

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL**



**INFLUENCIA DE LA EDAD Y PODA DE RAÍCES EN EL CRECIMIENTO  
INICIAL DE BOLAINA BLANCA (*Guazuma crinita* C. Mart.) EN CAMPO  
DEFINITIVO EN TINGO MARÍA, HUÁNUCO**

**Autor** : REYNALDO BALTAZAR TELLO SALAZAR

**Asesor** : Ing. M.Sc. YTAVCLERH VARGAS  
CLEMENTE

**Programa de Investigación** : Gestión de Bosques y Plantaciones  
Forestales

**Línea(s) de Investigación** : Sistemas Agroforestales

**Eje temático de Investigación** : Plantaciones Forestales

**Lugar de Ejecución** : Vivero (CIPTALD – UNAS) Tulumayo y  
Caserío Peregrino

**Duración** : 9 meses

**Financiamiento** : Propio S/. 3234.00



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 17 de Mayo de 2018, a horas 2:30 p.m. en la Sala de Sesiones del Departamento Académico de Ciencias en Conservación de Suelos y Agua, para calificar la Tesis titulada:

### INFLUENCIA DE LA EDAD Y PODA DE RAÍCES EN EL CRECIMIENTO INICIAL DE BOLAINA BLANCA (*Guazuma crinita* C. Mart.) EN CAMPO DEFINITIVO EN TINGO MARÍA, HUÁNUCO

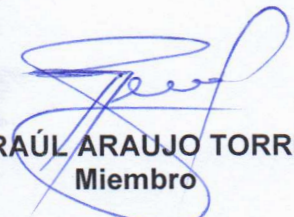
Presentado por el Bachiller: **REYNALDO BALTAZAR, TELLO SALAZAR**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **“MUY BUENO”**

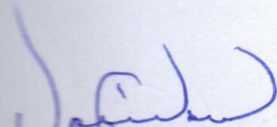
En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO FORESTAL**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del Título correspondiente.

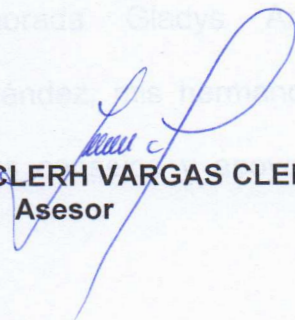
Tingo María, 21 de Mayo de 2018

  
Dra. **YANÉ LEVÍ RUIZ**  
Presidente



  
Ing. **RAÚL ARAUJO TORRES**  
Miembro

  
Ing. **JAIME TORRES GARCÍA**  
Miembro

  
Ing. M.Sc. **YTAVCLERH VARGAS CLEMENTE**  
Asesor

## DEDICATORIA

A Dios por permitirme vivir esta experiencia tan enriquecedora, para convertirme en profesional capaz de afrontar los retos y obstáculos que se me presente en la vida.

A mis padres; Juan Tello Lino y Juana Salazar Tolentino, por su apoyo incondicional, su inmenso amor y que gracias a sus consejos y experiencias han permitido que mi vida tome otro rumbo y afronte las cosas con más responsabilidad, respeto y cariño.

A mi madrina Belmira Isabel Benzaquen Rojas, por apoyarme e incentivar me constantemente para lograr este objetivo.

A mí enamorada Gladys Anális Sandoval Fernández, mis hermanos y amigos por sus consejos y apoyo en todo momento.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecer en primer lugar a Dios creador todo poderoso, por la sabiduría que me brinda, su infinita misericordia y por permitirme cumplir mis sueños en ser profesional. También quiero expresar mi agradecimiento a todas las personas que en forma desinteresada colaboraron directa e indirectamente en mi formación profesional y en la elaboración del presente trabajo de investigación, durante este proceso he recibido consejo y apoyo incondicional de varias personas a quienes deseo expresar mi más profundo reconocimiento:

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, mi alma mater por darme la oportunidad de estudiar y formarme profesionalmente.
- A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, que compartieron sus conocimientos y experiencias.
- Al Ing. M. Sc. Ytavclerh Vargas Clemente, quien me ofreció su invaluable asesoramiento en la presente investigación.
- A los miembros del jurado de tesis por las propuestas y aportes a fin de mejorar el presente informe de investigación.
- Al Ing. Frits Palomino Vera, por compartir sus conocimientos a fin de mejorar el presente informe de investigación.
- A mi compañero Brayán Caldas de la Cruz, por haber compartido sus conocimientos y consejos a fin de mejorar el presente informe de investigación.

- Al Ing. Daniel Pino Valdivia, por darme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente en el campo laboral, compartir sus experiencias y conocimientos.
  
- A todos mis compañeros de estudios, por haber compartido sus conocimientos, anécdotas y agradecer su amistad, ánimo y compañía en momentos difíciles de mi vida.
  
- A todos mis amigos y personas que me brindaron buenos consejos, enseñanzas y comparten la alegría conmigo.

## ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo general.....	2
1.2. Objetivos específicos .....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1. Vivero forestal .....	4
2.1.1. Producción de plantones .....	4
2.1.2. Edad de los plantones .....	9
2.1.3. Calidad de los plantones.....	11
2.2. La raíz.....	13
2.2.1. Poda de raíces .....	15
2.2.2. Defectos de las raíces .....	16
2.3. Plantaciones forestales .....	23
2.4. La bolaina blanca ( <i>Guazuma crinita</i> C. Mart.) .....	24
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	26
3.1. Lugar de ejecución.....	26

3.2.	Materiales y equipos .....	27
3.3.	Generalidades de la investigación.....	27
3.3.1.	Tipo de investigación .....	27
3.3.2.	Diseño de investigación .....	27
3.3.3.	Enfoque de la investigación .....	28
3.3.4.	Tratamientos para la investigación .....	28
3.3.5.	Diseño experimental .....	30
3.3.6.	Prueba de hipótesis .....	31
3.3.7.	Variables consideradas para la investigación .....	33
3.4.	Metodología .....	35
3.4.1.	Técnica de recolección de datos.....	35
3.4.2.	Análisis de datos y elaboración del informe final de la investigación.....	37
IV.	RESULTADOS .....	39
4.1.	Efecto de la edad de los plántones y la poda radicular sobre la altura y DAC en plantas de <i>Guazuma crinita</i> .....	39
4.1.1.	Altura de las plantas de <i>Guazuma crinita</i> .....	39
4.1.2.	DAC de las plantas de <i>Guazuma crinita</i> .....	433

4.2.	Efecto de la edad de los plántones y la poda radicular sobre el sistema radicular en plantas de <i>Guazuma crinita</i> .....	47
4.2.1.	Longitud de la raíz principal en plantas de <i>Guazuma crinita</i> .....	47
4.2.2.	Longitud del sistema radicular en plantas de <i>Guazuma crinita</i> .....	49
4.2.3.	Cantidad de raíces secundarias (gruesas) en plantas de <i>Guazuma crinita</i> .....	50
4.2.4.	Longitud del tallo con raíz en plantas de <i>Guazuma crinita</i> .....	52
4.2.5.	Ubicación de las raíces más gruesas en plantas de <i>Guazuma crinita</i> .....	54
4.2.6.	Número de bifurcación de la raíz principal en plantas de <i>Guazuma crinita</i> .....	55
V.	DISCUSIÓN .....	58
5.1.	Sobre el efecto de la edad de los plántones y la poda radicular sobre la altura y DAC en plantas de <i>Guazuma crinita</i> .....	58
5.2.	Sobre el efecto de la edad de los plántones y la poda radicular sobre el sistema radicular en plantas de <i>Guazuma crinita</i> .....	59



VI. CONCLUSIONES.....	64
VII. RECOMENDACIONES.....	65
VIII. ABSTRACT .....	66
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	68
ANEXOS .....	77

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Defectos encontrados en plantas de café.....	22
2. Esquema del ANVA o ANOVA para el DBCA con arreglo factorial. ....	33
3. ANVA para la altura en <i>Guazuma crinita</i> por efecto de la edad de los plántones y la poda de la raíz. ....	39
4. Prueba Tukey para la altura en <i>Guazuma crinita</i> por efecto de la edad de los plántones. ....	40
5. ANVA para la altura en <i>Guazuma crinita</i> por efecto de la edad de los plántones y la poda de la raíz a tres meses de establecido. ....	41
6. Prueba Tukey para la altura en <i>Guazuma crinita</i> por efecto de la edad de los plántones a tres meses de establecido. ....	42
7. ANVA para el DAC en <i>Guazuma crinita</i> por efecto de la edad de los plántones y la poda de la raíz. ....	43
8. Prueba Tukey para el DAC en <i>Guazuma crinita</i> por efecto de la edad de los plántones. ....	44
9. ANVA para el DAC en <i>Guazuma crinita</i> por efecto de la edad de los plántones y la poda de la raíz a tres meses de establecidos. ....	45

10. Prueba Tukey para el DAC en <i>Guazuma crinita</i> por efecto de la edad de los plantones a tres meses de establecidos.....	46
11. ANVA para la longitud de la raíz principal en <i>Guazuma crinita</i> por efecto de la edad de los plantones y la poda de la raíz. ....	47
12. Prueba Tukey para la longitud de la raíz principal en <i>Guazuma crinita</i> por efecto de la edad de los plantones.....	48
13. ANVA para la longitud del sistema radicular en <i>Guazuma crinita</i> por efecto de la edad de los plantones y la poda de la raíz. ....	49
14. ANVA para la cantidad de raíz secundaria en <i>Guazuma crinita</i> por efecto de la edad de los plantones y la poda de la raíz. ....	51
15. ANVA para la longitud del tallo con raíz en <i>Guazuma crinita</i> por efecto de la edad de los plantones y la poda de la raíz. ....	53
16. Distribución de las raíces más gruesas en <i>Guazuma crinita</i> por efecto de la edad de los plantones y la poda de la raíz. ....	54
17. ANVA para el número de bifurcación de la raíz principal en <i>Guazuma crinita</i> por efecto de la edad de los plantones y la poda de la raíz. ....	56
18. Prueba Tukey para el número de retoños de la raíz principal en <i>Guazuma crinita</i> por efecto de la poda de la raíz. ....	57
19. Datos registrados de las plantas de <i>G. crinita</i> en terreno definitivo.....	78

20. Datos registrados de las raíces de *G. crinita* en terreno definitivo. ....81

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Sistemas de órganos en una planta. ....	14
2. Raíces circulares en plantas con excesiva edad. ....	17
3. Consecuencia de utilizar plantas con raíces circulares. ....	18
4. Raíces circulares y raíces dobladas. ....	19
5. Raíz estranguladora. ....	20
6. Raíz – limitada. ....	21
7. Incremento inicial de la altura total por efecto de la edad del plantón. ....	25
8. Tratamientos considerados para la investigación. ....	28
9. Esquema para la poda de raíces. ....	29
10. Distribución de los tratamientos en la parcela experimental para la fase de campo. ....	31
11. Efecto de la edad de los plantones y la poda de la raíz sobre la altura en <i>Guazuma crinita</i> . ....	40
12. Efecto de la edad de los plantones y la poda de la raíz sobre la altura en <i>Guazuma crinita</i> a tres meses de establecidos. ....	42

13.	Efecto de la edad de los plantones y la poda de la raíz sobre el DAC en <i>Guazuma crinita</i> .....	44
14.	Efecto de la edad de los plantones y la poda de la raíz sobre el DAC en <i>Guazuma crinita</i> a tres meses de establecidos. ....	46
15.	Efecto de la edad de los plantones y la poda de la raíz sobre la longitud de la raíz principal en <i>Guazuma crinita</i> . ....	48
16.	Efecto de la edad de los plantones y la poda de la raíz sobre la longitud del sistema radicular en <i>Guazuma crinita</i> . ....	50
17.	Efecto de la edad de los plantones y la poda de la raíz sobre la cantidad de raíces secundarias en <i>Guazuma crinita</i> . ....	52
18.	Efecto de la edad de los plantones y la poda de la raíz sobre la longitud del tallo con raíz en <i>Guazuma crinita</i> . ....	53
19.	Sistema radicular de una planta con poda (izquierda) y sin poda (derecha) radicular. ....	55
20.	Efecto de la edad de los plantones y la poda de la raíz sobre el número de retoños de la raíz principal en <i>Guazuma crinita</i> . ....	57
21.	Plantones de <i>G. crinita</i> en fase de vivero. ....	83
22.	Plantones de <i>G. crinita</i> en terreno definitivo. ....	83
23.	Extracción de plantas de <i>G. crinita</i> a tres meses de establecidas.....	84
24.	Pan de tierra con sistema radicular en plantas de <i>G. crinita</i> . ....	84

- 25. Sistema radicular secundaria abundante en el primer tercio.....85
- 26. Sistema radicular sin poda (izquierda) y con poda (derecha). .....85

## RESUMEN

En la producción de plantones con bolsas de polietileno se tiene inconvenientes sobre la edad adecuada y deformaciones de la raíz, motivo por el cual se ejecutó un estudio con el objetivo de determinar la influencia de la edad y poda de raíces en el crecimiento inicial de bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Mart.) en condiciones de Tingo María, Perú. Se desarrolló en fase de vivero la producción de plantones y en campo la respuesta a los factores en estudio (poda: con y sin poda, y edad de los plantones: 2.5, 3.0 y 3.5 meses), las combinaciones se distribuyeron bajo un diseño en bloque completo al azar (DBCA) con arreglo factorial. Las evaluaciones fueron registradas entre 1 y 3 meses posteriores al establecimiento. Como resultado se obtuvo que con 3.5 meses de edad se registró mayor altura y diámetro a nivel del cuello (DAC) para los dos periodos de evaluación; la longitud de la raíz principal y la cantidad de retoños en la raíz principal estuvieron afectados de manera favorable por la poda de la raíz, mientras que la longitud del sistema radicular, la cantidad de raíces secundarias, longitud de raíces secundarias no presentaron efectos por los factores en estudio; además, las plantas con poda radicular durante el establecimiento presentaron mejor distribución de raíces tanto en el 1/3 y 3/3 del sistema radicular. Se concluye que los efectos sobre la poda y la edad de los plantones son más favorables en las características del sistema radicular que en la parte dasométrica después de su establecimiento.

**Palabras clave:** *Guazuma crinita*, poda, raíz, efecto, establecimiento.



## I. INTRODUCCIÓN

En la producción de plántones forestales, donde se emplea bolsas de polietileno con dimensiones variables, hace que su tiempo de permanencia en el vivero sea un factor condicionable debido a que cada especie forestal del trópico presentan particularidades propias sobre su tiempo y crecimiento durante esta fase importante de la silvicultura.

El principio general es que el plánton debe de estar en el vivero el menor tiempo necesario para lograr una calidad adecuada a su posterior uso, siendo varias las razones que se suelen dar para que se cumpla tal premisa (PUUSTJARVI, 1994). Uno de esos aspectos se refiere al desarrollo radical que queda comprometido, generándose deformaciones en las raíces y un desequilibrio entre la parte aérea/parte radical. También suelen mencionarse la competencia aérea entre individuos, que impide su insolación y una aireación adecuada lo que puede acarrear problemas sanitarios (NICOLÁS *et al.*, 2004).

El manejo de los plántones forestales se ve afectado por la edad, por la especie y la poda de sus raíces, por lo que se inculca al agricultor de manera un poco tradicional; asimismo, se encuentra limitada información sobre los efectos de la poda de la raíz en el crecimiento inicial de las plantas de rápido crecimiento como es el caso de la bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Mart.), y por ende surge la siguiente interrogante: ¿Cuál es la influencia de la

edad y poda de raíces en el crecimiento inicial de *Guazuma crinita* C. Mart. en Tingo María?

La hipótesis planteada con respecto al uso de plantones con mayor edad en el vivero que fueron sometidos a la poda del sistema radicular, favorecen el crecimiento inicial de *Guazuma crinita* C. Mart., bajo condiciones de Tingo María, mientras que las plantas que no son sometidas a dicha poda presentan limitantes en el crecimiento inicial y deformaciones del sistema radicular que comprometen a la calidad de la planta, no registraron diferencias.

Con los resultados obtenidos en la investigación, se generó información para las personas silvicultores entendido en el cultivo de la especie forestal en mención, antes del establecimiento de sus plantaciones; por tanto, durante la fase de vivero resultó esencial dicha toma de decisiones por ser el punto de partida, además de ser el único momento en el que es posible realizar un control sobre algunas variables del proceso que afectan a la producción de un plantón de calidad.

Los objetivos considerados en el presente estudio, fueron las siguientes:

### **1.1. Objetivo general**

- Determinar la influencia de la edad y poda de raíces en el crecimiento inicial de bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Mart.) en condiciones de Tingo María.

## 1.2. Objetivos específicos

- Medir el efecto de la poda radicular sobre el crecimiento en la altura y el DAC en plantas de diferentes edades de *Guazuma crinita* C. Mart. en campo definitivo.
- Medir el efecto de la poda del sistema radicular en plantas de diferentes edades de *Guazuma crinita* C. Mart. a tres meses de establecidas en campo definitivo.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Vivero forestal**

Para VÁSQUEZ (2001) y CARITAS HUACHO – AECI (2000), es el lugar de permanencia de plantas en su proceso de multiplicación (crianza y producción) de cuyas características, manejo y atención, depende en gran parte la calidad de los individuos producidos, capaces de abastecer las necesidades de los programas de reforestación con plantas de alta calidad que garanticen la supervivencia, prendimiento y crecimiento a fin de establecer poblaciones forestales homogéneas con altos rendimientos.

