de *Acacia mangium* Willd en biocarbón para acondicionador de sustratos en la producción de plántulas *Talipariti elatum* (Sw.) Fryxell [Tesis]. Universidad de Pinar del Río “Hermanos Saíz Montes de Oca”.
- Becerra-Torres, S., Soria-Fregozo, C., Jaramillo-Juárez, F., Moreno-Hernández-duque, J. . . (2014). Trastornos a la salud inducidos por cromo y el uso de antioxidantes en su prevención o tratamiento. *Journal of Pharmacy and Pharmacognosy Research*, 2(2), 19-30.
- Campillo, C. (2012). Germinación y manejo de especies foréstaes tropicales. *Forestales Tropicales*, 1(1), 187.
- Carriazo, J., Saavedra, M., Molina, M. (2010). Propiedades adsorbtivas de un carbón activado y determinación de la ecuación de Langmuir empleando materiales de bajo costo. *Educación Química*, 21(3), 224-229. [https://doi.org/10.1016/s0187-893x\(18\)30087-9](https://doi.org/10.1016/s0187-893x(18)30087-9)
- Castro, J. Suárez, C. (2002). Anatomía de *Ochroma la gopus* (Balsa) en diferentes edades y períodos secos y lluviosos y el efecto de agentes externos. Universidad Técnica Estatal

- de Quevedo.
- Cedeño, L. (2014). Cadena de custodia de la *Tectona grandis* L.F. (Teca) en plantaciones forestales. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Chuquirima, M. (2013). Unidad De Estudios a Distancia. Universidad de Babahoyo, Tesis, 84.
- Couoh, A., Flores, L., Gliserio, B., Guevara, J., Bojórquez, I. (2016). Aprovechamiento de los residuos maderables de la actividad forestal, estudio de caso: Maderas de la Zona Maya de Quintana Roo SA DE CV. Los Residuos Sólidos.
- Díaz, G., Torres, E., Álava, S., González, B., Cruz, N. (2010). Análisis de la producción de viveros y de la comercialización de plántulas en el área de influencia del cantón Quevedo, provincia de Los Ríos para el establecimiento de plantaciones de teca (*Tectona grandis* L.F.) *Ciencia y Tecnología*, 3(2), 13-20.
- Ecuador Forestal. (2012). Ficha Técnica N° 7: BALSAS.
- Espinoza, D. (2019). Aplicación de carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz como filtro purificador de agua. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo, Ecuador. 25 p.
- FAO. (2010). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. Informe Nacional México. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
- FAO y AfrizaSeeds. (2019). Materiales para capacitación en semillas. En Organización Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y AfricaSeeds.
- Fonseca, W. (2003). Manual para productores de teca (*Tectona grandis* L. f) en Costa Rica Heredia, 1-117.
- Francis, J. (1991). Bombacaceae Familia de las bombaxes. América, 371-376.
- Galarza, G. (2009). Unidad Académica de Ciencias Administrativas y Tesis de Grado. Plan de inversión para el establecimiento de 300 hectáreas de Balsa (*Ochroma pyramidale*), con fines comerciales en la parroquia La Unión, del cantón Jipijapa., 143.
- Garro, J., Sie, D. (2017). El suelo y los abonos orgánicos. Sector Agro Alimentario, 182.
- González, B., Cervantes, X., Torres, E., Sánchez, C., Simba, L. (2010). Caracterización del cultivo de balsa (*Ochroma pyramidale*) en la provincia de Los Ríos - Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 3(2), 7-11.
- Gutiérrez, A., Valencia, H. (2006). Plan De Manejo Ambiental Arenera El Vinculo Expediente Car N° 2334 2006 88-142.
- Herrera, E., Feijoo, C., Alfaro, R., Solís, J., Gómez, M., Keiski, R., Cruz, G. (2018). Biochar based on residual biomasses and its influence over seedling emergence and growth in

