

# UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA



## CENTRO DE POSTGRADOS

### MAESTRÍA EN SILVICULTURA

### MENCIÓN MANEJO Y CONSERVACIÓN DE RECURSOS FORESTALES

Proyecto de innovación previo a la obtención del título de:

### MAGISTER EN SILVICULTURA

**“Modelos de germinación, crecimiento y parámetros de calidad de *Schizolobium parahybum* (Vell) en vivero bajo diferentes sustratos orgánicos”**

**Autor**

**Kevin Leonel Cerda Cruz**

**Director del Proyecto**

**PhD. Dunia Chávez Esponda**

**Puyo – Ecuador**

**2021**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Kevin Leonel Cerda Cruz, con cédula de identidad 0603745811, declaro ante las autoridades educativas de la Universidad Estatal Amazónica, que el contenido del Proyecto de Innovación titulado “Modelos de germinación, crecimiento y parámetros de calidad de *Schizolobium parahybum* (Vell) en vivero bajo diferentes sustratos orgánicos”, es absolutamente original, auténtico y personal.

En tal virtud y según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente, certifico libremente que los criterios y opiniones que constan en el Proyecto de Innovación son de exclusiva responsabilidad del autor; y que los resultados expuestos pertenecen a la Universidad Estatal Amazónica.



---

Ing. Kevin Leonel Cerda Cruz

C.I. 0603745811

AUTOR

# CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

## EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN DEL PROYECTO DE INNOVACIÓN CERTIFICA QUE:

El presente Trabajo de Titulación: “**MODELOS DE GERMINACIÓN, CRECIMIENTO Y PARÁMETROS DE CALIDAD DE *Schizolobium Parahybum* (Vell) EN VIVERO BAJO DIFERENTES SUSTRATOS ORGÁNICOS**”, bajo la responsabilidad del egresado **KEVIN LEONEL CERDA CRUZ**, ha sido meticulosamente revisado, autorizando su presentación a la Defensa Pública:

### MIEMBROS DEL TRIBUNAL



Firmado  
digitalmente por  
**YUDEL  
GARCIAQUINTANA**

---

Dr. C. Yudel García Quintana, PhD

### PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

**DIEGO  
GUTIERRE  
Z DEL  
POZO**

Digitally signed by DIEGO GUTIERREZ DEL POZO  
DN: C=EC, O=BANCO CENTRAL DEL ECUADOR, OU=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION-ECIBCE, L=QUITO, SERIALNUMBER=000603956 + CN=DIEGO GUTIERREZ DEL POZO  
Reason: I am the author of this document  
Location: your signing location here  
Date: 2021.02.25 17:46:22-05'00'  
Foxit Reader Version: 10.1.1

---

Dr. C. Diego Gutiérrez Del Pozo, PhD

### MIEMBRO 1 DEL TRIBUNAL



Firmado  
digitalmente  
por **YASIEL  
ARTEAGA**

---

Dr. C. Yasiel Arteaga Crespo, PhD

### MIEMBRO 2 DEL TRIBUNAL



**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**  
**Centro de Postgrados**

**AVAL**

Quien suscribe Dra. Dunia Chávez Esponda PhD, Directora del trabajo de titulación, modalidad Proyecto de Innovación titulado: “**Modelos de germinación, crecimiento y parámetros de calidad de *Schizolobium parahybum* (Vell) en vivero bajo diferentes sustratos orgánicos**” a cargo del Ing. **KEVIN LEONEL CERDA CRUZ** egresado de la segunda cohorte de la Maestría en Silvicultura mención Manejo y Conservación de Recursos Forestales de la Universidad Estatal Amazónica.

Certifico haber acompañado el proceso de elaboración del Proyecto de Innovación y considero cumple los lineamientos y orientaciones establecidas en la normativa vigente de la institución por lo que se encuentra listo para ser sustentado.

Por lo antes expuesto se avala el Proyecto de Innovación para que sea presentado ante la Dirección de Posgrado como forma de titulación como Magister en Silvicultura mención Manejo y Conservación de Recursos Forestales y que dicha instancia considere el mismo a fin de que tramite lo que corresponda.

Para que a si conste, firmo la presente a los 16 días del mes de febrero del 2021.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:

**DUNIA  
CHAVEZ**

---

Dra. Dunia Chávez Esponda, PhD

**DIRECTORA DE TESIS**

**DOCENTE TITULAR UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**



**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**  
**CENTRO DE POSTGRADOS**  
**SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND**

**OFICIO N° 005-DCH-UEA-2021**

Puyo, 16 de febrero del 2021

Por medio del presente **CERTIFICO** que, el trabajo de titulación “**Modelos de germinación, crecimiento y parámetros de calidad de *Schizolobium parahybum* (Vell) en vivero bajo diferentes sustratos orgánicos**”, correspondiente al Ing. **KEVIN LEONEL CERDA CRUZ**, con cédula 0603745811, de la Maestría en Silvicultura Mención Manejo y Conservación de Recursos Forestales cuya directora del proyecto es la Dra .C Dunia Chávez Esponda, PhD, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio, reportando una similitud de 5%, informe generado el día 16 de febrero del 2021 por parte de la directora de su proyecto.

Particular que comunico para los fines pertinentes,



Firmado electrónicamente por:

**DUNIA**  
**CHAVEZ**

---

Dra. Dunia Chávez Esponda, PhD

**DIRECTORA DEL PROYECTO DE TITULACION**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Estatal Amazónica y a sus docentes por impartir sus valiosos conocimientos en este proceso de formación.

A la PhD. Dunia Chávez, por sus enseñanzas y valiosos aportes de sus conocimientos, por el apoyo constante en todo el proyecto de investigación, tanto como directora y como ser humano a ella mi gran agradecimiento.

Al PhD. Yudel García, por sus enseñanzas y el sustento de información propicia en mi proyecto de investigación.

## **DEDICATORIA**

En primer lugar, a Dios por permitirme continuar con mis estudios de cuarto nivel y gozar de buena salud junto con mi familia amada.

A mis padres y hermano por el sustento y apoyo incondicional en el transcurso de mi vida, a ellos les dedico este fruto.

## RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVE

El presente proyecto de innovación evaluó la calidad de la planta de *S. parahybum* (pachaco) bajo los efectos del sustrato gallinaza y compost en condiciones de vivero. Esta investigación se llevó a cabo en la Universidad Estatal Amazónica, a partir de 300 semillas de pachaco. Se establecieron 3 tratamientos (T1, T2, T3) y una prueba testigo (T0): el T0 con suelo natural del lugar, el T1 se suministró 100% gallinaza, el T2 100% compost, el T3 50% compost + 50% gallinaza. Se determinaron las propiedades físicas y químicas de los sustratos, de los cuales demostró tener mejores proporciones de N, P, K y porosidad el tratamiento T3. Se realizó la prueba de tetrazolio al 1% para determinar su viabilidad y se establecieron categorías de vigor; se elaboraron curvas de germinación acumulada a partir del conteo diario del proceso de germinación, expresado a través de los parámetros capacidad germinativa, vigor germinativo y velocidad de germinación, además se midieron los atributos morfológicos de las plantas y las relaciones índice de esbeltez, calidad de Dickson, altura/peso seco aéreo, peso seco aéreo/peso seco radical e índice fibrosidad. La matriz de correlación de Pearson mostró que las variables morfológicas ancho y relación largo/ancho tienen una correlación altamente significativa ( $p < 0,01$ ) y negativa. El ancho y el grosor mostraron una correlación significativa ( $p < 0,05$ ) y positiva. La prueba del tetrazolio brindó como resultado mayor porcentaje en la categoría de vigor alto con 70% de semillas viables. Los parámetros de germinación reflejaron que el T0 y T3 alcanzaron mayores porcentajes de desarrollo, de igual manera se comportaron los parámetros morfológicos, lo cual demostró el efecto del sustrato utilizado sobre la germinación de semillas y crecimiento de plántulas. Finalmente, se obtuvo los modelos que mejor reflejaban la dinámica de crecimiento en altura de las plantas de *S. parahybum* en vivero para cada sustrato utilizado.

Palabras clave: *S. parahybum*, sustrato, germinación, variables morfológicas, modelos.



## ABSTRACT

The current innovation project assessed the quality of the *S. parahybum* (pachaco) plant under the effects of a poultry manure and compost substrate in nursery conditions. This research was carried out at the Universidad Estatal Amazónica, where there were 300 pachaco seeds. Three treatment groups were established (T1, T2, T3) and a control group (T0) with natural soil of the place. The treatment group T1 was supplied with 100% poultry manure, T2 with 100% compost and T3 with 50% compost + 50% poultry manure. The physical and chemical properties of the substrates were determined, of which the T3 treatment proved to have better porosity and proportions of nitrogen, phosphorus, and potassium. The 1% tetrazolium test was performed to determine its viability and vigor categories were established. Cumulative germination curves were developed from the daily count of the germination process, expressed through the parameter's germination capacity, germination vigor, and germination speed. In addition, the morphological attributes of the plants and the relationships of slenderness index, Dickson quality, height/aerial dry weight, aerial dry weight/root dry weight and fibrosity index were measured. The Pearson correlation matrix showed that the morphometric variables width and length/width ratio are negatively correlated, and statistically significant ( $p < 0,01$ ). On the other hand, width and thickness are positively correlated, and are also statistically significant ( $p < 0,05$ ). Similarly, the tetrazolium test yielded a higher percentage in the high vigor category with 70% viable seeds. Also, the germination and morphological parameters reflected that T0 and T3 reached higher percentages of development. Therefore, the effect of the substrate used on the germination of seeds and growth of seedlings is demonstrated. Finally, the models that best reflected the growth dynamics in height of the *S. parahybum* plants in the nursery were obtained for each substrate used.

**Key words:** *S. parahybum*, substrate, germination, morphometric variables, fibrosity.

## ÍNDICE

CAPÍTULO I .....	16
1. INTRODUCCIÓN .....	16
1.1. JUSTIFICACIÓN .....	18
1.2. PROBLEMA CIENTÍFICO .....	19
1.3. HIPÓTESIS .....	19
1.4. OBJETIVO GENERAL .....	19
1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	19
CAPÍTULO II.....	20
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	20
2.1. Vivero forestal .....	20
2.2. Clasificación botánica.....	20
2.2.1. Descripción botánica de la especie.....	20
2.3. Datos silviculturales .....	21
2.4. Germinación .....	21
2.4.1. Tratamiento pre germinativo .....	22
2.5. Usos .....	22
2.6. ¿Qué es una planta de calidad?.....	22
2.6.1. Calidad de la planta .....	23
2.6.2. Indicadores de calidad de la planta.....	23
2.6.3. Factores que influyen en la calidad de la planta.....	24
2.6.3.1. Atributos de calidad de semilla .....	24
2.6.3.2. Características morfológicas de calidad de planta.....	25
2.6.3.2.1. Altura .....	25
2.6.3.2.2. Diámetro cuello de raíz.....	25
2.6.3.2.3. Crecimiento potencial de la raíz .....	25
2.6.3.2.4. Sistema radicular .....	26
2.6.3.2.5. Peso de la planta .....	26
2.6.3.3. Características fisiológicas de calidad de la planta .....	26
2.6.3.3.1. Luz .....	27

2.6.3.3.2. Contenido de humedad .....	27
2.6.3.3.3. Contenido de nutrientes .....	27
2.6.3.3.4. Contenedores o envases.....	28
2.6.3.3.5. Envase de tubetes.....	28
2.6.3.3.6. Sustrato .....	29
2.6.3.3.6.1. Materia orgánica .....	29
2.6.3.3.6.2. Características del sustrato .....	29
2.6.3.3.6.3. Gallinaza .....	30
2.6.3.3.6.4. Compost.....	30
2.7. Interacción de variables .....	31
2.7.1. Índice de robustez.....	31
2.7.2. Relación peso seco de parte aérea y peso seco del sistema radicular .....	31
2.7.3. Índice de lignificación .....	32
2.7.4. Área foliar específica.....	32
2.7.5. Índice de calidad de Dickson (ICD) .....	32
CAPÍTULO III .....	33
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
3.1. Localización.....	33
3.1.1. Semillas .....	33
3.2. Tipo de investigación.....	34
3.3. Métodos de la Investigación .....	34
3.4. Tratamiento de datos .....	34
3.4.1. Análisis Físicos y químicos .....	34
3.4.2. Mediciones morfológicas de las semillas .....	35
3.4.3. Viabilidad de la semilla .....	35
3.4.4. Preparación del sustrato.....	36
3.4.5. Siembra.....	37
3.4.6. Mediciones de atributos morfológicos del crecimiento de las plantas cultivadas en vivero .....	38
3.4.6.1. Altura y diámetro basal.....	38
3.4.6.2. Peso fresco de las plantas .....	38

3.4.6.3. Atributos del sistema radical .....	38
3.4.6.4. Peso seco de la parte aérea (PSA) y parte radical (PSR).....	38
3.4.6.5. Índices morfológicos .....	39
3.5. Recursos humanos y materiales.....	39
3.5.1. Recursos humanos .....	39
3.5.2. Materiales .....	40
CAPITULO IV .....	41
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	41
4.1. Caracterización de las propiedades físicas y químicas de los sustratos .....	41
4.2. Estadísticas descriptivas de los parámetros morfológicos de la semilla <i>S. parahybum</i>	43
4.3. Categorías de vigor .....	46
4.4. Curvas de germinación acumulada.....	47
4.5. Anova y prueba de Tukey.....	48
4.6. Matriz de correlaciones entre variables morfológicas del crecimiento y desarrollo de las plantas.....	49
4.7. Modelación de crecimiento .....	50
5. CONCLUSIONES.....	56
6. RECOMENDACIONES .....	57
7. BIBLIOGRAFÍA .....	58
8. ANEXOS .....	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de investigación.....	33
Figura 2. Distribución de frecuencias para las variables largo, ancho y grosor .....	44
Figura 3. Curvas de germinación por tratamiento con diferentes sustratos.....	47
Figura 4. Modelo de crecimiento en el tratamiento T0 (testigo) .....	52
Figura 5. Modelo de crecimiento en el tratamiento T1 (100% gallinaza).....	52
Figura 6. Modelo de crecimiento en el tratamiento T2 (100% compost).....	53
Figura 7. Modelo de crecimiento en el tratamiento T3 (50% compost + 50% gallinaza)...	53

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características químicas de los sustratos.....	41
Tabla 2. Características físicas de los sustratos .....	42
Tabla 3. Estadísticas descriptivas de los parámetros morfológicos de la semilla .....	43
Tabla 4. Valores de asimetría y curtosis para las variables largo, ancho y grosor .....	45
Tabla 5. Matriz de Correlaciones entre las variables morfológicos de las semillas.....	45
Tabla 6. Matriz de Correlaciones entre las variables morfológicas del crecimiento y desarrollo de las plantas.....	49
Tabla 7. Resultados de los modelos de crecimiento de <i>S. parahybum</i> en vivero con diferentes sustratos .....	51
Tabla 8. Resultados de modelos de crecimiento de <i>S. parahybum</i> para los diferentes sustratos .....	54
Tabla 9. Resultados del Análisis de Varianza y prueba de Tukey entre los tratamientos (p<0,05) .....	55

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Resultados del Análisis de Varianza entre los tratamientos ( $p < 0,05$ ) .....	66
Anexo 2. Resultados de la prueba de Tukey entre los tratamientos ( $p < 0,05$ ) .....	66
Anexo 3. Resultados del Análisis de Varianza y Prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ) .....	66
Anexo 4. Resultados del Análisis de Varianza y Prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ) .....	67
Anexo 5. Resultados obtenidos del modelo de regresión para el tratamiento T0 .....	68
Anexo 6. Resultados obtenidos del modelo de regresión para el tratamiento T1 .....	69
Anexo 7. Resultados obtenidos del modelo de regresión para el tratamiento T2 .....	70
Anexo 8. Resultados obtenidos del modelo de regresión para el tratamiento T3 .....	71
Anexo 9. Imágenes de la investigación .....	72

## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUCCIÓN

El incremento significativo del impacto humano sobre los bosques y la creciente escasez de madera en algunas regiones del mundo, fue la causa principal del nacimiento de la ciencia y práctica de la silvicultura hace más de dos siglos (Puettmann *et al.* 2009). Curiosamente, por razones similares, hace aproximadamente 30 años se empezó a desarrollar el nuevo paradigma de la restauración ecológica (Stanturf *et al.* 2014). Cuando se trata de restaurar bosques, es decir, manipular la composición, estructura o el crecimiento de estos para direccionar el ecosistema hacia un objetivo determinado, se está aplicando silvicultura (Bauhus *et al.* 2009). La silvicultura busca, entre otras cosas, promover la regeneración arbórea alterando las variables abióticas y bióticas que la afectan (luz, nutrientes, agua, cama de semillas, fuente de semillas, etc.). Debido a esto, el traslape de ambas disciplinas es evidente (Sarr *et al.* 2004). En realidad, la silvicultura constituye la herramienta clave para la restauración de bosques, desde lo más básico, como la aplicación de técnicas eficientes de plantación, hasta complejas aplicaciones como la restauración de bosques degradados o la conversión de plantaciones forestales de especies exóticas hacia bosques naturales (O'Hara 2001).