#### **2.1.1. Producción de plantones**

La planta producida en envase presenta la tasa de supervivencia más elevada en épocas desfavorables, es más fácil de plantar, responde de inmediato en crecimiento y es más barata de producir que la planta a raíz desnuda. El cultivo en envase tiene la ventaja de permitir modular el desarrollo de las plantas y ajustar la producción de la planta a la demanda. Ello posibilita la producción de plantas que se ajusten a los requerimientos exigidos por las condiciones del sitio a repoblar, o que se ajusten a una calidad determinada, de una manera más homogénea y estandarizada que aquellas que se puede conseguir mediante la producción a raíz desnuda (ORTEGA *et al.*, 2006).

Sin embargo, este sistema de cultivo tiene también sus inconvenientes, porque los envases limitan el espacio del sistema radical, interfiriendo en su crecimiento y produciendo deformaciones en las raíces. Estas deformaciones pueden hacerse patentes al año de cultivo, o bien durante los primeros años tras el trasplante, produciendo una inclinación excesiva e incluso la caída de árboles en condiciones climatológicas adversas. Además, este sistema de cultivo implica el crecimiento confinado de la planta, por lo que es necesario ajustar la nutrición y adecuar las propiedades físico-químicas del medio de cultivo, y realizar una buena planificación del calendario de producción respecto a las necesidades de repoblación (ORTEGA *et al.*, 2006).

La reforestación requiere plantones de calidad que garanticen el éxito de las repoblaciones, por lo tanto, para cumplir con éxito los objetivos marcados en cualquier repoblación, es necesario tener en cuenta la calidad de la planta a utilizar, por lo que una mala calidad de planta incrementa las fallas debido a la falta de seriedad, produce una respuesta deficiente en el crecimiento de la planta (LUIS *et al.*, 2004), y puede comprometer la estabilidad de la repoblación en el tiempo (ORTEGA *et al.*, 2001).

El comportamiento en campo de las plantas forestales depende de su potencial de crecimiento, así como del grado en el que las condiciones ambientales del lugar de las plantaciones afectan la expresión de este potencial. El grado de pre-adaptación de las plantas a las condiciones del sitio fue el factor con mayor influencia en el comportamiento de las plantas durante el periodo inicial del desarrollo tras su trasplante. Por ello, la calidad ideal de

una planta forestal producida en vivero puede resumirse en su “adecuación para cada propósito” (WILLEN y SUTTON, 1980; RITCHIE, 1984), esto incluye su capacidad para sobrevivir a estreses ambientales prolongados y producir un crecimiento vigoroso tras su trasplante. Asimismo, este concepto de calidad implica la consecución de los objetivos al final de la rotación a un coste mínimo. La selección de una calidad de planta adecuada puede ayudar a minimizar los efectos en el establecimiento y crecimiento inicial por parte de los factores limitantes del lugar de plantación, los cuales, con el tiempo, asumirán un papel más importante en la determinación del comportamiento y desarrollo de la masa (ORTEGA *et al.*, 2006).

Es oportuno considerar que la calidad no es un concepto absoluto, y que factores como la especie arbórea y el lugar de plantación modulan fuertemente este concepto. Por ello, es difícil establecer métodos sencillos para determinar la calidad del plantón forestal, porque generalmente no son decisivos por sí mismos y además, los diversos parámetros o índices de calidad descritos para algunas especies presentan diversos grados de exigencia en función de las condiciones de la plantación. Entre los múltiples parámetros y ensayos que se han definido en los últimos años con el fin de caracterizar la calidad de las plantas producidas en vivero y predecir su comportamiento en campo, cabe destacar la propuesta realizada por GROSSNICKLE *et al.* (1991). Estos autores proponen la utilización de índices que expresen el comportamiento potencial intrínseco del material producido inmediatamente tras su trasplante. Estos índices se determinaron mediante la realización de una serie de ensayos que simulaban el comportamiento de las

plantas en el ambiente de plantación, identificando las características morfológicas y fisiológicas de importancia para el establecimiento de las plantas en un determinado sitio a reforestar (ORTEGA *et al.*, 2006).

La determinación periódica de diferentes parámetros e indicadores del estado morfológico y fisiológico de la planta en las diferentes plantaciones establecidas en zonas con condiciones edafoclimáticas diferentes, permitieron disponer de un banco de datos a partir del cual se pudo establecer qué parámetros fueron los indicadores de la calidad del plantón forestal producido en contenedor. No existe, hasta el momento, una metodología efectiva por sí sola que determine el vigor de los plantones utilizados en una repoblación. Teniendo en cuenta los numerosos atributos morfológicos y fisiológicos que afectaron el comportamiento en campo resultó difícil determinar qué es lo que se tiene que medir, pero una vez identificados estos caracteres, permitieron definir el “plantón ideal”, adscribiendo las características morfológicas y fisiológicas al éxito de la plantación (LANDIS *et al.*, 1998).

Bajo estos conceptos, la utilización de planta de calidad “ideal” dio lugar a plantaciones con menor coste por árbol superviviente o con mayor valor neto estimado. Estas características, que van a determinar la capacidad de un plantón para establecer y desarrollarse adecuadamente una vez trasplantada, estuvieron condicionadas por todas las fases de producción, que abarcaron desde la germinación hasta el establecimiento del plantón en campo. Por lo tanto, la fase de vivero resultó esencial por ser el punto de partida, además de ser el único momento en el que es posible realizar un control sobre algunas

variables del proceso que afectaron a la producción de la planta de calidad (LANDIS *et al.*, 1998).

El manejo de estas variables condicionaron la calidad morfológica, fisiológica y sanitaria. El contenedor a utilizar, tipo de sustrato, fertilización, micorrización controlada, manejo de agua y luz o el precondicionamiento al estrés hídrico fueron entre otras herramientas que bien utilizadas proporcionaron la calidad deseada (LUIS *et al.*, 2004; ORTEGA *et al.*, 2004).

El contenedor a utilizar como soporte para el cultivo debe tener un volumen mínimo que permita conseguir un desarrollo equilibrado del plantón, y al mismo tiempo presentar una densidad de cultivo adecuado para limitar la competencia y favorecer la lignificación del tallo, garantizar un adecuado grado de humedad a la vez que una buena aireación del sustrato, e impedir o reducir las deformaciones de las raíces (MARCELLI, 1989).

El sistema de producción de plantones forestales donde se emplean bolsas de polietileno presentan ventajas como su bajo costo y la disponibilidad de una amplia gama de tamaños y dimensiones (GONZÁLEZ, 1995).

Sin embargo, hay varias desventajas como la deformación de la raíz principal, espiralamiento de raíces laterales, emergencia de la raíz por los orificios de drenaje, raíces suberizadas y bajo número de raíces fibrosas menores a 2 mm de diámetro (ODDIRAJU y BEYL, 1994; BRASS *et al.*, 1996; JOHN *et al.*, 2002).



### **2.1.2. Edad de los plántones**

Para asegurar una mayor supervivencia es esencial que al trasplantar, se seleccionen los árboles que crezcan según el método de producción que más se ajuste a las características del sitio de plantación (GILMAN y PARTIN, s.d.).

Los árboles de baja calidad en algunos casos pudieron ser menos costosos, pero no pudieron desarrollarse bien después de plantados. El costo del reemplazo o mantenimiento de los árboles con dificultades de supervivencia, pueden ser a la larga más alto que seleccionar árboles de buena calidad desde el principio. Los árboles jóvenes y recién plantados a menudo fallaron durante los huracanes debido a sus raíces circulares o a su estructura pobre, ambos defectos pudieron ser evitados examinando la existencia en el vivero para escoger especímenes de buena calidad.

Los árboles son menos expuestos a cambios bruscos cuando se han sacado de la tierra donde estaban sembrados, varias semanas o meses antes de ser transplantados. Esto permite la regeneración de las raíces y la adaptación del árbol a su nuevo medio. Los árboles que han sido recientemente sacados de la tierra sufren más choque en el terreno, especialmente si no se riegan suficientemente (GILMAN y PARTIN, s.d.). Las particularidades en el tamaño del árbol son:

- Los árboles pequeños necesitaron menos tiempo y agua para establecerse.

- La sobrevivencia de las existencias más pequeñas en los viveros fue mayor si el riego disponible era limitado.
- La tasa de crecimiento de los árboles pequeños fue significativamente más alta que cuando la misma especie fue plantada de un tamaño mayor.
- A no ser que se pueda suministrar agua suficiente, es mejor plantar árboles pequeños.

A pesar de las ventajas de plantar árboles más pequeños de las existencias del vivero, los árboles pequeños de ciertas especies pueden desarrollar sus copas más lentamente que los árboles más grandes que fueron sido regados regularmente (GROASIS, 2015).

El cultivo de planta forestal en envase condiciona su tiempo de permanencia en vivero. El principio general es que la planta debe estar en el vivero el mínimo tiempo necesario para lograr una calidad adecuada a su uso posterior. Varias son las razones que se suelen dar para que se cumpla tal premisa. Por ejemplo, la descomposición de los sustratos orgánicos y subsiguiente modificación de sus propiedades físico-químicas en cultivos largos, que conlleva problemas serios en el manejo del agua y de los nutrientes (PUUSTJARVI, 1994).

Cuando el plantón esta mucho tiempo en el vivero, el desarrollo radical queda comprometido, generándose deformaciones en las raíces y un desequilibrio entre la parte aérea/parte radical (NICOLÁS *et al.*, 2004).

BARAJAS *et al.* (2004) indican que, en numerosos estudios en vivero la poda química de raíz favoreció el crecimiento de las plantas en altura, diámetro, peso seco de raíz y parte aérea y cantidad de raíces finas. Sin embargo, en la literatura revisada no se encontró antecedentes de evaluación de la persistencia de estas características superiores, en especial dentro del sistema radical, en plantas establecidas en campo después de varios años.

### **2.1.3. Calidad de los plantones**

Plantas de buena calidad son aquellas capaces de sobrevivir estreses ambientales prolongados y crecer vigorosamente inmediatamente después de plantadas en un sitio particular (JOHNSON y CLINE, 1991). Bajo una óptima condición fisiológica, la morfología de las plantas es un buen indicador de su calidad (RITCHIE, 1984).

Entre los parámetros morfológicos, los usados por viveristas para clasificar los plantones por calidad han sido la longitud y diámetro del tallo (MEXAL y LANDIS, 1990; MEXAL y SOUTH, 1990). Sin embargo, no siempre fueron confiables, especialmente cuando los plantones excesivamente altos son establecidos en sitios de escasa disponibilidad de agua (BOYER y SOUTH, 1987).

Varios autores sugirieron incluir el tamaño del sistema radicular de los plantones como un criterio para estimar su calidad (CARLSON, 1986 y ROSE *et al.*, 1997). El volumen radicular de los plantones es un atractivo criterio para estimar la calidad de los mismos y predecir su comportamiento en

terreno una vez instaladas, ya que puede ser medidos en plantones producidos a raíz desnuda y raíz cubierta a través de métodos no destructivos (HARRINGTON *et al.*, 1994 y RACEY, 1985). Si es medido justo antes de la plantación, el volumen radicular fue directamente correlacionado con la supervivencia y crecimiento inicial de las plantas en terreno (ROSE *et al.*, 1991a y ROSE *et al.*, 1997).

Los plantones con mayores volúmenes radiculares son capaces de superar más fácilmente el shock de trasplante (HAASE y ROSE, 1993), presentan un mayor potencial de crecimiento radicular (CARLSON, 1986), capacidad de absorción de agua (CARLSON, 1986) y nutrientes (HAASE y ROSE, 1994). El volumen radicular de los plantones está positivamente correlacionado con la longitud y diámetro del tallo, y la biomasa total de los mismos (ROSE *et al.*, 1991a; ROSE *et al.*, 1991b; HAASE y ROSE, 1993). Además, las diferencias iniciales en tamaño de los plantones se mantienen con el transcurso del tiempo (ROSE *et al.*, 1997).

Algunas prácticas culturales se pueden aplicar en vivero para aumentar la calidad del plantón, sobre todo de su sistema radical. La poda química se ha utilizado desde los años 60 (SAUL, 1968), y se han probado diferentes compuestos químicos como productos de plata, cobalto y sodio, aunque el más eficiente ha sido el cobre (TICKNOR, 1989). Entre los compuestos de cobre empleados con éxito para mejorar el sistema radical está el carbonato de cobre ( $\text{CuCO}_3$ ) y el hidróxido de cobre [ $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ] (SCHUCH y PITTENGER, 1996; POMPER *et al.*, 2002). Estos compuestos han probado su

eficiencia en diversos cultivos como especies de hortalizas, flores, frutales, ornamentales y algunas especies forestales (RUTER, 1994; ARNOLD, 1996; ARMITAGE y GROSS, 1996; MARLER y WILLIS, 1996; BEATTIE y BERGHAGE, 1998).

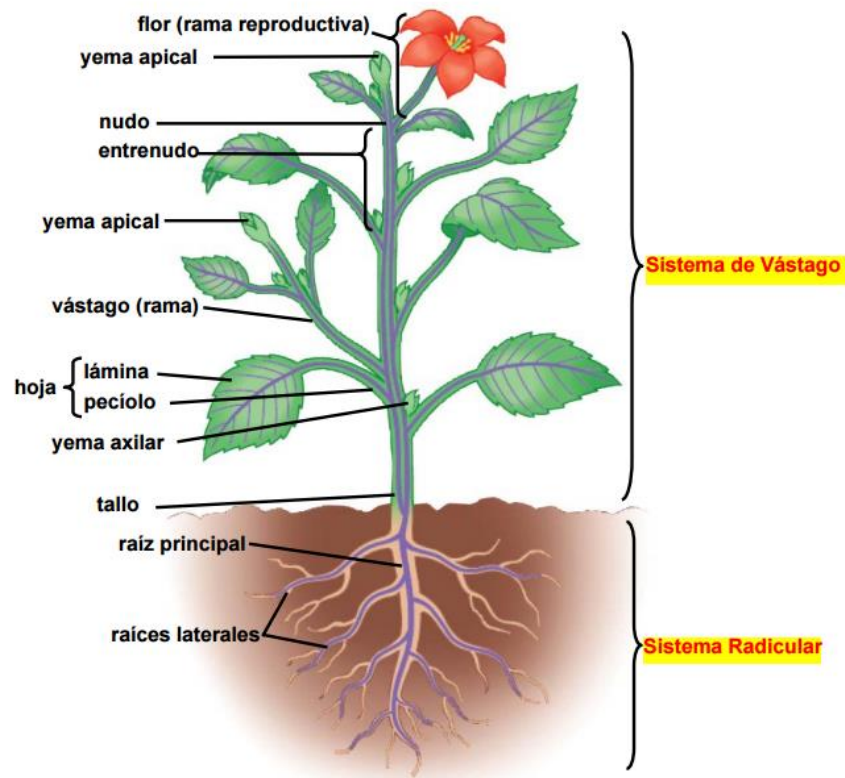
Teniendo en consideración lo reportado por SALAZAR-ARIAS (1996), los agricultores prefieren comprar los plántones en viveros comerciales en lugar de producirlas, con el riesgo de que sean de baja calidad al no provenir de semilla seleccionada o de haberlas propagado en bolsas de tamaño inadecuado.

En bolsas de propagación más grandes, la capacidad de reserva de agua y nutrientes fue mayor, y dentro de ciertos límites, hay mayor desarrollo de raíces, pero los costos de producción aumentan. Además, el tamaño de la bolsa depende de la duración de la planta en el vivero. Producir plántones de café en bolsas más pequeñas, produjo que las raíces alcanzaron las paredes del recipiente lo que muestra que el volumen del sustrato fue menor que el crecimiento radical y también los índices morfológicos fueron afectados por las dimensiones de la bolsa (ARIZALETA y PIRE, 2008).

## **2.2. La raíz**

PEARSON (2008) indica que las raíces son órganos multicelulares con las siguientes funciones importantes:

- Anclaje de la planta.
- Absorción de agua y minerales.
- Almacenamiento de alimento (Ej., almidón).



Fuente: PEARSON (2008).

Figura 1. Sistemas de órganos en una planta.

El principal modo de la Madre Naturaleza de reproducirse y multiplicarse fue sembrar semillas en la parte superior del suelo. Generalmente las semillas fueron transportadas y depositadas en la parte superior del suelo por medio del viento o a través de excrementos de animales. La semilla empezó entonces a desarrollar su raíz primaria con el propósito de encontrar agua y de este modo se estableció. Una vez la raíz primaria encuentra agua, la planta empieza a desarrollar raíces secundarias (PEARSON, 2008). Las

plantas que se venden en la actualidad, que se multiplican con métodos de producciones modernas, son producidas con raíces primarias deficientes. Las plantas crecen de tal manera que la raíz primaria toca la parte inferior de la maceta o de la bolsa de plástico en la que se produce, y por ello empiezan a crecer horizontalmente de manera circular, crecen hacia arriba de nuevo y se dividen en raíces secundarias (PEARSON, 2008).