- vivarium of *Capparis scabrida* (Sapote). *Scientia Agropecuaria*, 9(4), 569-577.  
<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.13>
- Hirozumi, K. (2014). Guía técnica de vivero forestal. Proyecto de Desarrollo Rural Integral Sostenible en la Provincia de Chimborazo, 21.
- INIAP. (2012). Situación de los recursos genéticos forestales: Informe país: Ecuador.
- INIAP. (2014). *Condiciones agrometeorológicas*. Quevedo: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
- Irigoyen, J. Vela, M. (2005). Guía técnica de semilleros y viveros frutales - El Salvador.
- Jiménez, E., García, L., Carranza, M., Carranza, H., Morante, J., Martínez, M., Cuásquer, J. (2017). Germination and growth of *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. in Ecuador *Ciencia Agropecuaria*,8(3), 243-250.  
<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.03.07>
- Jiménez, F. (2015). Parquet e industrias generales. Hojas divulgadoras, 6, 1-36.
- Kevin, E., Santiago, B. (2003). Foresta Veracruzana Recursos Genéticos Forestales
- Loja, A. Solano, C. (2015). Caracterización dendrológica de las especies forestales más aprovechadas en la región sur del Ecuador. 147.
- Lozano, R., Orellana, Z. (2013). Unidad Académica De Ciencias Administrativas Y Proyecto De Grado Previo a La Obtención Del Título De: Ingeniero En Contaduría Pública Y Auditoría - Cpa Título Del Proyecto: " Estudio De Factibilidad Para La Instalación De Una Fábrica De Plástico Dedicad.
- Magnet, P., Generator, S. (2017). Pàg. 1. 1-108.
- Mejia, D. (2004). Sorption of a phenol's mixture in aqueous solution with activated carbon [Tesis, Instituto Tecnológico de Toluca].  
[http://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig\\_q=RN:36016191](http://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:36016191)
- MINAGRO, A. M. & V. G. (2009). Manual de Vivero.
- Miranda, D., Fischer, G., Carranza, C., Magnitskiy, S., Casierra, F., Piedrahita, W., Florez, L. (2009). Cultivo poscosecha y comercialización de pasifloráceas en Colombia. En Sociedad Colombiana de ciencias hortícolas (Vol. 53, Número 9).
- Mora, R. (2011). Valoración económica de las plantaciones de teca (*tectona grandis*) y balsa (*ochroma pyramidale*) en tres cantones del Litoral Ecuatoriano. 76.
- Navarro, P., Vargas, C. (2010). Efecto de las propiedades físicas del carbón activado en la adsorción de oro desde medio cianuro. *Revista de Metalurgia (Madrid)*, 46(3), 227-239.  
<https://doi.org/10.3989/revmetalm.0929>
- Ortiz, H. (2012). Universidad Técnica Estatal de Quevedo Unidad de Admisión y

Nivelación. 2-3.

- Paillacho C. D. (2010). Evaluación del crecimiento inicial de *Eucalyptus urograndis*, *Gmelina arborea* Roxb Y *Ochroma pyramidale* Cav. bajo la aplicación de cuatro dosis de potasio en la hacienda Zoila Luz del cantón Santo Domingo. Escuela Politécnica del Ejército.
- Pastor, J. (2000). Use of Growing Mediums in the Nursery Production. *Terra Latinoamericana*, 17(3), 231-235. <http://www.redalyc.org/pdf/573/57317307.pdf>
- Pérez, W. V. (2014). Proyecto De Factibilidad Técnica, Económica Y Financiera Del Cultivo De Ostra Del Pacífico En La Parroquia Manglaralto, Cantón Santa Elena, Provincia De Santa Elena. Tesis, 121.
- Pericial, E. L. M. (2017). El Método Científico (I) Generalidades. I.
- Quiroz, I., García, E., González, M., Chung, P., & Soto, H. (2009). Vivero forestal: Producción de plantas natias a raíz cubierta. *INFOR Sede Bío-Bío*, 128.
- Rengifo, G. (2014). Universidad Nacional Agraria De La Selva. *Facultad De Zootecnia*, 96.
- Rodríguez, F., Molina, M. (2001). El carbón activado en procesos de descontaminación. Departamento de Química Inorgánica. Universidad de Alicante. España.
- Rodríguez Laguna, R. (2010). Manual de prácticas de viveros forestales. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 1.
- Rodríguez, M. L. (2013). Acerca de la investigación bibliográfica y documental. En Guía de Tesis (p. 3).
- Rouquerol, J., Rouquerol, F., Llewellyn, P., Maurin, G., & Sing, K. S. W. (2013). Adsorption by powders and porous solids: principles, methodology and applications. Academic press.
- Sevilla, U. de. (2011). Manual Del Carbón Activo. Aula.Aguapedia. Org, 1-89. [http://aula.aguapedia.org/pluginfile.php/10339/mod\\_resource/content/1/CARBoN ACTIVO DEFINITIVO tar.pdf](http://aula.aguapedia.org/pluginfile.php/10339/mod_resource/content/1/CARBoN ACTIVO DEFINITIVO tar.pdf)
- Ures, P., Jácome, A., & Suárez, J. (2014). Adsorción en Carbón Activado. *Inditex*, 25. <https://www.wateractionplan.com/documents/177327/558161/Adsorción+en+carbón+activo.pdf/29bfa658-fbd1-c98b-1606-8eb1252fc1b9>
- Viera Campaña, L. P. (2020). Evaluación de la fase de germinación in vitro en Balsa *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. Universidad Estatal Amazónica.
- William, L. (2012). Guía para la manipulación de semillas forestales. En Estudio Fao Montes.
- Zambrano Monserrate, A. J. (2017). Incidencia y severidad de *Coptoborus ochromactonus*

