

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE 10 SUSTRATOS A BASE DE ASERRÍN  
CRUDO SOBRE LA GERMINACIÓN Y LA CALIDAD DE LA PLANTA EN EL  
CRECIMIENTO INICIAL DE *Quercus humboldtii* Bonpl  
Y *Cedrela montana* Moritz ex Turcz.**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE  
INGENIERA AGROFORESTAL**

**PRESENTADO POR:**

**VIVIANA ASTRID DAZA TRIANA  
CÓDIGO. 33.376.829**

**ALBA MYRIAM SALGUERO ABRIL  
CÓDIGO. 23.694.507**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD  
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL  
TUNJA  
2015**

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE 10 SUSTRATOS A BASE DE ASERRÍN  
CRUDO SOBRE LA GERMINACIÓN Y LA CALIDAD DE LA PLANTA EN EL  
CRECIMIENTO INICIAL DE *Quercus humboldtii* Bonpl  
Y *Cedrela montana* Moritz ex Turcz.**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE  
INGENIERA AGROFORESTAL**

**PRESENTADO POR:**

**VIVIANA ASTRID DAZA TRIANA  
CÓDIGO: 33.376.829**

**ALBA MYRIAM SALGUERO ABRIL  
CÓDIGO: 23.694.507**

**DIRECTORA:**

**I.F. MsC. ANDREA CAROLINA GARCIA CABANA**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD  
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL  
TUNJA  
2015**

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de 10 sustratos en la germinación y la calidad de la planta respecto a sus atributos morfológicos en el crecimiento inicial de *Quercus humboldtii* Bonpl y *Cedrela montana* Moritz ex Turcz., dado que los residuos de la industria maderera en especial la del aserrín crudo no son utilizados en forma sostenible y potencialmente pueden ser usados como sustrato en vivero. Se realizó un diseño en bloques completamente al azar y se ejecutó en tres fases denominadas: de campo germinativa, de campo de crecimiento y de oficina; en la primera consistió en el establecimiento de las especies y toma de datos en la germinación, en la segunda se ejecutaron las labores de manejo después de la germinación donde se evaluó los parámetros de calidad con el fin de establecer la influencia de los sustratos en el crecimiento de las especies nativas; y en la tercera se determinó la calidad de las plantas con el fin de identificar los sustratos más adecuados en la propagación de las especies nativas. Con los datos obtenidos se realizó análisis de: normalidad, de varianza (ANAVA) con y el test de Tuckey usando el Software R, con un nivel de confianza del 95%. Se encontró una mayor respuesta de la germinación en *Quercus humboldtii* Bonpl en el tratamiento cedro 70%, mientras que para *Cedrela montana* Moritz ex Turcz fue pino 70% y el tratamiento cedro 70% fué el mejor tratamiento para la propagación para las dos especies.

### Palabras clave:

Sustratos, Aserrín crudo, Germinación, Calidad de la planta, *Quercus humboldtii* Bonpl, *Cedrela montana* Moritz ex Turcz

## ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of 10 substrates in germination and plant quality regarding their morphological attributes in the initial growth of *Quercus humboldtii* Bonpl and *Cedrela montana* Moritz ex Turcz., Since waste from the timber industry especially crude sawdust are not used sustainably and can potentially be used as a substrate in the nursery. a design was conducted in a randomized complete block and was implemented in three phases called: Germ field, field and office growth; the first was the establishment of species and data collection on germination in the second management tasks were executed after germination where the quality parameters evaluated in order to establish the influence of the media in the growth of native species; and in the third the quality of the plants in order to identify the most suitable substrates in the propagation of native species was determined. normality of variance (ANOVA) with Tukey test and the Software R, with a confidence level of 95% with the data analysis was performed. Greater response germination *Quercus humboldtii* Bonpl in cedar treatment 70%, while for *Cedrela montana* Moritz ex Turcz was pine Pino 70% and cedar treatment 70% was the best treatment for propagation for the two species was found.

### **Keywords:**

Substrates, raw sawdust, germination, plant quality , *Quercus humboldtii* Bonpl, *Cedrela Montana* Moritz ex Turcz

## Tabla de contenido

RESUMEN .....	iii
ABSTRACT .....	iv
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1. JUSTIFICACION .....	2
1.1. De pertinencia institucional .....	2
1.2. De aporte a la social o disciplinar.....	3
2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Marco conceptual.....	4
2.1.1. Sustrato .....	4
2.1.2. Propiedades de los sustratos .....	6
2.1.3. Clasificación de los sustratos.....	8
2.1.4. Criterios de calidad de los sustratos .....	9
2.1.5. Criterios para la selección de sustratos .....	11
2.1.6. Germinación .....	12
2.1.7. Fertilización .....	15
2.1.8. Calidad de la planta.....	17
2.1.9. Especies Nativas .....	17
2.2. ANTECEDENTES .....	20
3. OBJETIVOS .....	24
Objetivo general.....	24
Objetivos específicos.....	24
4. DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	25
4.1. Localización geográfica.....	25
4.2. Marco metodológico .....	26

4.2.1. Diseño experimental .....	26
4.2.6. Método.....	28
4.2.6.2. Fase de campo de crecimiento .....	32
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
5.1. <i>Cedrela Moritz ex Turcz montana</i> .....	36
5.1.1. Respuesta de la germinación de <i>Cedrela Moritz ex Turcz montana</i> en los sustratos.....	36
5.1.2. Influencia de los sustratos en el crecimiento de <i>Cedrela montana</i> ..	40
5.1.3. Sustratos más óptimos en la propagación de <i>Cedrela montana</i> .....	52
5.2. <i>Quercus humboldtii</i> Bonpl .....	58
5.2.1. Respuesta de la germinación de <i>Quercus humboldtii</i> Bonpl en los sustratos.....	58
5.2.2. Influencia de los sustratos en el crecimiento de <i>Quercus humboldtii</i> Bonpl	61
REFERENCIAS.....	84
ANEXOS .....	96

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones del diseño experimental .....	26
Tabla 2. Variables del diseño experimental.....	27
Tabla 3. Tratamientos de diseño en bloques completamente al azar .....	27
Tabla 4. Análisis de varianza del porcentaje de germinación de <i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.....	36
Tabla 5. Prueba de normalidad del porcentaje de germinación de <i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.....	36
Tabla 6. Comparación de medias. Prueba de Tukey Porcentaje de germinación de <i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz en diferentes sustratos a base de aserrín crudo .....	39
Tabla 7. Análisis de varianza de la altura de <i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz. ..	41
Tabla 8. Prueba de normalidad de la altura de <i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz. ....	41
Tabla 9. Análisis de varianza del diámetro del tallo en <i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz. ....	43
Tabla 10. Prueba de normalidad del diámetro del tallo en <i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.....	43
Tabla 11. Análisis de varianza por permutaciones del diámetro del tallo en <i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz. ....	44
Tabla 12. Análisis de varianza de la materia seca de la parte aérea en <i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.....	46
Tabla 13. Prueba de normalidad de de la materia seca de la parte aérea en <i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz. ....	46
Tabla 14. Análisis de varianza de la materia seca de la raíz en <i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.....	48
Tabla 15. Prueba de normalidad de la materia seca de la raíz en <i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.....	48
Tabla 16. Análisis de varianza por permutaciones de la materia seca de la raíz en <i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz .....	48
Tabla 17. Comparación de medias. Prueba de Tukey para el peso de la materia seca de la raíz por tratamiento de <i>Cedrela montana</i> .....	51
Tabla 18. Análisis de varianza del índice de esbeltez en <i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.....	52
Tabla 19. Prueba de normalidad del índice de esbeltez en <i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.....	52
Tabla 20. Análisis de varianza por permutaciones del índice de esbeltez en <i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz .....	52
Tabla 21. Análisis de varianza del índice de calidad de Dickson en <i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.....	54

Tabla 22. Prueba de normalidad del índice de calidad de <i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.....	54
Tabla 23. Análisis de varianza por permutación del índice de calidad de Dickson en <i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz .....	55
Tabla 24. Comparación de medias. Prueba de Tukey para el índice de calidad de Dickson por tratamiento de <i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.....	57
Tabla 25. Análisis de varianza del porcentaje de germinación de <i>Quercus humboldii</i> Bonpl.....	58
Tabla 26. Prueba de normalidad del porcentaje de germinación de <i>Quercus humboldii</i> Bonpl.....	58
Tabla 27. Comparación de medias. Prueba de Tukey en el porcentaje de germinación por tratamiento de <i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.....	60
Tabla 28. Análisis de varianza de la altura de <i>Quercus humboldii</i> Bonpl .....	62
Tabla 29. Prueba de normalidad de la altura de <i>Quercus humboldii</i> Bonpl.....	62
Tabla 30. Análisis de varianza del diámetro del tallo en <i>Quercus humboldii</i> Bonpl .....	64
Tabla 31. Prueba de normalidad diámetro del tallo en <i>Quercus humboldii</i> Bonpl	64
Tabla 32. Análisis de varianza de la materia seca de la parte aérea en <i>Quercus humboldii</i> Bonpl.....	66
Tabla 33. Prueba de normalidad materia seca de la parte aérea en <i>Quercus humboldii</i> Bonpl.....	66
Tabla 34. Comparación de medias. Prueba de Tukey. Peso de la materia seca de la parte aérea por tratamiento de <i>Quercus humboldtii</i> Bonpl .....	68
Tabla 35. Análisis de la varianza de la materia seca de la raíz en <i>Quercus humboldii</i> Bonpl.....	69
Tabla 36. Prueba de normalidad de materia seca de la raíz en <i>Quercus humboldii</i> Bonpl.....	69
Tabla 37. ANAVA no paramétrico con el test de Friedman de la variable materia seca de la raíz en <i>Quercus humboldii</i> Bonpl .....	70
Tabla 38. Comparación de medianas. Peso de la materia seca de la raíz por tratamiento de <i>Quercus humboldtii</i> Bonpl .....	72
Tabla 39. Análisis de varianza del índice de esbeltez en <i>Quercus humboldii</i> Bonpl .....	74
Tabla 40. Prueba de normalidad índice de esbeltez en <i>Quercus humboldii</i> Bonpl .....	74
Tabla 41. Análisis de varianza del índice de calidad de Dickson de <i>Quercus humboldii</i> Bonpl.....	76
Tabla 42. Prueba de normalidad del índice de calidad de Dickson de <i>Quercus humboldii</i> Bonpl.....	76
Tabla 43. Comparación de medias. Prueba de Tukey para el índice de la calidad de Dickson por tratamiento de <i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.....	78

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de barras. Porcentaje de germinación de Cedrela montana Moritz ex Turcz en diferentes sustratos a base de aserrín crudo .....	37
Figura 2. Box-plot. Porcentaje de germinación de Cedrela montana Moritz ex Turcz en diferentes sustratos a base de aserrín crudo .....	38
Figura 3. Box-plot. Altura por tratamiento de Cedrela montana en diferentes sustratos a base de aserrín crudo .....	42
Figura 4. Box-plot. Diámetro del tallo por tratamiento de Cedrela montana en diferentes sustratos a base de aserrín crudo .....	44
Figura 5. Box-plot. Peso de la materia seca de la parte aérea por tratamiento de Cedrela montana Moritz ex Turcz en diferentes sustratos a base de aserrín crudo .....	47
Figura 6. Diagrama de barras. Peso de la materia seca de la raíz por tratamiento de Cedrela montana Moritz ex Turcz en diferentes sustratos a base de aserrín crudo .....	49
Figura 7. Box-plot. Peso de la materia seca de la raíz por tratamiento de Cedrela montana Moritz ex Turcz en diferentes sustratos a base de aserrín crudo .....	50
Figura 8. Box-plot. Índice de esbeltez por tratamiento de Cedrela montana Moritz ex Turcz en diferentes sustratos a base de aserrín crudo.....	53
Figura 9. Diagrama de barras. Índice de calidad de Dickson por tratamiento de Cedrela montana Moritz ex Turcz en diferentes sustratos a base de aserrín crudo. ....	55
Figura 10. Índice de calidad de Dickson por tratamiento de Cedrela montana Moritz ex Turcz en diferentes sustratos a base de aserrín crudo .....	56
Figura 11. Diagrama de barras. Porcentaje de germinación por tratamiento de Quercus humboldtii Bonpl en diferentes sustratos a base de aserrín crudo .....	59
Figura 12. Box-plot. Porcentaje de germinación por tratamiento de Quercus humboldtii Bonpl en diferentes sustratos a base de aserrín crudo .....	60
Figura 13. Box-plot. Altura por tratamiento de Quercus humboldtii Bonpl en diferentes sustratos a base de aserrín crudo .....	63
Figura 14. Box-plot. Diámetro del tallo por tratamiento de Quercus humboldtii Bonpl en diferentes sustratos a base de aserrín crudo .....	65
Figura 15. Peso de la materia seca de la parte aérea de Quercus humboldtii Bonpl en diferentes sustratos a base de aserrín crudo .....	67
Figura 16. Box-plot. Peso de la materia seca de la parte aérea por tratamiento de Quercus humboldtii Bonpl en diferentes sustratos a base de aserrín crudo. ....	68
Figura 17. Diagrama de barras. Peso de la materia seca de la raíz por tratamiento de Quercus humboldtii Bonpl en diferentes sustratos a base de aserrín crudo ....	71

Figura 18. Box-plot. Peso de la materia seca de la raíz por tratamiento de Quercus humboldtii Bonpl en diferentes sustratos a base de aserrín crudo. .... 72

Figura 19. Box-plot. Índice de Esbeltez por tratamiento de Quercus humboldtii Bonpl en diferentes sustratos a base de aserrín crudo. .... 75

Figura 20. Diagrama de barras. Índice de la calidad de Dickson por tratamiento de Quercus humboldtii Bonpl en diferentes sustratos a base de aserrín crudo. ... 77

Figura 21. Box-plot. Índice de la calidad de Dickson por tratamiento de Quercus humboldtii Bonpl en diferentes sustratos a base de aserrín crudo ..... 78

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Formato 1. Respuesta de la germinación en los sustratos a base de aserrín.....	96
Anexo 2. Porcentaje de germinación de <i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz en diferentes sustratos a base de aserrín crudo .....	97
Anexo 3. Altura por tratamiento de <i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz en diferentes sustratos a base de aserrín crudo.....	97
Anexo 4. Diámetro del tallo por tratamiento de <i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz en diferentes sustratos a base de aserrín crudo. ....	97
Anexo 5. Peso de la materia seca de la parte aérea por tratamiento de <i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz en diferentes sustratos a base de aserrín crudo.....	98
Anexo 6. Peso de la materia seca de la raíz por tratamiento de <i>Cedrela montana</i> en diferentes sustratos a base de aserrín crudo .....	98
Anexo 7. Índice de esbeltez por tratamiento de <i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz en diferentes sustratos a base de aserrín crudo .....	98
Anexo 8. Índice de calidad de Dickson por tratamiento de <i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz en diferentes sustratos a base de aserrín crudo.....	99
Anexo 9. Porcentaje de germinación por tratamiento de <i>Quercus humboldii</i> Bonpl en diferentes sustratos a base de aserrín crudo .....	99
Anexo 10. Altura por tratamiento de <i>Quercus humboldii</i> Bonpl en diferentes sustratos a base de aserrín crudo .....	99
Anexo 11. Diámetro por tratamiento de <i>Quercus humboldii</i> Bonpl en diferentes sustratos a base de aserrín crudo .....	100
Anexo 12. Peso de la materia seca de la parte aérea por tratamiento de <i>Quercus humboldii</i> Bonpl en diferentes sustratos a base de aserrín crudo .....	100
Anexo 13. Peso de la materia seca de la raíz por tratamiento de <i>Quercus humboldii</i> Bonpl en diferentes sustratos a base de aserrín crudo .....	100
Anexo 14. Índice de esbeltez por tratamiento de <i>Quercus humboldii</i> Bonpl en diferentes sustratos a base de aserrín crudo .....	101
Anexo 15. Índice de la calidad de Dickson por tratamiento de <i>Quercus humboldii</i> .....	101

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1. Localización geográfica.....	25
Fotografía 2. Adecuación del experimento .....	30
Fotografía 3. Recolección y pre germinación de las dos especies en estudio. ....	30
Fotografía 4. Siembra de las especies forestales.....	31
Fotografía 5. Germinación de las especies forestales.....	32
Fotografía 6. . Manejo cultural de las dos especies forestales .....	33
Fotografía 7. Medición y embalaje de las muestras de las dos especies .....	34

## DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La industria maderera genera grandes volúmenes de residuos, como el aserrín, durante el proceso de explotación y transformación (Álvarez, Dorado & Fernández, (2010), su acumulación provoca efectos ambientales negativos como la emisión a la atmósfera del dióxido de carbono contenido en la materia orgánica y pueden convertirse en un medio ideal para la generación de plagas y enfermedades (Soto y Núñez, 2008). Una opción de manejo a esta situación es el uso de este residuo como sustrato para la germinación, por su disponibilidad, bajo costo y buenos resultados en vivero demostrados en diferentes estudios (Garzón, Montenegro, & López, 2005), Sánchez (2011), Reyes *et al.* (2005), Mateo, *et al.* (2011), Andrade & Valenzuela (2002), Mastalerz citado por Mateo (2011), Pudelski citado por Mateo (2011), Sánchez citado por Maldonado (2011) y Maldonado *et al.* (2011), dada la tendencia al manejo de sistemas de producción con enfoque sustentable (Porter-Humpert, 2000).