En los últimos años, GROASIS (2015) ha comprado y fotografiado plantas en más de 20 países y no ha sido capaz de encontrar entre ellas ni una sola planta con raíz primaria que crezca perfectamente hacia abajo. Todas las plantas adquiridas han mostrado haber destruido las raíces primarias y haber desarrollado raíces secundarias en exceso. Las plantas con tales raíces son totalmente incapaces de sobrevivir períodos de sequía o en suelos secos sin ayuda de irrigación. Además, las raíces secundarias no son capaces de penetrar profundamente en el suelo o romper las rocas.

### **2.2.1. Poda de raíces**

La poda de las raíces durante la producción suministra un producto que:

- Es ligeramente más pequeño.
- Tiene un sistema radicular más fibroso y denso.
- Tiene un sistema radicular más uniforme.
- Se trasplanta más exitosamente.

Nota: No todas las especies requirieron poda de raíces. Algunas desarrollan un sistema radicular denso fibroso sin la poda de sus raíces.

Como antecedentes se considera el estudio de BARAJAS *et al.* (2004), al evaluar el efecto de la poda química de raíz en vivero. Consideraron cuatro tratamientos aplicados a través de bolsa de polietileno y tapete impregnados con cobre, o sin cobre; y evaluaron en vivero a los diez meses y en campo a los tres años. En vivero, los tratamientos con cobre presentaron mejores resultados ( $p \leq 0.05$ ) respecto a los tratamientos sin cobre para las variables diámetro al cuello de la raíz (DCR), espiralamiento y emergencia de raíces de la bolsa, y el índice de calidad de Dickson. En campo se evaluó el DCR, altura total, y número y peso seco de raíces mayores y menores a 2 mm de diámetro. Hubo diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre los tratamientos con y sin bolsa con cobre para las variables número y peso seco de raíces (PSR). Las plantas en bolsa y tapete con cobre tuvieron 210% más PSR (raíces >2 mm) respecto a las plantas testigo. Sin embargo, no existieron diferencias ( $p > 0.05$ ) en la altura y diámetro, en campo.

### **2.2.2. Defectos de las raíces**

Para GILMAN y PARTIN (s.d.), los defectos de las raíces tienen un impacto significativo en el establecimiento del árbol en el paisaje, pudiendo ocurrir en todos los árboles sin importar el método de producción. Los problemas fueron más fáciles de corregir en el vivero cuando el árbol era joven; algunas correcciones se pudieron hacer en el momento de la siembra.



Usualmente no es práctico buscar defectos en la raíz de todos los árboles, especialmente cuando se van a comprar en cantidad, por lo tanto, la mejor opción fue inspeccionar una muestra de los árboles. Si se encuentra algún problema entonces se deben inspeccionar más árboles antes de hacer una compra grande. Debido a que los defectos más serios están cerca del tronco, éstos pueden encontrarse con solo remover parte del sustrato hasta cierta profundidad. Entre todas las deformaciones, se puede citar lo siguiente:

Las **raíces circulares** se desarrollan cuando los árboles son cultivados en contenedores por un período de tiempo prolongado, ocasionando la desviación de las raíces por las paredes del contenedor y en círculo alrededor del cepellón (GILMAN y PARTIN, s.d.).



Fuente: GILMAN y PARTIN (s.d.).

Figura 2. Raíces circulares en plantas con excesiva edad.

Algunos de los defectos, como las raíces limitadas o las raíces circulares, fueron el resultado de haber crecido en un contenedor por demasiado tiempo. Los árboles con raíces circulares intactas no deben ser plantados. Las raíces circulares cerca al tronco pueden eventualmente disminuir el crecimiento y ahorcar al tronco. Las raíces circulares en la parte superior del cepellón son especialmente peligrosas. Los árboles con estos defectos no deben ser plantados. Muy pocas raíces crecen desde los bordes de las raíces circulares. Ésta falta de raíces puede llevar al árbol a ser inestable. Las raíces circulares pequeñas deben ser cortadas antes de la siembra en el terreno (GILMAN y PARTIN, s.d.).



Fuente: GILMAN y PARTIN (s.d.).

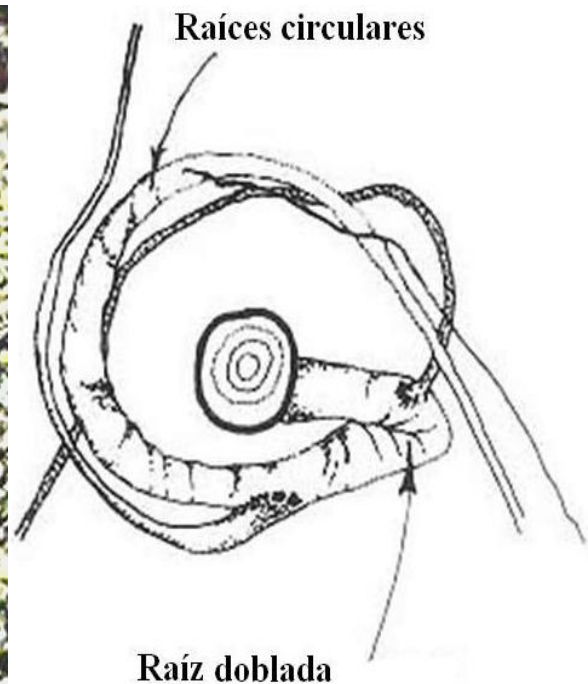
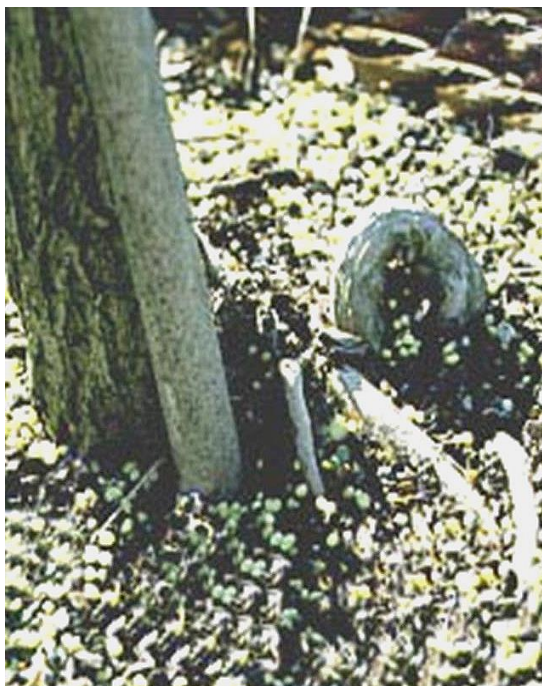
Figura 3. Consecuencia de utilizar plantas con raíces circulares.

Las raíces circulares no siempre tienen como resultado troncos ahorcados. Esta fotografía muestra un árbol con una copa verde, saludable y sin síntomas de problemas en las raíces por encima del suelo. Sin embargo, el

árbol desarrolló una inclinación severa después del viento en una tormenta, debido a sus raíces circulares.

Unas pocas raíces laterales se forman por fuera de la curva de una raíz circular lo que causa la inestabilidad del árbol. Pocas o ninguna raíz se desarrolló por fuera de las raíces circulares, puede haber poco o ningún soporte radicular a los lados del árbol (GILMAN y PARTIN, s.d.).

Las **raíces dobladas** ocurren si las raíces se doblan en la fase de la plántula en la cama de propagación.



Fuente: GILMAN y PARTIN (s.d.).

Figura 4. Raíces circulares y raíces dobladas.

Estas raíces fueron desviadas hacia atrás de ellas mismas en un ángulo de casi 180 grados. El agua y los azúcares tienen dificultades para pasar a través de la curva de la raíz doblada. El doblamiento de las raíces

pequeñas es una preocupación menor que el doblamiento de las raíces grandes como las que se muestran en la Figura 4.

Las **raíces estranguladoras** se forman cuando las raíces nuevas crecen perpendicularmente a un corte de raíz, o por crecer en un contenedor por un tiempo demasiado largo. A medida que el árbol crece, estas raíces pueden encontrar el tronco y empezar a estrangularlo.



Fuente: GILMAN y PARTIN (s.d.).

Figura 5. Raíz estranguladora.

Esta raíz grande (flecha) estaba enroscada en un contenedor de un galón 18 meses antes de ser fotografiada. El árbol se pasó a un contenedor

más grande sin cortarle las raíces circulares, la raíz era apenas del tamaño de una mina de lápiz en ese tiempo. Ahora el árbol es descartable: no debe plantarse ni en un contenedor más grande, ni en el terreno.

Los árboles con **raíz-limitada** tienen muchas raíces circulares alrededor en el exterior del cepellón. Esto pone una barrera física, evitando que el árbol disperse sus raíces en el suelo del terreno después de la siembra.



Fuente: GILMAN y PARTIN (s.d.).

Figura 6. Raíz – limitada.

Estas raíces deben ser cortadas antes de la siembra haciendo de cuatro (04) a cinco (05) cortes con una cuchilla afilada desde arriba del cepellón hasta la base (GILMAN y PARTIN, s.d.).

Otros autores como ANACAFE (2015), encontraron defectos radiculares en plantas no forestales como el café, siendo los siguientes:

Cuadro 1. Defectos encontrados en plantas de café.

Defectos	Posibles causas
Torcimiento y mala formación de raíces	Presencia de capas duras de suelo, siembra con punta torcida, falta de poda de raíz durante la siembra al campo definitivo.
Raíces entorchadas	Siembra doble en un mismo agujero, menos frecuente debido a que actualmente este sistema de siembra es poco utilizado.
Punta doble en la raíz pivotante	Poda de raíces muy altas durante el transplante al vivero. Puede ocurrir en plantas injertadas, cuando el material a injertar como el patrón desarrollan su raíz.
Raíces engrosadas	Ataque de nemátodos ( <i>Meloigogyne</i> ), excesos de aluminio en el suelo.
Pobre desarrollo de raicillas absorbentes	Ataque de nemátodos ( <i>Pratylenchus</i> ), y otras plagas del suelo, deficiencias de fósforo.
Poca raíz en relación a la parte aérea	Deficiencias genéticas, baja fertilidad, limitaciones físicas del suelo.
Raíces adventicias (producidas a partir del tallo)	Siembra muy profunda, cubrimiento del tallo por salpicadura de suelo en los almácigos, defectos genéticos.

Fuente: ANACAFE (2015).

### 2.3. Plantaciones forestales

Para ROTH y NEWTON (1996), durante las primeras etapas de una plantación forestal, el desarrollo de las plantas están condicionando a los recursos disponibles del sitio en el que fueron establecidas. El uso de plantas de buena calidad, capaces de sobrevivir y crecer vigorosamente una vez plantadas junto con la aplicación de tratamientos silviculturales de preparación de suelos (también como la poda de raíces), control de vegetación competitiva y fertilización contribuyen a reducir el tiempo requerido por la especie introducida para la ocupación completa del sitio.

Un factor que condiciona el éxito de las repoblaciones es la preparación del suelo. Estudios previos demostraron que las preparaciones más intensas suelen favorecer más el arraigo y desarrollo de las plantaciones que aquellas que conllevan una menor remoción del volumen del suelo (NICOLÁS *et al.*, 1997; QUEREJETA *et al.*, 2001).

En caso de la preparación del terreno, específicamente el suelo, NICOLÁS *et al.* (2004) indica que el subsolado y el ahoyado con retroexcavadora permitió una remoción del suelo en profundidad, si bien ésta última proporciona un mayor volumen de suelo útil; en cambio, el subsolado, que tiene un buen efecto hídrico, supone un menor coste que el ahoyado con retroexcavadora.

En España, NICOLÁS *et al.* (2004) concluyeron que la edad del plantón influye sobre el desarrollo de los brinzales de quejigo (*Quercus faginea* Lam.) cultivados en contenedor.

Para MURILLO y CAMACHO (1997), conocer la altura inicial al momento de la plantación sí tiene importancia según sea el sistema de producción que se haya utilizado en el vivero. Con el sistema de bolsa, por ejemplo, no se debería establecer plántones cuya sección aérea (tallo) supere los 30 cm (según sea el tamaño de bolsa), ya que sus raíces muy probablemente estén ya sufriendo enrollamiento dentro de la bolsa.

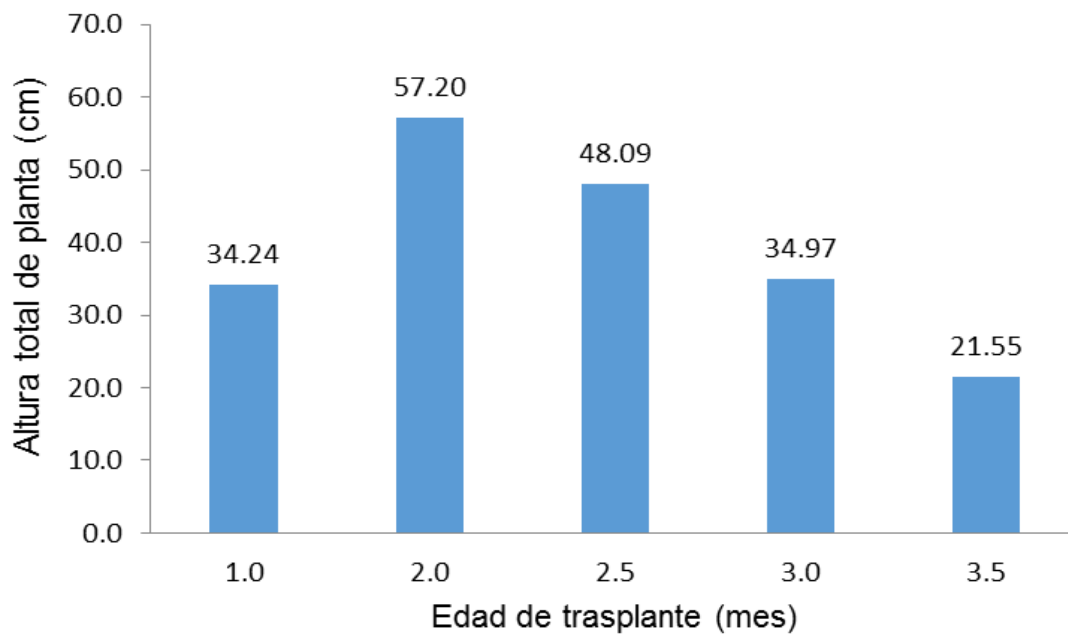
Por otro lado, LAMPRECHT (1990) añade que, en la selección del material de plantación, normalmente es recomendado utilizar plantas pequeñas, de 15 a 30 cm aproximadamente, debido a que éstas fueron menos susceptibles al shock de plantación, crecieron mejor, fueron más tolerantes a la sequedad y en general fueron de más fácil manejo.

#### **2.4. La bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Mart.)**

ORÉ (2013) en una investigación realizada con bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Mart.) a diferentes edades en terreno definitivo; encontró que a edades de 2.0 y 2.5 meses presentaron mejor crecimiento inicial, mientras que los plántones con mayor edad presentaron limitantes en el crecimiento inicial, dicho comportamiento puede atribuirse al sistema radicular, la cual sugiere su estudio (Figura 7).

Para ACUÑA (1987), *Guazuma crinita* C. Mart. alcanza una altura promedio de 30 cm aproximadamente a los 4 o 6 meses de permanencia en etapa de vivero.





Fuente: ORÉ (2013).

Figura 7. Incremento inicial de la altura total por efecto de la edad del plantón.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar de ejecución**

El proyecto de investigación, la fase de vivero fue implementado en el vivero agroforestal “Sembrando Futuro” ubicado en el Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexo La Divisoria y Puerto Súngaro (CIPTALD – UNAS), políticamente pertenece al distrito de Pueblo Nuevo, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco. La fase de campo se realizó en un predio particular del señor Frits Palomino Vera ubicado en el caserío Peregrino, políticamente pertenece al distrito Daniel Alomías Robles “Pumahuasi”, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco.

De acuerdo a la clasificación de zonas de vida y el diagrama bioclimático de Leslie Ransselaer Holdridge (HOLDRIDGE, 1987), los distritos Pueblo Nuevo y Daniel Alomías Robles se encuentran ubicadas en la formación vegetal denominado bosque muy húmedo Premontano Sub Tropical (bmh-PST).

Su clima característico es el tropical, con temperaturas medias anuales que oscilan alrededor de los 24 °C, llegando hasta los 31 °C en los meses de verano y 18 °C aproximadamente en los meses de invierno. La

precipitación media anual es de 3.300 mm con una humedad que varía entre 87 % y 89 %.

### **3.2. Materiales y equipos**

- Semillas de bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Mart.).
- Bolsas de polietileno de color negro de 7" x 4"
- Vernier mecánico.
- Cinta métrica de 30 m.
- Wincha de 5 m.
- Palana recta.

### **3.3. Generalidades de la investigación**

#### **3.3.1. Tipo de investigación**

Debido al propósito o finalidad perseguida, QUEZADA (2015) y ÑAUPAS *et al.* (2013) lo clasifican como investigación aplicada, práctica, empírica o tecnológica.