en plantaciones de balsa *Ochroma pyramidale* (Cax. Ex Lam) y alternativas biológicas para su manejo. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Zamora. (2002). Evaluación técnica y económica de cuatro programas de fertilización y dos sustratos en cultivo de melón (*Cucumis meló*) bajo macrotúnel en " Zamorano.

**CAPÍTULO VII**  
**ANEXOS**

## Anexo 1. Análisis de los sustratos.

 <b>ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"</b> <b>LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS</b> Km 5 Carretera Quevedo – El Empalme Mocache – Ecuador Teléfono: 2783044 Ext. 201													
Nombre del Propietario :	RODRIGUEZ ESTRADA ANGEL FABRICIO	Telf	0983394638	Reporte N° :	8817								
Nombre de la Propiedad :	S/N	Cultivo:	Abono	Fecha de muestreo :	01-10-2021								
Localización :	Quevedo	Los Ríos		Fecha de ingreso:	04-10-2021								
	Parroquia	Cantón	Provincia	Fecha salida resultados:	20/10/2021								

**RESULTADOS E INTERPRETACION DE ANÁLISIS ESPECIAL DE ABONOS ORGÁNICOS**

Número de Laboratorio	Identificación de las Muestras	pH	Concentración %						ppm				
			N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu	Fe	Mn
77266	Cascarilla de Arroz	10.0	0.5	0.39	0.75	1.46	0.25						
77267	Madera	8.3	0.4	0.33	0.27	1.42	0.20						
77268	Raquis de Banano	9.9	0.5	0.33	10.25	1.55	0.39						

Observaciones: .....

## Anexo 2. Riego de las semillas.



Anexo 3. Recolección de datos, midiendo la altura



Anexo 4. Recolección de raquis de banano



Anexo 5. Madera de teca para su carbonización



Anexo 6. Cascarilla de arroz para su carbonización



Anexo 7. Análisis de varianza de la variable germinación de *O. pyramidale*

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
GERMINACIÓN	12	0.97	0.96	11.80

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	19558.33	3	6519.44	97.79	<0.0001
SUSTRATO	19558.33	3	6519.44	97.79	<0.0001
Error	533.33	8	66.67		
Total	20091.67	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=21.34901

Error: 66.6667 gl: 8

SUSTRATO	Medias	n	E.E.	
T1	100.00	3	4.71	A
T0	93.33	3	4.71	A
T2	83.33	3	4.71	A
T3	0.00	3	4.71	B

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

Anexo 8. Análisis de varianza de la variable mortalidad de *O. pyramidale*

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
MORTALIDAD	12	0.98	0.98	20.94

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	19558.33	3	6519.44	156.47	<0.0001
SUSTRATO	19558.33	3	6519.44	156.47	<0.0001
Error	333.33	8	41.67		
Total	19891.67	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=16.87788

Error: 41.6667 gl: 8

SUSTRATO	Medias	n	E.E.	
T3	100.00	3	3.73	A
T2	16.67	3	3.73	B
T0	6.67	3	3.73	B
T1	0.00	3	3.73	B