Aunque las estimaciones varían, la superficie total de plantaciones forestales en el mundo alcanza entre 120 y 140 millones de hectáreas. Lo que es menos dudoso es el aumento de las nuevas plantaciones (forestación) tanto en los países templados como en los tropicales. Especialmente en los trópicos la tasa actual de plantación es de 2 a 3 millones de hectáreas anuales, es el doble de la registrada en los años 60's y 70's (FAO, 1993). La decisión de elegir qué especie se va a plantar es del productor, que por lo general elegirá la especie que le deje mayores ganancias; las exóticas o introducidas, ya que en el país no hay programas que apoyen con incentivos económicos las plantaciones de especies nativas, debido a la falta de investigación suficiente que pueda dar un soporte para desarrollar un sistema de aprovechamiento forestal (Jalota, *et al.*, 2000). Por otra parte, el establecer plantaciones con especies nativas es de vital importancia, pero no se ha realizado suficiente investigación y se conoce muy poco sobre ellas. Por lo tanto, al realizar plantaciones con especies nativas se contribuirá a que no desaparezcan, conservándose presentes dentro de los ecosistemas y en consecuencia se crea la necesidad de su estudio para su buen aprovechamiento forestal (White y Marin 2002).



La producción de planta en vivero es el proceso por el cual se le dan a la semilla los cuidados y tratamientos necesarios para su buena germinación y para que la planta crezca adecuadamente, con la finalidad de que se logren altas tasas de sobrevivencia y se favorezca su desarrollo al plantarla en campo. Las prácticas de manejo en vivero se reflejan en la calidad de la planta producida, la cual debe tener una serie de atributos morfológicos y fisiológicos, que le den la capacidad de adaptarse y desarrollarse en las condiciones climáticas y edáficas del sitio de plantación (Rodríguez, 2008). Durante el ciclo de propagación de planta en vivero se realizan diversas operaciones de cultivo que permiten al viverista manipular algunas de las condiciones ambientales y acciones de manejo, que influyen en la morfología y la fisiología de la planta (Bierchler *et al.*, 1998).

*S. parahybum* es un árbol que pertenece a la familia Fabaceae, originario de la cuenca amazónica, sobresale por ser muy vistoso, de fuste recto sin ramas y que en su parte superior tiene grandes racimos alargados de hojas (Rosales *et al.*, 1999). A la distancia se lo observa como un árbol gigantesco parecido a un helecho. Alcanza alturas de más de 30 m y hasta 1 m de diámetro a la altura del pecho (Tipan, 1982; Montenegro, 1987). Este árbol, puede llegar a obtener un Incremento Medio Anual (IMA) de 25 a 50 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, de madera semidura, características apropiadas para la industria en la fabricación de tableros de plywood (Torres, 1995)

Tal y como indican Fornes y Belda (2014), el cultivo en sustrato se ha desarrollado en las últimas décadas por las siguientes razones: la necesidad de transportar las plantas de un lugar a otro, la de soslayar problemas de salinidad, enfermedades y agotamiento del suelo cuando se realizan cultivos intensivos de manera continuada, y la de controlar el entorno radicular en lo que se refiere a agua y nutrientes en la intensificación actual de la producción.

La gallinaza es una mezcla de los excrementos de las gallinas con los materiales que se usan para cama en los gallineros los cuales son ricos en nitrógeno y muchos otros nutrientes es un producto de alto contenido proteico, relativamente económico, por ser el animal con una velocidad de digestión y absorción de nutriente muy lenta. La excreta de éstos es prácticamente el 60 % de alimento consumido de allí su valor energético. Uno de los fertilizantes más completos y que mejores nutrientes puede dar al suelo es la gallinaza o estiércol de gallina, pues contiene nitrógeno, fósforo y potasio en buena cantidad. Sin embargo, para su buen aprovechamiento, primero se le debe hacer un buen curado (Surco, 2014).

El compostaje permite llevar a cabo un manejo estratégico de los residuos biomásicos de los sistemas de producción agrícola, y es una forma efectiva de rescatar y reciclar los nutrientes presentes en dichos residuos (FAO, 2013), lo cual es un avance importante en el proceso de aumentar la eficiencia en el uso de los recursos disponibles en los sistemas de producción (FAO, 2014). El empleo del compost se alinea con los objetivos de la agricultura regenerativa y climáticamente inteligente, las cuales tienen como finalidad la transformación de los sistemas de producción agropecuaria a modelos con una mayor integridad ambiental y adaptabilidad a la variabilidad climática (FAO, 2013).

Es importante realizar el experimento en condiciones de vivero para poder producir cantidades necesarias y solventar la necesidad de la reforestación, en la cual se pueda trabajar con esta especie en beneficio del medio ambiente, asegurando un uso sustentable de esta planta. La actual investigación se enfocó en proyectar el evolución de las plántulas sometidas a los tres tratamientos T1 (100% gallinaza), T2 (100% compost), T3 (50% gallinaza + 50% compost) , para determinar el mejor sustrato que se pueda aplicar a la especie *S. parahybum*, identificando el abono de mayor confiabilidad en poco tiempo, solventando así la falta de investigación sobre el pachaco y aumentando las posibilidades de reforestación de esta especie en pocos periodos de tiempo.

### **1.1. JUSTIFICACIÓN**

La iniciativa de esta investigación, es solventar la poca información de estudios de mejora de crecimiento en *S. parahybum* y el manejo de especies forestales que actualmente el país pone énfasis en estas indagaciones, ya que el ambiente está siendo víctima de tala de árboles indiscriminada. Con este proyecto se quiere minimizar este efecto por medio de la eficiencia que tienen los abonos para la germinación y parámetros de calidad de la planta en corto tiempo.

Conjuntamente se buscó identificar la importancia de los viveros forestales, ya que provee plántulas en excelentes condiciones de calidad con técnicas de germinación controlada propicias para el progreso de las plantas, garantizando resistencia a cambios ex situ del vivero y la producción de madera para aprovechamiento forestal a futuro, por lo tanto, se llevó a cabo el análisis de diferentes tratamientos para verificar el método más óptimo para el desarrollo de las plántulas en menor tiempo y con mayor calidad.

La identificación de los parámetros de calidad del pachaco bajo sustratos de gallinaza y compost en condiciones de vivero se la realizó para la innovación de información de acogida que tendrá

con respecto a otras especies maderables, el cual contribuirá para determinar el tratamiento más efectivo para la especie *S. parahybum*, ayudando a mejorar la reforestación y protección de bosques. Esto brindará información importante y precisa para el conocimiento de toda la población, mejorando así las actividades forestales.

Esta investigación tiene el fin de minimizar la brecha de información escasa al hablar de temas silvícolas de la especie *S. parahybum* en vivero y bajo implementación de sustratos de gallinaza y compost para la obtención de plantas de calidad, dando a conocer datos muy relevantes para proyectos futuros con el pachaco, renovando caracteres validables científicos hacia la comunidad para beneficio de manejo silvicultural en cortos periodos de tiempo.

## **1.2. PROBLEMA CIENTÍFICO**

¿Cómo contribuye la adición de diferentes sustratos orgánicos en los parámetros de calidad de la planta *S. parahybum*?

## **1.3. HIPÓTESIS**

- ✓ La combinación orgánica de sustratos en la especie *S. parahybum* incidirá con efectos positivos en la germinación y parámetros de la calidad de la planta.

## **1.4. OBJETIVO GENERAL**

- ✓ Obtener modelos de germinación, crecimiento y parámetros de calidad de *S. parahybum* en vivero bajo diferentes sustratos orgánicos.

## **1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Caracterizar las propiedades físicas y químicas de los sustratos orgánicos.
- ✓ Determinar los parámetros de germinación, crecimiento y calidad de la planta.
- ✓ Modelar las relaciones entre el sustrato y parámetros de la calidad de la planta.

## CAPÍTULO II

### 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1. Vivero forestal

El vivero forestal es una área donde se genera la producción de especies forestales con los aspectos favorables que estén listos para ser plantados mediante un proceso de multiplicación donde cuyas características fisiológica dependerá en gran parte del manejo y atención de los individuos producidos, y que allí encuentren buenas condiciones de vida óptimas para la etapa de germinación y desarrollo respectivamente, durante este proceso es el más delicado en la vida de la planta, ya que la semilla debe enfrentar temperaturas muy altas o bajas, falta de humedad, enfermedades, animales que la comen (Noreña, 2014).

#### 2.2. Clasificación botánica

Según Ramalo (2007) la clasificación taxonómica de *S. parahybum* es la siguiente:

- Reino: Vegetal
- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Orden: Fabales
- Familia: Caesalpiniaceae
- Género: *Schizolobium*
- Especie: *parahybum*

##### 2.2.1 Descripción botánica de la especie

La especie *S. parahybum* es un árbol de 30 – 70 cm de diámetro y 18 a 25 m de altura, de tallo cilíndrico. Las cortezas internas lisas y agrietadas de color marrón rojizo a grisáceo. Las cortezas externas homogéneas de color amarillo blanquecino y olor a legumbre. Presenta hojas compuestas bipinadas alternas y dispuestas en espiral, hojas glabras o finamente pubescentes por el envés (Santiago *et al.*, 2012).

La especie toma los siguientes nombres en diferentes países: PERU: Pashaco, Pashaco blanco, Pinochuncho; Bolivia: cerebo; Colombia: Tambor; Costa Rica: gavilan; Ecuador: pachaco; Brasil: Parica; México: palo de judío (Ernani, 2007).

### **2.3. Datos silviculturales**

Se distribuye en la Región Amazónica, mayormente debajo de los 1200 msnm. Se le observa en ámbitos con Pluviosidad elevada y constante, aunque también en ámbitos con una estación seca marcada; es una especie con tendencia heliófitas y de crecimiento rápido, presente en bosques secundarios tempranos y tardíos; Se le encuentra en claros en el bosque primario; prefiere suelos arenosos a limosos, de fertilidad media a alta, necesariamente bien drenados, con pedregosidad baja a media. Esta especie es muy sensible al anegamiento y no tolera sobre todo cuando es plántula (Rolando, 2016).

Según Vinueza (2012), señala que una plantación de Pachaco se la puede realizar a una densidad de 654 plantas/ha de 4x4 m y de 400 plantas/ha a 5 x 5m, aunque se puede establecer espaciamientos menores para limitar el desarrollo de ramas; además que tiene un incremento medio anual (IMA) de 20 m de altura con un diámetro de 24 cm en 10 años. Es importante tener en cuenta que un turno estimado para la obtención de madera para pulpa es de 6 a 8 años y para aserrío es de 15 a 20 años con un rendimiento volumétrico de hasta 35m de altura con 1m de diámetro con 10 a 25 m<sup>3</sup>/ha/año (375 m<sup>3</sup>/ha).

### **2.4. Germinación**

La germinación es el desarrollo de aquellas estructuras esenciales que provienen del embrión, y que manifiestan la capacidad de la semilla para producir una planta normal bajo condiciones favorables. Asimismo, según ISTA (2016), la germinación es la aparición y desarrollo de la plántula hasta una etapa donde el aspecto de sus estructuras esenciales indica si es o no capaz de desarrollarse más en una planta satisfactoria en condiciones favorables en el campo. La germinación incorpora aquellos eventos que se inician con la absorción de agua por la semilla seca y terminan con la elongación del eje embrionario. El proceso concluye cuando la radícula penetra y atraviesa las estructuras que rodean al embrión, lo que frecuentemente se conoce como germinación visible (Herrera *et al.*, 2006).

### **2.4.1. Tratamiento pre germinativo**

De acuerdo a ITTO (2014) hay varios tipos de tratamiento previo de las semillas, entre los cuales se recomiendan los siguientes:

- Tratamiento con agua a temperatura normal: remoje las semillas en agua fría a temperatura normal por lo menos durante 12 a 48 horas. También puede remojar las semillas durante el día y dejarlas que sequen toda la noche.
- Periodos alternos de agua y sol: se remojan las semillas temprano por la mañana y luego se colocan al sol sobre un saco (u otra superficie que no sea la tierra). Por la tarde se guardan las semillas y al día siguiente se repite el proceso de remojarlas y colocarlas nuevamente al sol. Este proceso puede repetirse por varios días.
- Tratamiento con agua caliente: hierva en una olla grande, retire esta del fuego, agregue las semillas y déjelas por dos minutos. Vierta el agua caliente y reemplácela con agua fría. Deje remojar las semillas por un periodo de 1 a 2 días.

### **2.5. Usos**

Esta especie es bastante utilizada en producción de láminas medias del contrachapado (Tripley), juguetes, puertas. Son producidas chapas de alta calidad y uniformidad que son exportados principalmente para los Estados Unidos. Pachaco es una especie promisoría para producción de pasta para celulosa, destacándose su fácil blanqueamiento. Esta especie es recomendada también para restauración de ambientes (Ernani, 2007).

### **2.6. ¿Qué es una planta de calidad?**

Duryea (1985) la define como aquella que es capaz de alcanzar un desarrollo (supervivencia y crecimiento) óptimo; en un medio determinado y, por tanto, cumplir los objetivos establecidos en un plan de restauración. Otros la definen como la capacidad que tiene las plantas para adaptarse y desarrollarse a las condiciones climáticas y edáficas del sitio de plantación, y depende de las características genéticas del germoplasma y de las técnicas utilizadas para su reproducción en vivero (Prieto *et al.*, 2009).