Es importante buscar nuevos materiales o mezclas de aserrín que sirvan como sustrato tanto para la germinación como para la etapa inicial de la planta que sean sustratos, en los que además de proporcionar mejores condiciones de crecimiento, se considere la disminución del impacto ambiental, en aspectos como reducir el uso de fertilizantes y pesticidas, así como disminuir los costos (Rivière y Caron, 2001) de producción de plántulas, dada la escasa información sobre la reproducción de especies nativas con fines de restauración ecológica de sectores desprotegidos de cobertura vegetal, para recuperar la estructura, funcionalidad y autosuficiencia de un ecosistema que ha sido degradado, y cada vez es mayor la necesidad de contar con material vegetal de buena calidad que permita desarrollar proyectos a mayor escala.

Por lo anterior, aspectos como la producción de especies propias de los ecosistemas a restaurar, “el uso de sustrato” para su producción contribuye a

disminuir el impacto ambiental y económico, son objetivos claves que se requieren integrar en investigaciones para mejorar, valga la redundancia, la producción de especies endémicas usando sustratos amigablemente sostenibles.

## 1. JUSTIFICACION

### 1.1. De pertinencia institucional

La Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, al ser una institución que promueve la investigación, hace parte activa de ésta y de la generación de conocimiento e innovación para la comunidad científica, académica y en general; lo cual hace que sea pertinente la realización de estudios que tengan un efecto positivo en la comunidad y que permitan entender cómo reducir el impacto ambiental de las acciones humanas, reducir los costos de tratamiento de materiales y de alternativas que promuevan el aprovechamiento de recursos forestales especialmente el aserrín en la producción de especies nativas en su primera etapa de crecimiento, basándose en experiencias exitosas. El replicar y hacer que se verifiquen los resultados hace atractiva la iniciativa de investigar y generar conocimiento en la producción del *Quercus humboldtii* Bonpl, y *Cedrela montana* Moritz ex Turcz de la primera etapa vegetativa. Así mismo, proponer materiales alternativos para la propagación de especies amenazadas o en vía de extinción es un aporte enriquecedor ya que aumenta la probabilidad de que estas especies sean tenidas en cuenta en programas de reforestación con propósitos sostenibles impulsando a que semillas de la localidad sean utilizadas en las zonas que se pretenden establecer.

## 1.2. De aporte a la social o disciplinar

De acuerdo con Rincón (2012):

Debido al cambio climático y las presiones que surgen de actividades humanas, muchas áreas montañosas como el bosque alto-andino, donde se encuentran cientos de especies endémicas, corren el riesgo de extinguirse, ya que están adaptadas a un hábitat específico con un rango de distribución limitado, lo cual constituiría el sexto mayor evento de extinción de la historia y el primero provocado por la actividad humana.

Por lo tanto es necesario investigar nuevas alternativas que contribuyan a la prolongación de la mayor cantidad de especies, que a su vez integren materiales que son parte de la naturaleza y que además incrementen beneficios para el productor, de esta manera la búsqueda de sustratos alternativos, como el aserrín y la corteza de pino, que son subproductos de la industria maderera, por lo que son económicos y fáciles de adquirir (Reyes, Aldrate, Cetina, & López, 2005).

Con el fin de obtener plántulas de calidad utilizando recursos que ayuden a optimizar los recursos desaprovechados del sector forestal se propone el estudio del aserrín crudo como sustrato alternativo, de esta manera se evalúa el efecto de sustratos a base de aserrín crudo sobre la germinación y la calidad de la planta en el crecimiento inicial de *Quercus humboldtii* Bonpl y *Cedrela montana* Moritz ex Turcz, dado que un material por sí mismo no cumple con las mejores características para el crecimiento adecuado de la planta, existe la necesidad de realizar mezclas de materiales (Zamora *et al.*, 2005; Cruz, Can, Sandoval, Bugarín, Robles y Juarez (2013). Esta investigación constituye un desarrollo debido a que se pretende mostrar alternativas sencillas, de fácil acceso y de aprovechamiento de recursos, fundamentado en la sostenibilidad y permitiendo reducir el impacto ambiental, los costos de tratamiento y la utilización de recursos disponibles en la región.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Marco conceptual

#### 2.1.1. Sustrato

Un sustrato es todo material sólido diferente del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, situado en un contenedor, permite el anclaje del sistema radicular de la planta (Ansorena, 1994), de esta manera, un buen sustrato es fundamental para la producción de plantas de alta calidad, dado que el volumen de un contenedor es limitado, el sustrato y sus componentes deben poseer propiedades físicas y químicas que, combinadas con un programa integral de manejo, permitan un crecimiento óptimo (Cabrera,1999). Uno de los objetivos del uso de los sustratos es mejorar las condiciones de crecimiento de la planta (Cruz, Can, Sandoval, Bugarín, Robles y Juarez, 2013)

Según Pastor (1999), el sustrato puede intervenir o no en el proceso de nutrición de la planta allí ubicada. Esto último, clasifica a los sustratos en químicamente inertes (perlita, lana de roca, roca volcánica, etc.) y químicamente activos (turbas, corteza de pino, etc.), así mismo, debe presentar características que le suministre las mejores condiciones a la nueva planta, como lo afirma la FAO (2002):

“Un sustrato apto para el cultivo debe almacenar y suministrar grandes cantidades de agua, para permitir intervalos amplios entre riegos, poseer estructura estable a lo largo del período de empleo y una textura conocida que haga posible mantener un gran volumen de aire para la aireación del sistema radicular, inclusive si se produce un exceso de riego, absorber y retener los nutrientes en forma asimilable para las plantas y tener una

buena capacidad amortiguadora para compensar cualquier exceso o déficit de nutrientes y por último debe ser química y biológicamente inerte.(p.148).

#### **2.1.1.1. El suelo como sustrato**

De acuerdo a la definición del término sustrato el suelo puede usarse como tal, pero la sensibilidad hacia el cuidado de los recursos no renovables y los diferentes problemas que el suelo puede traer, como: presencia de fitopatógenos, presencia de semillas indeseables, posible deterioro, suelos heterogéneos, contaminados o infértiles, la falta de una distribución uniforme de las partículas y consecuente pobre porosidad (diámetro pequeño de poros); así como lo menciona Cabrera, (1995), “drenaje pobre; propiedades químicas variables” (p.36), lo hacen poco adecuado, además, los suelos minerales pueden contener también residuos químicos (pesticidas, herbicidas) y niveles altos de sales o iones tóxicos, así mismo algunos sustratos pueden incluir arcillas y arenas como componentes, pero no suelo directamente (Raviv, 2007), dado que éste presenta menor cantidad de espacio disponible para el agua y el aire en sus poros (Ansorena, 1994).

#### **2.1.1.2. El aserrín como sustrato**

El aserrín es un residuo resultante del proceso de aserrado de la madera, el cual se caracteriza por tener consistencia fuerte y densidad anhidra que normalmente es de  $0.3891 \text{ gr/cm}^3$  (Garzón, Montenegro, & López, 2005), por lo que se considera ligero. Su porosidad total es superior al 80 %, la capacidad de retención de agua es de baja a media, pero su capacidad de aireación suele ser adecuada Maher (como se citó en Pineda *et al.*, 2012).

Las propiedades físicas del aserrín dependen del tamaño de sus partículas y es adecuado que del 20–40 % sean inferiores a 0.8 mm. La ventaja principal del aserrín es su bajo costo, pero al ser un material orgánico entra en descomposición, lo que reduce su vida útil como sustrato (Pineda *et al.*, 2012).

## **2.1.2. Propiedades de los sustratos**

### **2.1.2.1. Propiedades físicas de los sustratos**

Para la FAO (2002) las propiedades físicas adecuadas para el sustrato son:

- a) granulometría: tamaño y proporción de las partículas.
- b) densidad aparente: masa por unidad de volumen incluido el volumen de los poros.
- c) densidad real: masa por unidad de volumen de la fase sólida, no incluyendo el volumen de los poros.
- d) porosidad total o espacio poroso total, % del volumen de poros, llenos de aire y de agua, en relación al volumen total.
- d) fase sólida (% vol.) Diferencia entre 100 y la porosidad total.
- e) contenido de aire (% vol.) diferencia entre la porosidad total y el volumen de agua medido a 10cm de tensión.
- f) agua fácilmente disponible (% vol.), diferencia entre los volúmenes de agua a 10 y 50 cm de tensión.
- g) agua de reserva (% vol.), diferencia entre los volúmenes de agua medidas a 50 y 100 cm de tensión. (p.148)

Pastor (1999) concuerda con la FAO los literales c, d, e, f, g, pero difiere del agua difícilmente disponible, definido como el agua (% en volumen) retenida en el sustrato después de aplicar una tensión de 100 cm; mientras Cruz *et al.* (2013),

las propiedades físicas más destacadas de un sustrato son: espacio poroso total, capacidad de aire, capacidad de retención del agua, densidad aparente y densidad real.

#### **2.1.2.2. Propiedades químicas de los sustratos:**

Las propiedades químicas son fundamentales en un buen sustrato (FAO, 2002). Estas propiedades vienen definidas por la composición elemental de los materiales; éstas caracterizan las transferencias de materia entre el sustrato y la solución del mismo. De acuerdo con Pastor (1999) y con Cruz *et al.* (2013), de entre las características químicas de los sustratos se destacan:

- Capacidad de intercambio catiónico
- pH
- Capacidad tampón
- Contenido de nutrientes
- Relación C/N

Las propiedades dadas por los materiales orgánicos, cuando éstos no son de síntesis, son inestables termodinámicamente y, por lo tanto, susceptibles de degradación mediante reacciones químicas de hidrólisis, o bien, por la acción de microorganismos (Burés, 1999).

#### **2.1.2.3. Propiedades biológicas de los sustratos:**

Pastor (1999), destaca entre las características biológicas las siguientes:

- Contenido de materia orgánica.
- Estado y velocidad de descomposición.

Las propiedades biológicas interactúan entre sí por efecto de la dinámica microbiana en procesos como la mineralización de la materia orgánica, la cual presenta una velocidad de descomposición dependiente de la relación C/N que conforma el material (Murillo de la Rosa, 2010) La mineralización es la transformación de la materia orgánica del suelo a través de un proceso que conduce a la formación de sales minerales, en las que los elementos fertilizantes son asimilables para las plantas (Delgado & Pérez,2002).

### **2.1.3. Clasificación de los sustratos**

Los sustratos según su origen están divididos en:

#### **2.1.3.1. Materiales orgánicos**

Según Cruz et al., (2013) refiere que los materiales orgánicos se dividen en tres diferentes grupos a saber: de síntesis, subproductos y residuos de diferentes actividades industriales y urbanas y por último de origen natural. Los primeros son producto de síntesis química, los segundos a través de procesos de compostaje y los terceros por medio de la descomposición biológica. La FAO (2002) estima que la turba, el mantillo, residuos de madera, residuos de lana, orujo de uva, orujo de aceituna, cascarilla de arroz, hojas secas de cafeto, bagazo azucarero de caña, residuos de café, algas marinas entre otros, son materiales orgánicos.

#### **2.1.3.2. Materiales inorgánicos y minerales**

Según Cruz et al., (2013) refiere que los materiales inorgánicos se clasifican en tres diferentes formas a saber: transformados o tratados, de origen natural y los residuos y subproductos industriales. En el primero se encuentran materiales

como la perlita, la lana de roca, la vermiculita, entre otros, los cuales se caracterizan por ser productos de modificaciones complejas; en el segundo, se presenta la grava, la arena, la tierra volcánica etc., cuyo origen yace de rocas o minerales, mientras que los terceros pueden ser escorias de horno alto, estériles de carbón, etc., originarios de diferentes actividades industriales. Por su parte la FAO (2002), considera que la arcilla, la arena, la tierra volcánica, la arcilla expandida, la vermiculita y la perlita como materiales inorgánicos, de todas maneras estos últimos son considerados como minerales dentro de la naturaleza que sirven como medio para el sustrato de las plantas, cuyas características difieren por su CIC, capacidad amortiguadora, porosidad y densidad.

Según Cruz et al. (2013), una desventaja que presentan los materiales orgánicos en relación a los inorgánicos es que son susceptibles de continuar su descomposición en mayor o menor medida en el contenedor.

#### **2.1.4. Criterios de calidad de los sustratos**

Para el establecimiento de criterios de calidad de las plantas para evaluar el desempeño de los sustratos se usan tres categorías a saber: atributos fisiológicos, atributos de desempeño y atributos morfológicos. (Ritchi, Landis, Dumroese, y Haase, 1994). Wilson y Jacobs (como se citó en García 2014) afirman que dichos atributos, permitirán mejorar la capacidad predictiva del desempeño de las plantas en diversos ambientes.

##### **2.1.4.1. Atributos fisiológicos**

“Se refiere a rasgos que no pueden ser observados ni medidos fácilmente y que se requiere de equipo y procedimiento de laboratorio..., como por ejemplo resistencia al frío y la dormancia de la yema”. (Ritchi, et al., 1994, p.25). Villar-

Salvador Dichos (como se citó en García 2014), dichos atributos se pueden considerar como complemento de los atributos morfológicos, ya que estos últimos no reflejan el estado fisiológico de las plantas.

#### **2.1.4.2. Atributos de desempeño**

“Son rasgos que pueden ser evaluados solo si la planta es sometida a ciertas pruebas con protocolos predefinidos, y observando posteriormente cómo se comportan, una de las más antiguas y comúnmente utilizadas en la actualidad es el Potencial de Crecimiento de la Raíz”. (Ritchi, et al., 1994, p.25). Estas son complejas y poco usadas en la actualidad.

#### **2.1.4.3. Atributos morfológicos**

“Son rasgos que se pueden observar rápidamente y medidos con facilidad..., tales como la altura del tallo, el diámetro del cuello de la raíz, el volumen de la raíz y peso seco de la raíz y del tallo”. (Ritchi, et al., 1994, p.25). Landis (como se citó en García 2014) afirma que aun cuando estos se correlacionan con la supervivencia, el diámetro del cuello es el más consistente en la mayoría de los estudios

Thompson (como se citó en Sigala, 2013), refiere que estos atributos o variables morfológicas constituyen una herramienta útil para evaluar la calidad de un lote de plantas en un vivero y predecir su desempeño en campo resultando viable en la utilización de muestreos no destructivos y de bajo costo. A continuación se nombran las que según Picón (2011), son las más utilizadas para la evaluación de la calidad de las plantas:

- a) altura de la planta en cm
- b) diámetro del tallo en mm

c) materia seca de parte aérea en gr

d) índice de esbeltez: esta se evalúa con la siguiente fórmula:

$$\text{índice de esbeltez} = \frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro (mm)}}$$

González (como se citó en Krüger, 2007)), comenta que el Índice de calidad de Dickson: señala la potencialidad de la planta tanto de crecer como de sobrevivir en un ambiente dado (González, 1993). Su expresión matemática es la siguiente:

$$\text{Índice de calidad} = \frac{\text{peso seco total (g) por planta}}{\frac{\text{Altura total (cm)}}{\text{Diámetro de cuello (mm)}} + \frac{\text{Peso seco tallo(g)}}{\text{Peso seco raíz (g)}}$$

Como resultado de la germinación se obtiene una planta para establecer en un sitio definitivo, la calidad de este ejemplar depende de la capacidad de adaptarse y desarrollarse con las condiciones climáticas y edáficas del sitio final, por eso se tiene en cuenta que la planta para ser trasplantadas debe reunir un conjunto de características para su buen desarrollo en campo donde ella está expuesta a diferentes cambios climáticos que conllevan a la aparición de plagas y enfermedades a las que ellas están expuestas y por eso se hace énfasis en la importancia de una buena nutrición.