#### **3.3.2. Diseño de investigación**

El diseño de la investigación fue de tipo experimental, específicamente perteneciente a los experimentos puros, debido a que existió la manipulación intencional de las variables independientes, se realizó la

medición de las variables dependientes, se realizó la comparación de más de dos grupos y las unidades experimentales fueron asignados al azar (HERNÁNDEZ *et al.*, 2010).

### 3.3.3. Enfoque de la investigación

Según ÑAUPAS *et al.* (2014), la investigación presenta un enfoque cuantitativo, porque utilizó métodos y técnicas cuantitativas y por ende ha tenido que ver con la medición de las unidades de análisis, el muestreo y el tratamiento estadístico.

### 3.3.4. Tratamientos para la investigación

Para establecer los tratamientos para la investigación, se ha considerado la problemática sobre la edad de los plantones, añadido con la poda de raíces, combinándose en seis (06) tratamientos en estudio.

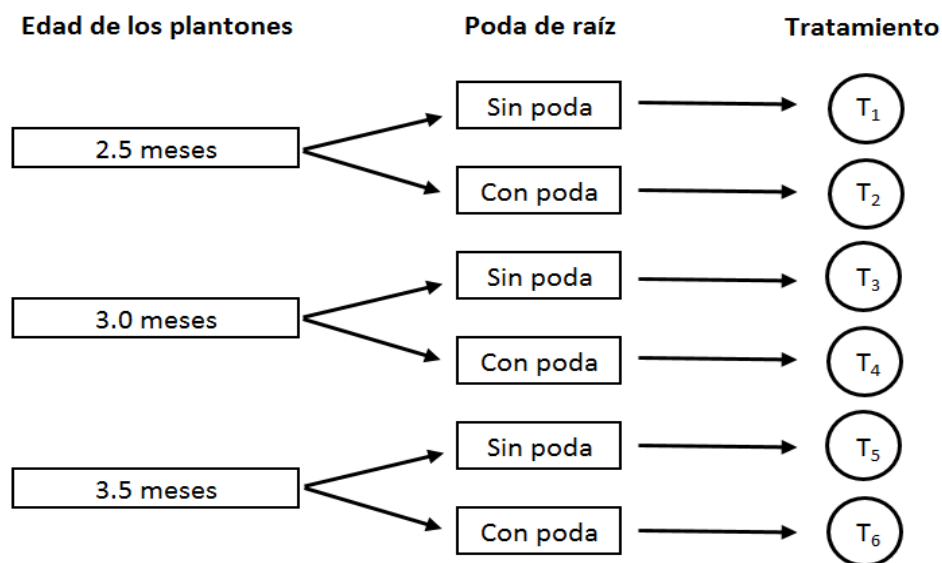


Figura 8. Tratamientos considerados para la investigación.



Figura 9. Esquema para la poda de raíces.

La descripción de los tratamientos presenta las siguientes características:

T<sub>1</sub>: Plantones de *Guazuma crinita* con 2.5 meses de edad establecida sin la poda del sistema radicular.

T<sub>2</sub>: Plantones de *Guazuma crinita* con 2.5 meses de edad establecida con el sistema radicular podada a 2.0 cm desde la base de la bolsa.

T<sub>3</sub>: Plantones de *Guazuma crinita* con 3.0 meses de edad establecida sin la poda del sistema radicular.

T<sub>4</sub>: Plantones de *Guazuma crinita* con 3.0 meses de edad establecida con el sistema radicular podada a 2.0 cm desde la base de la bolsa.

T<sub>5</sub>: Plantones de *Guazuma crinita* con 3.5 meses de edad establecidos sin la poda del sistema radicular.

T<sub>6</sub>: Plantones de *Guazuma crinita* con 3.5 meses de edad establecidos con el sistema radicular podados a 2.0 cm desde la base de la bolsa.

### 3.3.5. Diseño experimental

La distribución de los tratamientos en el campo definitivo se ejecutó bajo el Diseño en bloque completo al azar con arreglo factorial, para lo cual se ha tenido que seguir el protocolo descrito por HINKELMAN y KEMPTHORNE (1994):

La asignación aleatoria consistió en que la asignación del material experimental (tratamientos) como el orden en que se realizaron las pruebas individuales o ensayos se determinaron aleatoriamente (repeticiones), para lo cual se eligió el método de la tómbola (HERNÁNDEZ *et al.*, 2010) en el caso de la poda del sistema radicular.

En la fase de vivero se ha tenido que producir un total de 1152 plantones, de los cuales 72 se instalaron en terreno definitivo.

En caso de la fase de campo, se realizó la evaluación de 12 plantas por tratamiento, de las cuales se tuvo que extraer tres (03) para la observación del sistema radicular; considerando el total en la parcela

experimental de 72 plantas y se extrajeron 18 unidades experimentales del experimento en campo (Figura 10).

BLOQUE I		BLOQUE II		BLOQUE III	
12	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	11
10	10	10	10	10	10
9	9	9	9	9	9
8	8	8	8	8	8
7	7	7	7	7	7
6	6	6	6	6	6
5	5	5	5	5	5
4	4	4	4	4	4
3	3	3	3	3	3
2	2	2	2	2	2
1	1	1	1	1	1
Fila 1	Fila 2	Fila 3	Fila 4	Fila 5	Fila 6

Los colores de los cuadros representan los tratamientos (T<sub>1</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub> y T<sub>6</sub> respectivamente distribuido en el bloque I).

Figura 10. Distribución de los tratamientos en la parcela experimental para la fase de campo.

### 3.3.6. Prueba de hipótesis

Luego de obtener los datos se procedió a la depuración, lo cual consistió en verificar los resultados obtenidos y registrados en la digitación para posteriormente iniciar el análisis estadístico. Este fue realizado por medio de la técnica de análisis de varianza (ANVA).

Para los efectos en campo definitivo, se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar, en donde la variable respuesta estuvo expresada por la ecuación de la forma:

$$Y_{ijkl} = \mu + \beta_i + T_i + E_k + TE_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable respuesta u observación

$\mu$  = Efecto de la media

$B_j$  = Efecto de los bloques

$T_i$  = Efecto del i – factor edad del plantón

$E_k$  = Efecto del j – factor poda del sistema radicular

$TE_{jk}$  = Efecto de la interacción (Factor T x Factor E)

$\varepsilon_{ijkl}$  = Error experimental (factores no considerados en la evaluación).

Se supone que cumple con los supuestos:

- (i) Normalidad con media cero
- (ii) Independencia
- (iii) Homogeneidad de varianza

Para que el análisis de los datos fueran validados, fue necesario determinar si los datos experimentales obtenidos evidenciaron el cumplimiento de los supuestos del modelo, para lo cual se obtuvo todos los residuales y con estos se realizó las pruebas de normalidad con media cero (prueba de



Kolmogorov – Smirnov), independencia (gráficos de dispersión) y homogeneidad de varianza (prueba de Levene).

Cuadro 2. Esquema del ANVA o ANOVA para el DBCA con arreglo factorial.

FV	GL	SC	CM	FC
Bloque	$b - 1 = 2$	$SC_b$	$CM_b$	$CM_b/CM_{ee}$
Combinación	$(te - 1) = 5$	$SC_{com}$	$CM_{com}$	$CM_{com}/CM_{ee}$
T	$(t - 1) = 1$	$SC_t$	$CM_t$	$CM_{At}/CM_{ee}$
E	$(e - 1) = 2$	$SC_e$	$CM_e$	$CM_e/CM_{ee}$
T*E	$(t - 1)(e - 1) = 2$	$SC_{te}$	$CM_{te}$	$CM_{te}/CM_{ee}$
E. Exp.	$(b - 1)(te - 1) = 10$	$SC_{ee}$	$CM_{ee}$	
Total	$te*b - 1 = 17$	$SC_{total}$		

b: número de bloques y te es el número de combinaciones.

### 3.3.7. Variables consideradas para la investigación

Las variables dependientes (Y) fueron:

- Altura, medida desde la base hasta la parte apical de la planta, dimensión considerada en centímetros.
- Diámetro a nivel del cuello (DAC), evaluado empleando un vernier mecánico; el punto escogido fue en la unión entre el inicio del tallo y el sistema radicular. Dimensión considerada en centímetros.

- Longitud de la raíz principal, determinada empleando la wincha de 5 m.
- Longitud del sistema radicular, se consideró la dimensión de la longitud mayor de la raíz, que en muchos casos se encontraba superando la raíz principal por la raíz lateral. La unidad empleada fue en centímetros.
- Cantidad de raíces secundarias, se realizó por conteo directo.
- Longitud del tallo con raíz, se consideró medir la parte inicial del tallo que en muchos casos presentó raíz secundaria nueva después del establecimiento en terreno definitivo. La unidad empleada fue en centímetros.
- Distribución de las raíces gruesas considerando la raíz principal; se realizó un seccionamiento imaginario del sistema radicular en tres partes iguales, donde se observó la mayor acumulación de raíces secundarias laterales y se registró dichas acumulaciones.
- Número de bifurcación en la raíz principal, se realizó un conteo de la cantidad de bifurcación observables en la parte final de la raíz principal.

Las variables independientes (X) fueron:

- Edad de los plántones, considerada desde el repique (mes).
- Poda de raíces, considerada al momento de la instalación.

### 3.4. Metodología

#### 3.4.1. Técnica de recolección de datos

##### 3.4.1.1. Fase de planificación

La planificación consistió en realizar una carta solicitando un ambiente en el vivero del Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexo La Divisoria y Puerto Súngaro (CIPTALD – UNAS) de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, además, se ha tenido que planificar la adquisición de materiales e insumos necesarios para la ejecución de la investigación. Las semillas fueron adquiridas por compra directa de una empresa local que brinda el servicio de la venta de semillas (SEMIFOR EIRL).

##### 3.4.1.2. Fase de vivero

Se realizaron actividades como:

Para la **preparación del sustrato**, se utilizó la siguiente proporción: 3 – 2 – 1 que comprendían a los componentes de tierra agrícola, aserrín descompuesto, y tierra negra respectivamente, se realizó la mezcla lo más homogéneamente posible con la ayuda de una pala tipo cuchara.

Para el **embolsado** se utilizó bolsas de polietileno de color negro con dimensiones de 7" x 4" debido a que es de uso cotidiano en los proyectos de reforestación de la zona de estudio, la actividad se realizó manualmente,

luego de realizar el embolsado, se acomodaron las bolsas llenas de sustrato en la cama de cría.

Una vez adquiridas las semillas de bolaina blanca con certificación de su calidad, éstas fueron colocadas en la cama de **germinación** empleando con sustrato como tierra negra y arena en proporción 3 – 1 respectivamente. Estos almácigos se realizaron en periodos consecutivos de cada 15 días, con la finalidad de obtener plántones con diferentes edades.

Para todas las semillas se consideró un tiempo de permanencia en las camas germinadoras por un mes posterior al almácigo, luego del cual fueron **repicadas** en las bolsas preparadas y trasladadas a la cama de cría hasta completar cada edad definida por los tratamientos citados anteriormente.

Las actividades realizadas dentro del mantenimiento fueron principalmente el **control de maleza** que se proliferaron alrededor de los plántones, así como también en las calles y bordes de las camas de cría. También se realizó el **riego** en un periodo de cada dos días para garantizar el crecimiento y no limitar su crecimiento por estrés hídrico.

#### **3.4.1.3. Fase de campo**

Se ubicó el área de plantación en el caserío peregrino en un terreno particular, posteriormente se realizó la preparación del terreno mediante acciones de corte de malezas y arbustos, así como la apertura de hoyos. El sistema de plantación elegido fue el de campo abierto y el método de

plantación fue el cuadrado empleando una distancia de 3m x 3m. El tratamiento aplicado referente a la poda de las raíces se ejecutó empleando un machete.

Se realizaron labores silviculturales de la plantación, como los deshierbes en periodos comprendidos a cada 30 días, sin dejar que las plantas sean invadidas por malezas principalmente las trepadoras que limitarían su crecimiento normal.

Se realizaron las mediciones de las plantas de bolaina instalados en el terreno definitivo de las variables altura total, diámetro a nivel del cuello al mes de establecido, mientras que se añadió la longitud de la raíz principal, cantidad de raíz secundaria y número de retoños en la raíz principal a los tres meses posteriores al establecimiento.

#### **3.4.1.4. Fase de gabinete**

Los datos obtenidos en el campo fueron sometidos al análisis cuantitativo, y las medidas estadísticas que determinaron la distribución y dispersión en base a las pruebas estadísticas realizadas fueron la base para el sustento de los resultados.

#### **3.4.2. Análisis de datos y elaboración del informe final de la investigación**

Para contrastar los resultados registrados en terreno definitivo sobre un diseño en bloque completo al azar (DBCA) con arreglo factorial de la

forma 3A x 2B, se ha utilizado el paquete estadístico SPSS v 23, siguiendo los siguientes pasos:

La *Prueba de normalidad* se realizó con la finalidad de comprobar el supuesto de la normalidad, para ello se realizó ingresando al menú analizar > explorar > lista de dependientes (variable respuesta) y lista de factores (tratamientos) > gráficos y seleccionar gráficos con pruebas de normalidad > continuar > aceptar. La significancia fue superior a 0.05.

Para determinar el ANVA se prosiguió de la siguiente manera: menú analizar - > modelo lineal general – univariante, se colocó la variable dependiente (calidad de plántones) y en factores fijos se colocó los bloques y factores, se procedió en modelo – continuar y aceptar; en el cuadro de resultados se interpretó la significancia estadística (QUEZADA, 2015). Para la comparación de medias se utilizó la prueba Tukey.

Con los datos analizados e interpretados se procedió a la redacción del informe final de tesis.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Efecto de la edad de los plántones y la poda radicular sobre la altura y DAC en plantas de *Guazuma crinita*

#### 4.1.1. Altura de las plantas de *Guazuma crinita*

Al mes de establecido, los bloques generados en la parcela experimental presentaron efectos estadísticos significativos sobre la altura; en el caso de la edad de los plántones, se registró diferencias estadísticas sobre la variable altura; además, no se registró interacción (Cuadro 3).

Cuadro 3. ANVA para la altura en *Guazuma crinita* por efecto de la edad de los plántones y la poda de la raíz al mes de establecido.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Bloque	1806.697	2	903.349	7.547	0.0012*
Edad de los plántones	7368.765	2	3684.382	30.783	<0.0001*
Poda de raíz	220.778	1	220.778	1.845	0.1793 <sup>ns</sup>
Edad x Poda	348.544	2	174.272	1.456	0.2410 <sup>ns</sup>
Error experimental	7420.795	62	119.690		
Total	17134.871	69			

\*: presenta diferencias estadísticas significativas, ns: no presenta diferencias estadísticas significativas.

Al mes de establecido en terreno definitivo, las plantas procedentes del vivero con una edad de 3.5 meses posteriores al repique tuvieron mayor promedio en la variable altura, por lo tanto, superó a las demás edades consideradas en el estudio (Cuadro 4).

Cuadro 4. Prueba Tukey para la altura en *Guazuma crinita* por efecto de la edad de los plantones.

Mérito	Edad (mes)	Media (cm)	Significancia
1	3.5	70.17	a
2	3.0	49.17	b
3	2.5	48.17	b

Letras diferentes demuestran diferencias estadísticas significativas.

Al mes de establecido las plantas con una edad de 3.5 meses en la etapa de vivero que fueron podadas la raíz durante la instalación en terreno definitivo, registraron mayor promedio en la altura (Figura 11).

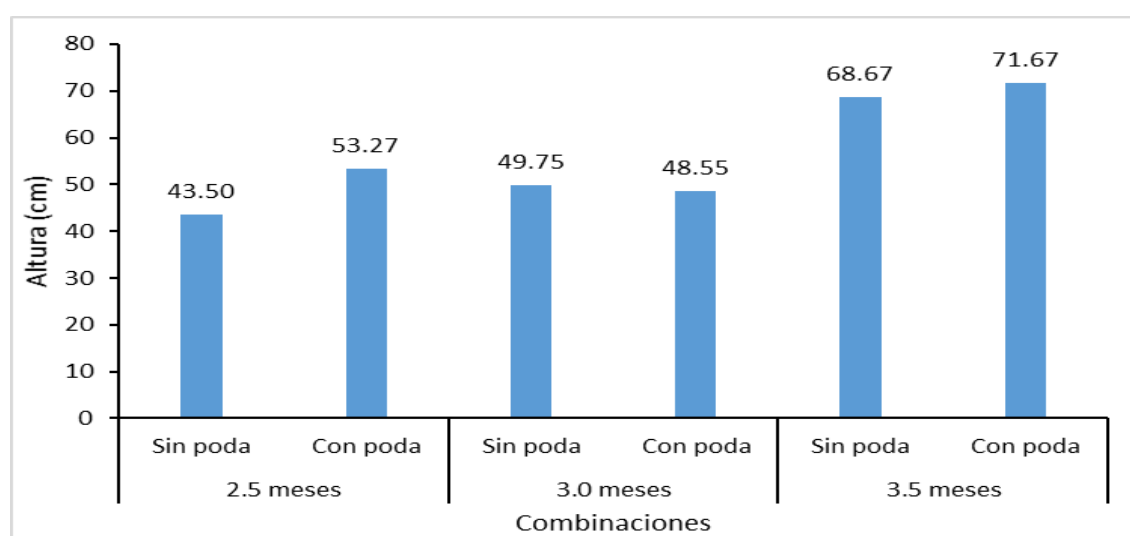


Figura 11. Efecto de la edad de los plantones y la poda de la raíz sobre la altura en *Guazuma crinita*.