### **2.6.1 Calidad de la planta**

La calidad de la planta forestal, es uno de los factores más importantes que condicionan y determinan la buena marcha y el éxito de la plantación (Oliveira, 2010 y South, 2000). Esta puede cambiar en el tiempo, variando con su estado fenológico y probablemente, con su edad. Así, la resistencia a situaciones de estrés de una planta, no es la misma durante el periodo de reposo vegetativo, que al producirse la elongación de los tallos (Burr, 1990, citado por Villa, 2003). Sin embargo, esta importancia, solo ha sido reconocida hace relativamente poco tiempo (Oliveira, 2010). La exigencia de planta de calidad, es mayor cuanto más limitante sea el medio donde se ejecuta la restauración (Villa, 2003). El empleo de planta de calidad, asegura en mayor medida el éxito de las plantaciones o reforestaciones, dicha calidad, viene definida a través de una serie de parámetros morfológicos y fisiológicos, que permitirá hacer un seguimiento, más controlado de su comportamiento en el campo (Pardos y Montero, 1997), de tal modo que los plántulas de buena calidad, se escogen sanos, frondosos y bien formados, de tamaño apropiado en altura y grosor de tallo, con una proporción balanceada entre la parte aérea y la raíz, cualidades que les permiten su establecimiento y crecimiento vigoroso en el sitio de plantación, asegurando la mayor supervivencia. El hecho de contar con plantas resistentes al estrés, por las condiciones climáticas y edáficas del sitio de plantación, con buena capacidad fotosintética y que disponga de reservas que le permitan iniciar con vigor su crecimiento en el campo, propiciara el fomento de bosques con calidad (Leyva, 2008, citado por Sáenz *et al.*, 2010).

### **2.6.2. Indicadores de calidad de la planta**

Para determinar la calidad morfológica de una planta, se usan variables de tipo cualitativo y cuantitativo. Las variables de tipo cuantitativo son la altura, diámetro del cuello, pares de hojas, biomasa aérea, biomasa de raíces, forma y desarrollo radicular y consistencia del cepellón (García, 2006); mientras que las variables cualitativas se basan en el aspecto y desarrollo de la planta, siendo el color de las raíces, presencia o ausencia de la raíz principal, cantidad de raíces secundarias y suculentas (Robles, 2010).

La magnitud de las variables es difícil de interpretar y en ocasiones resulta engañoso, por ello se han desarrollado diferentes coeficientes o índices (Robles, 2010). Los factores y operaciones que influyen en la calidad de planta en el vivero son: el tamaño de bolsa o contenedor, densidad de siembra de almacigo, trasplante, tipo de sustrato, riegos, luz, remociones, podas de raíz, cuidados contra plagas y enfermedades (Rodríguez, 2008).

### **2.6.3. Factores que influyen en la calidad de la planta**

Los factores y operaciones que influyen en la calidad de planta en el vivero son: el tamaño de bolsa o contenedor, densidad de siembra de almacigo, transplante, tipo de sustrato, riegos, luz, remociones, podas de raíz, cuidados contra plagas y enfermedades (Rodríguez, 2008). Según FAO (2019), los lineamientos importantes para calidad de semilla son lote de semillas, parámetros de atributos genético, físico, fisiológico, sanidad.

#### **2.6.3.1. Atributos de calidad de semilla**

**Pureza genética:** es la proporción de semilla en un lote que corresponde a la variedad declarada. La pureza genética tiene un efecto directo en el rendimiento final. La autenticidad por lo general se determina verificando los registros de la procedencia de las semillas para comprobar sus orígenes y trayectoria y los conteos de plantas fuera de tipo en campo. De otra forma, es posible efectuar parcelas de control.

**Pureza física:** es la proporción de semilla pura en un lote, una vez identificados los contaminantes como materia inerte, malezas y semillas de otros cultivos. El componente de las semillas puras, aunado a la capacidad de germinación, determinan el valor para la siembra.

**Capacidad de germinación:** una indicación de la proporción de semillas vivas capaces de producir plántulas normales.

**Contenido de humedad:** es la proporción de humedad de las semillas. Secar la semilla hasta obtener un nivel de humedad inocuo es decisivo para mantener la germinación y viabilidad de las semillas durante el almacenamiento.

**Vigor de las semillas:** definida por la ISTA (1995) como "la suma total de las propiedades de la semilla que determinan el nivel de actividad y rendimiento de la semilla o lote de semillas durante la germinación y crecimiento de plántulas". En todo lote de semillas, la pérdida de vigor de las semillas se refiere a una reducción de la capacidad de las semillas para llevar a cabo las funciones fisiológicas que les permiten desempeñarse.

**Sanidad de las semillas:** una indicación de si las semillas están libres de patógenos, u enfermedades transmitidas por semillas o de insectos plaga (FAO,2019)



### **2.6.3.2. Características morfológicas de calidad de planta**

Los parámetros morfológicos, atributos determinados física o visualmente, son los más utilizados en la determinación de la calidad de la planta y proporcionan una comprensión más intuitiva por parte del viverista. Aun cuando se han realizado algunas investigaciones para mostrar que los criterios que adoptan estas características, son importantes para evaluar el desempeño de las plantas después de su plantación en campo (Gomes *et al.*, 2002), su aplicación no permite responder a las exigencias en cuanto a supervivencia y crecimiento, determinadas por las adversidades encontradas en el campo después de la plantación (Fonseca, 2000 citado por Gomes *et al.*, 2002).

#### **2.6.3.2.1. Altura**

Es un buen predictor de la altura futura en campo, pero no para la supervivencia; este parámetro se ha utilizado por mucho tiempo como un indicador de la calidad, aunque se considera insuficiente y es conveniente relacionarlo con otros criterios para que refleje su utilidad real (Mexal y Landis, 1990). Es fácil de medir pero no es muy informativa por sí sola, ofrece sólo una somera aproximación del área fotosintetizante y transpirante e ignora la arquitectura del tallo (Birchler *et al.*, 1998).

#### **2.6.3.2.2. Diámetro cuello de raíz**

Es la característica más importante, que permite predecir la supervivencia de la planta en campo, define la robustez del tallo y se asocia con el vigor y el éxito de la plantación. Plantas con diámetro mayor a 5 mm son más resistentes al doblamiento y 14 toleran mejor los daños por plagas y fauna nociva, aunque esto varía de acuerdo a la especie (Prieto *et al.*, 1999 y Prieto *et al.*, 2009).

#### **2.6.3.2.3. Crecimiento potencial de la raíz**

La formación de raíces nuevas, es una medida fisiológica indirecta de la calidad de planta. La abundante emisión de raíces, demuestra alta calidad y garantiza un rápido crecimiento después de la plantación; cuando se establece en condiciones ambientales favorables para su crecimiento, emite nuevas raíces, las cuales iniciarán el proceso de absorción de agua. El desarrollo de nuevas raíces, es una manifestación de las prácticas culturales, de manejo durante el traslado al sitio de plantación y de su condición fisiológica al plantarse (Prieto *et al.*, 2003).

#### **2.6.3.2.4. Sistema radicular**

El desarrollo del sistema radicular, depende del agua que contenga el sustrato, lo que determina su crecimiento y desarrollo. Si una planta recibe agua en abundancia, no estimulará demasiado el crecimiento de la raíz, pero si el agua escasea, será necesario que la planta tenga un sistema radical amplio, para que sobreviva (Leyva *et al.*, 2008).

Entre más grande sea el sistema radical de la planta, tendrá más puntos de crecimiento y mayor posibilidad de explorar el suelo para captar agua y nutrientes; además, incrementará la probabilidad de infección micorrízica (González, 1995). El tamaño del sistema radicular, puede afectar la tasa de transpiración y el intercambio de gases. Los brinzales con sistema radicular pequeño, están bajo tensión hídrica, porque absorben agua en forma insuficiente, y ocasiona déficit debido a las pérdidas por transpiración del follaje. Se ha observado que una raíz voluminosa, favorece el crecimiento después de la plantación (Rose, Carlson y Morgan, 1990, citado por Prieto *et al.*, 2003).

#### **2.6.3.2.5. Peso de la planta**

Investigaciones realizadas, determinaron que el peso seco (biomasa), tiene gran correlación en la sobrevivencia en campo (Vera, 1995), con la misma consistencia que el diámetro del tallo o cuello de la raíz. También, el diámetro está fuertemente correlacionado con el peso de la parte aérea y del sistema radicular (Thompson, 1985; Vera, 1995 y Sáenz, *et al.*, 2010). Para mayor consistencia en los resultados, se sugiere utilizar el peso seco, ya que el peso en verde tiene gran variación de agua en los tejidos dentro de la misma especie (Vera, 1995).

#### **2.6.3.3. Características fisiológicas de calidad de la planta**

La medición de parámetros fisiológicos es puntual, pues se refiere al estado de la planta en el momento de realizar la medición, cambian rápidamente y su validez no se extiende más de cuatro semanas; permiten establecer diferencias en cuanto al estado de las plantas. Sin embargo, para evaluar la aptitud de un lote de plantas deben medirse varios parámetros fisiológicos, ya que no se cuenta con experiencia suficiente para afirmar que uno solo de ellos sea decisivo debido a su gran variabilidad (García, 2007).

#### **2.6.3.3.1. Luz**

La luz es uno de los entornos más importantes, debido a que es uno de los factores fundamentales para el desarrollo de las plantas, por aquello su intensidad, duración y calidad pueden cambiar estructura de la hoja e interferir con el desarrollo de la planta, influyendo en muchos procesos importantes en plantas, también la luz juega un papel muy importante en la germinación debido a que sus semillas como el desarrollo inicial, son beneficiados por la exposición a la luz (Santos *et al.*, 2015).

#### **2.6.3.3.2. Contenido de humedad**

Es el estado hídrico de la planta, éste es dinámico y cambia en relación con la humedad que exista en el sustrato de crecimiento y en el ambiente; cuando están sometidos durante mucho tiempo a tensión hídrica, se altera el proceso de asimilación de CO<sub>2</sub> y de transpiración, lo que se traduce en una degradación del mecanismo de fotosíntesis y un deterioro en su crecimiento (Prieto *et al.*, 2003).

El agua es un recurso indispensable para todas las funciones de las plantas, una adecuada humedad en el suelo proporciona buen desarrollo de éstas y mayor ganancia de biomasa, mientras que la deficiencia de agua repercute en la alteración de procesos fisiológicos y disminución del rendimiento (Moreno, 2009; Salisbury y Ross 2000). En diferentes especies vegetales se ha observado que las respuestas fisiológicas por estrés hídrico son variadas y que es factible incrementar la eficiencia en el uso del agua disminuyendo la humedad aprovechable hasta cierto nivel sin afectar rendimiento (López *et al.*, 2008).

#### **2.6.3.3.3. Contenido de nutrientes**

La deficiencia de nutrimentos se detecta cuando la tasa de crecimiento es limitada y cada especie forestal presenta una sintomatología específica. Un ajuste de deficiencia de nutrimentos puede ser realizado mediante un conocimiento previo de los niveles de nutrimentos en el sustrato y en el follaje de la planta (Prieto *et al.*, 2003).

El primer resultado de la deficiencia de nutrimentos es la reducción en la tasa de crecimiento, la productividad disminuye sin presentarse síntomas visibles; si esta condición persiste, pueden aparecer síntomas de deficiencia y reducirse aún más el crecimiento (Landis, 1985; García, 2007 citado por Prieto *et al.*, 2009).

El aporte de nutrimentos es quizás, junto con el manejo del suministro hídrico, una de las prácticas culturales de mayor importancia en la producción de plantas, (Landis, 1989 citado por Prieto *et al.*, 2009). La fertilización es el principal responsable del estado nutrimental final (Landis, 1985) y un atributo fisiológico de calidad relacionado con el vigor y la resistencia postrasplante (Oliet, 1995 citado por Prieto *et al.*, 2009).

El crecimiento depende de los niveles de nutrimentos que puede aportar el sustrato y los que se adicionan; por ello, es importante conocer el nivel óptimo de los diferentes elementos dependiendo de la fase de crecimiento en que se encuentran las plantas (PRODEFO-SEFUNCO, 1997 citado por Prieto *et al.*, 2009).

Rodríguez (2008), menciona que la producción de biomasa es importante debido a que refleja el desarrollo de la planta en vivero y los resultados indican desproporción y la existencia de un sistema radicular insuficiente para proveer de energía a la parte aérea de la planta de allí la justificación de la aplicación de potasio en vivero.

#### **2.6.3.3.4. Contenedores o envases**

En la actualidad, se emplean más los contenedores de paredes rígidas, estos a su vez, pueden ser bolsas de polietileno o contenedores. Las deformaciones radiculares que provocan las bolsas de polietileno, han causado que se incremente el uso de contenedores (Domínguez, 1997), ya que su tecnología evita el enrollamiento de raíz (Ruano, 2003). El envase facilita el contacto del sistema radicular con el agua, aire y nutrientes, y sirve de soporte físico. El envase ideal es aquel que permite producir plántones de la mejor calidad posible. Existe gran cantidad de envases que pueden ser utilizados, la selección depende del sistema de producción empleado, de las características de crecimiento de la especie, de las condiciones edáficas y climáticas del sitio de plantación, y de la facilidad de operación y costos del envase (Prieto *et al.*, 2006).

#### **2.6.3.3.5. Envase de tubetes**

Con diferentes tamaños y formas de alvéolo se fabrican varios modelos en poliuretano expandido, de gran resistencia y poco peso (Serrada, 2000). Estos tubetes plásticos o conos maceteros, que tiene como ventaja la reducción de costos de producción por planta, debido a que al compararla con otra modalidad requiere menor espacio, tiempo, volumen de sustrato, fertilizantes, plaguicidas, agua, mano de obra y costo de transporte (Jiménez, 2004).

#### **2.6.3.3.6. Sustrato**

El sustrato, da soporte físico para el crecimiento y desarrollo de la planta. El éxito de la producción de planta en envase, depende del sustrato (Ruano, 2003), este a su vez puede ser orgánico e inorgánico. El tipo y mezcla de los componentes del sustrato, debe ser cuidadosamente elegido; ya que diferentes proporciones de los componentes de un mismo sustrato repercuten en el porcentaje y velocidad de germinación de la semilla; así como en el incremento en diámetro, altura y biomasa de los plantones, lo cual se refleja en la calidad de la planta (Arteaga *et al.*, 2003; Valenzuela *et al.*, 2005).

Los sustratos de crecimiento, están compuestos por materiales orgánicos e inorgánicos; los primeros generan gran cantidad de microporos y por lo tanto tienen alta capacidad de retención de agua y de intercambio catiónico. En los sustratos orgánicos esta la turba, fibra de coco, cascarilla de arroz, materia orgánica, humus de lombriz (Oirsa, 2002). Los materiales inorgánicos permiten la formación de macroporos, que proporcionan aireación y drenaje; además su capacidad de intercambio catiónico es baja, facilitan la captura de iones de los fertilizantes y su posterior intercambio con el sistema radicular (Prieto *et al.*, 2003). Los materiales de este grupo son arena, perlita, vermiculita (Oirsa, 2002).

##### **2.6.3.3.6.1. Materia orgánica**

Meléndez y Soto (2003), considera a la materia orgánica del suelo (MOS) como compuestos heterogéneos a base de carbono, que están formados por la acumulación de materiales de origen animal y vegetal, parcial o completamente descompuestos y en continuo proceso de descomposición, desustancias sintetizadas microbiológicamente y/o químicamente, del conjunto de microorganismos vivos, muertos y de animales pequeños que aún faltan descomponerse.