### 2.1.5. Criterios para la selección de sustratos

Para la selección de un adecuado sustrato se requiere de unos criterios que posibiliten el buen desarrollo de la planta en su primera etapa y subsiguientes.

De acuerdo con Cruz *et al.* (2013), para elegir un material como sustrato se deben considerar varios aspectos para que el crecimiento de las plantas sea el óptimo. Dentro de los criterios más importantes se encuentran:

- Que posea propiedades físicas, químicas y biológicas adecuadas para el crecimiento.
- Se debe considerar la relación beneficio/costo.
- Disponibilidad en la región o zona.
- Facilidad de manejo o compatibilidad, en el caso de realizar mezclas de materiales. (p.19).

Las características de un sustrato son el resultado de sus propiedades físicas, químicas y biológicas (FAO, 2002), siendo las propiedades físicas las más importantes, debido a que si es inadecuada, su mejoramiento es difícil una vez se ha establecido el cultivo (Cabrera, 1999).

#### **2.1.6. Germinación**

La germinación de la semilla es el desarrollo del embrión hasta la formación de la planta. Los factores fisiológicos de ésta demandan principalmente humedad, luz, gases (principalmente oxígeno) y una apropiada temperatura. Este proceso sucede después de la diseminación de las semillas, si las condiciones ambientales son óptimas (Garzón, Montenegro, & López, 2005).

##### **2.1.6.1. Pre-germinación**

Algunas de las observaciones en el tema de almacenamiento y los tratamientos pre germinativos para la especie *Quercus sp* son secar bajo sombra no empacar en bolsa plástica, almacenar estratificando en arena húmeda, aserrín o musgo. (Trujillo, 1990). Mientras que para la especie *Cedrela sp* no requiere tratamientos pre-germinativos. Sin embargo, si se desea una germinación más uniforme, se pueden sumergir las semillas en agua a temperatura ambiente durante 24 horas (Gómez & Toro, 2008).

### 2.1.6.2. Fases de la Germinación

La germinación es el proceso que inicia en la imbibición hasta cuando una parte de esta emerge de las estructuras que la rodean (Matilla, 2000). De acuerdo con Padilla (2007), para que se cumpla el proceso de germinación ocurre una secuencia de procesos, los cuales implican cambios bioquímicos, morfológicos y biológicos complejos, de los cuales se describen tres fases:

“a). Fase de hidratación: primer paso de la germinación, en esta fase se produce una viva absorción de agua por parte de los diferentes tejidos que forman la semilla. Este aumento va asociado de un incremento proporcional en la función respiratoria. b) Fase de Germinación: representa el verdadero proceso de la germinación. En ella se generan las transformaciones metabólicas, indispensables para el correcto desarrollo de la plántula. En esta fase la absorción del agua disminuye considerablemente, incluso hasta detenerse. c) Fase de crecimiento: última fase de la germinación y se asocia con la emergencia de la radícula. Esta fase se caracteriza porque vuelve a aumentar la imbibición de agua”. (Ansorena, 1994, p.172)

Con base a lo anterior para que la germinación inicie se deben cumplir tres condiciones: la primera, la semilla debe ser viable, esto quiere decir que el embrión debe estar vivo y tener capacidad para germinar; la segunda, las condiciones internas de la semilla deben ser favorables para la germinación, o sea, deben haber desaparecido las barreras físicas o químicas para la germinación; y la tercera, las semillas deben contar con las condiciones ambientales adecuadas para la germinación (Padilla, 20017), vale destacar que además de las condiciones externas a las semillas, estas deben presentar vigor, viabilidad y superar barreras físicas que impidan su desarrollo; algunas semillas necesitan de procesos de escarificación, es decir hacer pequeñas incisiones a la

membrana externa de las semillas para que pueda iniciarse la germinación (Amador *et al.*, 2013).

### 2.1.6.3. Parámetros para la Germinación

Brichler, Rose, Royo, & Pardo (1998) expresan que el primer paso en la producción de plantas de calidad es alcanzar una germinación equivalente; la germinación tiene parámetros para su evaluación entre los más utilizados están:

- **Capacidad germinativa:** es el máximo porcentaje de semillas capaces de germinar en condiciones óptimas (Carvajal & Cardona, 2012), además, los anteriores autores y Brichler *et al.* (1998) especifican que para los cálculos de esta variable se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad germinativa} = \frac{G}{N}$$

**G** = Número de semillas germinadas durante el tiempo del experimento

**N**= Número total de cavidades sembradas

- **Porcentaje de germinación:** Brichler *et al.* (1998) y Carvajal & Cardona, (2012), comenta que para los cálculos de esta variable se utiliza la siguiente fórmula:

$$\%G = \frac{NPG * 100}{NTS}$$

**%G** = Porcentaje de Germinación

**NPG** = Número de Plantas Germinadas

**NTS** = Número Total de Semillas sembradas

### **2.1.7. Fertilización**

Con el inicio del proceso de germinación se da por comenzada la vida del nuevo árbol; después de que las reservas de la semilla se han agotado o los cotiledones se han transformado en hojas para llevar a cabo la fotosíntesis, existe lo que se puede considerar una plántula completa (Negreros *et al.*, 2010), pero para continuar su desarrollo, el árbol requiere de los nutrientes, humedad y energía solar presentes en el sitio de crecimiento (Hartmann *et al.*, 1985) y dado que el aserrín presenta una relación C/N alta, cuando es usado como sustrato, debe elevarse el contenido de N para evitar competencia microbiana por este elemento con el fin de que la planta tenga a su disposición todos los nutrientes que requiere en su etapa de crecimiento (Andrade & Valenzuela, 2002) y se estimule su desarrollo (García, 2011).

Las dosis para fertilización serán variables en función del volumen del envase, la edad de la planta, la especie y el tipo de sustrato; la fertilización debe ser equilibrada respecto de los tres macronutrientes principales (N, P, K), como cifra orientadora, para un sustrato de turba pura se indica el aporte del orden de 2,5 Kg/m<sup>3</sup> de un abono mineral 20-10-10 (Serrada, 2000). Los fertilizantes minerales contienen los nutrientes esenciales para un normal crecimiento y desarrollo de las plantas y son el medio más efectivo para aumentar el rendimiento y mejorar su calidad (Aldana, 2005).

#### **2.1.7.1. Fertilizantes de liberación lenta**

De acuerdo con Ballester & Anguis (1994), los fertilizantes de liberación lenta son aquellos que colocan sus nutrientes a disposición de la planta de una forma pausada y durante un espacio más o menos largo. Dependiendo de la composición química, su estructura y la forma de liberación de sus elementos.

Dichos fertilizantes según Jiménez (1992) se clasifican en cuatro grupos: orgánicos, compuestos poco solubles o de mineralización lenta, encapsulados y fertilizantes corrientes con adición de inhibidores de la nitrificación.

Ballester & Anguis (1994), establece como ventajas que en potencia poseen los siguientes:

- a) mayor eficacia en el uso de los nutrientes en comparación con los abonos solubles, ya que su disponibilidad se amplía durante un largo período de tiempo
- b) disminución del lavado, de la fijación y de la descomposición, ya que sólo se coloca en cada momento a disposición de la planta una fracción muy limitada del aporte total, lo que permite, cuanto menos, disminuir el consumo de lujo con los consiguientes beneficios económicos y ecológicos
- c) se reduce el riesgo de fitotoxicidad o quemado que se produciría con una importante aplicación de abono soluble
- d) los abonos de liberación lenta pueden dar lugar a un aporte continuo de nutrientes durante un largo período de tiempo, lo que proporciona a la planta un crecimiento más equilibrado y mejor calidad
- e) las aplicaciones pueden reducirse a una por ciclo de cultivo con el consiguiente ahorro en mano de obra. (p.3)

Además de las anteriores ventajas, se consideran la compatibilidad con la formación de micorrizas, pueden ser usados con mezclas de sustratos de baja CIC y ser independientes de la calidad del agua para el desarrollar el mecanismo de liberación lenta. (Oliet, Segura, Dominguez y Lopez, 1999).

### 2.1.8. Calidad de la planta

Prieto, citado por Sáenz (2010), concreta que la calidad de la planta se define como la capacidad que tienen las plantas para adaptarse y desarrollarse a las condiciones climáticas y edáficas del sitio de plantación, y depende de las características genéticas del germoplasma y de las técnicas utilizadas para su reproducción en vivero. Rodríguez (como se citó en García, 2014) se refiere a dicha calidad como el estado de la planta que a su salida cuenta con las características morfológicas adecuadas para lograr sobrevivir y establecerse exitosamente en el campo, en donde encontrará condiciones adversas.

### 2.1.9. Especies Nativas

Según Flórez & Avella (2011) y Cárdenas & Salinas (2007) se consideran especies nativas importantes en los ecosistemas andinos entre otras *Quercus humboldtii* Bonpl y *Cedrela montana* Moritz ex Turcz, las cuales a continuación se describen:

#### 2.1.9.1. *Quercus Humboldtii* Bonpl: Roble

El roble es conocido comúnmente como roble blanco, roble negro, roble colorado, roble, algarrobo (Cárdenas, 2006), pero su nombre científico es: *Quercus Humboldtii*, perteneciente a la familia Fagaceae.

Es originaria de Colombia, se encuentra entre 1000 y 3500 msnm. Se distribuye geográficamente en las cordilleras colombianas, de acuerdo a su descripción botánica presenta las siguientes características: es un árbol

que mide 30 m de altura y 2 m de diámetro en el tronco, tiene una cáscara arrugada de color negruzco, hojas cuantiosas de color verde oscuro, su copa es de forma redondeada. Sus hojas miden 3,5 cm de ancho, agrupadas en manojos, tienen forma de elipse, su borde es ondulado. Sus flores están formadas por flores femeninas, su color es verde oliva, miden 3 mm de diámetro y las flores masculinas son de color café, miden 10 cm de largo y están en ramitas que cuelgan. Su reproducción se hace por semillas, por estacas, por rebrotes y por regeneración natural. (Flórez *et al*, 2011, p.50)

En cuanto a la germinación empieza entre los 30 y 50 días contados a partir de la siembra (Flórez *et al*, 2011), la cual es hipogea, su potencia germinativa de semillas frescas sembradas en un sustrato de tierra + arena (proporción 2:1), a plena exposición, varía entre 60 y 90%. La propagación puede llevarse a cabo directamente en las eras del vivero o en bolsa, utilizando tierra + arena como sustrato. Se recomienda recolectar sustrato de áreas aledañas a los árboles semilleros, ya que esta especie presenta asociación con ectomicorrizas que favorecen no sólo su germinación sino el desarrollo de las plántulas. Cuando las plantas superan los 30 cm de altura se considera que están listas para la plantación, esto es pasados tres a cuatro meses de permanencia en el vivero (CORANTIOQUIA, 2007)

#### **2.1.9.2. *Cedrela montana*: Cedro**

Esta especie es conocida comúnmente como cedro de altura, cedro, sin embargo su nombre científico es *Cedrela montana*, y pertenece a la familia *Meliceae*.

Es originaria de las cordilleras de Colombia se encuentra entre los 1700 y 3100 msnm en bosque pre montano y montano, seco y húmedo. Es un árbol de aproximadamente 30 m de altura, tronco con pequeños canales,

copa de forma redondeada, semiglobosa, follaje verde claro, sus hojas son lisas compuestas de 40 cm, alternas, brillantes, sus flores tienen inflorescencias en panículas terminales, de color blanquecino a verdoso, polinizadas repetidamente por abejorros (bombus y colibríes), sus frutos son capsulas ovoides color verde que al madurar toman la forma de flor de palo, con semillas aladas, las semillas son aplanadas y están provistas de un ala que les permite ser transportadas por el viento. Su reproducción por semilla. Los frutos se colectan previamente a que abran, se secan al sol y se extraen las semillas, se siembran a 2 cm de profundidad, a 3 cm entre sí, en líneas espaciadas a 10 cm. Su madera es utilizada en la fabricación de muebles finos en ebanistería, y construcción y como ornamental se utilizan en jardines parques (Cárdenas & Salinas, 2007).

La germinación es epigea y se inicia entre 14 y 20 días después de la siembra (Cárdenas & Salinas, 2007). Su potencia germinativa varía un poco de acuerdo con el sustrato y la intensidad lumínica utilizada. Esto es, a plena exposición se obtiene un 86% cuando se utiliza arena como sustrato y 87% cuando se emplea una mezcla de tierra + arena en proporción 2:1. Bajo estas condiciones el tiempo medio de germinación oscila entre 25 y 31 días, respectivamente. En semillas puestas a germinar en la oscuridad la potencia germinativa que se alcanza es de 80% con el empleo de arena como sustrato y de 91% cuando se siembra en tierra + arena. El tiempo medio de germinación en ambos casos es de 28 días. (CORANTIOQUIA, 2007).

De acuerdo con Cárdenas & Salinas (2007), la propagación puede realizarse en un sustrato de tierra + arena en proporción 2:1. El repique a bolsa debe efectuarse una vez la planta alcance entre 7 y 10 cm de altura y ya presente hojas verdaderas, CORANTIOQUIA, (2007), concuerda con dicho método y recomienda después del trasplante es necesario colocar sombra y reducirla gradualmente, ya que en sus primeros estadios de desarrollo presenta mayor crecimiento bajo una

sombra cercana al 90%. Cuando las plántulas alcancen de 20 a 30 cm de altura se considera que están listas para la plantación, esto es pasados cuatro a cinco meses de permanencia en el vivero.

## 2.2. ANTECEDENTES

De acuerdo con Burés (1997), el desarrollo de los sustratos hortícolas tuvo su origen en el cultivo en contenedor o maceta. Desde que se introdujo el cultivo en contenedor, se planteó la necesidad de un cambio conceptual con respecto al cultivo tradicional, apareciendo los sustratos, en sus distintas variantes para sustituir al suelo.

Buscar alternativas sostenibles en la propagación de especies nativas para la reforestación con fines de preservar el medio ambiente y disminuir el impacto que ha causado la desaparición de estos bosques ha sido tema de investigación. Durante los últimos años se ha dado un acelerado desarrollo en las técnicas de cultivo de plantas en semilleros, el medio de cultivo ha ido evolucionando desde los primeros sustratos basados, en suelos minerales hasta las actuales mezclas, con composición mayoritaria de componentes orgánicos tipo turba, corteza de producción de plantas forestales (Peyton 1990, Maldonado 2010).

Garzón *et al.* (2005) realizaron una investigación titulada Uso de aserrín y acículas como sustrato de germinación y crecimiento de *Quercus humboldtii* (roble). Los resultados del análisis de sustratos mostraron que el aserrín presenta altos contenidos de macro y micronutrientes, carbono orgánico, pH neutro (aserrín) mientras que la tierra negra presenta bajas proporciones. Además, el análisis foliar mostró que los macro y micronutrientes no inciden de forma negativa en el desarrollo y crecimiento de las plántulas de roble, dejando claro que el aserrín es un óptimo sustrato para el desarrollo de especies forestales en vivero.

En México el Instituto de Ciencias Agropecuarias (ICAp) demostró la efectividad del aserrín como sustrato para la producción de planta forestal y hortalizas con un alto potencial, Sánchez (2011) refirió que el aserrín no se composta y no es necesario hacerle tratamiento.

Reyes, Aldrate, Cetina, & López (2005), en Montecillo, Texcoco Estado de México, Hicieron un trabajo de investigación denominado producción de plántulas de *Pinus pseudostrabusvar Apulcensis* en sustratos a base de aserrín, donde concluyeron que las plántulas que se desarrollaron en el sustrato compuesto por las mezclas de aserrín con peat moss<sup>1</sup> presentaron los valores más altos para las variables evaluadas, por lo que el aserrín crudo de pino, mezclado en un 80%, con otros materiales como el peat moss, la corteza de pino y la tierra de monte, es un subproducto forestal que se puede utilizar satisfactoriamente como medio de crecimiento para producir especies forestales utilizando el sistema de producción tradicional.

Se descarta el hecho de que las plántulas producidas a base de aserrín crudo puedan presentar efectos de toxicidad, por lo que su utilización representa un material alternativo para el viverista forestal. Además es de fácil manejo y económico, pero se requiere que se realicen los ajustes correspondientes con la aplicación de nutrientes (Reyes *et al.*, 2005).