En caso de la variable altura con tres meses de edad posteriores a la instalación en terreno definitivo se determinó que los bloques de la parcela experimental y el factor edad de los plántones presentaron efectos estadísticos significativos, mientras que el factor considerado como poda del sistema radicular no registró diferencias estadísticas; asimismo, no se encontró interacción estadística entre los factores considerados en el estudio (Cuadro 5).

Cuadro 5. ANVA para la altura en *Guazuma crinita* por efecto de la edad de los plántones y la poda de la raíz a tres meses de establecido.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Bloque	1871.675	2	935.838	4.493	0.0152*
Edad de los plántones	6985.737	2	3492.869	16.770	<0.0001*
Poda de raíz	119.154	1	119.154	0.572	0.4524 <sup>ns</sup>
Edad x Poda	30.490	2	15.245	0.073	0.9295 <sup>ns</sup>
Error experimental	12496.787	60	208.280		
Total	21684.868	67			

\*: presenta diferencias estadísticas significativas, ns: no presenta diferencias estadísticas significativas.

A los tres meses de establecido en terreno definitivo, las plantas procedentes del vivero con una edad de 3.5 meses posteriores al repique, tuvieron mayor promedio en la variable altura, por lo tanto, superó a las demás edades consideradas en el estudio (Cuadro 6).

Cuadro 6. Prueba Tukey para la altura total en *Guazuma crinita* por efecto de la edad de los plantones a tres meses de establecidos.

Mérito	Edad (mes)	Media (cm)	Significancia
1	3.5	105.39	a
2	3.0	84.36	b
3	2.5	83.09	b

Letras diferentes demuestran diferencias estadísticas significativas.

Las plantas con 3.5 meses de edad y sin poda radicular registraron un promedio de 107.58 cm, superando a las demás combinaciones (Figura 12).

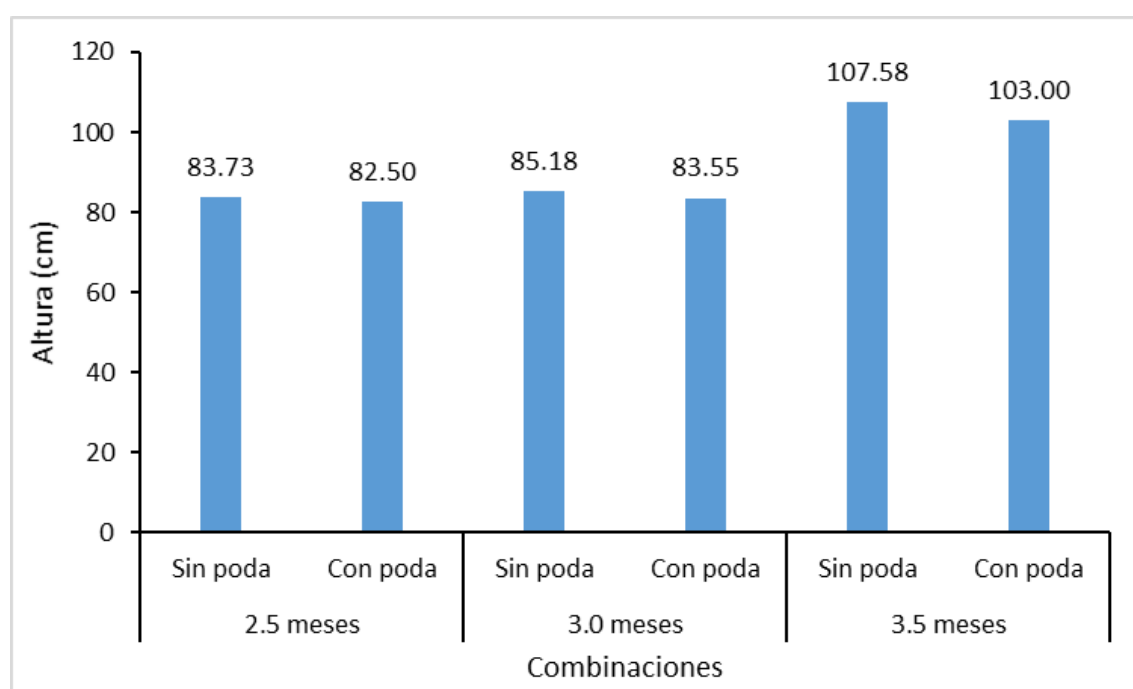


Figura 12. Efecto de la edad de los plantones y la poda de la raíz sobre la altura en *Guazuma crinita* a tres meses de establecidos.

#### 4.1.2. DAC de las plantas de *Guazuma crinita*

Al mes de establecido, se determinó que los bloques de la parcela experimental y la edad de los plántones presentaron efectos estadísticos significativos sobre la variable DAC, mientras que el factor poda de la raíz no presentó efectos significativos; además, no se registró interacción estadística significativas entre los factores de estudio (Cuadro 7).

Cuadro 7. ANVA para el DAC en *Guazuma crinita* por efecto de la edad de los plántones y la poda de la raíz.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Bloque	0.269	2	0.135	13.991	<0.0001*
Edad de los plántones	0.185	2	0.092	9.592	0.0002*
Poda de raíz	0.001	1	0.001	0.063	0.8027 <sup>ns</sup>
Edad x Poda	0.008	2	0.004	0.428	0.6537 <sup>ns</sup>
Error experimental	0.597	62	0.010		
Total	1.055	69			

\*: presenta diferencias estadísticas significativas, ns: no presenta diferencias estadísticas significativas.

Las plantas de *Guazuma crinita* al mes de establecido en terreno definitivo que procedieron del vivero con una edad de 3.5 meses presentaron un promedio de 0.71 cm de la variable DAC, por lo tanto, fue superior estadísticamente a las edades de 3.0 meses y 2.5 meses, que estadísticamente mostraron promedios similares (Cuadro 8).

Cuadro 8. Prueba Tukey para el DAC en *Guazuma crinita* por efecto de la edad de los plántones.

Mérito	Edad (mes)	Media (cm)	Significancia
1	3.5	0.71	a
2	3.0	0.61	b
3	2.5	0.61	b

Letras diferentes demuestran diferencias estadísticas significativas.

Al combinar el nivel del factor edad de los plántones (3.5 meses) con el nivel de la poda radicular (sin poda), se obtiene un promedio de 0.72 cm para la variable DAC, por lo tanto, supera a las demás combinaciones al mes de encontrarse establecidas en terreno definitivo (Figura 13).

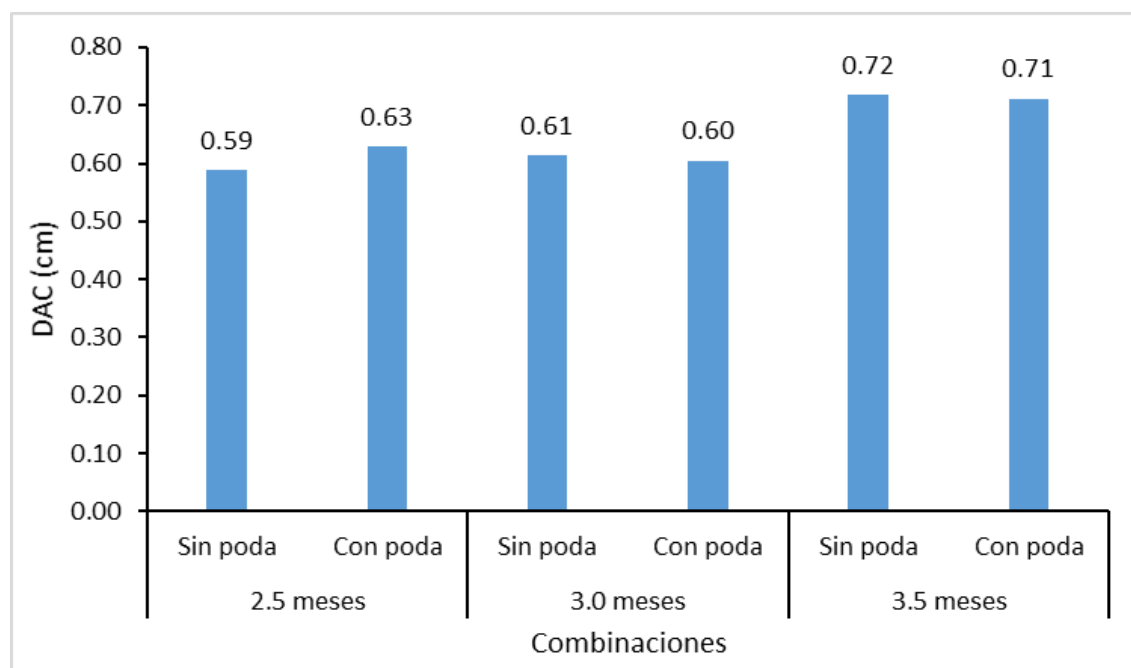


Figura 13. Efecto de la edad de los plántones y la poda de la raíz sobre el DAC en *Guazuma crinita*.

Pasado los tres meses posteriores al establecimiento, el análisis de la varianza realizada para la variable DAC (Cuadro 9), se tiene lo siguiente:

- Los bloques de la parcela experimental no tuvieron efectos estadísticos significativos.
- El factor edad de los plántones presentaron efectos estadísticos significativos sobre el DAC.
- El factor poda del sistema radicular no presentó efectos estadísticos significativos sobre el DAC.
- No se registró interacción estadística entre los factores considerados en el estudio.

Cuadro 9. ANVA para el DAC en *Guazuma crinita* por efecto de la edad de los plántones y la poda de la raíz a tres meses de establecidos.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Bloque	0.046	2	0.023	0.425	0.6557 <sup>ns</sup>
Edad de los plántones	0.528	2	0.264	4.906	0.0106*
Poda de raíz	0.033	1	0.033	0.611	0.4376 <sup>ns</sup>
Edad x Poda	0.064	2	0.032	0.598	0.5530 <sup>ns</sup>
Error experimental	3.231	60	0.054		
Total	3.919	67			

\*: presenta diferencias estadísticas significativas, ns: no presenta diferencias estadísticas significativas.

Las plantas procedentes con una edad de 3.5 meses tuvieron mayor DAC, mientras que los de 2.5 y 3.0 meses presentaron promedios similares (Cuadro 10).

Cuadro 10. Prueba Tukey para el DAC en *Guazuma crinita* por efecto de la edad de los plántones a tres meses de establecidos.

Mérito	Edad (mes)	Media (cm)	Significancia
1	3.5	1.29	a
2	3.0	1.10	b
3	2.5	1.10	b

Letras diferentes demuestran diferencias estadísticas significativas.

La combinación de 3.5 meses con plantas sin poda radicular registraron mayor promedio del DAC a tres meses de establecido (Figura 14).

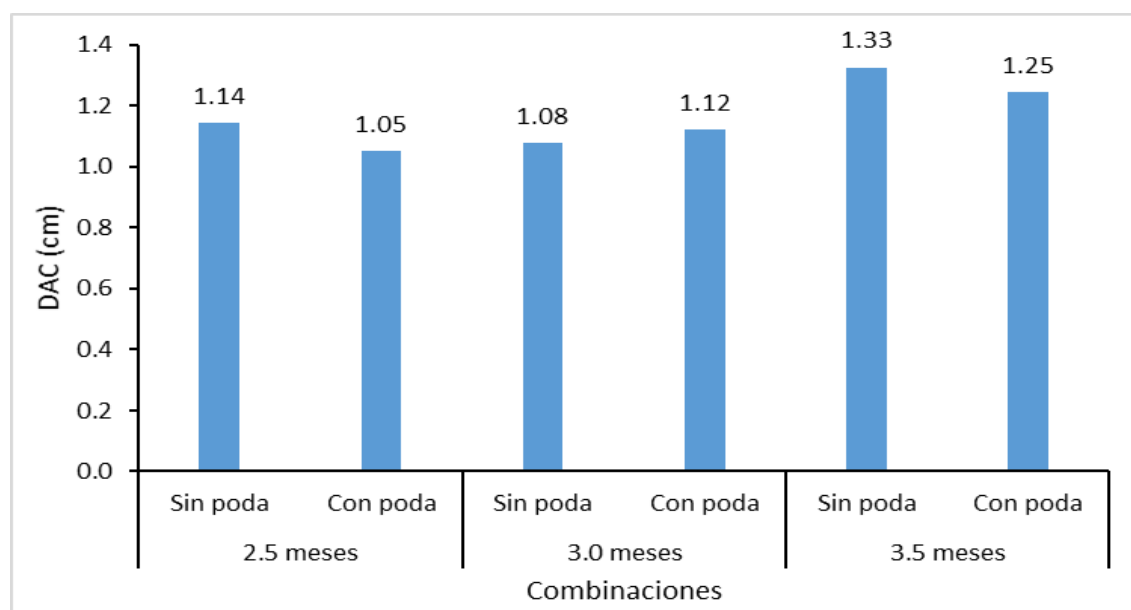


Figura 14. Efecto de la edad de los plántones y la poda de la raíz sobre el DAC en *Guazuma crinita* a tres meses de establecidos.

## 4.2. Efecto de la edad de los plántones y la poda radicular sobre el sistema radicular en plantas de *Guazuma crinita*

### 4.2.1. Longitud de la raíz principal en plantas de *Guazuma crinita*

A los tres meses posteriores al establecimiento de *Guazuma crinita*, se determinó que los bloques de la parcela experimental y la edad de los plántones no presentaron efectos estadísticos significativos, mientras que la actividad considerada como la poda transversal de la raíz tuvieron efectos significativos sobre la longitud de la raíz principal; además, no se registró interacción entre los factores del estudio (Cuadro 11).

Cuadro 11. ANVA para la longitud de la raíz principal en *Guazuma crinita* por efecto de la edad de los plántones y la poda de la raíz.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Bloque	25.861	2	12.931	0.595	0.5697 <sup>ns</sup>
Edad de los plántones	114.111	2	57.056	2.628	0.1210 <sup>ns</sup>
Poda de raíz	392.000	1	392.000	18.053	0.0017*
Edad x Poda	75.000	2	37.500	1.727	0.2269 <sup>ns</sup>
Error experimental	217.139	10	21.714		
Total	824.111	17			

\*: presenta diferencias estadísticas significativas, ns: no presenta diferencias estadísticas significativas.

A las plantas que se les podaron la raíz durante el establecimiento, se registró mayor efecto sobre la longitud de la raíz principal, que superó a las plantas que no fueron podadas (Cuadro 12).

Cuadro 12. Prueba Tukey para la longitud de la raíz principal en *Guazuma crinita* por efecto de la edad de la poda de la raíz.

Mérito	Poda de raíz	Media (cm)	Significancia
1	Con poda	32.39	a
2	Sin poda	23.06	b

Letras diferentes demuestran diferencias estadísticas significativas.

Al analizar las combinaciones, *Guazuma crinita* de 3.0 meses en el vivero y que fue podada su raíz durante el establecimiento, presentó efectos sobre el tamaño de la raíz principal, debido a que el promedio alcanzado fue de 34.83 cm; en caso de la menor dimensión se obtuvo en las plantas con 2.5 meses de edad y sin podar la raíz (Figura 15).

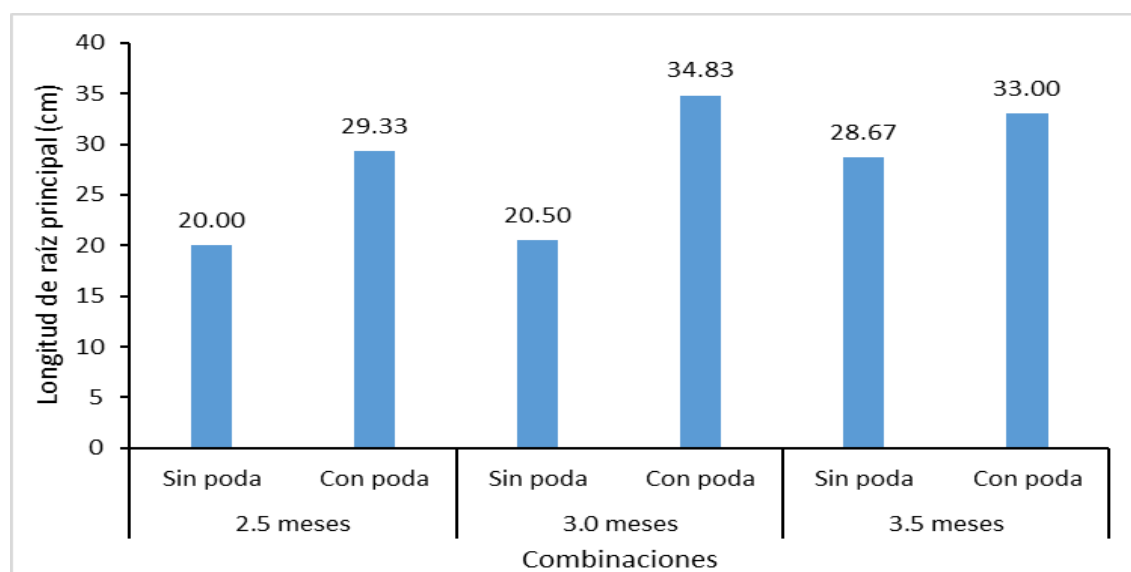


Figura 15. Efecto de la edad de los plantones y la poda de la raíz sobre la longitud de la raíz principal en *Guazuma crinita*.