##### **2.6.3.3.6.2. Características del sustrato**

Los sustratos tienen un efecto importante en el enraizamiento y crecimiento, siendo considerado parte esencial del sistema de propagación (Badilla y Murillo, 2005). Para obtener buenos resultados durante la germinación, el enraizamiento y el crecimiento de las plantas, se requieren que los sustratos tengan las siguientes características:

### **- Propiedades físicas**

- Elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible.
- Suficiente suministro de aire.
- Distribución del tamaño de las partículas que mantenga las condiciones anteriores.
- Baja densidad aparente.
- Elevada porosidad.
- Estructura estable

### **- Propiedades químicas**

- Baja o apreciable capacidad de intercambio catiónico
- Suficiente nivel de nutrientes asimilables
- Baja salinidad.
- Elevada capacidad tampón y capacidad para mantener constante el pH.
- Mínima velocidad de descomposición.

### **- Otras propiedades**

- Bajo costo
- Fácil de mezclar
- Fácil de desinfectar y estabilidad frente a la desinfección. Resistencia a cambios externos físicos, químicos y ambientales (INFOAGRO, 2002).

#### **2.6.3.3.6.3. Gallinaza**

La gallinaza es un abono orgánico de excelente calidad. La gallinaza se compone de las deyecciones de las aves de corral y del material usando como cama, que por lo general es cascarilla de arroz mezclada con cal, en pequeñas proporciones, lo cual se coloca en el piso.

Es un apreciado abono orgánico, relativamente concentrado y de rápido acción. Lo mismo que el estiércol, contiene todos los nutrientes básicos indispensables para las plantas, pero en mayor cantidad (Yagodin *et al.*, 1986).

#### **2.6.3.3.6.4. Compost**

El compost que es un proceso biológico en el cual la materia orgánica se transforma en humus bajo la actividad de microorganismos de tal manera que sean aseguradas las condiciones necesarias (especialmente temperaturas, tasa C/N, aireación y humedad) para que se realice la fermentación aeróbica de estos materiales (Soto, 2003).

Según Soto (2003), el compost es un proceso biológico controlado de transformación de la materia orgánica a humus a través de la descomposición aeróbica. Se denomina compost al producto resultante del proceso de compostaje.

## **2.7. Interacción de variables**

### **2.7.1. Índice de robustez**

Es la relación entre la altura de la planta (cm) y el diámetro del cuello de la raíz (mm) y debe ser menor a seis y es un indicador de la resistencia de la planta a la desecación por el viento, de la supervivencia y del crecimiento potencial en sitios secos. El menor valor indica que se trata de plántulas más bajas y gruesos, aptos para sitios con limitación de humedad, ya que valores superiores a seis los dispone a los daños por viento, sequía y helada (Rodríguez, 2008). Asimismo, valores más bajos están asociados a una mejor calidad de la planta e indica que es más robusta y con tallo vigoroso; en cambio valores altos indican una desproporción entre el crecimiento en altura y el diámetro, como pueden ser tallos elongados con diámetros delgados. La robustez se considera una característica que influye en el desempeño temprano de la plantación, donde los límites del parámetro inferior deben ser mayor a 1 y el parámetro superior menor que 6 (Prieto *et al.*, 2003 y Prieto *et al.*, 2009).

### **2.7.2. Relación peso seco de parte aérea y peso seco del sistema radicular**

La producción de biomasa es importante, debido a que refleja el desarrollo de la planta en vivero. Una relación igual a uno, significa que la biomasa aérea es igual a la subterránea; pero si el valor es menor a uno, entonces la biomasa subterránea es mayor que la aérea; al contrario, si el valor es mayor a uno, la biomasa aérea es mayor que la subterránea (Rodríguez, 2008), por lo que una buena relación debe fluctuar entre 1.5 y 2.5 porque valores mayores indican desproporción y la existencia de un sistema radicular insuficiente para proveer de energía a la parte aérea de la planta; el cociente de ésta relación no debe ser mayor a 2.5, particularmente cuando la precipitación es escasa en los sitios de plantación (Thompson, 1985, citado por Sáenz *et al.*, 2010).

Una planta de buena calidad, debe tener un diámetro de cuello grande, bajo valor de esbeltez (cociente altura/diámetro de cuello), un sistema radical fibroso y un valor alto del cociente biomasa de raíz/ biomasa aérea (Fonseca *et al.*, 2002, citado por García, 2007).

### **2.7.3. Índice de lignificación**

El índice de lignificación está estrechamente ligado con los riegos, porque las plantas regadas continuamente (sin estrés) incrementan en forma notable su crecimiento en altura y diámetro, así como la producción de fitomasa. Por otro lado, el diámetro de cuello es más sensible en plantas que se riegan diariamente, de tal manera que los índices de lignificación se incrementan en mayor proporción en el sustrato con estrés hídrico (Prieto *et al.*, 2003).

### **2.7.4. Área foliar específica**

La tasa de crecimiento relativo (TCR) es un atributo cuantitativo que difiere entre especies, se define como la tasa de incremento en biomasa por unidad de área de la planta. El incremento en masa depende de la tasa de fotosíntesis. La TCR puede desglosarse en cinco componentes: 1) la tasa fotosintética por unidad de área foliar, 2) la fracción de carbono fijada que no es respirada; 3) pero sí incorporada en la biomasa estructural de la planta, 4) la masa foliar, la concentración de carbono de la planta, y por último, 5) el área foliar específica (Poorter, 2002, citado por Mello, 2006).

El área foliar específica (AFE), explica en mayor parte la variación de crecimiento entre las especies. Las especies con crecimiento más rápido, bajo óptimas condiciones, son aquellas que tienen la mayor área foliar específica (Poorter, 1999, citado por Mello, 2006).

### **2.7.5. Índice de calidad de Dickson (ICD)**

Debido a que ninguno de los índices puede por sí solos describir la calidad de planta, (Dickson *et al.*, 1960) desarrollaron un índice de calidad, que permite evaluar mejor las diferencias morfológicas entre plantas de una muestra y predecir el comportamiento en campo de estas plántulas (González *et al.*, 1996). Este índice es el mejor parámetro para indicar la calidad de planta, ya que expresa el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez, evitando seleccionar plantas desproporcionadas y descartar planta de menor altura, pero con mayor vigor; de tal manera que el parámetro inferior es de 0.2 y cuanto más cercano este a la unidad (1.00), indica que la planta es de mayor calidad (Fonseca *et al.*, 2002, citado por García, 2007).



## CAPÍTULO III

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización

El ensayo de esta investigación se realizó en el vivero didáctico de la Universidad Estatal Amazónica, Provincia de Pastaza, km 2 ½, en el sureste del Ecuador, con las siguientes coordenadas: 166410 S; 9837656 W.

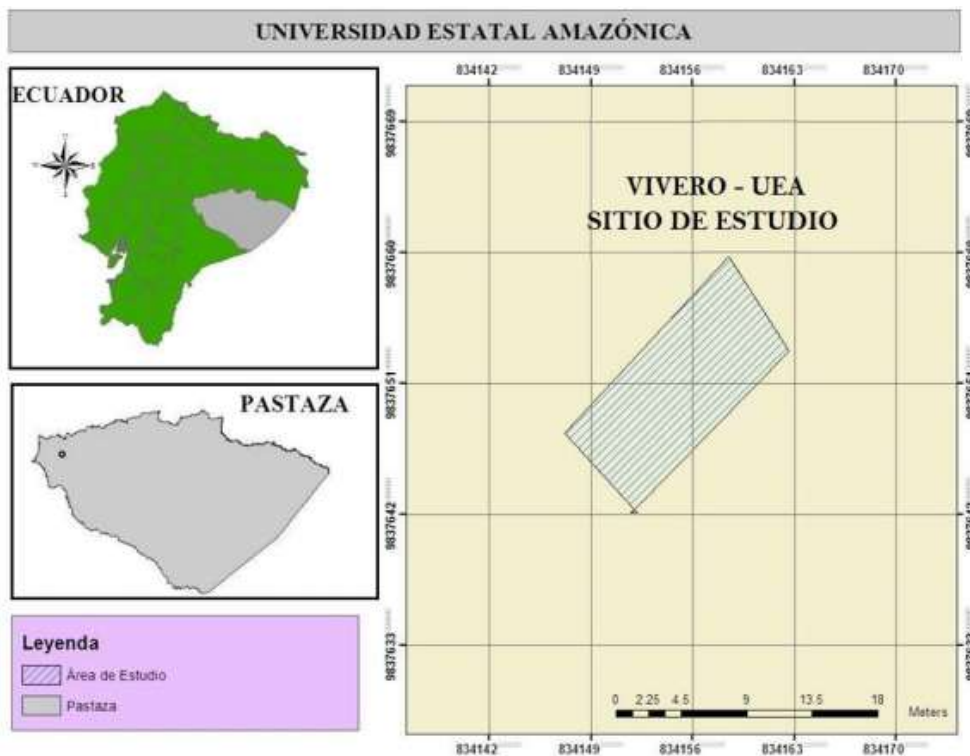


Figura 1. Localización de investigación

#### 3.1.1. Semillas

Las semillas *S. parahybum* fueron recolectadas del sector Payamino, Cantón Francisco de Orellana, Provincia de Orellana, las semillas se las obtuvo en coordinación con el MAE de cinco árboles de pachaco las cuales fueron unificadas en tamaño y forma en un solo grupo, se las almaceno en una bolsa antihumedad hasta su proceso de utilización para germinación.

### **3.2. Tipo de investigación**

El tipo de investigación es descriptiva y experimental. Se considera descriptiva porque se realizó la descripción de las variables morfológicas de las semillas de pachaco (largo, ancho y grosor), así como la comprobación del porcentaje de viabilidad y la interpretación de los patrones topológicos de viabilidad de las semillas.

Experimental ya que se analizó las aportaciones de nutrientes en las plantas con la aplicación de diferentes tipos de sustratos, para identificar la viabilidad exitosa en los 3 tratamientos de muestra comparando los parámetros físicos y químicos e identificando la germinación de la semilla y el crecimiento de las plántulas.

### **3.3. Métodos de la Investigación**

**Medición:** Se midieron los parámetros morfológicos de las semillas (largo, ancho y grosor), además se tomaron datos numéricos del proceso de crecimiento de las plantas en cuanto a altura y diámetro en el cuello de la raíz. Se realizó conteo físico de raíces nuevas mayor a 1 cm, largo de raíces, volumen de raíces, a través del cual se utilizaron ciertas reglas específicas para establecer la relación que existe entre el fenómeno que se está investigando y el sistema numérico, asociado a la biomasa aérea y radical de las plantas.

**Experimental:** Se realizó un diseño de bloques completos al azar con la aplicación de tres tratamientos, el primero con adición de 100% de gallinaza, el segundo con 100% de compost, el tercero 50% gallinaza + 50% compost y una prueba testigo, con tres réplicas a base de *S. parahybum*.

### **3.4. Tratamiento de datos**

#### **3.4.1. Análisis Físicos y químicos**

Se preparó las muestras de cada uno de los tratamientos para su análisis físico y químico utilizando bolsas plásticas, en el cual se depositó 1 Kg de cada tratamiento por separado para su almacenamiento y posterior envío al laboratorio. El análisis químico y físico se realizó en el laboratorio de la facultad de ingeniería Ambiental de la Universidad Estatal Amazónica.

### 3.4.2. Mediciones morfológicas de las semillas

Para determinar las mediciones morfológicas de las semillas se tomaron las dimensiones principales longitud (L), ancho (W) y grosor (T), las cuales se midieron utilizando un calibrador vernier con una precisión de  $\pm 0.05$  mm. Seguidamente se calculó el diámetro medio aritmético (Da), diámetro medio geométrico (Dg), y volumen de semillas, utilizando las siguientes ecuaciones (1,2, 3) propuestas por (Mohsenin, 1986). Con la información de los datos morfológicos de las semillas se determinó los parámetros estadísticos descriptivos (mínimo, máximo, media, desviación estándar y varianza), además se realizó una matriz de correlación de Pearson mediante el uso del programa estadístico SPSS.

$$Da = (L+W+T) / 3 \quad (1)$$

$$Dg = (L.W.T)^{1/3} \quad (2)$$

Donde:

L = longitud

W = ancho

T = grosor

Da = diámetro medio aritmético

Dg = diámetro medio geométrico

$$S=L.\pi(\text{Diámetro}/2) \quad (3)$$

Donde:

L= ancho (mm)

Preparación del sustrato

### 3.4.3. Viabilidad de la semilla

La prueba de viabilidad de las semillas se llevó a cabo en el Laboratorio de Biología de la Universidad Estatal Amazónica, para lo cual se utilizó 100 semillas de pachaco sumergidas en agua durante 24 horas. Posteriormente se colocaron en una solución de Tetrazolio (2,3,5-cloruro trifeníl tetrazolio) al 1% durante dos horas. Luego se procedió a contabilizar la cantidad de semillas viables según el patrón de tinción, considerando que las semillas totalmente teñidas

son viables, semillas totalmente libres de coloración no son viables y semillas parcialmente teñidas, dependiendo de la intensidad y patrón de la tinción son viables, según lo recomienda Rao *et al.*, (2007), citado por Espitia *et al.*, (2017). Se determinó el porcentaje de viabilidad de las semillas dentro de la categoría de viabilidad (Rodríguez y Nieto, 1999).

Se realizó una estratificación del vigor de las semillas en diferentes categorías (alta, media, baja y no vigorosas) como indicador de la respuesta favorable al proceso de germinación. Para la evaluación de las categorías de vigor se consideró los siguientes criterios, según metodología propuesta por Gallo *et al.*, (2016):

Vigor alto: Semillas que mostraron un aspecto completamente teñido de coloración rojizo.

Vigor medio: Semillas con áreas menores de color rojizo sin tinción, con tejidos necróticos o flácidos de poca profundidad.

Vigor bajo: Semillas con presencia de mayores o múltiples áreas menores de color rojizo, sin tinción con tejidos necróticos o flácidos de una extensión mayor.

No vigorosas: Semillas con radícula deteriorada sin coloración (blanco lechoso) por lo tanto, tejido muerto.

#### **3.4.4. Preparación del sustrato**

Para la preparación del sustrato se procedió con la obtención de la gallinaza, el origen de esta fue de una avícola del sector del Pano, Cantón Tena, Provincia Napo, la gallinaza no sufrió ninguna alteración ya que se la recogió orgánicamente y se la deja reposar en sacos. El compost fue facilitado por la UEA con su anticipada preparación de hojarasca y estiércol, dejándola compostaje con suelo natural de CIPCA y luego se procede a su almacenamiento en sacos para su utilización.

La desinfección de los sustratos se la realizo con agua hirviendo y dejando expuesto el material a la radiación solar y a capacidad de campo se lo colocó en una bandeja de aluminio esterilizada, para posteriormente realizar la adición de compost 100%, gallinaza 100% ,50 % gallinaza + 50% compost.

### 3.4.5. Siembra

La presente investigación se realizó en dos fases, la primera consistió en la evaluación del proceso de germinación de las semillas y la segunda en el control de las variables de crecimiento y desarrollo de las plántulas de pachaco. Para la fase de germinación se empleó bandejas de germinación para especies forestales, de 115 cm<sup>3</sup> de capacidad por celda, en los cuales se ubicó 25 semillas por tratamiento con tres repeticiones. La distribución de cada tratamiento se realizó siguiendo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Se sembraron 300 semillas y se utilizaron 3 tratamientos; el T0 testigo con suelo natural del lugar, el T1 100% gallinaza, el T2 100% compost, el T3 50% compost + 50% gallinaza.