Mateo, Bonifacio, Pérez, Mohedano, & Capulín (2011), realizaron un estudio nombrado Producción de *Cedrela odorata L.*, en sustrato a base de aserrín crudo en sistema tecnificado en Tecpan de Galeana, Guerrero, México. Dedujeron que todas las mezclas de sustrato que contenían aserrín produjeron plantas de mejor calidad, comparadas con la mezcla de sustratos recomendados para el sistema tecnificado de producción de planta en vivero (considerada como testigo). El

---

<sup>1</sup> Es un material obtenido de la descomposición de residuos vegetales en zonas pantanosas, como musgo o juncos que han sido preservados bajo el agua en estado de semidescomposición.

aserrín crudo de *Pinus teocote* puede sustituir hasta en un 90% la mezcla de peatmoss, agrolita y vermiculita, generando plantas de buena calidad.

Andrade & Valenzuela (2002) hicieron un estudio de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) utilizando como sustrato aserrín de *Pinus radiata*. Los tratamientos que se utilizaron fueron aserrín sin tratar, suelo rojo arcilloso y una mezcla de ambos. Encontraron que las plantas de tomate sembradas en sustratos que incluyeron aserrín tratado con mezclas fungicidas presentaron los mejores resultados.

Mastalerz citado por Mateo (2011), afirma que el aserrín es el sustrato más común y ampliamente utilizado porque tiene muchas características que lo hacen deseable para la preparación de los medios de crecimiento. De acuerdo con este autor todos los tipos de aserrín mejoran las características físicas de los medios de crecimiento; además el tamaño de las partículas de aserrín es tal, que es fácilmente manejable con otros componentes del medio.

Pudelski citado por Mateo (2011), utilizó una mezcla con 75% de aserrín fresco + 25% de turba y logró un rendimiento superior al testigo compuesto únicamente de turba. Concluyó que el aserrín crudo tomado directamente del aserradero es efectivo para el crecimiento de jitomate y pepino. El mismo autor pero en 1980, menciona que es posible usar aserrín y corteza de pino no compostados de especies de coníferas como sustrato para el crecimiento de hortalizas.

Maldonado, Aldrete, López, Vaquera & Cetina (2011) en Montecillo, Estado de México, realizaron un estudio denominado “Producción de *Pinus greggii engelmannii* en mezclas de sustrato con hidrogel y riego en vivero”, donde los resultados fueron que las plantas desarrolladas en el sustrato 20% de corteza + 80% aserrín y 4 g L, de hidrogel presentaron los valores más altos para el diámetro a nivel del cuello de la raíz, lo cual se asocia con mejor calidad de planta y supervivencia en

campo. Así, este tratamiento se puede usar satisfactoriamente como medio de crecimiento, para producir especies forestales con sistemas de producción tecnificados. Sánchez citado por Maldonado (2011) reportan valores hasta de 3.58 en la RPA/R en sustratos con 40% corteza + 60% turba y 20% corteza + 80% aserrín en contenedores de 220 cm<sup>3</sup> para la producción de *P. patula*. Los tratamientos con 60% corteza + 40% aserrín y 40% corteza + 60% aserrín ambos con 4 g L<sup>-1</sup> de hidrogel, fueron superiores a otras coníferas

### 3. OBJETIVOS

#### Objetivo general

Evaluar el efecto de sustratos a base de aserrín sobre la germinación y la calidad de la planta en el crecimiento inicial de *Quercus humboldtii* Bonpl y *Cedrela montana* Moritz ex Turcz

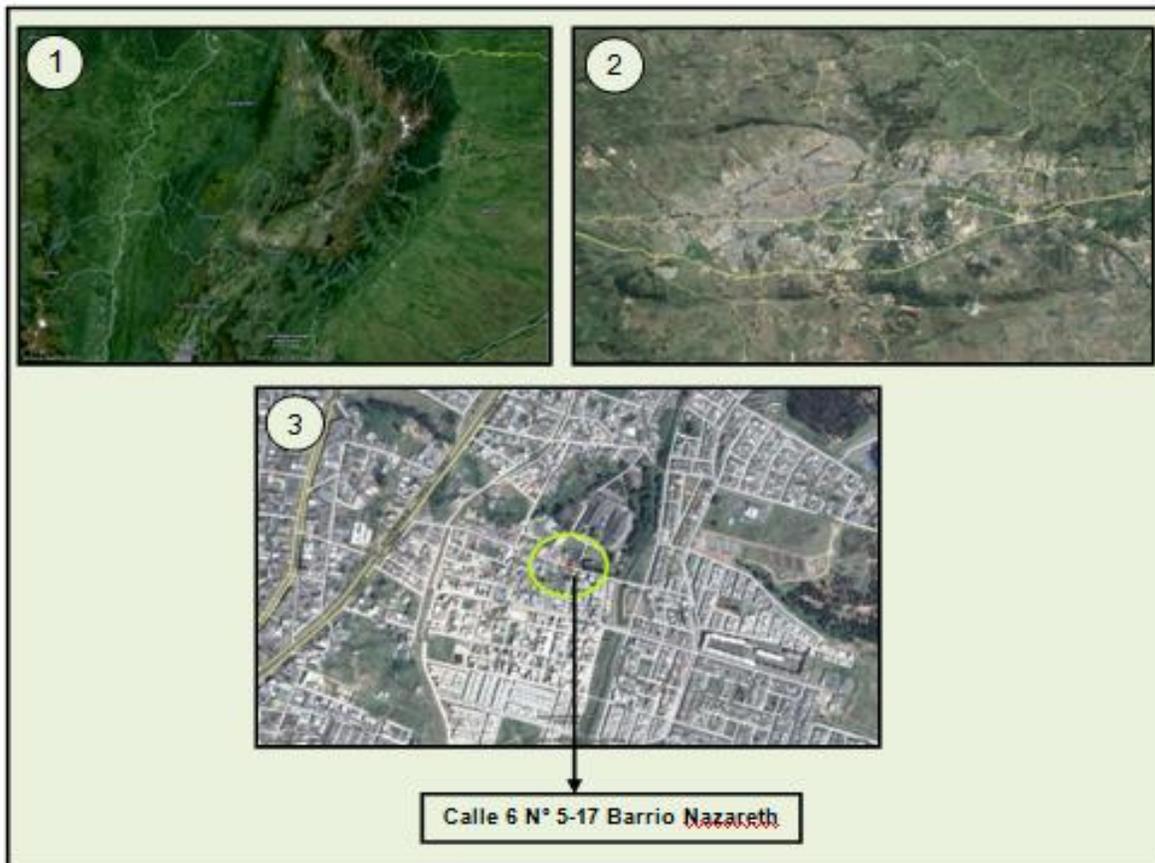
#### Objetivos específicos

- Analizar la respuesta de la germinación de las especies nativas en los sustratos.
- Establecer la influencia de los sustratos en el crecimiento de las especies nativas.
- Identificar los sustratos más óptimos en la propagación de las especies nativas

## 4. DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

### 4.1. Localización geográfica

El estudio se realizó en el municipio de Tunja, capital del departamento de Boyacá, en la Calle 6 N° 5-17 Barrio Nazareth, este se encuentra dentro de las coordenadas geográficas  $5^{\circ}32'25''\text{N}$   $73^{\circ}21'41''\text{O}$ , a una altura sobre el nivel del mar de 2782 m y a una temperatura promedio anual de 11,7 grados, la ciudad cuenta con dos periodos de baja precipitación (diciembre a marzo y julio a septiembre) y dos periodos lluviosos (abril a junio y octubre a noviembre).



Fotografía 1. Localización geográfica

<sup>1</sup> Departamento de Boyacá, <sup>2</sup> Municipio de Tunja, <sup>3</sup> Lugar del ensayo (Imágenes satelitales, Google Earth, 2015)

## 4.2. Marco metodológico

### 4.2.1. Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (D.B.C.A.) con tres repeticiones, para un total de 8 tratamientos más 2 testigos, resultando un total de 30 unidades experimentales para cada especie forestal en estudio, obteniendo 60 unidades experimentales totales. En cada tratamiento se sembraron 15 semillas por especie, es decir que en cada bloque se sembraron 150 semillas para un total de 450 semillas en cada especie.

Las especificaciones del diseño experimental están integradas por localidades, tratamientos, repeticiones, unidades experimentales y área total del experimento, las cuales se identifican en el siguiente cuadro:

**Tabla 1. Especificaciones del diseño experimental**

ITEM	ROBLE	CEDRO	TOTAL
Número de localidades:		1	1
Número de tratamientos:	10	10	20
Número de repeticiones	3	3	3
Número de unidades experimentales	30	30	60

### 4.2.2. Hipótesis

Las hipótesis que se probaron para cada una de las especies en estudio (*Quercus humboldtii* y *Cedrela montana*) fueron las siguientes:

$H_0$ : El efecto de todos los tratamientos sobre la germinación y la calidad de la planta en el crecimiento inicial de la especie vegetal es el mismo.

$H_A$ : Al menos uno de los tratamientos sobre la germinación y la calidad de la planta en el crecimiento inicial de la especie vegetal difiere.

### 4.2.3. Variables

Para la evaluación del efecto de los sustratos a base de aserrín sobre la germinación y la calidad de la planta en el crecimiento inicial se trabajaron para cada una de las especies las variables relacionadas en la tabla 2.

**Tabla 2.** Variables del diseño experimental

Variables	Criterio de evaluación
<b>Germinación</b>	% germinación
<b>Parámetros</b>	<b>de</b> Diámetro del tallo, altura, peso seco de la raíz y peso seco
<b>Crecimiento</b>	de la parte aérea
<b>Calidad de la planta</b>	índice de esbeltez Índice de calidad de Dickson

### 4.2.4. Tratamientos

El experimento se diseñó con ocho tratamientos y dos testigos, los cuales se describen en la tabla 3.

**Tabla 3.** Tratamientos de diseño en bloques completamente al azar

Tratamiento	Código	Sustratos a utilizar
<b>T1</b>	Pino	Aserrín de pino 100%
<b>T2</b>	Pino	Aserrín de pino 70% + 30% (tierra negra 85% + cascarilla de arroz 15%)
<b>T3</b>	Pino	Aserrín de pino 50% + 50% (tierra negra 85% + cascarilla de arroz 15%)
<b>T4</b>	Pino	Aserrín de pino 30% + 70% (tierra negra 85% + cascarilla de arroz 15%)
<b>T5</b>	Cedro	Aserrín de cedro 100%
<b>T6</b>	Cedro	Aserrín de cedro 70% + 30% (tierra negra 85% + cascarilla

	70%	de arroz 15%)
<b>T7</b>	Cedro	Aserrín de cedro 50% + 50% (tierra negra 85% + cascarilla de arroz 15%)
<b>T8</b>	Cedro	Aserrín de cedro 30% + 70% (tierra negra 85% + cascarilla de arroz 15%)
<b>T9</b>	TEST1	Tierra negra 85% + cascarilla de arroz 15%
<b>T10</b>	TEST2	Tierra negra 85% + cascarilla de arroz 15%

Fuente: el presente estudio.

Las proporciones de las mezclas y el uso de dos testigos en el diseño experimental fueron tomadas a partir de la metodología de Garzón, G., Montenegro, E., & Favio, L. (2005) en la investigación sobre el uso del aserrín y las acículas como sustratos de germinación y crecimiento de *Quercus Humboldtii* (roble), así como de los resultados de Reyes, Aldrete, Cetina, & López, (2005) en la investigación sobre la producción de plántulas de *Pinus pseudostrabus* var. *Apulcensis* en sustratos a base de aserrín.

#### 4.2.5. Análisis estadístico

Una vez obtenidos los datos cuantitativos se hizo el análisis de normalidad de los datos para conocer la distribución de las variables. Posteriormente se realizó el análisis de varianza (ANAVA) para el diseño experimental con un nivel de confianza del 95% con el fin de determinar las diferencias significativas entre los tratamientos para las variables y compararlas a través del test de Tuckey en cada una de las especies en estudio. El software que se utilizó fue el R.

#### 4.2.6. Método

El tipo de investigación que se utilizó fue de tipo experimental de campo a través de un análisis cuantitativo, lo cual permitió analizar la respuesta de la germinación

del *Quercus humboldtii* Bonpl y *Cedrela montana* Moritz ex Turcz en aserrín de pino y aserrín de cedro como sustratos y establecer la influencia de los sustratos en el crecimiento para su posterior identificación de los tipos de mezclas de sustratos más óptimos en la propagación de las especies nativas en estudio.

Durante la investigación se implementaron diferentes actividades, las cuales se agruparon en tres etapas a saber: 1). De campo germinativo, cuyo objetivo fue analizar la respuesta de la germinación de las dos especies nativas 2). De campo de crecimiento, con el propósito de establecer la influencia de los sustratos en el crecimiento de las especies y 3). De oficina, con el propósito de identificar los sustratos con mejor comportamiento en la propagación de las especies en estudio. A continuación se describirán dichas fases.

#### **4.2.6.1. De campo germinativo.**

##### **4.2.6.1.1. Método de campo para evaluar la respuesta de la germinación en los sustratos a base de aserrín crudo**

En esta fase se llevaron a cabo actividades como: la adecuación del lugar del experimento, alistamiento del material vegetal, recolección y preparación de los sustratos, siembra, manejo cultural, toma de los datos de la germinación y determinación del porcentaje de germinación de las dos especies nativas.

La adecuación del experimento se realizó en un área de: 6 m x 7 m, la cual se cubrió con plástico y fibra de costal con el propósito de crear un microclima favorable en el proceso germinativo y desarrollo de las plántulas, así como de evitar daños por animales. Allí se construyeron las camas de germinación para cada tratamiento.



**Fotografía 2. Adecuación del experimento**

Fuente: la investigación

Posteriormente se recolectaron las semillas de las dos especies en estudio en la reserva natural de la Cuchilla Bocamonte en la vereda el Resguardo del municipio de Chiquinquirá el día 13 de abril del 2015, luego se procedió a efectuar el tratamiento de pre germinación el cual consistió en la inmersión en agua de las semillas durante 24 horas para el roble y el cedro, cada una en un recipiente separado. Se realizó un segundo tratamiento de pre germinación el cual consistió en dejar por ocho días las semillas tapadas en solo aserrín de pino proporcionándoles diariamente un litro de agua por m<sup>3</sup>.



**Fotografía 3. Recolección y pre germinación de las dos especies en estudio.**

1). Recolección. 2) Desinfección de semillas. 3) Tratamiento pre germinativo cedro y roble. 4) Tratamiento pre germinativo roble.

Fuente: la investigación.

El aserrín fue traído de la Comercializadora Central de Maderas, ubicada en la calle 16 N° 5-17, éste no fue compostado, así mismo no fue necesario clasificarlo

en partículas de un tamaño inferior a 10 mm, debido a que tenía esta característica; la tierra negra y la cascarilla de arroz fueron traídas del vivero Olarte ubicado en el barrio Patriotas de la ciudad de Tunja. Posteriormente de la ejecución de los tratamientos germinativos se procedió a realizar la siembra de las semillas.

En cada cama germinadora se sembraron 15 semillas por tratamiento de manera separada para cada especie de acuerdo con el Diseño en bloques completo al azar. Se evitó que las semillas quedaran amontonadas, se cubrieron con una ligera capa de sustrato y posteriormente se humedecieron.



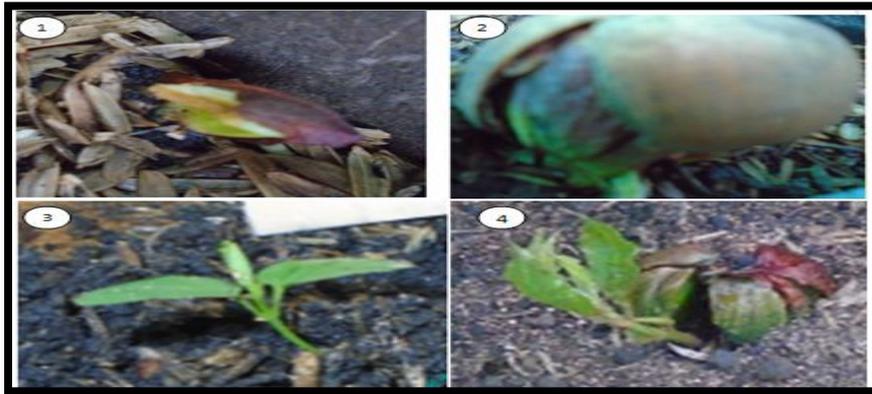
**Fotografía 4. Siembra de las especies forestales**

- 1) y 2): Preparación de mezclas para los diferentes tratamientos. 3) aplicación de los tratamientos en cada una de las camas de germinación. 4). Siembra de las especies en cada uno de las camas de germinación.