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

Anexo 9. Análisis de varianza de la variable DIG de *O. pyramidale*

DIG

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
DIG	9	0.00	0.00	9.12

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.00	2	0.00	0.00	>0.9999
SUSTRATO	0.00	2	0.00	0.00	>0.9999
Error	2.00	6	0.33		
Total	2.00	8			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.44640

Error: 0.3333 gl: 6

SUSTRATO	Medias	n	E.E.
T2	6.33	3	0.33 A
T1	6.33	3	0.33 A
T0	6.33	3	0.33 A

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

Anexo 10. Análisis de varianza de la variable DMG de *O. pyramidale*

DMG

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
DMG	9	0.61	0.48	18.77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11.56	2	5.78	4.73	0.0585
SUSTRATO	11.56	2	5.78	4.73	0.0585
Error	7.33	6	1.22		
Total	18.89	8			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.76964

Error: 1.2222 gl: 6

SUSTRATO	Medias	n	E.E.
T2	7.00	3	0.64 A
T0	6.33	3	0.64 A
T1	4.33	3	0.64 A

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

Anexo 11. Análisis de varianza de la variable DFG de *O. pyramidale*

DFG

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
DFG	9	0.68	0.57	4.26

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4.22	2	2.11	6.33	0.0332
SUSTRATO	4.22	2	2.11	6.33	0.0332
Error	2.00	6	0.33		
Total	6.22	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.44640

Error: 0.3333 gl: 6

SUSTRATO	Medias	n	E.E.	
T2	14.33	3	0.33	A
T1	13.67	3	0.33	A B
T0	12.67	3	0.33	B

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

Anexo 12. Análisis de varianza de la variable germinación de *T. grandis*

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
GERMINACIÓN	12	0.98	0.97	11.07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	14033.33	3	4677.78	112.27	<0.0001
SUSTRATO	14033.33	3	4677.78	112.27	<0.0001
Error	333.33	8	41.67		
Total	14366.67	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=16.87788

Error: 41.6667 gl: 8

SUSTRATO	Medias	n	E.E.	
T1	86.67	3	3.73	A
T2	76.67	3	3.73	A
T0	70.00	3	3.73	A
T3	0.00	3	3.73	B

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

Anexo 13. Análisis de varianza de la variable mortalidad de *T. grandis*

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
MORTALIDAD	12	0.98	0.97	15.49

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	14033.33	3	4677.78	112.27	<0.0001
SUSTRATO	14033.33	3	4677.78	112.27	<0.0001
Error	333.33	8	41.67		
Total	14366.67	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=16.87788

Error: 41.6667 gl: 8

SUSTRATO	Medias	n	E.E.	
T3	100.00	3	3.73	A
T0	30.00	3	3.73	B
T2	23.33	3	3.73	B
T1	13.33	3	3.73	B

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

Anexo 14. Análisis de varianza de la variable DIG de *T. grandis*

DIG

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
DIG	9	0.52	0.36	4.51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.89	2	1.44	3.25	0.1106
SUSTRATO	2.89	2	1.44	3.25	0.1106
Error	2.67	6	0.44		
Total	5.56	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.67016

Error: 0.4444 gl: 6

SUSTRATO	Medias	n	E.E.	
T0	15.33	3	0.38	A
T2	15.00	3	0.38	A
T1	14.00	3	0.38	A

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

Anexo 15. Análisis de varianza de la variable DMG de *T. grandis*

DMG

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
DMG	9	0.52	0.36	21.65

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	93.56	2	46.78	3.24	0.1112
SUSTRATO	93.56	2	46.78	3.24	0.1112
Error	86.67	6	14.44		
Total	180.22	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=9.52136

Error: 14.4444 gl: 6

SUSTRATO	Medias	n	E.E.
T0	20.00	3	2.19 A
T2	19.67	3	2.19 A
T1	13.00	3	2.19 A

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

Anexo 16. Análisis de varianza de la variable DFG de *T. grandis*

DFG

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
DFG	9	sd	sd	0.00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.00	2	0.00	sd	sd
SUSTRATO	0.00	2	0.00	sd	sd
Error	0.00	6	0.00		
Total	0.00	8			