Se realizó el conteo físico del número de semillas germinadas por cada tratamiento, lo cual permitió elaborar las curvas de germinación acumulada en el tiempo. Esta información proporcionó los datos necesarios para calcular los parámetros de germinación relacionados con la capacidad germinativa, velocidad de germinación, día de inicio de la germinación y vigor germinativo, mediante las siguientes ecuaciones (4 y 5).

$$VE = \sum\left(\frac{x_i}{n}\right) \quad (4)$$

Donde:

$X_i$  = Número de plántulas emergidas por día

$n$  = Número de días después de la siembra

$$VG = UM * GDM \quad (5)$$

Donde:

UM: Valor máximo o pico que se presenta entre los valores producto de la división del porcentaje acumulado de germinación y la cantidad de días que tardó en obtenerse.

GDM: Es la germinación media diaria calculada como la razón entre el porcentaje final de germinación (PG) y el número de días transcurridos hasta llegar a ese valor.

Los datos obtenidos del proceso de germinación, se expresaron a través de los parámetros descritos anteriormente y fueron procesados mediante un ANOVA y pruebas de comparación

de medias de Tukey al 95% de confiabilidad. Estos análisis permitieron determinar las relaciones entre el sustrato y la calidad de la planta.

### **3.4.6. Mediciones de atributos morfológicos del crecimiento de las plantas cultivadas en vivero**

#### **3.4.6.1. Altura y diámetro basal**

Para la medición de la altura de las plántulas, se empleó una regla graduada de 30 cm el cual se procedió a su control durante 30 días 4 veces por semana, las medidas se tomaron desde la base del sustrato hasta el ápice de la plántula y el diámetro del cuello de la raíz se determinó con la ayuda de un calibrador vernier.

#### **3.4.6.2. Peso fresco de las plantas**

Para el estudio de biomasa y se sacrificaron cinco plántulas por tratamiento y repetición, estas muestras fueron lavadas con agua común y posteriormente secadas con papel absorbente, se separó la biomasa en componentes aéreo y radical (tallo, hojas y raíz) y con la ayuda de una balanza digital se determinó el peso fresco de cada componente de la biomasa.

#### **3.4.6.3. Atributos del sistema radical**

Para medir la longitud de la raíz se tomó las dimensiones desde el cuello de la raíz hasta el extremo más distal de la misma, empleando una regla graduada de 30 cm. Para determinar el volumen de la raíz se utilizó una probeta de 100 ml con agua común a 60 ml, seguidamente se sumergieron las raíces en el interior de la probeta y se consideró el volumen de agua desplazado como el volumen del sistema radical. Se contabilizaron las raíces secundarias nuevas mayores a 1 cm para determinar el potencial de crecimiento radicular y el índice de fibrosidad, el cual se determinó como la relación volumen de la raíz y peso seco de la raíz.

#### **3.4.6.4. Peso seco de la parte aérea (PSA) y parte radical (PSR)**

Las muestras de los componentes de la biomasa seleccionados fueron colocadas en la estufa a una temperatura de 60°C durante 48 horas y posteriormente cada fracción de las plántulas se pesaron en una balanza analítica para obtener el peso seco de la biomasa aérea y radical.

### 3.4.6.5. Índices morfológicos

La relación parte aérea – parte radical se estimó mediante el cociente entre el peso seco aéreo y el peso seco radical (Thompson, 1985). Se determinó el índice de esbeltez mediante la relación altura y diámetro del tallo (Torral, 1997). El índice de calidad de Dickson se calculó en función del peso seco total, el índice de esbeltez y la relación parte aérea y parte radical, según lo propuesto por Dickson *et al.*, (1960), mediante la ecuación (6).

$$IQ = \frac{Pst}{\frac{h \cdot Psa}{d} + Psr} \quad (6)$$

Dónde:

Pst = Peso seco total

h = altura

d = diámetro

Psa = Peso seco aéreo

Psr = Peso seco radical

Los parámetros morfológicos asociados al crecimiento y desarrollo de las plantas cultivadas en las condiciones del vivero fueron tabulados mediante un análisis multivariado de la varianza (ANOVA), además se realizó una matriz de correlación de Pearson para establecer correlaciones entre las variables morfológicas.

Se probaron varios modelos de regresión para analizar la dinámica de crecimiento de la altura de las plantas de *S. parahybum* en vivero utilizando diferentes sustratos y se seleccionó el mejor modelo en cada caso. Los análisis estadísticos se llevaron a cabo con el uso del programa SPSS, versión 22.0.

## 3.5. Recursos humanos y materiales

### 3.5.1. Recursos humanos

Para la presente investigación los recursos humanos estuvieron conformado por la directora del Proyecto, docentes del área de Silvicultura, egresado de la maestría, técnicos de laboratorio, técnico de campo, técnico del vivero.

### **3.5.2. Materiales**

Para el desarrollo de este proyecto de innovación se utilizó:

- ✓ Semillas de pachaco
- ✓ Sustrato en composición de compost y gallinaza
- ✓ Bandejas de germinación para especies forestales de capacidad de celda de 115 m<sup>3</sup>
- ✓ Calibrador vernier
- ✓ Probetas
- ✓ Balanza digital
- ✓ Estufa
- ✓ Material de oficina
- ✓ Laptop
- ✓ Tablero
- ✓ Cámara fotográfica



## CAPITULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Caracterización de las propiedades físicas y químicas de los sustratos

Al realizar el análisis químico de los sustratos se obtuvo las siguientes características que se muestran en la Tabla 1:

Tabla 1. Características químicas de los sustratos

Químicas	Gallinaza (T1)	Compost (T2)	Gallinaza +Compost (T3)
pH	6,56	7,23	7,12
Nitrógeno	0,11	0,18	0,2
Fosforo	0,13	0,15	0,17
Potasio	0,2	0,32	0,38
Calcio	0,18(bajo)	0,26(medio)	0,29(medio)
Magnesio	0,71(bajo)	0,83(medio)	0,94(medio)

Los resultados obtenidos de potencial hidrogeno (pH) en las muestras tomadas muestran valores favorables en los tratamientos T2 (7,23) y T3 (7,12) ideal para el desarrollo de los microorganismos. Si el sustrato es muy ácido habrá muy pocos microorganismos y será más difícil que se descomponga (1 - 6,5 pH ácido; 6,6 - 7,3 pH neutro; 7,4 - 14 pH básico).

Según Landis (1989), citado por Domínguez *et. al.* (2000), los intervalos aconsejados de N, P y K son: %N: 0,1-0,2; %P: 0,1-0,2 y %K: 0,3-0,8

Como se observa en la Tabla 1 y teniendo esto en cuenta el valor de nitrógeno para los tratamientos, se aprecia que cumplen con el porcentaje los tres T1, T2, T3.

El contenido de fósforo fue < 0,3 en los tres sustratos, manifestando que los tres tratamientos T1(0,13), T2(0,15), T3 (0,17) entran en el rango aconsejado. En cuanto al contenido de Potasio los tratamientos T2 y T3 coinciden con el valor mínimo de la concentración planteada por Landis (1989).

La concentración de calcio se muestra baja en el tratamiento T1, y medio para los otros dos, lo que le favorece para el crecimiento de los tejidos meristemáticos de la planta e importante para el apropiado desarrollo de las raíces de las mismas (Carneiro,1995).

En cuanto a la concentración de magnesio se manifiesta bajo en el tratamiento T1 y medio en los tratamientos T2 y T3, lo que generalmente en pequeñas cantidades satisface las exigencias nutricionales de las especies forestales, esenciales para la síntesis de la clorofila.

Al realizar el análisis físico de los sustratos se obtuvo las siguientes características que se muestran en la Tabla 2:

Tabla 2. Características físicas de los sustratos

Físicos	Gallinaza (T1)	Compost (T2)	Gallinaza +Compost (T3)
Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	0,43	0,36	0,38
Densidad real	0,80	2,51	2,55
Porosidad total (%)	86	70	79

Analizando la caracterización física se observa que los tratamientos que componen las variantes T2 (0,36) y T3 (0,38), muestran la densidad aparente dentro del rango recomendado por Ansorena (1994), para este tipo de sustrato (< 0.40) (Tabla 2). En cuanto a la densidad real del tratamiento T1 (0,80) presenta un valor menor que el que éste refiere como adecuado (dentro del rango de 2,5 a 3,0).

Con respecto a la porosidad total los tratamientos T2 (70) y T3 (79) entran en la categoría adecuada (60% al 80%), planteado por Montoya y Cámara (1996), citado por Medina (2004).

La porosidad es de vital importancia dentro de las características del sustrato en los tratamientos, pues de ella depende la retención del agua y la aireación, lo cual tiene una influencia directa en el desarrollo del sistema radical y de la planta en su conjunto.

De acuerdo al análisis de las características físicas, se puede considerar que al tratamiento T3 como el de mejores características físicas.

#### 4.2. Estadísticas descriptivas de los parámetros morfológicos de la semilla *S. parahybum*

Las estadísticas descriptivas, manifestaron un patrón general de comportamiento con altos niveles de variación en las medidas de forma y tamaño, lo cual pudiera estar asociado al peso y estructura de las semillas (Tabla 3). Estos resultados demuestran que las dimensiones ortogonales de las semillas responden a la variación encontrada tanto en largo, ancho y grosor por la diferencia de cada árbol en que se obtuvo las semillas encontradas en el sector de Payamino, del Cantón Francisco de Orellana, Provincia de Orellana, aspecto importante para garantizar una respuesta más favorable al proceso de germinación. Esto se corresponde con lo descrito por De la Cruz y Chávez (2005), donde refieren que la variación encontrada en las semillas relacionadas con el peso, largo y ancho muestran un potencial de variabilidad debido a las características que presentan los árboles, lo cual favorece a futuro desarrollar programas de selección de árboles semilleros que permitan satisfacer la demanda de semillas de calidad en los programas de reforestación con la especie *S. parahybum*.

Tabla 3. Estadísticas descriptivas de los parámetros morfológicos de la semilla

Estadísticos Descriptivos	Largo (mm)	Ancho (mm)	Grosor (mm)	Relación largo/ancho (mm)
Mínimo	16,5	10,0	2,3	0,14
Máximo	20,2	15,0	4,0	2,00
Media	18,9	12,35	3,14	1,51
Desviación estándar	0,94	1,77	0,52	0,39
Coefficiente de variación	4,97%	14,33%	16,56%	25,83%

En la Tabla 3 se observa que la variabilidad entre estas semillas es baja ya que sus parámetros morfológicos mostraron una desviación estándar muy baja al igual que sus coeficientes de variación, lo cual significa que la mayoría de los datos se encuentran alrededor de la media, logrando estabilidad en la muestra tomada.

Del análisis descriptivo de los histogramas de frecuencias para las variables: largo, ancho y grosor se obtuvo los resultados que se muestran en la Figura 1:

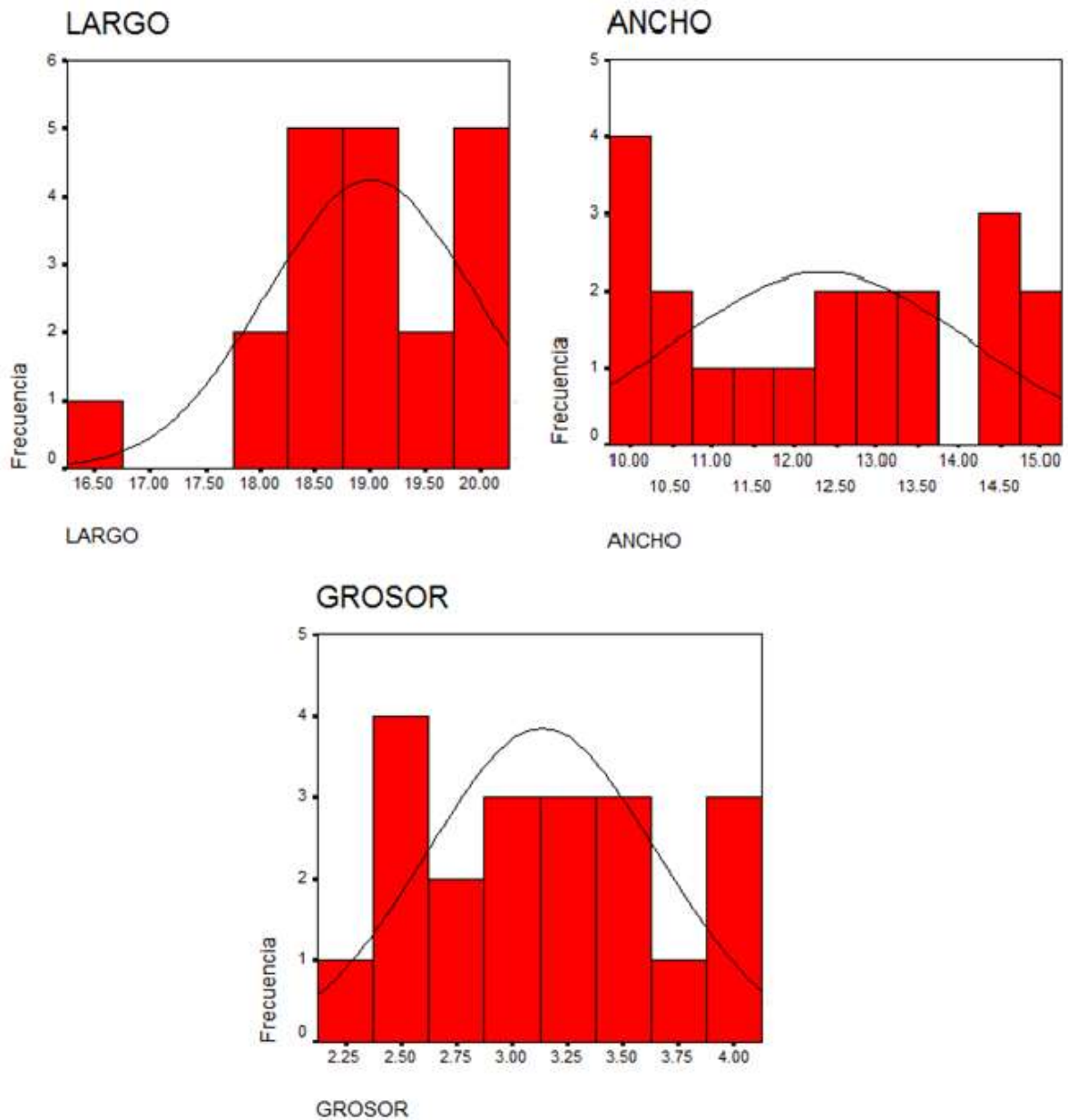


Figura 2. Distribución de frecuencias para las variables largo, ancho y grosor

Fuente: SPSS, Versión 22.0 (2014)

En la Figura 1 se muestra la distribución de frecuencias para las variables ancho, largo y grosor. En la variable largo se observa una distribución sesgada hacia la derecha ya que sus datos se concentran hacia la derecha de la distribución. En las variables ancho y grosor se observa un comportamiento ligeramente simétrico respecto al centro.

Por otro lado, los estadísticos descriptivos: Asimetría y Curtosis son utilizados para comprobar si los datos siguen una Distribución Normal. Según Suárez (2015) la asimetría permite identificar si los datos se distribuyen de forma uniforme alrededor del punto central (media) y la curtosis determina el grado de concentración que presentan los valores en la región central de la distribución. Si ambos valores se encuentran entre -2 y 2 indica que los datos siguen

aproximadamente una Distribución Normal, lo cual se cumple para las tres variables: largo, ancho, grosor (Tabla 4).