Fuente: la investigación.

#### **4.2.6.1.2. Método de oficina para evaluar la respuesta de la germinación en los sustratos a base de aserrín crudo**

Mediante muestreos cada cinco días a partir de la primera germinación se realizó la toma de datos en el formato I. Respuesta de la germinación en los sustratos a base de aserrín (**Ver anexo 1 y anexo 2**).



**Fotografía 5. Germinación de las especies forestales**

1 y 3) Germinación de *Cedrela montana* Moritz ex Turcz 2 y 4) Germinación de *Quercus humboldtii* Bonpl

Fuente: la investigación.

Los datos obtenidos se organizaron en hojas electrónicas del programa Microsoft Excel para cada una de las especies en estudio, y posteriormente se realizó un análisis de normalidad, un Análisis de Varianza (ANOVA) y la prueba de diferencia de medias por medio de Tukey al 5%, este último teniendo en cuenta los resultados del ANOVA.

Para la determinación del porcentaje de la germinación de las dos especies nativas se trabajó lo siguiente: se determinó en porcentaje (%) el número de plántulas que germinaron en cada uno de los tratamientos de las dos especies. La toma de datos se realizó en muestreos cada cinco días a partir de la primera semilla germinada como se mencionó anteriormente.

#### **4.2.6.2. Fase de campo de crecimiento**

##### **4.2.6.2.1. Método de campo para determinar la influencia de los sustratos en el crecimiento de las especies nativas**

La influencia de los sustratos en el crecimiento de las especies nativas se identificó a través de la toma de muestras y medición de parámetros de

crecimiento. De esta manera se continuó con el desarrollo de las labores de manejo de las plántulas en crecimiento hasta el día 90, posteriormente se tomaron muestras para dichos parámetros, se realizaron los análisis de laboratorio y por último se analizaron los parámetros de crecimiento.

Durante los primeros treinta días se aplicó un riego en la mañana y otro en la tarde con una fumigadora, usando 5 litros de agua por  $m^3$ ; desde el día 31 en adelante se aplicó solo un riego en horas de la mañana, hasta cumplir los 90 días. El día 18 se observó gusano blanco en los tratamientos T9, T8, T3, T4, T2, y T1 en los bloques tres y dos, por lo que se fumigó con Curacron, diluyendo 5 gramos en 25 litros de agua a todo el experimento, obteniendo resultados positivos. El día 40 se trasplantaron las plántulas de roble y cedro en bolsas de polietileno para el roble de 18\*10 y para el cedro 6\*12 calibre número 10 y se le aplicó el fertilizante de liberación lenta en una dosis de 5  $kg/m^3$ .



**Fotografía 6. . Manejo cultural de las dos especies forestales**

1) Aplicación del riego; 2) aplicación de Curacron; 3) y 4) trasplante de las especies forestales.

Fuente: la investigación

Al concluir los 90 días del experimento, se evaluaron mediante muestreo de una sola planta por cada tratamiento en cada uno de los bloques, las variables de parámetros de crecimiento. Se hicieron las mediciones de altura, utilizando una regla graduada en centímetros y milímetros y las de diámetro del tallo con un

calibrador (0,02). Por cada tratamiento se seleccionó una planta para enviarla al laboratorio para la determinación del peso seco de la raíz y del peso seco de la parte aérea de cada planta, para esto se procedió a desprender las plantas de la cavidad y exponer la parte radical que se encuentra en el sustrato a un chorro de agua de la llave para desprender el sustrato, inmediatamente se embalaron las plantas en bolsas herméticas y se enviaron al laboratorio.



**Fotografía 7. Medición y embalaje de las muestras de las dos especies**

1) Y 2): medición de las especies forestales; 3 y 4: embalaje de las muestras que se enviaron al laboratorio.

Fuente: la investigación.

#### **4.2.6.2.2. Método de oficina para determinar la influencia de los sustratos en el crecimiento de las especies nativas**

La organización de la información de las variables de parámetros de crecimiento se realizó mediante los formatos que se encuentran en los **anexos 3, 4, 5 y 6**.

Se estructuraron los datos recolectados de cada una de las especies en estudio en hojas electrónicas y se transcribieron al software libre R, posteriormente se realizó el análisis de normalidad, el Análisis de Varianza (ANAVA) y la prueba de diferencia de medias por medio de Tukey al 5%.

### **4.2.6.3. Fase de oficina**

#### **4.2.6.3.1. Determinación de la calidad de las plantas**

De acuerdo a los resultados obtenidos se realizó la determinación de la calidad de la planta, obteniendo información acerca de cuáles sustratos fueron los más eficaces en la propagación de las especies nativas. Para la determinación de la calidad de la planta en el crecimiento inicial de las especies en estudio se trabajó con las siguientes variables para cada una de las especies:

- a) Índice de esbeltez: se determinó por medio de la relación entre la altura (cm) y el diámetro (mm), este índice es un buen indicador de la capacidad de crecimiento de las plántulas y su posterior supervivencia en campo. La organización de la información de esta variable se realizó mediante el formato que se encuentran en el **anexos 7**.
- b) Índice de calidad de Dickson: se determinó con los parámetros morfológicos a saber: peso seco total altura del tallo (cm) diámetro del tallo (mm), peso seco del tallo (g) y peso seco de las raíces, los cuales se evaluaron para observar la producción vegetativa de las plantas. La organización de la información de esta variable se realizó mediante el formato que se encuentran en el **anexos 8**.

#### **4.2.6.3.2. Fase de oficina para la determinación de sustratos con mejor comportamiento en la propagación de las especies nativas**

Se estructuraron los datos recolectados de cada una de las especies en estudio en hojas electrónicas y se transcribieron al software libre R, posteriormente se realizó el análisis de normalidad, el Análisis de Varianza (ANAVA) y la prueba de diferencia de medias por medio de Tukey al 5%.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. *Cedrela Moritz ex Turcz montana*

#### 5.1.1. Respuesta de la germinación de *Cedrela Moritz ex Turcz montana* en los sustratos.

Se realizó el análisis de varianza del porcentaje de germinación y la comprobación de la distribución de normalidad, los cuales se muestran a continuación:

**Tabla 4.** Análisis de varianza del porcentaje de germinación de *Cedrela montana* Moritz ex Turcz

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F	Significancia
Bloque	2	249,8	124,89	0,8659	0,4374557	NS
Tratamiento	9	8177,3	908,59	6,2999	0,0004734	***
Error residual	18	2596,0	144,22			

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015)

**Tabla 5.** Prueba de normalidad del porcentaje de germinación de *Cedrela montana* Moritz ex Turcz

Test de normalidad	p-value
Shapiro –Wilk	0,222
Durbin-Watson test	0,6289
Breusch-Pagan	0,2367

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015)

Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para el porcentaje de germinación (% GER), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula para los tratamientos con p valor de 0,0004734, lo que se comprueba que hay diferencia estadísticamente significativa en la respuesta a los tratamientos cuantificados con la variable en estudio. **(Ver tabla 4)**. Se procedió a verificar el supuesto de normalidad, cuyos resultados se observan en la **tabla 5**, teniendo presente que se evaluaron mediante tres test a saber: Shapiro – Wilk, Durbin-Watson y Breush – Pagan, el p-valor fue para todos mayor al nivel de significancia de 0,05, por lo tanto se acepta la hipótesis nula en la cual la variable porcentaje de *Cedrela montana* tiene una distribución normal.

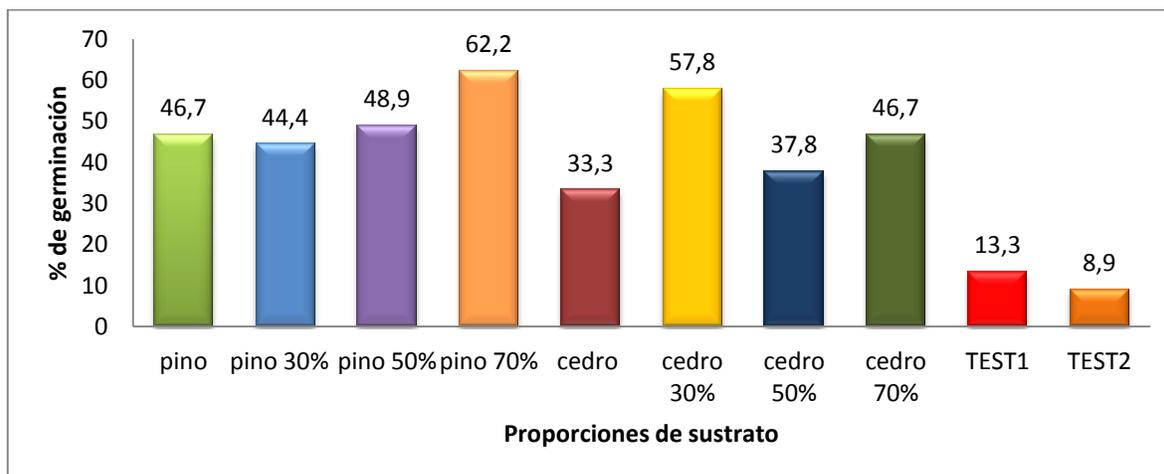


Figura 1. Diagrama de barras. Porcentaje de germinación de *Cedrela montana* Moritz ex Turcz en diferentes sustratos a base de aserrín crudo

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa Microsoft Excel 2013.

Los resultados que se obtuvieron en el desarrollo del trabajo para determinar la respuesta de la germinación en los sustratos se evidencia en el **anexo 2** y se resume en la **figura 1**, en donde, se observa que con 30% de aserrín de Pino la germinación fue de 44,4%; mientras que el mayor porcentaje de germinación lo obtuvo el tratamiento de Pino 70% con un valor de 62,2% y luego desciende cuando se usa al 100% con un valor de 46,7%. En cuanto al comportamiento del

aserrín de *Cedro* el mejor fue para el 30% con un valor de 57,8% de germinación y el más bajo para *Cedro* 100% con 33,3% de germinación. Los testigos 1 y 2 obtuvieron un promedio general bajo con 13,3% y 8,9% respectivamente, además se aclara que en el bloque 1 y 2 en estos tratamientos ninguna de las semillas germinó. Al comparar los testigos con los demás tratamientos se evidencia un rendimiento más alto para los sustratos de aserrín de Pino.

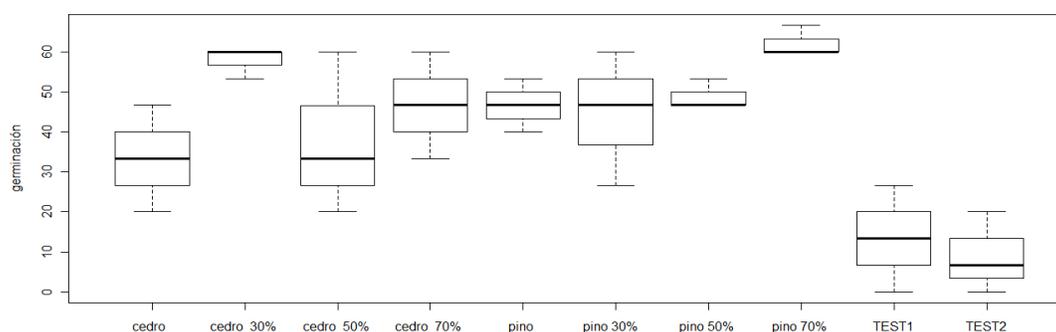


Figura 2. Box-plot. Porcentaje de germinación de *Cedrela montana* Moritz ex Turcz en diferentes sustratos a base de aserrín crudo

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015).

De acuerdo con la **figura 2**, se identifica que los tratamientos Pino 70% y cedro 30% presentan el mayor porcentaje de germinación mientras que el testigo 2 fue el de menor porcentaje.

La comparación entre tratamientos se hizo a través de la prueba Tukey, que en este caso, demostró la existencia de diferencia significativa entre las medias de los tratamientos con el mayor valor de significancia para el Pino 70% y el menor valor de significancia Pino 50%, teniendo en cuenta que las letras minúsculas indican que existe una diferencia entre el tratamiento del Pino 70% con respecto al Pino 50%. (Ver la **tabla 6**).

**Tabla 6.** Comparación de medias. Prueba de Tukey Porcentaje de germinación de *Cedrela montana* Moritz ex Turcz en diferentes sustratos a base de aserrín crudo

Tratamientos	Medias	M
<b>Pino70%</b>	62,23333	a
<b>Cedro 70%</b>	57,76667	a
<b>Pino 50%</b>	48,90000	a
<b>Cedro 70%</b>	46,66667	ab
<b>Pino</b>	46,66667	ab
<b>Pino 30%</b>	44,66667	abc
<b>Cedro 50%</b>	37,76667	abc
<b>Cedro</b>	33,33333	abc
<b>Test 1</b>	13,33333	b
<b>Test 2</b>	8,900000	c

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015)

Investigaciones llevadas a cabo por otros autores como Reyes-Ventura (1998) en *Cedrela montana var. mexicana* C.DC., además de Ortega, Sánchez, Díaz, & Ocampo (2010) en *Lycopersium esculentum* MILL coinciden en que el aserrín es un sustrato óptimo para la germinación de especies entre ellas las forestales. Reyes-Ventura (1998), reportó un alto porcentaje de germinación (94,5%) con una combinación de temperatura de 24°C, fotoperiodo de 12 horas y sustrato de aserrín de pino al 100%, esta afirmación se comparte con los resultados de esta investigación, en cuanto al aserrín de pino, este incide en el alto porcentaje de germinación a pesar de que en el experimento las condiciones fueron: temperatura de 18°C, fotoperiodo de 9 horas y sustrato de aserrín de pino al 70% con un 62,2% de germinación. Aun cuando las condiciones no son similares, es importante el hecho de encontrar que el mayor porcentaje de germinación fue el sustrato de pino, de otra parte Ortega *et. al* (2010) afirma que este tipo de sustrato mostró una mayor emergencia. Por lo tanto se infiere que el aserrín de pino se constituye como una alternativa de sustrato que influye directamente en el

proceso germinativo de *Cedrela montana* Moritz ex Turcz. Como es sabido una de las fases de germinación es la hidratación o imbibición, desde el punto de vista de las características del aserrín se estima que la humedad y buen drenaje proporcionados hace que este proceso se presente de forma adecuada frente a las necesidades de la semilla, esta afirmación concuerda en la discusión de Andrade & Valenzuela (2002); de esta manera está garantizando agua suficiente a la semilla además de disminuir la cantidad y frecuencia de riego.

De acuerdo con Herrera *et al.* (2006), el mayor porcentaje de germinación se obtuvo para el tratamiento con mayor contenido de humedad, lo cual concuerda con los resultados de este estudio dado que el aserrín presenta una porosidad alta en relación con los demás sustratos, razón que le otorga la mayor capacidad para retener humedad. Sánchez (1995) encontró que semillas de *C. brasiliense* recién cosechadas, con 44% de humedad, germinaron en un 100% y que este porcentaje se redujo paulatinamente conforme descendió el contenido de humedad. Con 12,5% de contenido de humedad la germinación fue de 24%.

### **5.1.2. Influencia de los sustratos en el crecimiento de *Cedrela montana***

Para determinar la influencia de los sustratos en el crecimiento de *Cedrela montana* se evaluaron algunos de los parámetros morfológicos de la planta entre los cuales fueron objeto de estudio: altura, diámetro del tallo, peso de la materia seca de la parte aérea y peso de la materia seca de la raíz.

#### **5.1.2.1. Altura**

Se desarrolló el análisis de varianza de la altura y la comprobación de la distribución de normalidad, los cuales se muestran a continuación:

**Tabla 7.** Análisis de varianza de la altura de *Cedrela montana* Moritz ex Turcz.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>Pr&gt;F</b>	<b>Significancia</b>
<b>Bloque</b>	2	3,978	1,9892	0,3739	0,6933	NS
<b>Tratamiento</b>	9	8,202	0,9114	0,1713	0,9948	NS
<b>Error residual</b>	18	95,760	5,3200			

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015).

**Tabla 8.** Prueba de normalidad de la altura de *Cedrela montana* Moritz ex Turcz.

<b>Test de normalidad</b>	<b>p-value</b>
<b>Shapiro –Wilk</b>	0,5629
<b>Durbin-Watson</b>	0,934
<b>Breush-Pagan</b>	0,6617

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015)

La altura (ALT) no presentó diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos (análisis de varianza altura) por lo tanto, se acepta la hipótesis nula para los tratamientos. (**Ver tabla 7**). Se observa en la **tabla 8**, los resultados del test de normalidad de Shapiro – Wilk, Durbin-Watson y Breush – Pagan, cuyos valores del p-valor para todos fue mayor al nivel de significancia de 0,05, demostrando que la variable altura tiene una distribución normal.