#### 4.2.2. Longitud del sistema radicular en plantas de *Guazuma crinita*

La longitud del sistema radicular en algunos casos estuvo representada por raíces laterales, mientras que en otros lo representaba la misma raíz principal. Del ANVA se deduce que los bloques, la edad de los plántones y la poda radicular registraron diferencias estadísticas significativas para la variable longitud del sistema radicular; además, se determinó que la interacción de los niveles de cada factor del estudio no presentó significancia estadística (Cuadro 13).

Cuadro 13. ANVA para la longitud del sistema radicular en *Guazuma crinita* por efecto de la edad de los plántones y la poda de la raíz.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Bloque	51.694	2	25.847	0.601	0.5670 <sup>ns</sup>
Edad de los plántones	83.028	2	41.514	0.965	0.4138 <sup>ns</sup>
Poda de raíz	74.014	1	74.014	1.721	0.2189 <sup>ns</sup>
Edad x Poda	6.028	2	3.014	0.070	0.9328 <sup>ns</sup>
Error experimental	430.139	10	43.014		
Total	644.903	17			

ns: no presenta diferencias estadísticas significativas.

La combinación de plántones con 3.0 meses y podado la raíz al establecer, registró mayor longitud de raíz en terreno definitivo (Figura 16).

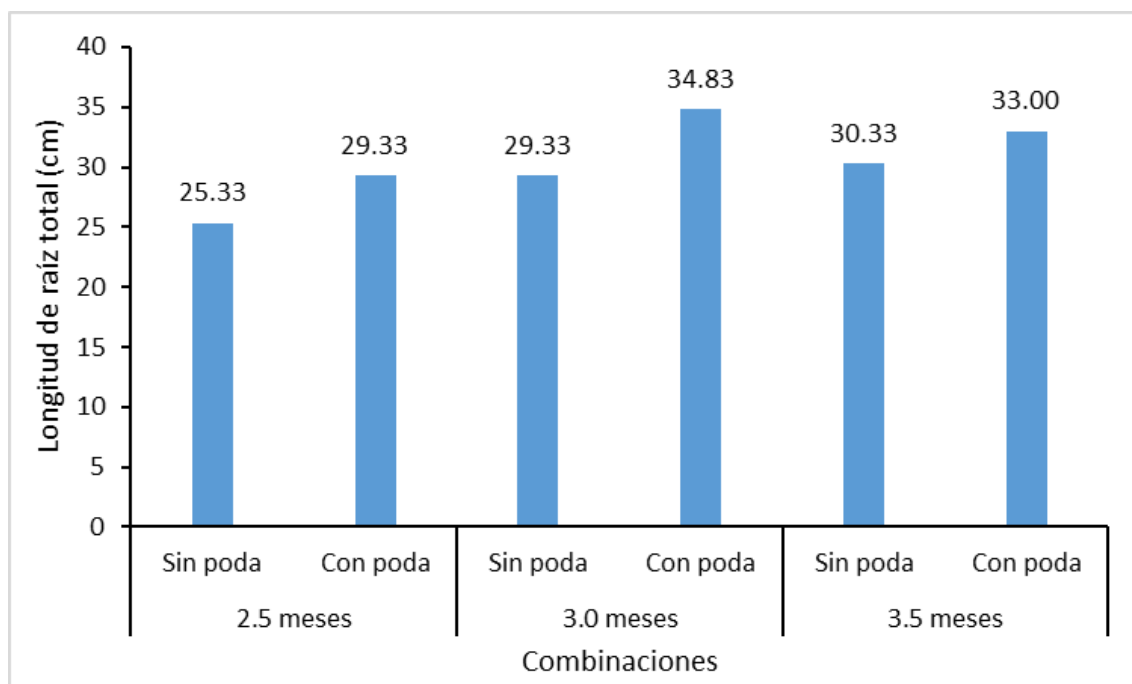


Figura 16. Efecto de la edad de los plantones y la poda de la raíz sobre la longitud del sistema radicular en *Guazuma crinita*.

#### 4.2.3. Cantidad de raíces secundarias (gruesas) en plantas de *Guazuma crinita*

Del ANVA se deduce que, los bloques en la parcela experimental tuvieron efectos estadísticos significativos sobre la cantidad de raíces secundarias registradas a los tres meses posteriores al establecimiento de *Guazuma crinita*, mientras que la edad de los plantones y la poda de la raíz no presentaron efectos estadísticos significativos sobre la variable en mención; asimismo, no se registró interacción entre los factores del estudio (Cuadro 14).

Cuadro 14. ANVA para la cantidad de raíz secundaria en *Guazuma crinita* por efecto de la edad de los plantones y la poda de la raíz.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Bloque	37.000	2	18.500	4.111	0.0498*
Edad de los plantones	7.000	2	3.500	0.778	0.4853 <sup>ns</sup>
Poda de raíz	10.889	1	10.889	2.420	0.1509 <sup>ns</sup>
Edad x Poda	22.111	2	11.056	2.457	0.1355 <sup>ns</sup>
Error experimental	45.000	10	4.500		
Total	122.000	17			

\*: presenta diferencias estadísticas significativas, ns: no presenta diferencias estadísticas significativas.

Teniendo en consideración las combinaciones de los niveles de cada factor, se registró que las plantas procedentes del vivero con una edad de 3.5 meses y que fueron podadas las raíces obtuvieron mayor promedio de raíces secundarias (10.33 raíces) a los tres meses en terreno definitivo; de manera contraria, las plantas con la misma edad y sin poda de raíces registraron la menor cantidad de raíces (Figura 17).

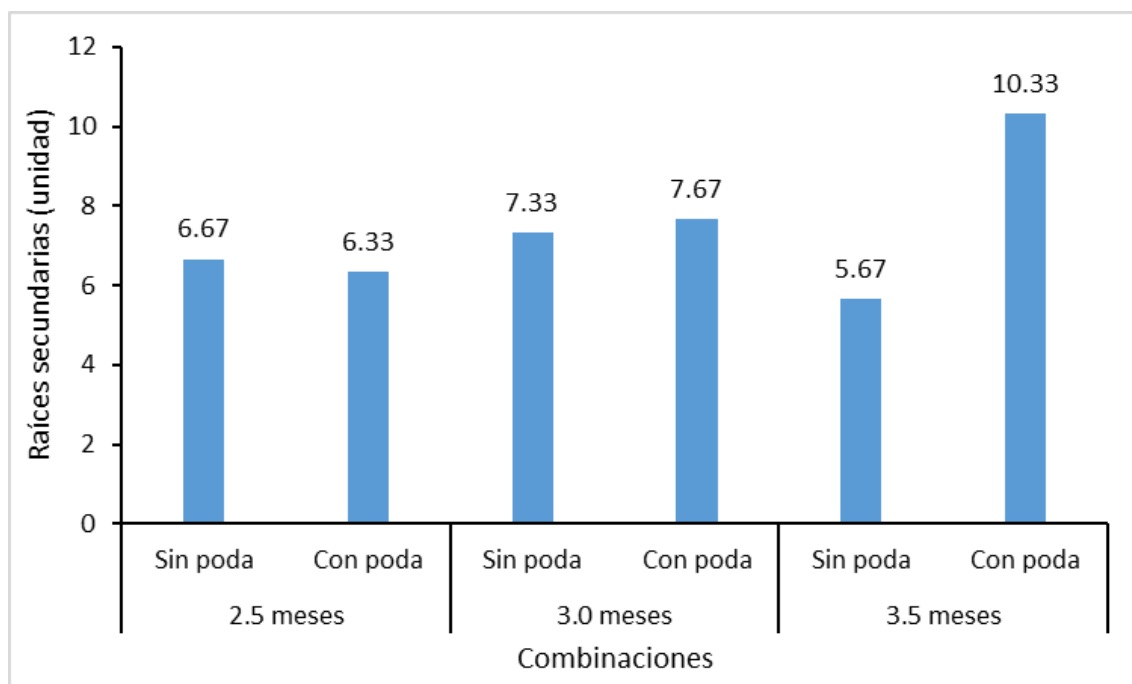


Figura 17. Efecto de la edad de los plantones y la poda de la raíz sobre la cantidad de raíces secundarias en *Guazuma crinita*.

#### 4.2.4. Longitud del tallo con raíz en plantas de *Guazuma crinita*

Del ANVA se determina que los bloques, la edad de los plantones y la poda del sistema radicular no tuvieron efectos estadísticos significativos sobre la longitud del tallo que presentaron raíces a los tres meses después del establecimiento de *Guazuma crinita*; en caso de la interacción entre los niveles de cada factor, no se determinó significancia estadística respecto a la variable en mención (Cuadro 15).

Cuadro 15. ANVA para la longitud del tallo con raíz en *Guazuma crinita* por efecto de la edad de los plantones y la poda de la raíz.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Bloque	6.043	2	3.022	1.693	0.2327 <sup>ns</sup>
Edad de los plantones	0.493	2	0.247	0.138	0.8726 <sup>ns</sup>
Poda de raíz	0.002	1	0.002	0.001	0.9725 <sup>ns</sup>
Edad x Poda	0.271	2	0.136	0.076	0.9274 <sup>ns</sup>
Error experimental	17.850	10	1.785		
Total	24.660	17			

ns: no presenta diferencias estadísticas significativas.

La combinación de plantas procedentes de vivero con 3.0 meses de edad y sin poda presentaron mayor longitud de tallo con raíz (Figura 18).

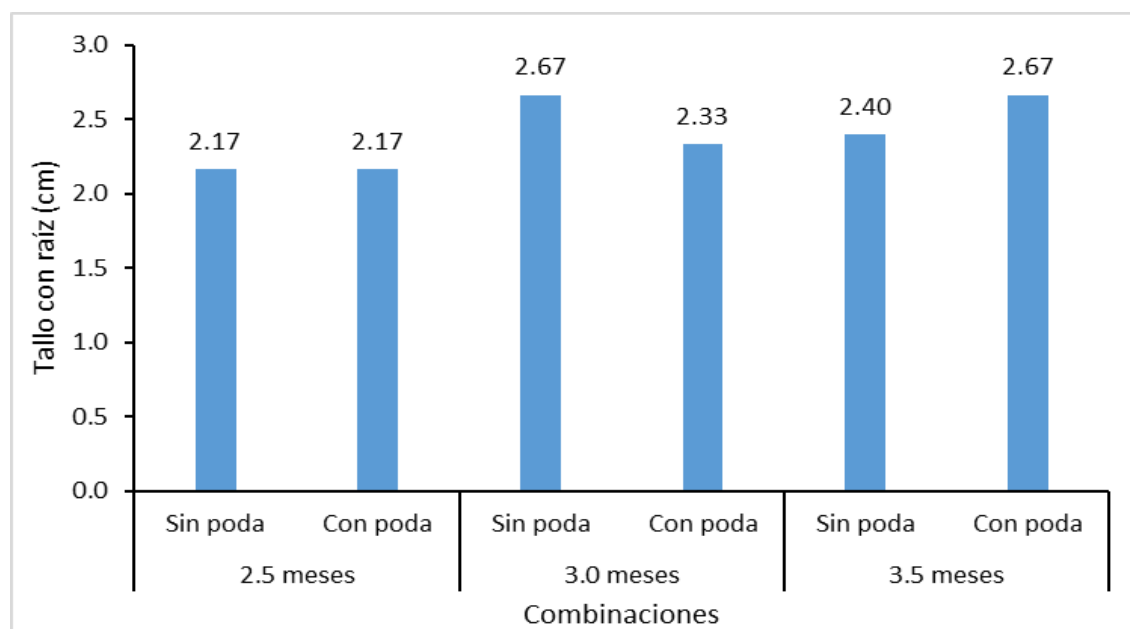


Figura 18. Efecto de la edad de los plantones y la poda de la raíz sobre la longitud del tallo con raíz en *Guazuma crinita*.

#### 4.2.5. Ubicación de las raíces más gruesas en plantas de *Guazuma crinita*

A los tres meses después del establecimiento, las plantas de *Guazuma crinita* que no fueron podadas las raíces presentaron mayor proporción de raíces en el primer tercio del sistema radicular (cerca de la superficie del suelo), mientras que las plantas que fueron podadas sus raíces durante el establecimiento presentaron mejor distribución de raíces tanto en el primer tercio (cerca de la superficie del suelo) y tercer tercio (más alejado de la superficie del suelo) del sistema radicular (Cuadro 16).

Cuadro 16. Distribución de las raíces más gruesas en *Guazuma crinita* por efecto de la edad de los plantones y la poda de la raíz.

Edad (mes)	Poda	Tratamiento	Distribución de la raíz (tercios)		
			1 (%)	2 (%)	3 (%)
2.5 meses	Sin poda	1	60.00	20.00	20.00
	Con poda	2	20.00	20.00	60.00
3.0 meses	Sin poda	3	50.00	16.67	33.33
	Con poda	4	33.33	16.67	50.00
3.5 meses	Sin poda	5	75.00	0.00	25.00
	Con poda	6	42.86	14.29	42.86

Las plantas con poda radicular de tipo transversal presentaron mejor distribución de las raíces, mientras que las plantas que no fueron sometido a la poda del sistema radicular y con mayor tiempo de permanencia en el vivero, presentaron una acumulación de raíces en el primer tercio del sistema radicular (Figura 19).

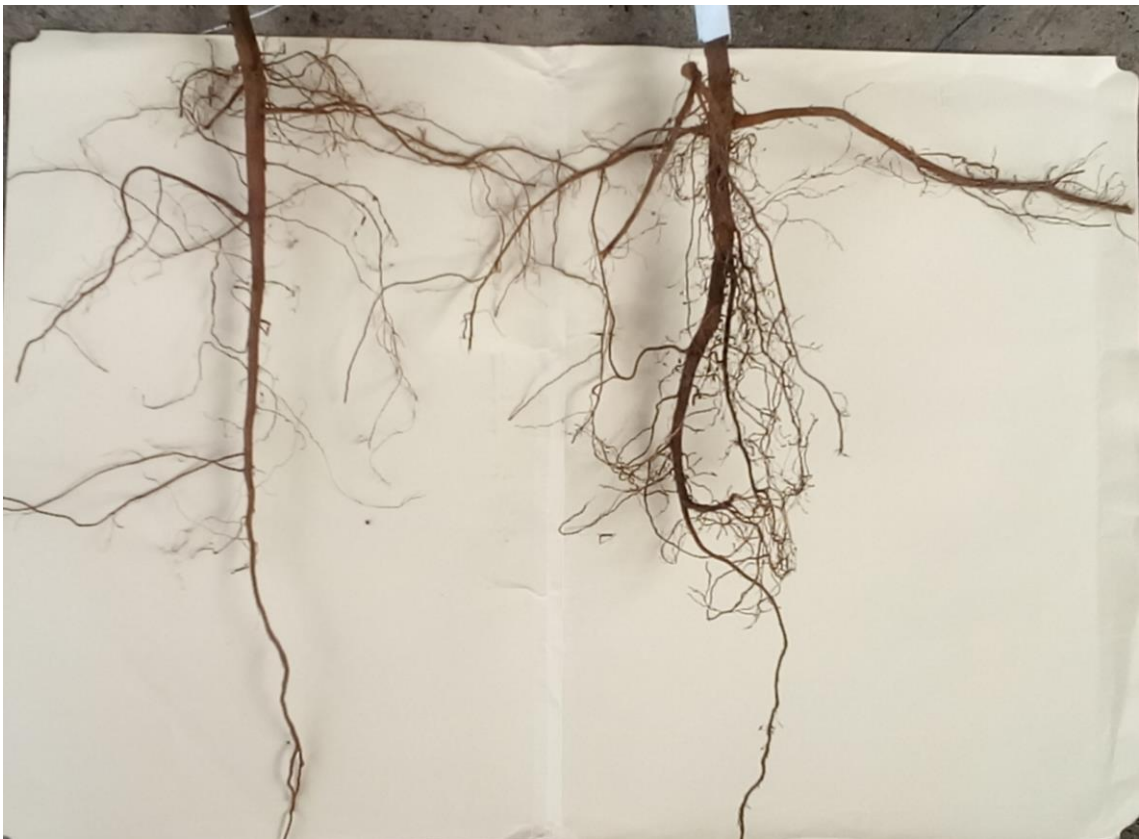


Figura 19. Sistema radicular de una planta con poda (izquierda) y sin poda (derecha) radicular.

#### **4.2.6. Número de bifurcación de la raíz principal en plantas de *Guazuma crinita***

Los bloques de la parcela experimental y la edad de los plantones no tuvieron efectos estadísticos significativos respecto a la cantidad de

bifurcación de la raíz principal, mientras que, la poda de la raíz registró diferencias estadísticas para la variable en mención; asimismo, no se registró interacción estadística significativa entre los dos factores considerados en el estudio (Cuadro 17).