Tabla 4. Valores de asimetría y curtosis para las variables largo, ancho y grosor

Estadísticos	Largo	Ancho	Grosor
Asimetría	-0,740	0,114	0,115
Curtosis	0,984	-1,461	-1,050

Por otro lado, del análisis de correlaciones entre las variables morfológicas de las semillas se obtuvo la siguiente matriz (Tabla 5):

Tabla 5. Matriz de Correlaciones entre las variables morfológicas de las semillas

		LARGO	ANCHO	GROSOR	RELACION LARGO/ANCHO
LARGO	Correlación de Pearson Sig.	1			
ANCHO	Correlación de Pearson Sig.	.201 .395	1		
GROSOR	Correlación de Pearson Sig.	.282 .228	.639(*) .043	1	
RELACION LARGO/ANCHO	Correlación de Pearson Sig.	-.097 .684	-.850(**) .000	.327 .159	1

\*\* La correlación es altamente significativa al nivel 0,01

\* La correlación es significativa al nivel 0,05

Fuente: SPSS, Versión 22.0 (2014)

La matriz de correlación de Pearson (Tabla 5) mostró que las variables morfológicas ancho y relación largo/ancho tienen una correlación altamente significativa ( $p < 0,01$ ) y negativa. El ancho y el grosor mostraron una correlación significativa ( $p < 0,05$ ) y positiva. Esto demuestra la estrecha relación entre las variables asociadas al tamaño y forma de las semillas.

Aspectos importantes como la morfología de la semilla de *S. parahybum* y el tipo de sustrato son importante para el proceso de germinación en los tratamientos T1, T2, T3 y T0, con los resultados obtenidos se puede constatar que la semilla es viable, los aspectos variantes se reflejan en los T0 y T3 el cual resultado obtener mayor grado de germinación por el tipo de sustrato utilizado, así también lo afirma Herrera *et al.* (2006) el cual manifiesta que la germinación depende de la morfología de la semilla y el tipo de sustrato, el trabajo con *Cedrela montana* teniendo aspectos favorables en su investigación con aserrín.

#### **4.3. Categorías de vigor**

Las categorías de vigor evaluadas (alta, medio, baja y no vigorosas) resultaron con una fuerte variación entre las diferentes clases, resultando con mayor porcentaje la categoría de vigor alto y menor en la categoría no vigorosas. Esto demuestra la alta viabilidad de las semillas de *S. parahybum* como indicador de la respuesta favorable al proceso de germinación. Las semillas que mostraron un aspecto completamente teñido de coloración rojizo (vigor alto) correspondieron al 35%, semillas con áreas menores de color rojizo sin tinción, con tejidos necróticos o flácidos de poca profundidad (vigor medio) con un 26%, con presencia de mayores o múltiples áreas menores de color rojizo sin tinción con tejidos necróticos o flácidos de una extensión mayor (vigor bajo) con un 9% y semillas con radícula deteriorada sin coloración (blanco lechoso) por lo tanto, tejido muerto (no vigorosas) con un 30%. Resultados similares se obtuvieron en el estudio de *Swietenia macrophylla* con un 86% de viabilidad de las semillas en categoría de vigor resultando favorables para la germinación (Jacome,2018).

#### 4.4. Curvas de germinación acumulada

Las curvas de germinación para cada tratamiento considerado se muestran a continuación (Figura 2):

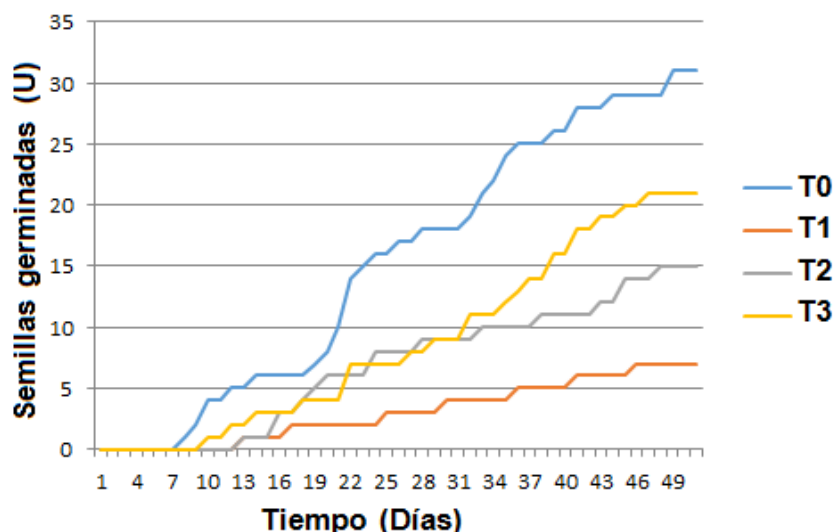


Figura 3. Curvas de germinación por tratamiento con diferentes sustratos

Fuente: SPSS, Versión 22.0 (2014)

En la Figura 2 se observa inicialmente una fase constante que corresponde al período entre la siembra de las semillas y el inicio de la germinación donde se destaca que el tratamiento T0 inició a los 8 días; seguidamente el tratamiento T3 a los 10 días; posteriormente los tratamientos T2 y T1 a los 13 días. Por otro lado, se aprecia que el mejor tratamiento para esta especie fue el T0 (testigo) ya que de un total de 35 semillas germinaron 31 para un 89%, seguidamente con el tratamiento T3 (50% compost + 50% gallinaza) germinaron 21 para un 60%. Con el tratamiento T2 (100% compost) se obtuvo un total de 15 semillas germinadas para un 43% y el tratamiento con resultados más bajos fue el T1 (100% gallinaza) con sólo 7 semillas germinadas por lo cual su porcentaje fue bajo (20%).

Estos resultados indican que el uso de estos sustratos (compost y gallinaza) no superan los resultados de germinación obtenidos con el sustrato normal (testigo). Sin embargo, se destaca que la combinación del 50% gallinaza con 50% compost mostró mejores resultados que cada uno por separado. Esto se debe a que son una fuente rica de nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio entre otros, aceleran la actividad microbiológica del suelo, ayudan a mejorar la estructura y características físicas, químicas y biológicas del suelo favoreciendo la capacidad de absorción, y a la vez facilita la retención de agua que es esencial para la absorción de nutrientes. Además, aumenta la porosidad de los suelos, lo que facilita el crecimiento

radicular de los cultivos; mejorando así la capacidad de intercambio catiónico (Foncodes, 2014).

#### **4.5. Anova y prueba de Tukey**

Los resultados del Análisis de Varianza y prueba de comparación de medias de Tukey, para detectar si existen diferencias significativas entre los promedios de semillas germinadas con respecto a los tratamientos considerados, se muestran en los (Anexos 1 y 2).

El Análisis de Varianza (Anexo 1) mostró que existen diferencias altamente significativas entre el testigo (T0) y los tres tratamientos estudiados (T1, T2, T3) ya que la  $Sig = 0,000 < 0,05$ . Esto significa que la cantidad promedio de semillas germinadas fue significativamente diferente para los cuatro tratamientos considerados.

La prueba de comparación de medias de Tukey (Anexo 2) indicó cuáles tratamientos se comportaron similares o diferentes en cuanto al promedio de semillas germinadas. En tal sentido, se observó la formación de tres grupos de tratamientos. Un primer grupo compuesto por el tratamiento T1 solamente por presentar la menor cantidad de semillas germinadas. El segundo grupo quedó conformado por los tratamientos T2 y T3 con resultados similares en la germinación de semillas y un tercer grupo bien diferenciado con el tratamiento testigo (T0) el cual mostró los mejores resultados de semilla germinada y estadísticamente diferente al resto.



#### 4.6. Matriz de correlaciones entre variables morfológicas del crecimiento y desarrollo de las plantas

El análisis de la relación entre las variables morfológicas del crecimiento y del desarrollo de las plantas se muestra a través de la matriz de correlación de Pearson (Tabla 6).

Tabla 6. Matriz de Correlaciones entre las variables morfológicas del crecimiento y desarrollo de las plantas

		DB	H	NH	LR	NR	VR	PSA	PSR
DB	Correlación de Pearson Sig.	1 .							
H	Correlación de Pearson Sig.	.715* .046	1 .						
NH	Correlación de Pearson Sig.	.357 .401	.731* .050	1 .					
LR	Correlación de Pearson Sig.	.902* .036	.632 .068	.364 .547	1 .				
NR	Correlación de Pearson Sig.	.423 .478	.690 .063	.419 .482	.488 .404	1 .			
VR	Correlación de Pearson Sig.	.544 .343	.832* .046	.589 .296	.516 .373	.753* .048	1 .		
PSA	Correlación de Pearson Sig.	.676 .218	.763* .041	.382 .769	.662 .224	.401 .503	.831* .039	1 .	
PSR	Correlación de Pearson Sig.	.737* .050	.856* .037	.446 .442	.072 .908	.735* .042	.788* .041	.707* .043	1 .

\*. La correlación es significativa al nivel 0,05

Leyenda: Diámetro Basal (DB), Altura (H), Número de Hojas (NH), Largo de raíz (LR), Número de raíces (NR), Volumen de raíz (VR), Peso seco aéreo (PSA), Peso seco radical (PSR)

Fuente: SPSS, Versión 22.0 (2014)

En la Tabla 6 se observa que las variables morfológicas del crecimiento y desarrollo de las plantas están fuertemente relacionadas entre sí ( $p < 0,05$ ). Se observa que al aumentar la altura (H) de la planta, aumentarán también el diámetro basal (DB), el número de hojas (NH) y las variables relacionadas con las raíces (LR, NR, VR y PSR) obtendrán mejores valores. El peso seco aéreo (PSA) también mostró una relación significativa con el peso seco radical (PSR) y con la altura de la planta.

Los resultados del Anova Simple para las relaciones H/PSA (Anexo 3) y PSA/PSR (Anexo 4) mostraron que existen diferencias significativas entre los tratamientos estudiados con un nivel de significación del 5%. La prueba de Tukey para el índice H/PSA mostró al tratamiento T0 con mayores valores estadísticamente diferente al resto. Seguidamente el tratamiento T3 y por último los tratamientos T1 y T2 se agruparon lo cual significa que sus valores promedios no difieren significativamente entre sí. El índice PSA/PSR mostró valores más elevados en los tratamientos T0 y T3 con valores promedios similares. Esto significa que las plantas con estos tratamientos presentan menor capacidad de sobrevivencia. Sin embargo, con los tratamientos

T1 y T2 mostraron valores más bajos de este índice, lo cual es una expresión de mejor supervivencia en el campo.

El índice de calidad de Dickson, es uno de los mejores índices y más complejos, ya que integra todos los parámetros de los demás índices calculados (Dickson *et al.*, 1960), determinando que resulta de integrar los valores de la biomasa total, índice de esbeltez y de la relación parte aérea/raíz, muestra que los mayores valores se obtuvieron en el tratamiento T0 (testigo) y luego el T3, mientras que los más bajos fueron los T1 y T2. Este índice al combinar la información de dos índices y ajustarlo por efecto de tamaño de la planta muestra que un aumento en el índice representa plantas de mejor calidad, lo cual implica que, por una parte, el desarrollo de la planta es grande y que al mismo tiempo las fracciones aérea y radical está equilibrada (Oliet, 2000).

La relación entre materia seca de la parte aérea y la materia seca de la raíz es considerada como un elemento eficiente y seguro para expresar las propiedades de la evaluación en un sistema de producción en tubetes o contenedores (Navarro *et al.*, 2006), generalmente para climas secos o tropicales se prefiere valores cercanos a 2.0 que serían la mejor relación entre estos atributos (Brissette *et al.*, 1991; Navarro *et al.*, 2006).

La esbeltez, permite estimar la resistencia física de las plantas durante las operaciones de plantación y su resistencia al efecto mecánico del viento, según indican Aranda *et al.* (2005). El consumo de nutrientes por parte de las plantas depende de la habilidad de las raíces para absorberlos, de la capacidad del sustrato para suministrarlo y de la accesibilidad de los mismos, lo que está determinado por el tamaño y la configuración del sistema radical (Ramírez y Rodríguez, 2004). Ramírez *et al.* (2015), para el índice de calidad de Dickson obtuvieron valores más altos en los T0, T3 y valores bajos para T2, T3.

#### **4.7. Modelación de crecimiento**

Los resultados de los varios modelos de regresión empleados para cada tipo de sustrato, se muestra en la Tabla 7. Se observa que el mejor modelo para los tratamientos T0 y T3 fue el cuadrático y para los tratamientos T2 y T3 fue el cúbico.

Tabla 7. Resultados de los modelos de crecimiento de *S. parahybum* en vivero con diferentes sustratos

Sustratos (Trat)	Modelo matemático	Coefficiente correlación r	Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	Error Estándar	Sign Modelo	Sign Parámetros
T0	Cuadrático	0,98501	0,97024	0,30691	0,000	Todos significativos
T1	Cúbico	0,98646	0,97311	0,37044	0,000	Todos significativos
T2	Cúbico	0,97970	0,95982	0,44818	0,000	Todos significativos
T3	Cuadrático	0,94880	0,90021	1,07276	0,000	Todos significativos

Leyenda: T0: tratamiento testigo; T1: tratamiento 100% gallinaza; T2: tratamiento 100% compost; T3: tratamiento 50% compost + 50% gallinaza

Fuente: Elaboración propia

Según Cobas *et al.*, (2013) la utilización de diferentes modelos matemáticos para la descripción del comportamiento en la variable altura (H), resulta de gran utilidad para analizar la dinámica del comportamiento del crecimiento en vivero de la especie en estudio.

En el tratamiento T0 (testigo) se seleccionó el modelo cuadrático ya que se obtuvo mayores valores de los coeficientes de correlación (r) y de determinación (R<sup>2</sup>); lo cual indica buena correlación y el modelo de buen ajuste. Además, se observa un error de estimación pequeño, todos los parámetros del modelo son significativos (Anexo 5) y la gráfica mostró un mejor ajuste a los datos (Figura 3).