Los datos que se obtuvieron para la variable **altura (ALT)** se transcribieron en Microsoft Excel los cuales se muestran en el **anexo 3** se evidencia que la mayor altura la presenta el tratamiento de testigo 1 con un valor de 8,39 cm y la más baja Pino 70% con un valor de 5,21 cm.

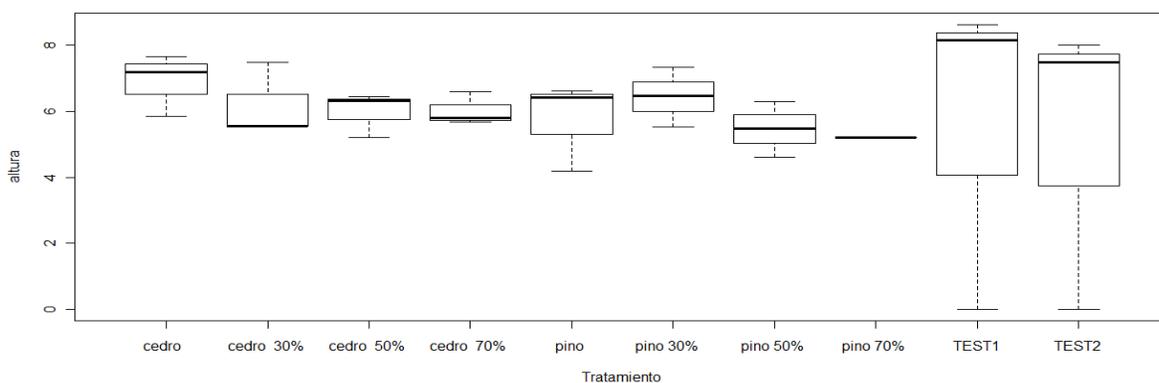


Figura 3. Box-plot. Altura por tratamiento de *Cedrela montana* en diferentes sustratos a base de aserrín crudo.

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015).

En investigaciones llevadas a cabo en *Cedrela odorata L* por Mateo *et al.* (2011) y en *Pinus patula* por Méjia (2007) se muestra que el aserrín de pino tuvo efectos altos en la altura de las plantas, sin embargo para el caso de *Cedrela montana* en este estudio, se obtuvo mayor efecto en los testigos.

Se evidencia que la altura de las plantas es baja en todos los tratamientos a pesar de haber aplicado generosamente fertilizante de lenta liberación. Un brinzal pequeño tiene poca superficie fotosintética, esto puede ocasionar que su crecimiento y adaptabilidad sea lento, mientras que un brinzal grande tiene mayores probabilidades de crecer más rápido; sin embargo tiene mayor transpiración y en condiciones adversas de sitio tiene mayor riesgo de morir (Cano 1998, Méjia 2007), por lo que es conveniente considerar que tenga altura suficiente que le permita competir y desarrollarse adecuadamente. (Prieto, Vera, & Merun, 2003). En consideración a lo anterior y a pesar de que la mayor altura no obtuvo un valor alto y que esto tiene como desventaja el de darle un lento crecimiento, dichas plantas pueden sin embargo prosperar y tener un alto porcentaje de sobrevivencia en condiciones hostiles, aunque se estima conveniente cuando las condiciones del sitio de plantación son adversas, respecto a la vegetación herbácea y arbustiva que rodea al brinzal.

Se presume que la razón para que se dé un mayor crecimiento de las plantas puestas en suelo obedece a que las arcillas que contiene ese suelo retienen los nutrientes aplicados en la fertilización y aumentan la posibilidad de absorción de la planta por la retención del agua de riego, mientras que los demás sustratos que tienen un contenido de aserrín no logran retener tanto los nutrientes, porque el aserrín es fresco y solo hasta cuando éste se descomponga generará cargas negativas que retengan los cationes, como este proceso de descomposición hasta ahora se esté iniciando hay generación de sustancias antinutricionales que afectan a la plántula como podrían ser los ácidos generados en el proceso de degradación de la celulosa y la lignina.

#### 5.1.2.2. Diámetro del tallo

Se realizó el análisis de varianza del diámetro del tallo y la comprobación de la distribución de normalidad, los cuales se muestran a continuación:

**Tabla 9.** Análisis de varianza del diámetro del tallo en *Cedrela montana* Moritz ex Turcz.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F	Significancia
<b>Bloque</b>	2	0,5719	0,28596	0,4731	0,6306	NS
<b>Tratamiento</b>	9	1,0626	0,11806	0,1953	0,9917	NS
<b>Error residual</b>	18	10,8805	0,60447			

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015).

**Tabla 10.** Prueba de normalidad del diámetro del tallo en *Cedrela montana* Moritz ex Turcz.

Test de normalidad	p-value
<b>Shapiro –Wilk</b>	0,0001576
<b>Durbin-Watson</b>	0,9264
<b>Breush-Pagan</b>	0,06259

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015)

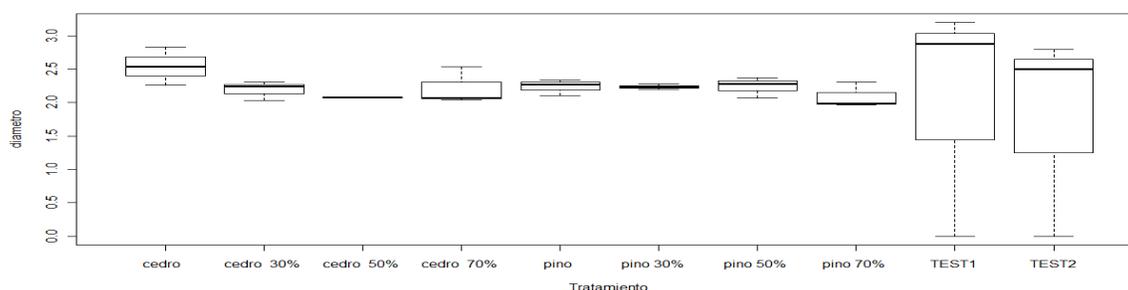
**Tabla 11.** Análisis de varianza por permutaciones del diámetro del tallo en *Cedrela montana* Moritz ex Turcz.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F	Significancia
<b>Bloque</b>	2	0,5719	0,28596	0,4731	0,656	NS
<b>Tratamiento</b>	9	1,0626	0,11806	0,1953	0,999	NS
<b>Error residual</b>	18	10,8805	0,60447			

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015)

El diámetro del tallo (DIAM) en *Cedrela montana* Moritz ex Turcz no presentó diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos (análisis de varianza diámetro) por lo tanto, se acepta la hipótesis nula para los tratamientos. (Ver tabla 9). Se observa en la tabla 10 el test de normalidad, en el caso del test de Shapiro Wilk el p-valor es menor al nivel de significancia de 0,05, mientras que en los dos restantes es mayor el nivel de significancia, por lo tanto se comprueba que los datos recolectados de la variable no se ajustan a una distribución normal, y en consecuencia se desarrolló un ANAVA por permutaciones con el objeto de ajustar el modelo, de esta manera, se permite sopesar la eventual falta de normalidad. (Ver tabla 11). Se concluye en los datos obtenidos por ANAVA por permutaciones que no se hay diferencia significativa entre ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos.

El diámetro del tallo (DIAM) de *Cedrela montana* Moritz ex Turcz se observa en el anexo 4 y en la figura 4 el tratamiento testigo 1y 2 presenta los mayores resultados para la variable del diámetro del tallo en *Cedrella montana*.



**Figura 4.** Box-plot. Diámetro del tallo por tratamiento de *Cedrela montana* en diferentes sustratos a base de aserrín crudo

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015)

Prosiguiendo con Mateo *et al* (2011) y Méjia (2007) quienes afirman que el aserrín de pino tuvo efectos altos en el diámetro. Mateo *et al* (2011) expresa el hecho de producir plantas de *Pinus patula* con el 30% de aserrín desarrollando el mayor diámetro (3,25), mientras que Méjia (2007) el mayor diámetro lo consiguió con la mezcla del 70% de aserrín en *Cedrela odorata L*, sin perder de vista que las anteriores investigaciones son de distinta especie y variedad respectivamente. Para este caso, se centra en el tipo de sustrato que se está usando, sin embargo, el experimento para esta variable arrojó resultados distintos a los citados, los cuales se orientan al testigo 1 como el mejor comportamiento en la variable de estudio, con el condicionante de no haber diferencia significativa, pese a la afirmación de Escobar *et al.*(2002): los sustratos químicamente activos sirven de soporte a la planta y determinan la capacidad de intercambio catiónico o la capacidad de almacenamiento de nutrientes por parte del sustrato según las exigencias de la planta, no concuerda con los resultados presentes, pero sí de los citados en cuanto al aserrín en donde se encuentra en diferentes proporciones, lo cual hace que haya gran diferencia en la cantidad de lignina y hemicelulosa, por la misma razón expuesta para la variable crecimiento, sin embargo también hay que admitir que los testigos tienen sustrato químicamente activo (cascarilla de arroz), pero en menor proporción frente a los demás tratamientos por la misma razón expuesta para la variable crecimiento.

#### **5.1.2.3. Peso de la materia seca de la parte aérea**

Se desarrolló el análisis de varianza del peso de la materia seca de la parte aérea y la comprobación de la distribución de normalidad, los cuales se muestran a continuación:

**Tabla 12.** Análisis de varianza de la materia seca de la parte aérea en *Cedrela montana* Moritz ex Turcz

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>Pr&gt;F</b>	<b>Significancia</b>
<b>Bloque</b>	2	1,4040	0,70201	2,5940	0,1023	NS
<b>Tratamiento</b>	9	3,9195	0,43551	1,6093	0,1864	NS
<b>Error residual</b>	18	4,8712	0,27062			

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015).

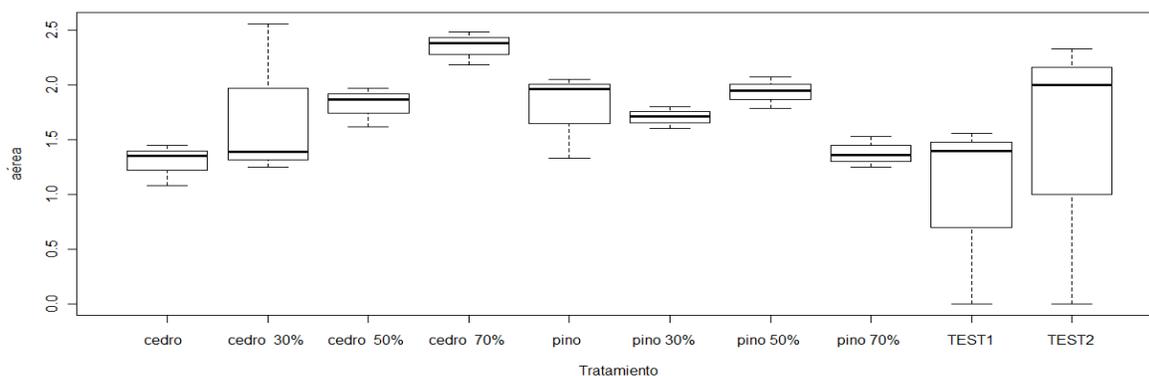
**Tabla 13.** Prueba de normalidad de de la materia seca de la parte aérea en *Cedrela montana* Moritz ex Turcz.

<b>Test de normalidad</b>	<b>p-value</b>
<b>Shapiro –Wilk</b>	0,02637
<b>Durbin-Watson</b>	0,8036
<b>Breush-Pagan</b>	0,06401

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015).

El peso de la materia seca de la parte aérea (PSPA) *Cedrela montana* Moritz ex Turcz no presentó diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos (análisis de varianza PSPA) por lo tanto, se acepta la hipótesis nula para los tratamientos, es decir que se concluye que el efecto de todos los tratamientos para *Cedrela montana* es el mismo, lo que comprueba que no hay diferencia estadísticamente significativa en la respuesta a los tratamientos cuantificados con la variable en estudio. (Ver **tabla 12**). Se procedió a verificar la normalidad de datos y se comprueba en la **tabla 13** que en los test de normalidad de Shapiro – Wilk, Durbin-Watson y Breush - Pagan se presenta el p-valor mayor al nivel de significancia de 0,05, por lo tanto se acepta la hipótesis nula, indicando que hay una distribución normal para esta variable.

Los datos que se obtuvieron para la variable del peso de la materia seca de la parte aérea (PSPA) se muestran en **el anexo 5** y en la **figura 5** donde se concluye que el mejor tratamiento fue *Cedro 70%* con un valor de 2,3 gr y el testigo 2 con 2,2 gr mientras que los más bajos fueron *cedro 100%* y *pino 70%*.



**Figura 5. Box-plot. Peso de la materia seca de la parte aérea por tratamiento de *Cedrela montana* Moritz ex Turcz en diferentes sustratos a base de aserrín crudo**

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015)

Reyes, Cetina & Lopez (2005) obtuvieron el mejor resultado con el tratamiento de aserrín 80% con un valor de 2,48 g, mientras que Méjia (2007) obtuvo mejores resultados con la mezcla de aserrín 30% con un peso de 2,29 g. Al observar las proporciones usadas en las diferentes especies se afirma que el aserrín se constituye en un aliado para obtener mejores resultados en el peso seco de la parte aérea de las plantas, si se toma en cuenta que este estudio arrojó resultados positivos en cuanto a la proporción aserrín 70% con un valor de 2,3 g superando a los pesos descritos. Recapitulando el marco teórico de la variable en estudio, esta representa la cantidad de la materia seca que se formó durante el crecimiento de la planta y puede correlacionarse con la sobrevivencia en campo, pues es el indicador de la eficiencia fisiológica y su efecto es directamente proporcional (Thompson 1984, Méjia 2007), de lo anterior se afirma que en dichas proporciones de aserrín y en el caso específico aserrín de cedro 70% presenta un incremento del rendimiento por unidad de absorción de nutrientes de las plantas en estudio (*Cedrela montana*), asimilando que la característica del aserrín de un alto valor de su relación C/N influye negativamente en el crecimiento de la planta si no se aportan nutrientes, la planta no se desarrolla satisfactoriamente (Mateo *et al.* 2011), sin embargo Méjia (2007), Garzón, Montenegro & López (2005), Mateo *et al.* (2011), aseguran que el aserrín crudo

puede ser utilizado como medio de crecimiento si se agrega cierta cantidad de fertilizante. Así mismo, el usar material vegetal en descomposición, debido al favorecimiento del crecimiento vegetal por el aporte de materia orgánica, mayor retención de humedad y aireación, permite al sistema radicular contar con un sustrato mucho más suelto (Garzón, Montenegro & López 2005).

#### 5.1.2.4. Materia seca de la parte de la raíz.

Se desarrolló el análisis de varianza del peso de la materia seca de la raíz y la comprobación de la distribución de normalidad, los cuales se muestran a continuación:

**Tabla 14.** Análisis de varianza de la materia seca de la raíz en *Cedrela montana* Moritz ex Turcz

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F	Significancia
<b>Bloque</b>	2	0,1743	0,08716	0,3631	0,700480	NS
<b>Tratamiento</b>	9	14,0061	1,55624	6,4833	0,000397	***
<b>Error residual</b>	18	4,3207	0,24004			

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015)

**Tabla 15.** Prueba de normalidad de la materia seca de la raíz en *Cedrela montana* Moritz ex Turcz.

Test de normalidad	p-value
<b>Shapiro –Wilk</b>	0,01471
<b>Durbin-Watson</b>	0,8895
<b>Breush-Pagan</b>	0,08547

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015).

**Tabla 16.** Análisis de varianza por permutaciones de la materia seca de la raíz en *Cedrela montana* Moritz ex Turcz

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F	Significancia
<b>Bloque</b>	2	0,1743	0,08716	0,3631	0,710	NS
<b>Tratamiento</b>	9	14,0061	1,55624	6,4833	0,001	***

---

<b>Error residual</b>	18	4,3207	0,24004
-----------------------	----	--------	---------

---

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015)

El peso de la materia seca de la raíz (PSR) presentó diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos (análisis de varianza PSR) por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula para los tratamientos con un valor de 0,000397, es decir que al menos uno de los tratamientos sobre el peso de la materia seca de la raíz difiere en *Cedrela montana*, lo que se comprueba que hay diferencia estadísticamente significativa en la respuesta a los tratamientos cuantificados con la variable en estudio. (Ver tabla 14). Se observa en la tabla 15 los test de normalidad que el de Shapiro – Wilk el p-valor es menor en al nivel de significancia de 0,05, mientras que para el test de Durbin-Watson y Breush – Pagan es mayor que el nivel de significancia, estos últimos si cumplen con el criterio de normalidad, por lo tanto no se acepta la hipótesis nula, esto significa que no hay una distribución normal de la variable, en consecuencia se desarrolló un ANAVA por permutaciones, con el propósito de ajustar el modelo permitiendo sopesar la eventual falta de normalidad. (Ver tabla 16), cuyos resultados reafirman que existe diferencia significativa entre los tratamientos, con un valor de con un valor de 0,001.