Cuadro 17. ANVA para el número de bifurcación de la raíz principal en *Guazuma crinita* por efecto de la edad y la poda de la raíz.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Bloque	4.778	2	2.389	2.263	0.1546 <sup>ns</sup>
Edad de los plantones	0.778	2	0.389	0.368	0.7008 <sup>ns</sup>
Poda de raíz	8.000	1	8.000	7.579	0.0204*
Edad x Poda	6.333	2	3.167	3.000	0.0954 <sup>ns</sup>
Error experimental	10.556	10	1.056		
Total	30.444	17			

\*: presenta diferencias estadísticas significativas, ns: no presenta diferencias estadísticas significativas.

A los tres meses de establecidos, *Guazuma crinita* que fueron sometidos a la poda transversal del sistema radicular durante la instalación presentaron mayor cantidad de bifurcación en la raíz principal (Cuadro 18) y la combinación de 3.0 meses con poda registró mayor promedio (Figura 20).



Cuadro 18. Prueba Tukey para el número de bifurcación de la raíz principal en *Guazuma crinita* por efecto de la poda de la raíz.

Mérito	Poda de raíz	Media (unidad)	Significancia
1	Con poda	2.22	a
2	Sin poda	0.89	b

Letras diferentes demuestran diferencias estadísticas significativas.

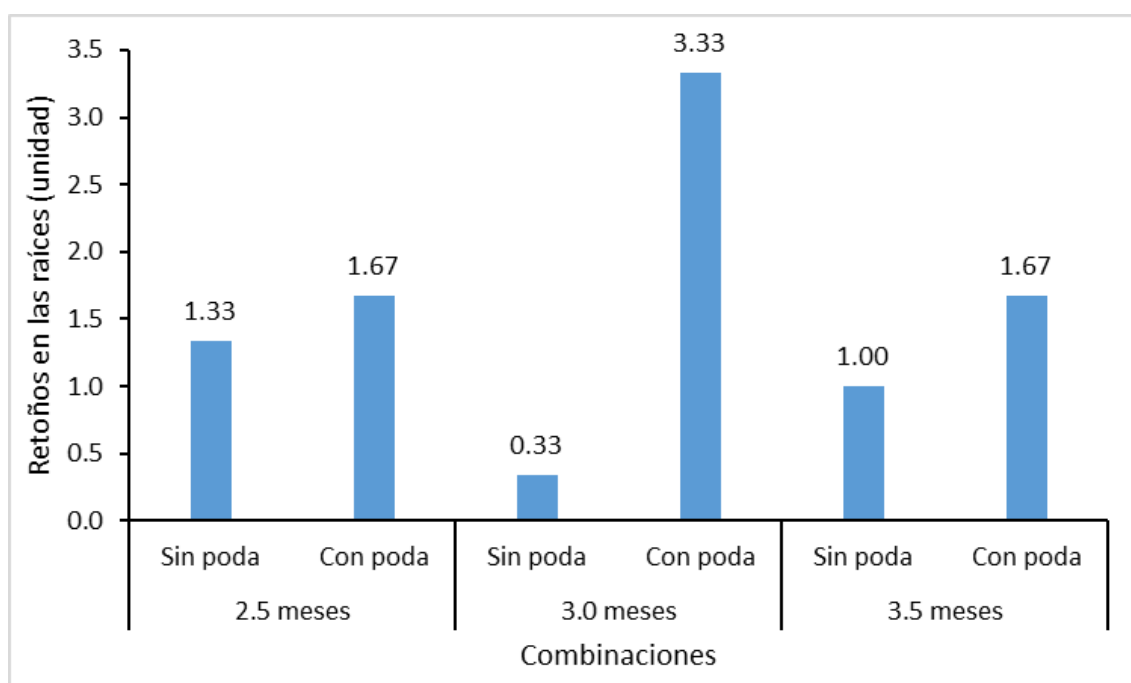


Figura 20. Efecto de la edad de los plantones y la poda de la raíz sobre el número de bifurcación de la raíz principal en *Guazuma crinita*.

## V. DISCUSIÓN

### 5.1. Sobre el efecto de la edad de los plántones y la poda radicular sobre la altura y DAC en plantas de *Guazuma crinita*

Se registró ligera superioridad del promedio de la altura en las plantas que se les podaron la raíz (58.24 cm) durante la instalación en terreno definitivo, mientras que menor promedio presentaron las plantas sin poda del sistema radicular (53.97 cm). Esto es corroborado por BARAJAS *et al.* (2004) en numerosos estudios en vivero, donde registró que la poda química de raíz favoreció el crecimiento de las plantas en altura, diámetro, peso seco de raíz y parte aérea y número de raíces finas.

Numéricamente, las plantas sin poda radicular alcanzaron mayor altura total a tres meses de instalado en terreno definitivo, esto posiblemente se le atribuye al poco periodo de evaluación que presentó el estudio, ya que ORTEGA *et al.* (2006) indica que los efectos de la edad de los plántones en bolsas se manifiestan al año de cultivo, o bien durante los primeros años tras el trasplante, produciendo una inclinación excesiva e incluso la caída de árboles en condiciones climatológicas adversas.

La combinación de 3.5 meses con plantas sin poda radicular registraron mayor promedio del DAC a tres meses de establecidas, y esto se

ratifica por lo reportado por NICOLÁS *et al.* (2004), al concluir que la edad del plantón influye sobre el desarrollo de los plantones de quejigo (*Quercus faginea* Lam.) cultivados en contenedor. Estos resultados contradicen a lo reportado por ORÉ (2013) en *Guazuma crinita*, ya que concluye sobre la edad adecuada para llevar a terreno definitivo es de 2.0 y 2.5 meses de edad debido a que presentan mejor crecimiento inicial; aunque para ACUÑA (1987), la especie en mención alcanza una altura promedio de 30 cm aproximadamente a los 4 o 6 meses de permanencia en etapa de vivero, por lo que no se acerca a la producción bajo condiciones de Tingo María.

No se encontró diferencias estadísticas significativas entre los efectos de la poda sobre la altura y DAC de las plantas de *Guazuma crinita* al mes y tres meses posteriores al establecimiento, resultados similares reportaron BARAJAS *et al.* (2004), al evaluar el efecto de la poda química de raíz, donde no existieron diferencias ( $p>0.05$ ) en la altura y DAC en campo de plantas con y sin poda radicular.

## **5.2. Sobre el efecto de la edad de los plantones y la poda radicular sobre el sistema radicular en plantas de *Guazuma crinita***

A las plantas que se les podaron la raíz durante el establecimiento, presentó mayor efecto sobre la **longitud de la raíz principal**, que superó a las plantas que no fueron podadas, esto debido a que posiblemente el sistema radicular estuvo limitado de crecimiento en la fase de vivero y la poda lo estimuló a seguir creciendo; MARCELLI (1989) refiere que, el contenedor o

envase a utilizar como soporte para el cultivo debe tener un volumen mínimo que permita conseguir un desarrollo equilibrado del plantón, y al mismo tiempo presentar una densidad de cultivo adecuada para limitar la competencia y favorecer la lignificación del tallo, así como garantizar un adecuado grado de humedad a la vez que una buena aireación del sustrato e impedir o reducir las deformaciones de las raíces.

La **longitud del sistema radicular** fue ligeramente superior (32.08 cm) en las plantas que procedían del vivero con una edad de 3.0 meses, tiempo considerado desde el repicado; esta edad presentó mayor longitud de raíz que las plantas procedentes con 3.5 (31.67 cm) y 2.5 meses de edad (27.33 cm), este comportamiento posiblemente se le atribuye al tamaño de bolsas para los plantones con edad de 3.5 meses en vivero fue muy pequeño, ya que ARIZALETA y PIRE (2008) señalan que producir plantones en bolsas pequeñas afectan a que las raíces alcancen las paredes del recipiente lo que muestra que el volumen del sustrato es menor que el crecimiento radical y también los índices morfológicos son afectados por las dimensiones de la bolsa.

Las plantas de *Guazuma crinita* procedentes de vivero con 3.5 meses de edad, registraron ligeramente mayor **cantidad de raíces** secundarias (8.00 raíces), seguido de las que procedían de una edad de 3.0 meses (7.50 raíces), y el menor valor promedio se registró en plantas de 2.5 meses de edad (6.50 raíces); este comportamiento fue directamente proporcional con el crecimiento en altura y DAC de la especie en estudio; ante lo expresado ROSE

*et al.* (1991a); ROSE *et al.*, 1991b; HAASE y ROSE (1993) y ROSE *et al.* (1997) confirman que el volumen radicular fue directamente correlacionado con la supervivencia y crecimiento inicial de las plantas en terreno, esto se debe a lo que HAASE y ROSE (1993) añaden sobre los plantones con mayores volúmenes radiculares, son capaces de superar más fácilmente el shock de trasplante, presentan un mayor potencial de crecimiento radicular (CARLSON, 1986), capacidad de absorción de agua (CARLSON, 1986) y nutrientes (HAASE y ROSE, 1994).

En caso de las plantas que fueron podados las raíces durante el establecimiento alcanzaron mayor promedio de **raíces secundarias** (8.11 raíces) en comparación a las plantas sin poda radicular (6.56 raíces), esto debido a que al podar las raíces se estimuló a seguir creciendo el sistema radicular, para autores como ODDIRAJU y BEYL (1994), BRASS *et al.* (1996) y JOHN *et al.* (2002) emplear bolsas de polietileno sin calcular el periodo temporal adecuado origina la deformación de la raíz principal, espiralamiento de raíces laterales, emergencia de la raíz por los orificios de drenaje, raíces suberizadas y bajo número de raíces fibrosas menores a 2 mm de diámetro, y esto se mejoró en el estudio mediante la poda transversal del sistema radicular.

No se reportó diferencias estadísticas significativas en el factor poda radicular de *Guazuma crinita*, resultados diferentes reportaron BARAJAS *et al.* (2004), al evaluar el efecto de la poda química de raíz en vivero, donde en fase de campo, las plantas en bolsa y tapete con cobre tuvieron 210% más PSR (raíces >2 mm) respecto a las plantas testigos.

Las plantas que no fueron podadas las raíces presentaron mayor **proporción de raíces** en el primer tercio del sistema radicular, mientras que las plantas que fueron podadas presentaron mejor distribución de raíces tanto en el primer tercio y tercer tercio del sistema radicular, esto posiblemente se le atribuye a la respuesta de la especie en estudio sobre la aplicación de la poda y es una técnica de solución, ya que PEARSON (2008) indica que, los plántones crecen de tal manera que la raíz primaria toca la parte inferior de la maceta o de la bolsa de plástico en la que se produce, y por ello empiezan a crecer horizontalmente de manera circular, crecen hacia arriba de nuevo y se dividen en raíces secundarias, y en el estudio se solucionó mediante la poda radicular.

Las plantas con poda radicular presentaron mejor distribución de las raíces, mientras que las plantas sin poda radicular y con mayor edad en el vivero presentaron una acumulación de raíces en el primer tercio del sistema radicular, comportamiento que se le pueda atribuir al limitado espacio en las bolsas de polietileno empleado; para ORTEGA *et al.* (2006), este sistema de cultivo tiene también sus inconvenientes, ya que los envases limitan el espacio del sistema radical, interfiriendo en su crecimiento y produciendo deformaciones en las raíces.

Mayor **cantidad de bifurcación** en la raíz principal se registró en plantas que procedieron del vivero con una edad de 3.0 meses, que según lo reportado por NICOLÁS *et al.* (2004) estos plántones estuvieron un tiempo adecuado en fase de vivero, porque el desarrollo radical no quedó

comprometido, evitando que se generen deformaciones en las raíces y un desequilibrio entre la parte aérea/parte radical.

A los tres meses de establecido, *Guazuma crinita* que fue sometido a la poda transversal del sistema radicular durante la instalación presentó mayor **cantidad de bifurcación** en la raíz principal, este comportamiento garantizó la plantación forestal, ya que ORTEGA *et al.* (2001) recalcan que, si la calidad del plantón no es el adecuado (específicamente su sistema radicular) no se puede comprometer la estabilidad de la repoblación a lo largo del tiempo.

## VI. CONCLUSIONES

1. Las evaluaciones registradas al mes y a los tres meses posteriores al establecimiento indican que las plantas procedentes del vivero con una edad de 3.5 meses registraron mayor efecto sobre la altura y el DAC en *Guazuma crinita* para los dos periodos de evaluación; mientras que la poda de raíz no registró diferencias estadísticas sobre las variables altura y DAC.
2. En *Guazuma crinita*, la longitud de la raíz principal y la cantidad de bifurcación en la raíz principal estuvieron afectados de manera favorable por la poda de la raíz.
3. La longitud del sistema radicular, la cantidad de raíces secundarias y longitud de raíces secundarias no tuvieron efectos estadísticos significativos por los dos factores del estudio ni la interacción de las mismas.
4. Las plantas cuyas raíces no fueron podadas presentaron mayor proporción de raíces en el primer tercio del sistema radicular (cerca de la superficie del suelo), mientras que las plantas con poda radicular presentaron mejor distribución de raíces tanto en el primer tercio y tercer tercio del sistema radicular.



## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Realizar investigaciones donde se incluyan mayor tiempo (años) debido a que las especies forestales de rápido crecimiento inician a competir entre ellos (competencia intraespecífica) a partir de un año de establecidas.
2. En investigaciones similares, considerar a la fertilización como un factor adicional al estudio desarrollado, debido a que se mejora la calidad en terreno definitivo bajo dosis adecuadas de fertilizantes.
3. Realizar estudios donde se incluyan diversas especies forestales con actividad de la poda radicular, con la finalidad de obtener una conclusión más globalizada y se fomente su aplicación.
4. Fomentar la producción de plántones con calidad y en lo posible evitar la compra de los mismos debido a que se tiene desconocimiento sobre la procedencia de las semillas, edad, sustrato y se desconoce la calidad del mismo.

## VIII. ABSTRACT

In the production of seedlings with polyethylene bags, inconveniences with regards to adequate age and root deformations occur, which is the motive for this study, with the objective of determining the influence on the age and root pruning in the initial growth of bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Mart.) under conditions in Tingo María, Peru. The production of seedlings was done during the nursery phase and the answer to the study factors, in the field (pruning: with and without pruning and seedling age: 2.5, 3.0 and 3.5 months), the combinations were distributed in a completely randomized block design (CRBD; DBCA in Spanish) with factorial arrangement. The evaluations were recorded from one to three months after establishment. In the results, it was found that at 3.5 months of age, a greater height and diameter at neck level (DAC – acronym in Spanish) were recorded for the two evaluation periods; the principal root length and the number of shoots from the principal root were affected in a favorable manner by the pruning of the root, meanwhile, the length of the root system, the number of secondary roots and the length of the secondary roots did not register effects from the factors in study; moreover, the plants with root pruning during establishment presented better root distribution, both in the 1/3 and 3/3 of the root system. It is concluded that the effect of pruning and the age of the seedlings are more favorable in the

characteristics of the root system than in the dasymetric part, after their establishment.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACUÑA, P. 1987. *Guazuma crinita* Mart. [En línea]. CONABIO (<http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/especie/arboles/doctos/66stec1m.pdf>, 25 Set. 2017).
- ANACAFE. 2015. Guatemala. Importancia y cuidados de las raíces del cafeto. Asociación nacional del café. 1 p. [En línea]: Anacafe, ([http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Cuidado\\_raices\\_cafeto](http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Cuidado_raices_cafeto), documentos, 12 Mar. 2017).
- ARIZALETA, M., PIRE, R. 2008. Respuesta de plántulas de cafeto al tamaño de la bolsa y fertilización con N y P en vivero. *Agrociencia*. 42(1):47-55.
- ARMITAGE, A.M., GROSS, P.M. 1996. Copper - treated plug flats influence root growth and flowering of bedding plants. *Hort. Science*. 31(6):941-943.
- ARNOLD, M.A. 1996. Mechanical correction and chemical avoidance of circling roots differentially affect post-transplant root regeneration and field establishment of container – grown shumard oak. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121(2):258-263.
- BARAJAS, J.E., ALDRETE, A., VARGAS, J., LÓPEZ, J. 2004. La poda química en vivero incrementa la densidad de raíces en árboles jóvenes de *Pinus greggii*. *Agrociencia, Texcoco*. 38(5):545-553.

- BEATTIE, D.J., BERGHAGE, R. 1998. Fiber pots for the ornamental plant industry. Comb. Proc. Intl. Plant Prop. Soc. 48:284-288.
- BOYER, J., SOUTH, D. 1987. Excessive seedling height, high shoot-to-root ratio, and benomyl root dip reduce survival of stored loblolly pine seedlings. Tree Planters' Note. 38:19-22.
- BRASS, J.T., KEEVER., G.J., EAKES, D.J., GILLIAM, C.H. 1996. Styrenelined and copper-coated containers affect production and landscape establishment of red maple. Hort. Science. 31(3):353-356.
- CARITAS HUACHO – AECL. 2000. Manual de viveros forestales. 3 ed. Huacho, Perú.
- CARLSON, W. 1986. Root system considerations in the quality of loblolly pine seedlings. Southern Journal of Applied Forestry. 10:87-92.
- GILMAN, E.F., PARTIN, T. s.d. Selección de árboles de buena calidad en el vivero. Programa de Restauración del Bosque Urbano Afectado por Huracanes. [En línea]: Treesandhurricanes, (<http://treesandhurricanes.ifas.ufl.edu>, diapositivas, 14 Feb. 2017).
- GONZÁLEZ, V. 1995. Tipos de envase. In: Viveros forestales. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. México, D.F. Publicación Especial Número 3:26-31.
- GROASIS. 2015. Cómo crear un árbol perfecto. Groasistech. [En línea]: Groasis, (<https://www.groasis.com/es/manuales/como-crear-un-arbol-perfecto>, manuales, 12 Abr. 2017).