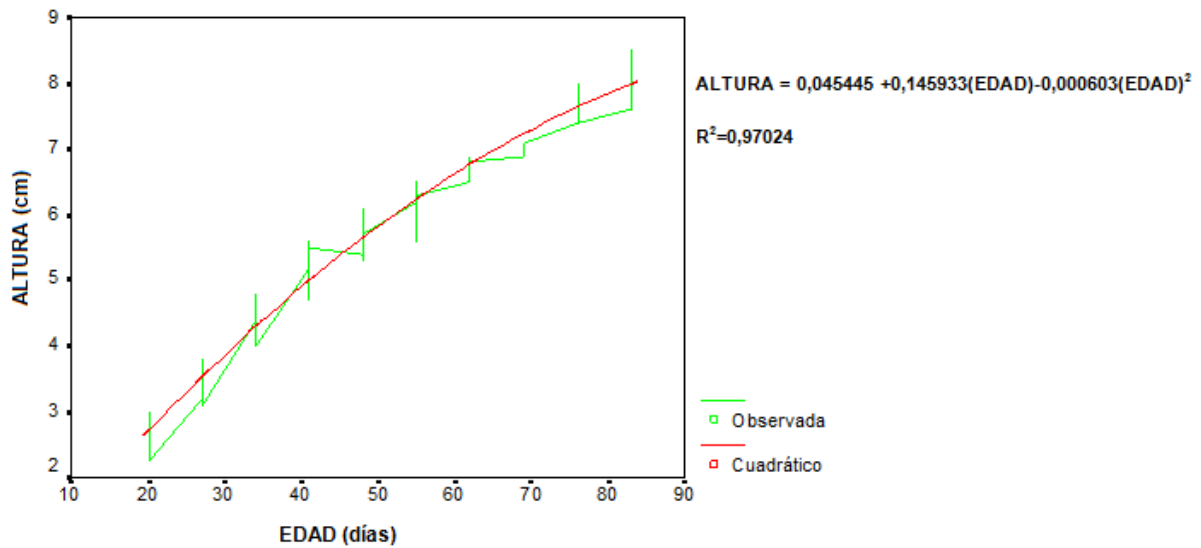


Figura 4. Modelo de crecimiento en el tratamiento T0 (testigo)

Fuente: SPSS, Versión 22.0 (2014)

En los tratamientos T1 (100% gallinaza) y T2 (100% compost) se seleccionó como mejor modelo el cúbico por tener mayor  $R^2$ , mejor ajuste a los datos, fuerte correlación, menor error típico, alta significación del modelo y parámetros significativos (Anexos 6 y 7 respectivamente). Sus gráficas de mejor ajuste se muestran a continuación (Figuras 4 y 5 respectivamente):

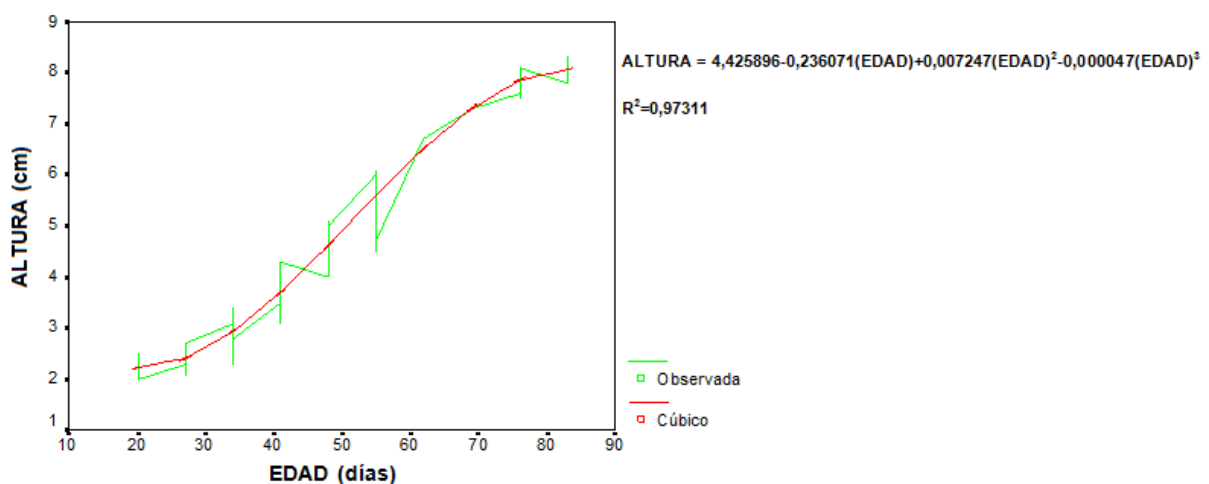


Figura 5. Modelo de crecimiento en el tratamiento T1 (100% gallinaza)

Fuente: SPSS, Versión 22.0 (2014)

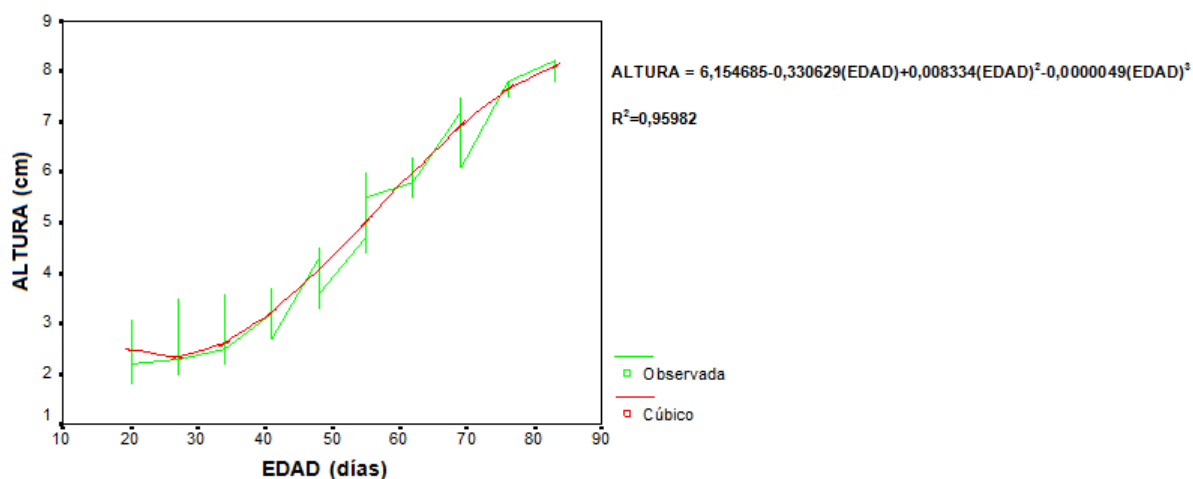


Figura 6. Modelo de crecimiento en el tratamiento T2 (100% compost)

Fuente: SPSS, Versión 22.0 (2014)

En el tratamiento T3 (50% compost + 50% gallinaza) se seleccionó como mejor modelo de crecimiento el cuadrático (Anexo 8) por obtener los mejores valores en todos los parámetros de calidad de la ecuación de regresión mencionados anteriormente (Figura 6).

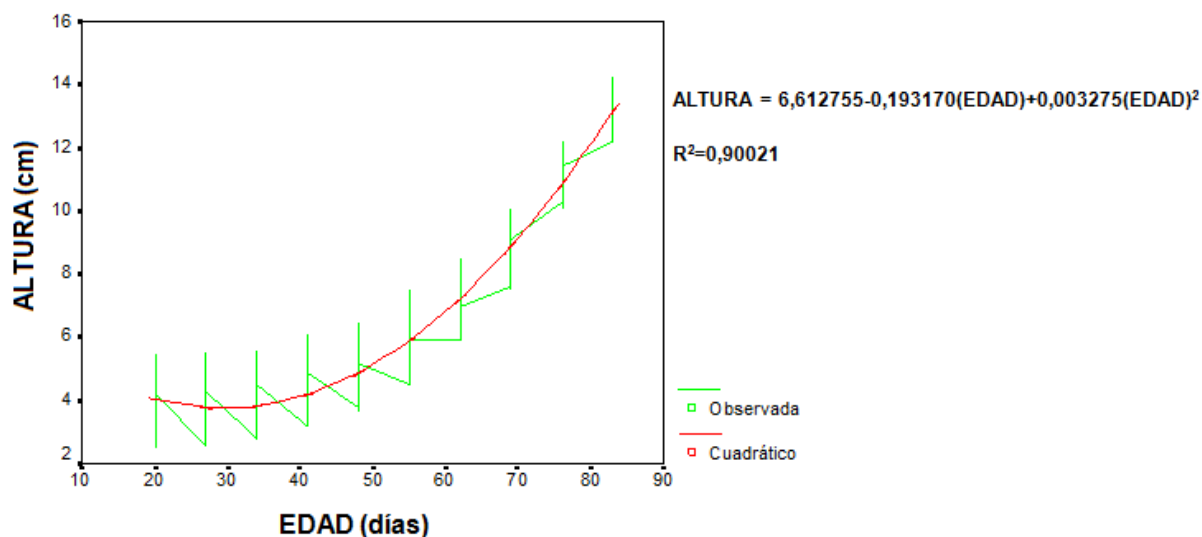


Figura 7. Modelo de crecimiento en el tratamiento T3 (50% compost + 50% gallinaza)

Fuente: SPSS, Versión 22.0 (2014)

Los modelos de crecimiento para los tratamientos analizados reflejaron excelentes resultados de bondad de ajuste a los datos (Tabla 8). Para el tratamiento T0 se obtuvo un modelo cuadrático con coeficiente de determinación  $R^2=97\%$ , T1 modelo cúbico con un valor  $R^2=97,3\%$ , T2 modelo cúbico con coeficiente de determinación  $R^2=95,9\%$  y el T3 modelo cuadrático con un valor de  $R^2= 90\%$ . Martínez y Caridad (2006) estudiaron la dinámica de crecimiento de

*Eucaliptus grandis* (Hill) en el cual compararon sustratos de gallinaza, turba, cachaza, corteza de *E. grandis* obteniendo resultados de coeficiente de determinación  $R^2$  entre 88% y 90%.

Tabla 8. Resultados de modelos de crecimiento de *S. parahybum* para los diferentes sustratos

Sustratos (Trat)	Modelos de regresión	Coefficiente de determinación $R^2$
T0	$ALTURA=0,045445+0,145933(EDAD)-0,000603(EDAD)^2$	0,97024
T1	$ALTURA=4,425896-0,236071(EDAD)+0,007247(EDAD)^2-0,000047(EDAD)^3$	0,97311
T2	$ALTURA=6,154685-0,330629(EDAD)+0,008334(EDAD)^2-0,0000049(EDAD)^3$	0,95982
T3	$ALTURA=6,612755-0,193170(EDAD)+0,003275(EDAD)^2$	0,90021

Leyenda: T0: tratamiento testigo; T1: tratamiento 100% gallinaza; T2: tratamiento 100% compost; T3: tratamiento 50% compost + 50% gallinaza

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, los resultados estadísticos del Anova simple y la prueba de Tukey (Tabla 9) mostraron que sí existen diferencias significativas entre las alturas promedios de la especie *S. parahybum* ( $Sig = 0,001 < 0,05$ ) respecto a los distintos sustratos utilizados en vivero. Se observa que con un 95% de confiabilidad que los tratamientos T0 (testigo) y T3 (50% compost + 50% gallinaza) proporcionaron mayores valores de crecimiento reflejados en la altura promedio y, por otro lado, los tratamientos T1 (100% gallinaza) y T2 (100% compost) arrojaron los menores valores de altura promedio. Cabe destacar que la mezcla del compost y la gallinaza en iguales porcentajes fue más efectiva que cada uno de ellos por separado.

Tabla 9. Resultados del Análisis de Varianza y prueba de Tukey entre los tratamientos (p<0,05)

ALTURA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	98.175	3	32.725	5.551	.001
Intra-grupos	1155.529	196	5.896		
Total	1253.704	199			

HSD de Tukey

TRATM	N	Subconjunto para alfa = .05	
		1	2
1	50	4.8440	
2	50	5.1262	
3	50		6.1180
0	50		6.6742
Sig.		.277	.203

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Resultados similares fueron obtenidos en otras investigaciones donde se han evaluado mezclas de compost y fertilizantes químicos (Matheus *et al.*, 2017), en las cuales se reafirma el efecto complementario y positivo del uso de ambos productos. Por su parte, Ramos y Terry (2014) plantearon que la gallinaza y el estiércol de ganado son las fuentes principales de nutrimentos como el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y micro nutrimentos necesarios para el buen crecimiento de las plantas.

## 5. CONCLUSIONES

- Se caracterizaron las propiedades físicas y químicas de los sustratos manifestando que el más viable, para el progreso de la germinación de las semillas de *S. parahybum* fue el sustrato T3 que estaba conformado por (compost 50% y gallinaza 50%).
- Se determinaron los parámetros de germinación, crecimiento y calidad de la planta demostrando que los más óptimos con los datos obtenidos a los 51 días de progreso de la especie *S. parahybum* definieron ser los tratamientos T0 (testigo) y T3 (compost 50% y gallinaza 50%) en cuanto a los tres parámetros establecidos.
- Los modelos que mejor reflejan la dinámica de crecimiento en altura de las plantas de *S. parahybum* en vivero utilizando diferentes sustratos fueron: Cuadrático en el tratamiento T0 (testigo), Cúbico en los tratamientos T1 (100% gallinaza) y T2 (100% compost) y por último, Cuadrático en el tratamiento T3 (50% compost + 50% gallinaza). Se encontraron diferencias significativas entre las alturas promedios con respecto a los diferentes sustratos, destacando los mayores valores de crecimiento con los tratamientos T0 y T3. La mezcla de 50% compost con el 50% de gallinaza proporcionó mejores resultados de calidad de la planta, que cada uno de ellos por sí solos.



## 6. RECOMENDACIONES

- Prolongar con el proceso de monitoreo de datos de crecimiento de las plántulas *S. parahybum* bajo la aplicación continua de sustrato para su desarrollo en la plantación en campo.
- Facilitar datos obtenidos a los actores sociales y gubernamentales responsables de la actividad forestal para facilitar reforestación con esta especie para la recuperación de bosques a corto plazo.
- Utilizar modelos matemáticos de regresión ya que brinda información confiable para proyección de variables, beneficiando así a proyectos silviculturales y de reforestación siendo amigable con el ambiente.
- Fortificar los estudios de modelamientos de calidad de las plantas forestales con conjuntos de técnicas modernas como son de tubetes o contenedores forestales, de tal forma que favorezca establecer fichas tecnológicas para garantizar plantas de mayor calidad, con el propósito de satisfacer programas de reforestación y restauración de ecosistemas degradados.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Arteaga, M; León, S; Amador, C. (2003). Efecto de la mezcla de sustratos y fertilización sobre el crecimiento de *Pinus durangensis* Martínez en vivero. Revista Foresta Veracruzana 5: 9 – 15 p.
- Badilla, Y; Murillo, O. (2005). Enraizamiento de Estacas de Especies Forestales. Revista forestal 2 (6): 6 p.
- Bauhus J, K Puettmann, C Messier. 2009. Silviculture for old-growth attributes. Forest Ecology and Management 258:525-537.
- Betancourt, B. (1990). Características generales de pachaco. p. 35–50
- Borja, C. (2010). Plantas nativas para la reforestación en el Ecuador. Fundación Natura - AID – Edunac III Quito – Ecuador. 85p.
- Cobas, M; Forteza, I; García, I & Sandín, L. (2013). “Dinámica de crecimiento de *Caesalpineaviolacea* (Mill.) Standl cultivada en tubetes, empleando diferentes sustratos orgánicos”. Revista Cubana de Ciencias Forestales, Vol 1, No. 1. ISSN: 2310-3469. Pág: 84-93.
- Da Silva CB, Barbosa RM, Vieira RD. (2012). Evaluating Sunn Hemp (*Crotalaria juncea*) Seed Viability Using the Tetrazolium Test. See Technol. 34(2):263–272. doi: 10.13140/RG.2.1.2422.8883.
- Dickson, A., A. L. Leaf and J. F. Hosner (1960). Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. For. Chron. 36:10-13.
- Duryea, M. (1985). La evaluación de la calidad de las plántulas: importancia de la reforestación. Oregon State University. 1 – 4 p.

- Ernani, P. (2007). Técnica circular. Paricá *Schizolobium amazonicum*. Brasil – Embrapa. 8p.
- Espejo M.(2010). Efecto de diferentes sustratos en la producción de plantones del *Theobroma cacao* L. Cacao criollo en el sector de Jacintillo - Tingo María. Tesis de grado. Tingo María: Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Recursos Naturales Renovables
- FAO. (1993). Montes: estadísticas ahora para mañana. Roma, Italia. 52 p.
- FAO. (2013). Manual de Compostaje del Agricultor. Santiago de Chile: FAO.
- FAO. (2014). Building a common vision for sustainable food and agriculture: Principles and approaches. Rome: FAO.
- Fogaca, C (2011). Influencia de la procedencia geográfica sobre los parámetros morfométricos de semillas de *Prosopis alba*, 24: 33-45.
- Foncodes, D (2014). “Producción y uso de abonos orgánicos: biol, compost y humus”. Fondo de Cooperación para el desarrollo social, 2014, (Lima-Colombia). pp. 6-9.
- Fornes, F.; Belda, R.M. (2014). Aprovechamiento de residuos orgánicos como componentes de sustrato de cultivo. En: Máster en Gestión, Tratamiento y Aprovechamiento de Residuos (UV). Alfa Delta Digital S.L. Valencia.
- García, M. (2007). Importancia de la calidad del plantín forestal. In: XXII Jornadas forestales de entre ríos. Área Forestal de la EEA Concordia del INTA. Concordia. 10 p.
- González, K. V. (1995). Tipos de envases en viveros forestales. In: Viveros forestales. Publicación especial No. 3. Centro de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales. INIFAP-SAGARPA. México, D. F. pp. 26-36.