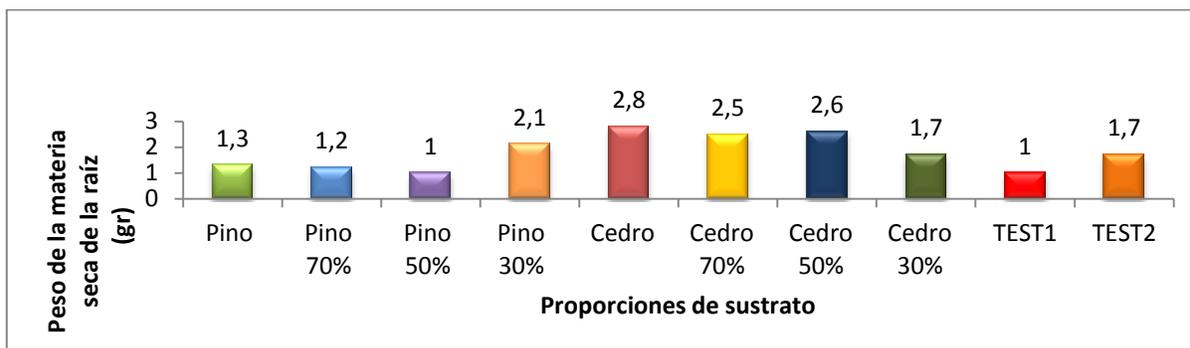
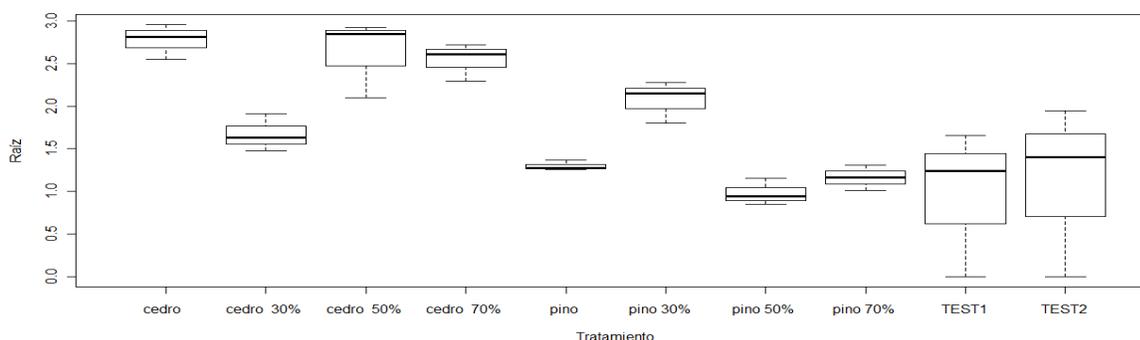


Figura 6. Diagrama de barras. Peso de la materia seca de la raíz por tratamiento de *Cedrela montana* Moritz ex Turcz en diferentes sustratos a base de aserrín crudo

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa Microsoft Excel, versión 2013

Los resultados que se obtuvieron para la variable del peso de la materia seca de la raíz (PSR) se presentan en el **anexo 6** y **figura 6**, esta última hace referencia al promedio total por cada tratamiento y se infiere que el mayor peso lo presenta el *Cedro* 100% con un valor 2,8 gr, seguido de *Cedro* 50% con 2,6gr, *Cedro* 70% con 2,5gr y *Pino* 30% con 2,1gr; mientras que los demás están por debajo de 2gr así: *Cedro* 30% y testigo 2 con 1,7gr, *Pino* 1,3gr, *Pino* 70% 1,2 y los valores más bajos los registran el testigo 1 y *Pino* 50% con 1 gr. Los testigos 1 y 2 tuvieron valores de 1 gr y 1,7 gr respectivamente que al compararlos con los demás tratamientos se aprecia que la influencia es menor en el caso del aserrín de *Cedro* y mayor en aserrín de *Pino* respecto con los resultados obtenidos en la materia seca de la parte de la raíz.



**Figura 7. Box-plot. Peso de la materia seca de la raíz por tratamiento de *Cedrela montana* Moritz ex Turcz en diferentes sustratos a base de aserrín crudo**

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015).

En la **figura 7** se observa que los valores más altos para el peso de la materia seca de la raíz fueron los tratamientos *cedro* 100% y *cedro* 50%.

La comparación entre tratamientos se realizó a través de la prueba Tukey que en este caso, demostró la existencia de diferencia significativa entre las medias de los tratamientos. Teniendo en cuenta que las letras minúsculas indican que existe una diferencia entre el tratamiento del *Pino Cedro* con respecto al *Pino* 50% y testigo1. (Ver **tabla 17**).

**Tabla 17.** Comparación de medias. Prueba de Tukey para el peso de la materia seca de la raíz por tratamiento de *Cedrela montana*

Tratamientos	Medias	M
<b>Cedro</b>	2,770000	a
<b>Cedro 50%</b>	2,626667	ab
<b>Cedro 70%</b>	2,536667	abc
<b>Pino 30%</b>	2,083333	abcd
<b>Cedro 30%</b>	1,680000	abcd
<b>Pino</b>	1,306667	bcd
<b>Pino 70%</b>	1,173333	cd
<b>Test2</b>	1,116667	cd
<b>Test1</b>	0,980000	d
<b>Pino 50%</b>	0,970000	d

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015).

Reyes, Cetina & López (2005) obtuvieron el mejor resultado con el tratamiento de aserrín 80% con un valor de 1,16 g, mientras Méjia (2007) obtuvo mejores resultados con la mezcla de aserrín 30% con un peso de 0,83 g, en concordancia con la investigación, el peso seco de la raíz con 2,8 g como el más alto valor en el aserrín de cedro 100%. Nuevamente el aserrín de cedro genera gran expectativa en su uso, teniendo presente que el peso seco de la raíz muestra el comportamiento fisiológico de la planta y refleja la acumulación de materia seca (MS). Dependiendo de la cantidad de MS se puede comparar la facilidad o dificultad de absorber elementos nutritivos. (Méjia, 2007), de acuerdo a lo anterior se afirma la relación entre el tipo de sustrato con el fácil acceso de nutrientes a la planta, en este aspecto las propiedades químicas del sustrato, pues de estas depende la disponibilidad de nutrientes, además este debe contener nutrientes en forma asimilable, teniendo en cuenta que el fósforo y el potasio son los elementos nutritivos que influyen mayormente en el desarrollo del sistema radical (Zottl & Tschinkel 1971, Mateo et al. 2011).

### 5.1.3. Sustratos más óptimos en la propagación de *Cedrela montana*

Al culminar con el análisis de las variables morfológicas de la investigación se procedió a identificar los sustratos más óptimos en la propagación de *Cedrela montana* mediante el uso del índice de esbeltez y el índice de calidad de Dickson, los cuales se describen a continuación.

#### 5.1.3.1. Índice de esbeltez

Se desarrolló el análisis de varianza del índice de esbeltez y la comprobación de la distribución de normalidad, los cuales se muestran a continuación:

**Tabla 18.** Análisis de varianza del índice de esbeltez en *Cedrela montana* Moritz ex Turcz

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F	Significancia
<b>Bloque</b>	2	0,4383	0,21916	0,3059	0,00410	NS
<b>Tratamiento</b>	9	3,6959	0,41066	0,5732	0,00379	NS
<b>Error residual</b>	18	12,8957	0,71643			

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015)

**Tabla 19.** Prueba de normalidad del índice de esbeltez en *Cedrela montana* Moritz ex Turcz.

Test de normalidad	p-value
<b>Shapiro –Wilk</b>	0,00332
<b>Durbin-Watson</b>	0,8644
<b>Breush-Pagan</b>	0,06649

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015)

**Tabla 20.** Análisis de varianza por permutaciones del índice de esbeltez en *Cedrela montana* Moritz ex Turcz

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F	Significancia
<b>Bloque</b>	2	0,4383	0,21916	0,3059	0,810	NS

<b>Tratamiento</b>	9	3,6959	0,41066	0,5732	0,879	NS
<b>Error residual</b>	18	12,8957	0,71643			

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015).

El índice de esbeltez (IE) no presentó diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos (análisis de varianza) por lo tanto, se acepta la hipótesis nula para los tratamientos, es decir que los tratamientos sobre la esbeltez no difieren en *Cedrela montana*, lo que se comprueba que no hay diferencia estadísticamente significativa en la respuesta a los tratamientos cuantificados con la variable en estudio. (Ver tabla 18). Se procedió a validar los supuestos de normalidad, cuyos resultados se muestran en la tabla 19, se observa que el p-valor es mayor al nivel de significancia de 0,05, por lo tanto no se acepta la hipótesis nula, pues no se constata la normalidad en el Test Shapiro – Wilk, pero si en los de Durbin-Watson y Breush – Pagan, en consecuencia se desarrolló un ANAVA por permutaciones para ajustar el modelo y evidenciar que se permite sopesar la eventual falta de normalidad. (Ver tabla 20). Los resultados del ANAVA por permutaciones se constataron que no hay diferencia significativa entre los tratamientos

Los resultados que se obtuvieron para la variable de índice de esbeltez (IE) se evidencian en el anexo 7, donde se puede observar que el valor más alto lo presenta el Pino 30% y Cedro 50% con un valor de 2,88, seguido de Cedro 30% con 2,86.

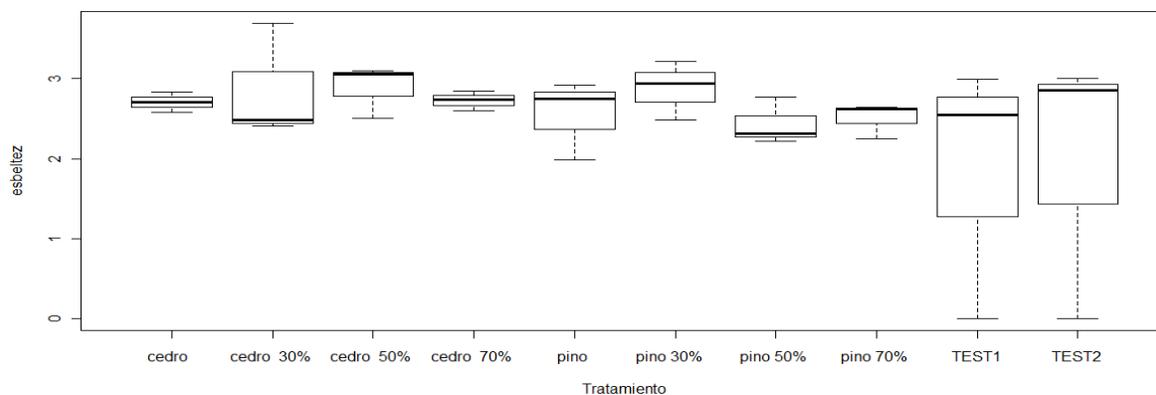


Figura 8. Box-plot. Índice de esbeltez por tratamiento de *Cedrela montana* Moritz ex Turcz en diferentes sustratos a base de aserrín crudo.

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015).

El mejor comportamiento para esta variable se aprecia para el aserrín de pino 30% y cedro 50% lo que significa que aunque tiene los valores más bajos de crecimiento y diámetro de tallo su índice es mayor, lo que significa que el sustrato puede estar contribuyendo con la toma de nutrientes que favorecen más el grosor del tallo que su elongación, ya que esta especie presenta asociación con ectomicorrizas (CORANTIOQUIA, 2007) cuyas esporas pueden provenir del sustrato y estas favorecen no sólo su germinación sino el desarrollo de las plántulas por los estímulos que pueden producir en la planta (Sánchez de Prager, 1999).

### 5.1.3.2. Índice de calidad de Dickson

Se realizó el análisis de varianza del índice de calidad de Dickson y la comprobación de la distribución de normalidad, los cuales se muestran a continuación:

**Tabla 21.** Análisis de varianza del índice de calidad de Dickson en *Cedrela montana* Moritz ex Turcz

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F	Significancia
<b>Bloque</b>	2	0,21578	0,10789	1,5486	0,2395	NS
<b>Tratamiento</b>	9	2,49203	0,27689	3,9744	0,006	**
<b>Error residual</b>	18	1,25402	0,06966			

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015)

**Tabla 22.** Prueba de normalidad del índice de calidad de *Cedrela montana* Moritz ex Turcz.

Test de normalidad	p-value
<b>Shapiro –Wilk</b>	0,0382
<b>Durbin-Watson</b>	0,815
<b>Breush-Pagan</b>	0,08228

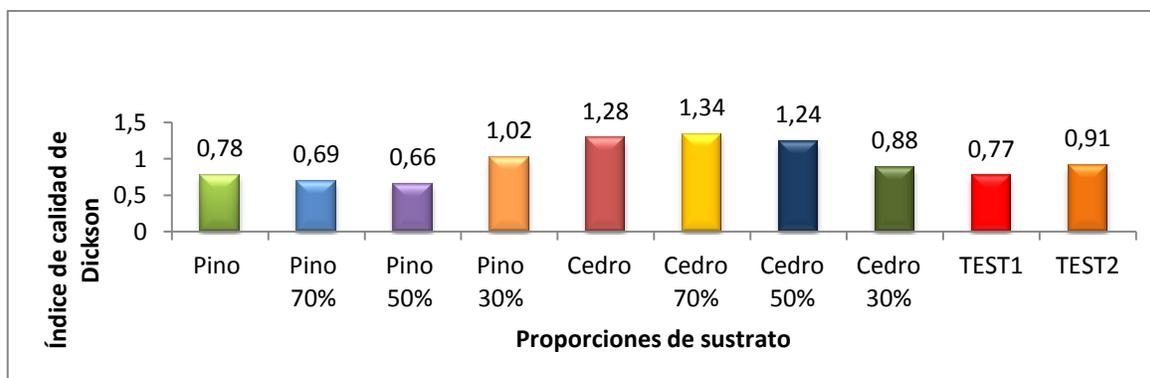
Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015).

**Tabla 23.** Análisis de varianza por permutación del índice de calidad de Dickson en *Cedrela montana* Moritz ex Turcz

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F	Significancia
<b>Bloque</b>	2	0,21578	0,10789	1,5486	0,053	NS
<b>Tratamiento</b>	9	2,49203	0,27689	3,9744	0,113	**
<b>Error residual</b>	18	1,25402	0,06966			

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015).

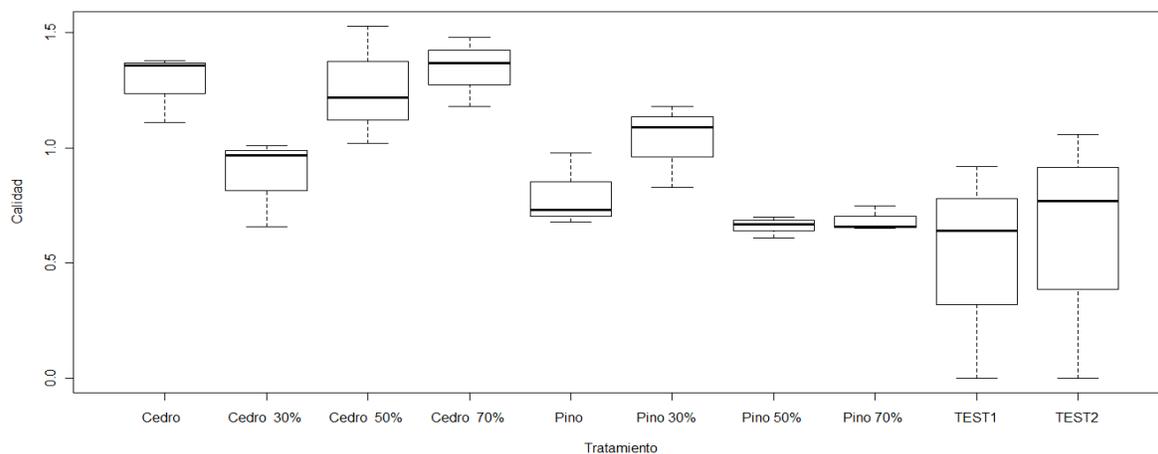
El índice de calidad de Dickson para *Cedrela montana* presentó diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos (análisis de varianza PSR) por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula para los tratamientos con un valor de 0,006, es decir que al menos uno de los tratamientos sobre el índice de calidad de Dickson difiere en *Cedrela montana*, lo que se comprueba que hay diferencia estadísticamente significativa en la respuesta a los tratamientos cuantificados con la variable en estudio. (Ver tabla 21). Se observa en la tabla 22, el p-valor es mayor al nivel de significancia de 0,05, en el test de Shapiro –Wilk, por lo tanto no se acepta la hipótesis nula, lo que significa que no se constató la normalidad de distribución en la variable, es por ello que se recurrió a la realización de un ANAVA por permutaciones, con el objeto de sopesar la eventual falta de normalidad. (Ver tabla23). Los resultados obtenidos en ANAVA por permutaciones y se demostró que existe diferencia significativa en al menos un tratamiento.