- GROSSNICKLE, S.C., ARNOTT, J.T., MAJOR, J.E., TSCHAPLINSKI, T.J. 1991. Influence of dormancy induction treatments on western hemlock seedlings. I. Seedling development and stock quality assessment. *Can. J. Forest Res.*, 21:164-174.
- HAASE, D., ROSE, R. 1993. Soil moisture stress induces transplant shock in stored and unstored 2+0 Douglas-fir seedlings of varying root volumes. *Forest Science*. 2:275-294.
- HAASE, D., ROSE, R. 1994. Effect of soil water content and initial root volume on the nutrient status of 2+0 Douglasfir seedlings. *New Forests*. 8:265-277.
- HARRINGTON, J., MEXAL, J., FISHER, J. 1994. Volume displacement provides a quick and accurate way to quantify new root production. *Tree Planters' Notes*. 3:121-124.
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C., BAPTISTA, M.P. 2010. Metodología de la investigación. 5 ed. México, Mc Graw Hill/ Interamericana Editores, S.A. de C.V. 613 p.
- HINKELMAN, K., KEMPTHORNE, O. 1994. Design and analysis of experiments. Volume I: Introduction to experimental design. New York: John Wiley and Sons, Inc. 495 p.
- JOHN, B., PANDEY, H., TRIPATHI, R. 2002. Decomposition of fine roots of *Pinus kesiya* and turnover of organic matter, N and P of coarse and fine pine roots and herbaceous roots and rizhomes in subtropical pine forest stands of different ages. *Biology and Fertility of Soils*. 35(4):238-246.

- JOHNSON, J., CLINE, M. 1991. Seedling quality of southern pines. In: Duryea, M., Dougherty, P., eds. Forest Regeneration Manual. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers. p. 143-159.
- LAMPRECHT, H. 1990. Silvicultura en los trópicos; Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas – posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Trad. Por Antonio Carrillo. Ed. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Cooperación Técnica. Eschborn, República federal de Alemania. 335 p.
- LANDIS, T.D., TINUS, R.W., BARNETT, J.P. 1998. Seedling propagation. En: Landis T. D., Tinus R. W., McDonald S. E. & Barnett J. P. (eds.). Seedling propagation. Vol. 6. The Container Tree Nursery Manual. Agric. Handbk. 674. Washington, DC. USDA Forest Service. 166 p.
- LUIS, V.C., PETERS, J., GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, A.M., JIMÉNEZ, M.S., MORALES, D. 2004. Testing nursery plant quality of Canary Island Pine seedlings grown under different cultivation methods. *Phyton*, 44(2):231-244.
- MARCELLI, A.R. 1989. Moderne tecnologie per la produzione vivaistica di specie forestali. SAF Istituto Sperimentale per la Pioppicoltura. Note Tecniche 7.
- MARLER, T.E., WILLIS, D. 1996. Chemical or air root – pruning containers improve carambola, longan, and mango seedling root morphology and initial root growth after transplanting. *J. Environ. Hort.* 14(2):47-49.

- MEXAL, J., LANDIS, T. 1990. Target seedling concepts: Height and diameter. In: Rose R., Campbell, S., Landis, T., eds. Proceedings, Target Seedling Symposium, Combined Meeting of the Western Forest Nursery Associations; 1990 August 15-17; Roseburg, OR. GTR-RM-200. Ft. Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. p. 17-36.
- MEXAL, J., SOUTH, D. 1990. Bareroot seedling culture. In: DURYEA, M., DOUGHERTY, P., eds. Forest Regeneration Manual. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers. p. 89-115.
- MURILLO, O., CAMACHO, P. 1997. Metodología para la evaluación de la calidad de plantaciones forestales recién establecidas. Departamento de Ingeniería Forestal; Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. Agronomía Costarricense. 21(2):189-206.
- NICOLÁS, J.L., VILLAR, P., PEÑUELAS, J.L. 2004. Efecto de la edad de la planta y el tipo de preparación del suelo en la supervivencia y crecimiento de *Quercus faginea* Lam. Cultivado en contenedor. Actas de la III reunión sobre repoblaciones forestales. Cuad. Soc. Esp. Cien. For., 17:205-209.
- NICOLÁS, J.L., DOMÍNGUEZ, S., HERRERO, N., VILLAR, P. 1997. Plantación y siembra de *Quercus ilex* L.: efectos de la preparación del terreno y de la utilización de protectores en la supervivencia de plantas. Actas II Congreso Forestal Español. Mesa 3:449-454.



- ÑAUPAS, H., MEJÍA, E., NOVOA, E., VILLAGÓMEZ, A. 2014. Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis. 4 ed. Bogotá, Colombia, Ediciones de la U. 536 p.
- ODDIRAJU, V.G., BEYL, C.A. 1994. Container size alters root growth of western black cherry as measured via image analysis. Hort. Science. 29(8):910-913.
- ORÉ, K.R. 2013. Comportamiento de plantas de bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Mart.) a diferentes edades en terreno definitivo, Tingo María. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables, mención Forestales. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 63 p.
- ORTEGA, U., RODRÍGUEZ, N., GONZÁLEZ-MURUA, C., MAJADA, J., AZPITARTE, I., TXARTERINA, K., DUÑABEITIA, M. 2001. Estudio de la calidad de planta de *Pinus radiata* en envase. En: Montes para la sociedad del Nuevo Milenio. III Congreso Forestal Español. Vol.3. Junta de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente. SE-2499-2001. pp. 354-359.
- ORTEGA, U., DUÑABEITIA, M., MENÉNDEZ, S., GONZÁLEZ-MURUA, C., MAJADA, J. 2004. Effectiveness of mycorrhizal inoculation in the nursery on growth and water relations of *Pinus radiata* in different water regimes. Tree Physiol., 24:65-73.
- ORTEGA, U., KINDELMAN, A., HEVIA, A., ÁLVAREZ, E., MAJADA, J. 2006. Control de calidad de planta forestal. Programa de Investigación Forestal del Servicio Regional de Investigación y Desarrollo

- Agroalimentario (SERIDA). Información agroforestal. Boletín informativo del SERIDA, 3:23-28.
- PEARSON, B. 2008. Morfología y anatomía de plantas vasculares. 29 p. [En línea]: Academic, (<http://academic.uprm.edu/jvelezg/plantas.pdf>, diapositivas, 19 Abr. 2017).
- POMPER, K.W., DESMOND, R.L., SNAKE, C.J. 2002. Incident irradiance and cupric hydroxide container treatment effects on early growth and development of container –grown pawpaw seedlings. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 127(1):13-19.
- PUUSTJARVI, V. 1994. La turba y su manejo en horticultura. Valencia, España, Ediciones de Horticultura, S.L. Reus. 126 p.
- QUEREJETA, J.I., ROLDÁN, A., ALBALADEJO, J., CASTILLO, V. 2001. Soil water availability improved by site preparation in a *Pinus halepensis* afforestation under semiarid climate. Forest Ecology and Management. 149:115-128.
- QUEZADA, N. 2015. Metodología de la investigación. Estadística aplicada en la investigación. Lima, Perú, Macro EIRL. 334 p.
- RACEY, G. 1985. A comparison of planting stock characterization with root area index, volume and dry weight. Forestry Chronicl. 61:64-70.
- RITCHIE, G.A. 1984. Evaluating seedling quality. En: Duryea M.L. & Landis T.D. (eds.). Forest nursery manual: Production of bareroot seedlings.

The Hague, The Netherlands. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers.  
p. 243-257.

ROSE, R., ATKINSON, M., GLEASON, J., SABIN, T. 1991a. Root volume as a grading criterion to improve field performance of Douglas-fir seedlings. *New Forests*. 5:195-209.

ROSE, R., GLEASON, J., ATKINSON, M., SABIN T. 1991b. Grading ponderosa pine seedlings for outplanting according to their root volume. *Western Journal of Applied Forestry*. 6:11-15.

ROSE, R., HAASE, D., KROIHER, F., SABIN, T. 1997. Root volume and growth of ponderosa pine and Douglas-fir seedlings: a summary of eight growing seasons. *Western Journal of Applied Forestry*. 12: 69-73.

ROTH, B., NEWTON, M. 1996. Survival and growth of Douglasfir relating to weeding, fertilization, and seed source. *Western Journal of Applied Forestry*. 11: 62-69.

RUTER, J.M. 1994. Growth responses of four vigorous - rooted tree species in cupric hydroxide-treated containers. *Hort. Science*. 29(9):1089.

SALAZAR-ARIAS, J. 1996. Efecto del tamaño de la bolsa del almácigo sobre la producción de café. *Cenicafé*. 47(3):115-120.

SAUL, G.H. 1968. Copper safely controls roots of tubed seedlings. *Tree Planters' Notes*. 19(1):7-9.

SCHUCH, U.K., PITTINGER, D.R. 1996. Root and shoot growth of Eucalyptus in response to container configuration and copper carbonate. *Hort. Science*. 31(1):165.

TICKNOR, R.L. 1989. Production of forsythia plants for forcing. Comb. Proc. Intl. Plant. Prop. Soc. 39:115-118.

VÁSQUEZ, A. 2001. Silvicultura de plantaciones forestales en Colombia. Facultad de Ingeniería Forestal. Universidad del Tolima. Ibagué, Colombia. 304 p.

WILLEN, P., SUTTON, R.F. 1980. Evaluation of stock after planting. New Zeal. J. For. Sci., 10(1):297-299.

## **ANEXOS**

## Anexo A: Datos registrados

Cuadro 19. Datos registrados de las plantas de *G. crinita* en terreno definitivo.

Bloque	Edad	Poda	Altura <sub>1</sub>	DAC <sub>1</sub>	Altura <sub>3</sub>	DAC <sub>3</sub>
1	1	2	58	0.6	72	0.86
1	1	2	58	0.6	81	1.15
1	2	2	48	0.72	52	0.9
1	2	2	37	0.57	59	1.03
1	1	1	66	0.78	103	1.4
1	1	1	68	0.79	79	0.84
1	2	1	47	0.72	69	1.18
1	2	1	47	0.66	60	0.91
1	3	2	86	0.75	103	1.34
1	3	2	89	0.93	102	1.27
1	3	1	83	0.84	96	1.05
1	3	1	86	0.97	100	1.22
1	1	2	44	0.57	66	0.84
1	1	2	73	0.84	86	1.29
1	2	2	34	0.66	83	1.3
1	2	2	42	0.57	70	1.06
1	1	1	53	0.58	90	1.34
1	1	1	73	0.82	97	1.58
1	2	1	51	0.69	59	0.96
1	2	1	39	0.56	85	1.27

Edad (1: 2.5 meses, 2: 3.0 meses, 3: 3.5 meses), poda (1: con poda, 2: sin poda).

Continua Cuadro 19. ...

Bloque	Edad	Poda	Altura <sub>1</sub>	DAC <sub>1</sub>	Altura <sub>3</sub>	DAC <sub>3</sub>
1	3	2	88	0.91	103	1.61
1	3	2	77	0.93	102	1.56
1	3	1	77	0.73	102	1.36
1	3	1	82	0.72	109	1.25
2	2	2	57	0.57	76	0.91
2	2	2	67	0.7		
2	1	1	38	0.44	69	0.84
2	1	1			39	0.82
2	3	2	56	0.56	98	1.15
2	3	2	59	0.62	90	1.02
2	1	2	39	0.63	108	1.33
2	1	2	35	0.53	93	1.04
2	2	1	38	0.6	107	1.44
2	2	1				
2	3	1	66	0.62		
2	3	1	70	0.67	104	1.11
2	2	2	47	0.62	108	1.14
2	2	2	62	0.67	98	1.18
2	1	1	32	0.51	67	0.71
2	1	1	33	0.48	60	0.74
2	3	2	61	0.54	95	0.92
2	3	2	60	0.75	125	1.64
2	1	2	41	0.52	97	1.5

Continua Cuadro 19. ...

Bloque	Edad	Poda	Altura <sub>1</sub>	DAC <sub>1</sub>	Altura <sub>3</sub>	DAC <sub>3</sub>
2	1	2	39	0.55	80	1.08
2	2	1	41	0.55	91	1.02
2	2	1	40	0.62	93	1.23
2	3	1	74	0.78	114	1.42
2	3	1	74	0.65	111	1.46
3	1	2	33	0.47		
3	1	2	40	0.72	77	1.13
3	1	1	62	0.75	87	1.21
3	1	1	58	0.62	94	0.93
3	3	2	60	0.62	121	1.29
3	3	2	57	0.64	122	1.63
3	2	2	31	0.43	82	0.67
3	2	2	56	0.49	95	0.91
3	3	1	64	0.67	100	1.01
3	3	1	74	0.68	113	1.61
3	2	1	50	0.55	88	1.11
3	2	1	62	0.5	88	1.14
3	1	2	36	0.53	80	1.19
3	1	2	26	0.49	81	1.18
3	1	1	50	0.58	96	1.08
3	1	1	53	0.56	109	1.15
3	3	2	70	0.89	121	1.12
3	3	2	61	0.47	109	1.37



Continúa Cuadro 19. ...

Bloque	Edad	Poda	Altura <sub>1</sub>	DAC <sub>1</sub>	Altura <sub>3</sub>	DAC <sub>3</sub>
3	2	2	50	0.71	115	1.04
3	2	2	66	0.65	99	1.72
3	3	1	55	0.63	94	1.13
3	3	1	55	0.58	90	1.08
3	2	1	61	0.57	96	1
3	2	1	58	0.63	83	1.08

Edad (1: 2.5 meses, 2: 3.0 meses, 3: 3.5 meses), poda (1: con poda, 2: sin poda).

Altura<sub>1</sub>: Altura total evaluado a un mes de establecido.

DAC<sub>1</sub>: Diámetro a nivel del cuello evaluado a un mes de establecido

Altura<sub>3</sub>: Altura total evaluado a tres meses de establecido.

DAC<sub>3</sub>: Diámetro a nivel del cuello evaluado a tres meses de establecido.

Cuadro 20. Datos registrados de las raíces de *G. crinita* en terreno definitivo.

Bloque	Edad	Poda	Planta	LRP	LRT	CRG	TR	UBR	NRR
1	1	2	2	25	30	6	2.5	1/3	2
1	1	1	6	26	26	5	0	3/3	1
1	3	2	10	29	29	5	2	1/3	1
1	2	2	4	22	40	5	2	1/3	1
1	2	1	8	33.5	33.5	7	0	3/3	4
1	3	1	12	38	38	6	3.5	1/3 y 3/3	3
2	2	2	1	18.5	27	7	3	1/3 y 3/3	0
2	3	2	5	31	31	4	3	1/3	1
2	2	1	9	35	35	10	4.5	1/3, 2/3 y 3/3	5
2	1	1	3	23	23	5	2.5	3/3	3

Edad (1: 2.5 meses, 2: 3.0 meses, 3: 3.5 meses), poda (1: con poda, 2: sin poda).

Continua Cuadro 20. ...

Bloque	Edad	Poda	Planta	LRP	LRT	CRG	TR	UBR	NRR
2	1	2	8	18	29	7	2	1/3 y 2/3	1
2	3	1	12	31	31	10	3.5	1/3 y 3/3	1
3	3	2	6	26	31	8	2.2	1/3 y 3/3	1
3	3	1	10	30	30	15	1	1/3, 2/3 y 3/3	1
3	1	2	2	17	17	7	2	1/3 y 3/3	1
3	1	1	4	39	39	9	4	1/3, 2/3 y 3/3	1
3	2	2	8	21	21	10	3	1/3, 2/3 y 3/3	0
3	2	1	12	36	36	6	2.5	1/3 y 3/3	1

Edad (1: 2.5 meses, 2: 3.0 meses, 3: 3.5 meses), poda (1: con poda, 2: sin poda).

LRP: Longitud de la raíz principal (cm)

LRT: Longitud de la raíz total (cm)

CRG: Cantidad de raíces gruesas secundarias

TR: Longitud del tallo con raíz (cm)

UBR: Ubicación de las raíces.

NRR: Número de retoños en la raíz principal.

## Anexo B: Panel fotográfico



Figura 21. Plantones de *G. crinita* en fase de vivero.



Figura 22. Plantones de *G. crinita* en terreno definitivo.



Figura 23. Extracción de plantas de *G. crinita* a tres meses de establecidas.



Figura 24. Pan de tierra con sistema radicular en plantas de *G. crinita*.



Figura 25. Sistema radicular secundaria abundante en el primer tercio.



Figura 26. Sistema radicular sin poda (izquierda) y con poda (derecha).