- Herrera, J.; Alizaga, R.; Guevara, E.; Jiménez, V. (2006). Germinación y crecimiento de la planta (en línea). Costa Rica. Editorial Universidad de Costa Rica. Consultado 3 feb. 2017. Disponible en <https://books.google.com.pe>
- INFOAGRO, (2002). Tipos de sustrato de cultivo. (En línea). Consultado 10 ene. 2020. Disponible en: [http://www.infoagro.com/industria\\_auxiliar/tipo\\_sustratos.htm](http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_sustratos.htm)
- ISTA (International Seed Testing Association). (2016). International Rules for Seed Testing. ed.2016. Switzerland. p. C5.1-10
- ITTO, (2014). Vivero forestal para producción de plántulas de especies forestales nativas: experiencia en Molinopampa, Amazonas – Perú. Proyecto PD 622/11 Rev.1. 15p.
- Jácome, C (2018). Efecto de *Trichoderma harzianum* Rifai sobre la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de *Swietenia macrophylla* King, Universidad estatal Amazonica
- Jalota, R. K.; Sangha, K. (2000). Comparative ecological-economic analysis of growth performance of exotic *Eucalyptus tereticornis* and indigenous *Dalbergia sissoo* in mono-culture plantations. *Ecological Economics*, 33, 487-495.
- Labastidas, M., Jesús, E., Caracas, J., Montilla, F., & Fernández, O. (2007). Eficiencia agronómica relativa de tres abonos orgánicos (vermicompost, compost, y gallinaza) en plantas de maíz (*Zea mays* L). *Agricultura andina*, 13, 27-38.
- Leyva, R.; Rosell, P.; Ramírez, R. y Romero, R. (2008). Manejo de endurecimiento por riego para elevar la calidad de las plantas de *Eucalyptus* sp. cultivadas en vivero de la Unidad Silvícola Campechuela. Universidad de Granma. Central del Batey. Campechuela. Granma. Cuba. 14 p.

- López, O.A., Trejo, L.C., Peña, V.C., Ramirez, A.C., Tijerina, C.L., Carrillo, S.J. (2008). Secado parcial de la raíz de jitomate: efectos en la fisiología de la planta y calidad del fruto. *Agricultura Técnica de México*. 34(3):297-302.
- Martínez, C., & de la Caridad, I. (2006). Efecto de diferentes sustratos y del endurecimiento por riego en la calidad de las plantas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden en contenedores en Pinar del Río, Cuba (Doctoral dissertation, Universidad de Alicante. Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz Montes de Oca).
- Meléndez, G; Soto, G. (2003). Taller de abonos orgánicos. (CATIE, CANIAN). Costa Rica. 154 p
- Mello, A. (2006). Análisis comparativo del área foliar específica de gramíneas dominantes en pastizales naturales bajo regímenes contrastantes de pastoreo. 21 p.
- Montenegro, F. (2008). Plantaciones forestales producidas en los trópicos del Ecuador con pachaco *Schizolobium parahybum*. Análisis económico de inversiones de plantaciones en el Ecuador, P. 6
- Moreno, F. (2009). Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. Una revisión. *Agronomía Colombiana*. 27(02): 179-191.
- Muñoz, V. (2012). Notas del Centro Productor de Semillas de Árboles Forestales. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. P. 27
- Namoc, J. (2010). Ensayos Experimentales de Propagación y Desarrollo del Angolo, Centro Idas Piura. P. 103.
- Noreña, C. (2014). Manejo Forestal. págs. 3-4. Bogotá, Colombia.

- O'Hara KL. (2001). The silviculture of transformation - a commentary. *Forest Ecology and Management* 151: 81-86.
- Oirsa. (2002). Producción de sustratos para vivero. (En línea). China. Consultado 28 ene. 2014. Disponible en <http://croprotection.webs.upv.es/documentos/Compostaje/Sustratos- para Viveros.pdf>
- Oliveira, J. (2010). Calidad de la planta forestal. (En línea). Consultado 7 nov. 2013. Disponible en <http://www.unioviedo.es/pvegetal/archivospdf/Tema13viveros.pdf>
- Palacios, W. (2011). Árboles de Ecuador. Primera Edición Quito-Ecuador. Ministerio del Ambiente. P.63.
- Pardos, M. & Montero, G. (1997). Ensayo de diferentes técnicas de cultivo de plantas de Alcornoque en vivero y su seguimiento en campo. S.E.C.F. No 4. Madrid. España. pp. 93-101.
- Prieto, J.; Castillo, G.; Merlin, E. (2003). Factores que influyen en la calidad de Brinzales y criterios para su evaluación en vivero. Folleto técnico Núm. 12 INIFAP-Centros de Investigaciones Regional del INiFAP. México. 24 p.
- Prieto, J, Sáenz, J.; Villaseñor, F.; Muñoz, H.; Rueda, A. (2009). Calidad de Planta en Viveros Forestales de Clima Templado en Michoacán. Folleto Técnico N° 17. Uruapan, ME. pp. 5.
- Prieto, R. (1998). Producción de planta forestal. Folleto técnico N° 10. Campo experimental. Durango, ME. pp. 19.
- Puettmann K, KD Coates, C Messier. (2009). A critique of silviculture: managing for complexity. Washington, USA. Island Press. 206 p.
- Ramalo, P. (2007). Paricá *Schizolobium amazonicum*. (En línea). Consultado 24 mar. 2014. Disponible en: <http://www.cnpf.embrapa.br/publica/circtec/edicoes/Circular142.pdf>

- Ramos, D., & Terry, E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos tropicales*, 35(4), 52-59.
- Robles, R. (2010). Calidad de planta y variación de semillas en *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. Oaxaca. 108 p.
- Rodríguez, T. (2008). Indicadores de calidad de planta forestal. Universidad Autónoma Chapingo. Mundi Prensa México. 156 p.
- Rolando, R. (2016). Influencia y comportamiento de diferentes tipos de sustratos en el crecimiento inicial y sobrevivencia de plántulas de *schizolobium parahybum* (Vell.) S.F. Blake). amazonicum, pashaco blanco vivero forestal, CIEFOR Puerto Almendras, Loreto, Perú. Título de Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales, 10-11. Iquitos, Perú. Obtenido de file:///C:/Users/XD/Desktop/zcholobium%20parayba.pdf
- Ruano, M. (2003). Viveros forestales: Manual de cultivo y proyectos. Madrid, España. Editorial Mundi Prensa. 281 p.
- Sáenz, J; Villaseñor, F; Muñoz, H; Rueda, A; Prieto, J. (2010). Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacan. Folleto técnico Núm. 17. SAGARPA-INIFAP-CIRPAC-Campo experimental Uruapan. Michoacan, México. 52 p.
- Santiago, O.; Sánchez, M.; Monroy R. C., García S. (2007). Manual de producción de especies forestales tropicales en contenedor. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental El Palmar. Folleto técnico Núm. 44. Veracruz, México. 73 p.
- Santiago, P; Guevara, L; Espinoza, M. (2012). Utilización industrial de primera y segunda transformación y de la cadena productiva en Pucallpa. AIDER. Ucayali-Perú. 32 p.

- Santos Matos, F., Gamboa, I., Ribeiro, R. P., Luiz Mayer, M., Neves, T. G., Rezende, B., Leonardo, L., y Cândido De Souza, A. (2011). Revista Agrarian Influência da intensidade luminosa no desenvolvimento de mudas de *Jatropha curcas* L. Influence of light intensity on the development of seedlings *Jatropha curcas* L. *Agrarian*, 4(14), 265–272. <http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/1226>
- Sarr D, K Puettmann, R Pabst, M Cornett, L Arguello. (2004). Restoration Ecology: New Perspectives and Opportunities for Forestry. *Journal of Forestry* 102:20-24.
- Soto, M. G. (2003). Abonos orgánicos: El proceso de compostaje. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 27 pp.
- Stanturf JA, BJ Palik, MI Williams, RK Dumroese, P Madsen. (2014). Forest restoration paradigms. *Journal of Sustainable Forestry* 33: S161-S194.
- Suárez, O. (2015). Medidas de forma: Asimetría y Curtosis.
- Surco, P. (2004). Como hacer abonos orgánicos Quito- Ecuador. 35 pp.
- Thompson, B. (1985). Seedling morphological evaluation, what can you tell by looking in: Evaluating seedling quality: Principles, procedures and predictive abilities of major test? M.L. Duryea Eds. Forest Research Laboratory. Oregon State University. pp 59-69.
- Valenzuela, O; Gallardo, C; Alorda, M; Garcia, A & Garcia, D. (2005). Características de los sustratos utilizados por los viveros forestales. 55 – 57 pg.
- Vega, L. (2012). Manual del cultivo de especies tropicales. Quevedo – Ecuador, Pp. 4 - 25.
- Vega, R. (2009). Efecto del ácido giberélico y del preenfriamiento sobre la ruptura del reposo en semillas de salvia (*Salvia splendens*). Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. P. 56.



- Velázquez, M. (2009). Identificación, fenológica, usos y clasificación de los árboles y arbustos del bosque Seco de Guápalas. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Loja. Loja- Ecuador. P. 106.
- Vera, C. (1995). The influence of antidesiccants on field performance and physiology of 2+0 ponderosa pine (*Pinus ponderosa* Dougl.) seedlings. PhD, Thesis. Oregon State University. 134 p.
- Vera, J. (2009). Material de siembra y propagación. In manual “2da edición. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Pp. 24 -37.
- Villa, P. (2003). Importancia de la calidad de planta en los proyectos de revegetación. 86 p.
- Vinueza, M. (2012). Ficha Técnica N° 2. Pachaco *Schizolobium parahyba*. Ecuador forestal.
- White, A.; Martin, A. 2002. Who owns the world’s forests? Forest tenure and public forests in transition. Forest Trends. 30 pp.
- Wright, R. (2007). Ciencias Ambientales. Ecología y desarrollo sostenible, Sexta edición. Prentice Hall, México. P. 30.
- Yagodin, R. (1982). Agroquímica, Tomo I y II. Pp. 120-464

## 8. ANEXOS

Anexo 1. Resultados del Análisis de Varianza entre los tratamientos ( $p < 0,05$ )

### ANOVA

SEM.GERM

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	3978.407	3	1326.136	25.699	.000
Intra-grupos	10320.588	200	51.603		
Total	14298.995	203			

Fuente: SPSS, Versión 22.0 (2014)

Anexo 2. Resultados de la prueba de Tukey entre los tratamientos ( $p < 0,05$ )

### SEM.GERM

HSD de Tukey<sup>a</sup>

TRATAM	N	Subconjunto para alfa = .05		
		1	2	3
1	51	3.06		
2	51		6.86	
3	51		8.80	
0	51			15.25
Sig.		1.000	.523	1.000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Fuente: SPSS, Versión 22.0 (2014)

Anexo 3. Resultados del Análisis de Varianza y Prueba de Tukey ( $p < 0,05$ )

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	261.755	3	87.252	62.716	.000
Intra-grupos	22.260	16	1.391		
Total	284.015	19			

HSD de Tukey

TRATAM	N	Subconjunto para alfa = .05		
		1	2	3
2	5	27.1255		
1	5	27.9988		
3	5		32.5582	
0	5			36.0908
Sig.		.653	1.000	1.000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Fuente: SPSS, Versión 22.0 (2014)

Anexo 4. Resultados del Análisis de Varianza y Prueba de Tukey ( $p < 0,05$ )

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	5.516	3	1.839	64.416	.000
Intra-grupos	.457	16	.029		
Total	5.973	19			

HSD de Tukey

TRAT	N	Subconjunto para alfa = .05	
		1	2
2	5	3.5032	
1	5	3.5232	
3	5		4.5594
0	5		4.5676
Sig.		.998	1.000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Fuente: SPSS, Versión 22.0 (2014)

Anexo 5. Resultados obtenidos del modelo de regresión para el tratamiento T0

Dependent variable.. ALTURA

Method.. QUADRATI

Multiple r .98501  
 R Square .97024  
 Adjusted R Square .96897  
 Standard Error .30691

Analysis of Variance:

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	2	144.33655	72.168276
Residuals	47	4.42705	.094193

F = 766.17841 Signif F = .0000

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
EDAD	.145933	.012740	1.701038	11.455	.0000
EDAD**2	-.000603	.000122	-.734546	-4.946	.0000
(Constant)	.045445	.298896		.152	.8798



Anexo 7. Resultados obtenidos del modelo de regresión para el tratamiento T2

Dependent variable.. ALTURA                      Method.. CUBIC

Multiple r                      .97970  
R Square                        .95982  
Adjusted R Square              .95720  
Standard Error                 .44818

Analysis of Variance:

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	3	220.72352	73.574508
Residuals	46	9.23968	.200863

F =        366.29288                      Signif F =    .0000

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
EDAD	-.330629	.078352	-3.099713	-4.220	.0001
EDAD**2	.008334	.001634	8.166219	5.100	.0000
EDAD**3	-0.0000049	0,0000105	-4.182580	-4.662	.0000
(Constant)	6.154685	1.134743		5.424	.0000

Anexo 8. Resultados obtenidos del modelo de regresión para el tratamiento T3

Dependent variable.. ALTURA

Method.. QUADRATI

Multiple r .94880  
 R Square .90021  
 Adjusted R Square .89597  
 Standard Error 1.07276

Analysis of Variance:

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	2	487.94484	243.97242
Residuals	47	54.08798	1.15081

F = 212.00097      Signif F = .0000

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
EDAD	-.193170	.044531	-1.179607	-4.338	.0001
EDAD**2	.003275	.000426	2.090052	7.686	.0000
(Constant)	6.612755	1.044753		6.329	.0000

Anexo 9. Imágenes de la investigación



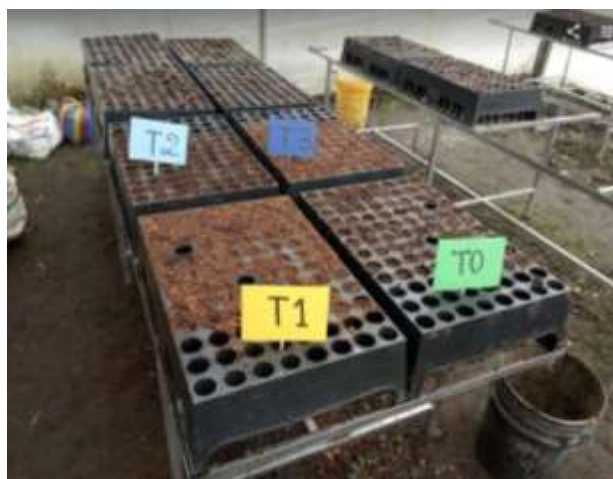
Semillas de pachaco



Semillas pachaco en agua



Adición de semillas en los sustratos



Tratamientos preparados





Germinación tratamiento T3



Desarrollo tratamiento T3