Anexo 17. Análisis de varianza de la variable altura de *O. pyramidale*

**ALTURA**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
ALTURA	9	0.94	0.92	12.79

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8.19	2	4.09	46.09	0.0002
SUSTRATO	8.19	2	4.09	46.09	0.0002
Error	0.53	6	0.09		
Total	8.72	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.74664

Error: 0.0888 gl: 6

SUSTRATO	Medias	n	E.E.	
T1	3.67	3	0.17	A
T0	1.79	3	0.17	B
T2	1.53	3	0.17	B

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

Anexo 18. Análisis de varianza de la variable diámetro de *O. pyramidale*

**DIAMETRO**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
DIAMETRO	9	0.37	0.16	45.26

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.33	2	0.67	1.78	0.2470
SUSTRATO	1.33	2	0.67	1.78	0.2470
Error	2.24	6	0.37		
Total	3.58	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.53200

Error: 0.3740 gl: 6

SUSTRATO	Medias	n	E.E.	
T1	1.89	3	0.35	A
T0	1.17	3	0.35	A
T2	1.00	3	0.35	A

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

Anexo 19. Análisis de varianza de la variable número de hoja de *O. pyramidale*

NUMERO HOJA

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
NUMERO HOJA	9	0.52	0.35	18.13

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3.56	2	1.78	3.20	0.1133
SUSTRATO	3.56	2	1.78	3.20	0.1133
Error	3.33	6	0.56		
Total	6.89	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.86729

Error: 0.5556 gl: 6

SUSTRATO	Medias	n	E.E.
T1	5.00	3	0.43 A
T0	3.67	3	0.43 A
T2	3.67	3	0.43 A

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

Anexo 20. Análisis de varianza de la variable altura de *T. grandis*

ALTURA

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
ALTURA	9	0.11	0.00	65.73

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.16	2	1.08	0.36	0.7100
SUSTRATO	2.16	2	1.08	0.36	0.7100
Error	17.89	6	2.98		
Total	20.05	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=4.32547

Error: 2.9811 gl: 6

SUSTRATO	Medias	n	E.E.
T1	3.32	3	1.00 A
T2	2.34	3	1.00 A
T0	2.22	3	1.00 A

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

Anexo 21. Análisis de varianza de la variable diámetro de *T. grandis*

DIAMETRO

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
DIAMETRO	9	0.11	0.00	35.36

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.17	2	0.08	0.38	0.7023
SUSTRATO	0.17	2	0.08	0.38	0.7023
Error	1.33	6	0.22		
Total	1.50	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.18098

Error: 0.2222 gl: 6

SUSTRATO	Medias	n	E.E.
T1	1.50	3	0.27 A
T0	1.33	3	0.27 A
T2	1.17	3	0.27 A

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

Anexo 22. Análisis de varianza de la variable número de hojas de *T. grandis*

N HOJAS

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
N HOJAS	9	0.00	0.00	50.00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.00	2	0.00	0.00	>0.9999
SUSTRATO	0.00	2	0.00	0.00	>0.9999
Error	24.00	6	4.00		
Total	24.00	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=5.01047

Error: 4.0000 gl: 6

SUSTRATO	Medias	n	E.E.
T2	4.00	3	1.15 A
T1	4.00	3	1.15 A
T0	4.00	3	1.15 A

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

Anexo 23. Análisis de varianza en la variable sobrevivencia de *O. pyramidale*

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
SOBREVIVENCIA	9	0.33	0.10	11.25

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	288.89	2	144.44	1.44	0.3075
SUSTRATO	288.89	2	144.44	1.44	0.3075
Error	600.00	6	100.00		
Total	888.89	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=25.05236

Error: 100.0000 gl: 6

SUSTRATO Medias n E.E.

T1	96.67	3	5.77	A
T0	86.67	3	5.77	A
T2	83.33	3	5.77	A

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

Anexo 24. Análisis de varianza en la variable sobrevivencia de *T. grandis*

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
SOBREVIVENCIA	9	0.35	0.14	21.44

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	688.89	2	344.44	1.63	0.2718
SUSTRATO	688.89	2	344.44	1.63	0.2718
Error	1266.67	6	211.11		
Total	1955.56	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=36.40023

Error: 211.1111 gl: 6

SUSTRATO Medias n E.E.

T1	80.00	3	8.39	A
T0	63.33	3	8.39	A
T2	60.00	3	8.39	A

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