**Figura 9.** Diagrama de barras. Índice de calidad de Dickson por tratamiento de *Cedrela montana* Moritz ex Turcz en diferentes sustratos a base de aserrín crudo.

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015).

Los datos que se obtuvieron para la variable del índice de la calidad de Dickson (ICD) se muestran en el **anexo 8** y en la **figura 9 y 10**. Allí se evidencia que los tratamientos con *Cedro* se comportaron mejor donde el máximo valor de 1,34 fue para el tratamiento *Cedro 70%* seguido de *Cedro* con 1,28, *Cedro 50%* 1,24 y *Cedro 30%* con 0.88; por el contrario los tratamientos con *Pino* mostraron los resultados más bajos así: *Pino* 0.78, *Pino 70%* 0.69, *Pino 50%* obtiene el valor más bajo de todo el ensayo con 0,66 y en el tratamiento *Pino 30%* hay un aumento con 1.02. Los testigos 1 y 2 tuvieron valores de 0,77 y 0,91 respectivamente, al compararlos con los demás tratamientos se puede apreciar que su influencia es mayor en el caso del aserrín de *Pino* y menor en el aserrín de *Cedro* respecto con los resultados obtenidos en el índice de esbeltez.



**Figura 10. Índice de calidad de Dickson por tratamiento de *Cedrela montana* Moritz ex Turcz en diferentes sustratos a base de aserrín crudo**

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015).

En la **figura 10** se observa que los más altos valores en el índice de Calidad de Dickson fueron para cedro 70 y 100%.

La comparación entre tratamientos se realizó a través de la prueba Tukey que en este caso, demostró la existencia de diferencia significativa entre las medias de

los tratamientos con el mayor valor de significancia para el *Cedro* 70% y con el menor valor *Cedro* 30%. Existe una diferencia entre el tratamiento del *Cedro* 100 %, 70% y 50% con respecto al *Pino* 30% y estos a su vez con los testigos 2 y *Cedro* 30%. Mientras que el testigo 1 y los tratamientos de *Pino* 100, 70% y 50% presentan similar comportamiento (ver tabla 24).

**Tabla 24.** Comparación de medias. Prueba de Tukey para el índice de calidad de Dickson por tratamiento de *Cedrela montana* Moritz ex Turcz

Tratamientos	Medias	M
<b><i>Cedro</i> 70%</b>	1,3428	a
<b><i>Cedro</i></b>	1,2836	a
<b><i>Cedro</i> 50%</b>	1,2551	a
<b><i>Pino</i> 30%</b>	1,0328	b
<b>TEST2</b>	0,9121	bc
<b><i>Cedro</i> 30%</b>	0,8818	bc
<b><i>Pino</i></b>	0,7945	C
<b>TEST1</b>	0,78	C
<b><i>Pino</i> 70%</b>	0,686	C
<b><i>Pino</i> 50%</b>	0,658	C

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015).

El índice de calidad de Dickson vuelve a mostrar que el cedro como sustrato ofrece la mejor calidad de nutrición dado que muestra el mejor comportamiento, a pesar de no ser las plantas más altas y de mayor diámetro de tallo muestran mayor peso seco en toda su estructura, es decir, es un crecimiento más regular lo que seguramente se ve favorecido por el sustrato, dado que además de las ectomicorrizas, puede haber algunas sustancias en el aserrín de cedro que estimulen el crecimiento vegetal como se mencionó anteriormente.

El Índice de calidad de Dickson se determinó con los parámetros morfológicos a saber: peso seco total altura del tallo (cm) diámetro del tallo (mm), peso seco del

tallo (g) y peso seco de las raíces, los cuales se utilizaron para ver la producción vegetativa de las plantas.

## 5.2. *Quercus humboldtii* Bonpl

### 5.2.1. Respuesta de la germinación de *Quercus humboldtii* Bonpl en los sustratos.

Se realizó el análisis de varianza del porcentaje de germinación y la comprobación de la distribución de normalidad, los cuales se muestran a continuación:

**Tabla 25.** Análisis de varianza del porcentaje de germinación de *Quercus humboldtii* Bonpl

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>Pr&gt;F</b>	<b>Significancia</b>
<b>Bloque</b>	2	572,1	286,03	8,3954	0,002656	**
<b>Tratamiento</b>	9	4167,6	463,07	13,5916	2,482e-06	***
<b>Error residual</b>	18	613,3	34,07			

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015).

**Tabla 26.** Prueba de normalidad del porcentaje de germinación de *Quercus humboldtii* Bonpl.

<b>Test de normalidad</b>	<b>p-value</b>
<b>Shapiro –Wilk</b>	0,3003
<b>Durbin-Watson</b>	0,5118
<b>Breush-Pagan</b>	0,145

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015).

Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para el porcentaje de germinación (% GER), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula para los

tratamientos con un valor de  $2,482e-06$ , para los bloques con un valor de  $0,002656$ , lo que se comprueba que hay diferencia estadísticamente significativa en la respuesta a los tratamientos cuantificados con la variable en estudio. (**Ver tabla 25**). Acorde al criterio del p valor con una significancia del 5% (0,05), se comprueba que los datos recolectados de la variable se ajustan a la distribución normal en cada uno de los test de Shapiro – Wilk, Durbin-Watson y Breush – Pagan. (**Ver tabla 26**).

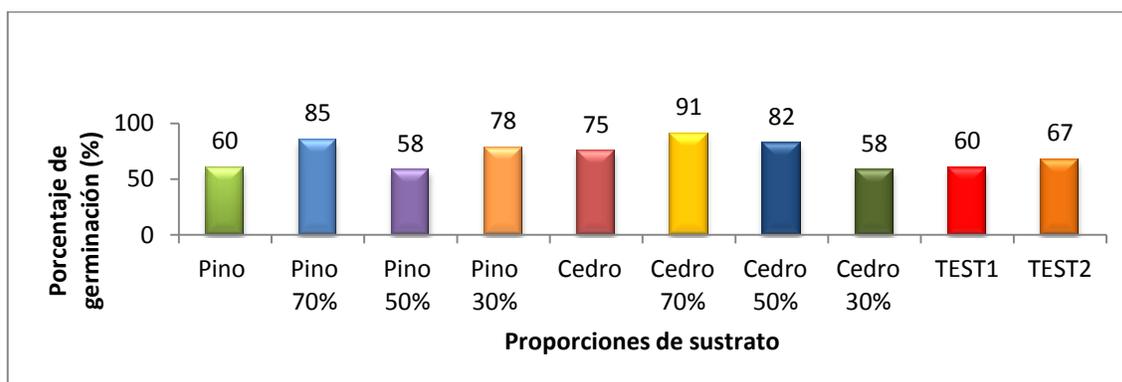


Figura 11. Diagrama de barras. Porcentaje de germinación por tratamiento de *Querus humboldtii* Bonpl en diferentes sustratos a base de aserrín crudo

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa. Microsoft Excel, versión 2013

Los resultados obtenidos en la variable del porcentaje de germinación obtenidos en el experimento se pueden apreciar en el **anexo 9** y en la **figura 11**, en esta última se observa que el tratamiento *Cedro* 70% tiene el mayor porcentaje de germinación con 91% seguido de *Pino* 70% con 85% de germinación y *Cedro* 50% con 82% de germinación; por el contrario los más bajos valores fueron para los tratamientos *Pino* 50% y *Cedro* 30% con 58% de germinación como se observa en la **figura 11**. De otra parte los testigos 1 y 2 presentaron valores 60% y 67% respectivamente, comparándolos con los demás tratamientos, tiene la influencia más baja respecto a la germinación debida seguramente a que el aserrín acumula más agua favoreciendo la hidratación de la semilla.

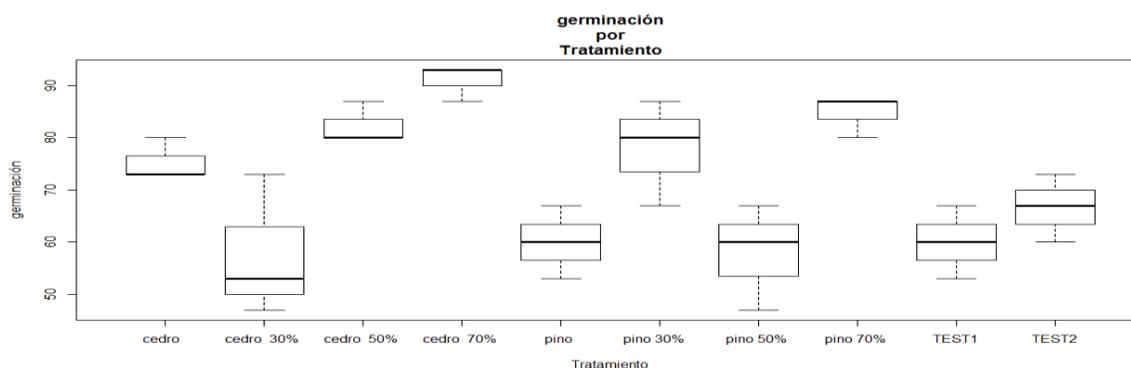


Figura 12. Box-plot. Porcentaje de germinación por tratamiento de *Quercus humboldtii* Bonpl en diferentes sustratos a base de aserrín crudo

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015).

En la **figura 12**, los tratamientos con mayor porcentaje de germinación fueron *Cedro 70%* tiene el mayor porcentaje de germinación con 91% seguido de *Pino 70%* con 85% de germinación.

La comparación entre tratamientos se hizo a través de la prueba Tukey, que en este caso, demostró la existencia de diferencia significativa entre las medias de los tratamientos para el *Cedro 70%* y *Cedro 30%*, teniendo en cuenta que las letras minúsculas permiten identificar la existencia de una diferencia entre el tratamiento del *Cedro 70%* con respecto al *Cedro 30%*, así como el tratamiento del *Pino 70%* con respecto al *Pino 50%*.(Ver **tabla 27**).

**Tabla 27.** Comparación de medias. Prueba de Tukey en el porcentaje de germinación por tratamiento de *Quercus humboldtii* Bonpl

Tratamientos	Medias	M
<b>Cedro 70%</b>	91,00000	a
<b>Pino 70%</b>	84,66667	a
<b>Cedro 50%</b>	82,33333	ab
<b>Pino 30%</b>	78,00000	ab
<b>Cedro</b>	75,00000	abc
<b>Test 2</b>	66,66667	bcd

<b>Pino</b>	60,00000	cd
<b>Test 1</b>	60,00000	cd
<b>Pino 50%</b>	58,00000	d
<b>Cedro 30%</b>	57,66667	d

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015).

La germinación es dependiente de la cantidad de agua retenida en el sustrato, sin embargo la variación que se presenta puede ser consecuencia de capas impermeables, inhibidores químicos, temperaturas ambientales desfavorables y la temperatura ambiental; en especies tropicales es un factor que la favorece conforme esta aumenta (Quinto *et al* 2009). Sin embargo, y como se observa en las dos especies, un factor que parece ser más determinante es la viabilidad de la semilla y la especie, dado que en el roble la germinación fue mayor. Otro factor que puede estar influyendo es que los sustratos tengan una concentración de citoquininas, y sean las responsables del efecto encontrado en promover la germinación (Taiz y Zeiger, 1998), teniendo en cuenta el comportamiento de los testigos.

### **5.2.2. Influencia de los sustratos en el crecimiento de *Quercus humboldtii* Bonpl**

Para determinar la influencia de los sustratos en el crecimiento de *Quercus humboldtii* se evaluaron los siguientes parámetros morfológicos de la planta: altura, diámetro del tallo, peso de la materia seca de la parte aérea y peso de la materia seca de la raíz. A continuación se relacionan los resultados obtenidos:

### 5.2.2.1. Altura

Se desarrolló el análisis de varianza de la altura y la comprobación de la distribución de normalidad, y se muestran a continuación:

**Tabla 28.** Análisis de varianza de la altura de *Quercus humboldii* Bonpl

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>Pr&gt;F</b>	<b>Significancia</b>
<b>Bloque</b>	2	1,4251	0,71257	0,4814	0,6257	NS
<b>Tratamiento</b>	9	7,0016	0,77796	0,5256	0,8373	NS
<b>Error residual</b>	18	26,6448	1,48027			

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015)

**Tabla 29.** Prueba de normalidad de la altura de *Quercus humboldii* Bonpl

<b>Test de normalidad</b>	<b>p-value</b>
<b>Shapiro –Wilk</b>	0,935
<b>Durbin-Watson</b>	0,7851
<b>Breush-Pagan</b>	0,2768

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015).

La altura (ALT) no presentó diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos (análisis de varianza altura) por lo tanto, se acepta la hipótesis nula para los tratamientos, es decir que se concluye que el efecto de todos los sustratos en la altura de *Quercus humboldii* es el mismo, lo que se comprueba que no hay diferencia estadísticamente significativa en la respuesta a los tratamientos cuantificados con la variable en estudio. (**Ver tabla 28**). Acorde al criterio del p valor con una significancia del 5% (0,05), se comprueba a partir de los test Shapiro – Wilk, Durbin-Watson y Breush - Pagan que los datos recolectados de la variable se ajustan a la distribución normal. (**Ver tabla 29**).

Los datos que se obtuvieron para la variable **altura (ALT)** se muestran en el **anexo10**, allí se aprecia que el tratamiento con mayor valor en altura es para el testigo 1 con 9,96 y pino 70% con 9,04cm.

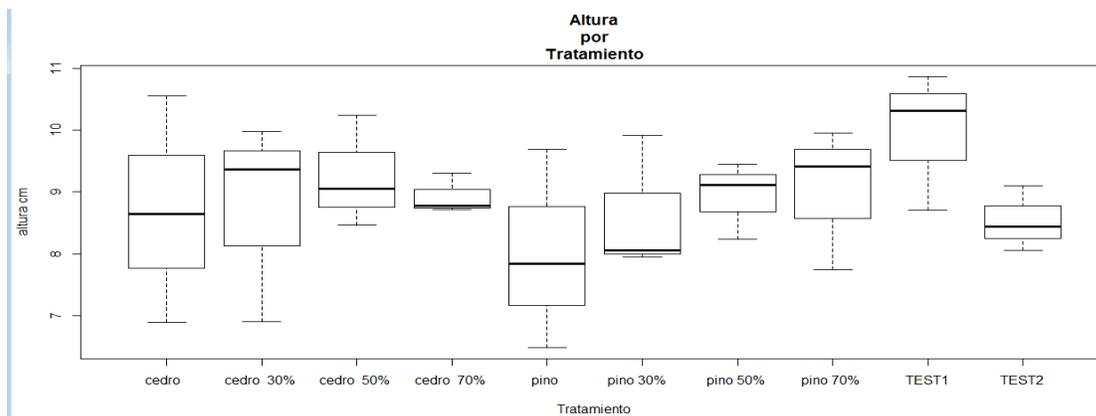


Figura 13. Box-plot. Altura por tratamiento de *Quercus humboldtii* Bonpl en diferentes sustratos a base de aserrín crudo

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015).

La altura de la plántula depende de la especie, suministro de agua minerales y clima, por lo que como se observa en los tratamientos, los testigos mostraron mejor comportamiento, sin embargo, se debe considerar que las plántulas solo pueden absorber nutrientes si ya tiene hojas verdaderas que hagan fotosíntesis, por lo que antes de esto dependerán de los nutrientes almacenados en la semilla. Teniendo en cuenta que además de los factores mencionados, el crecimiento longitudinal de una planta depende del alargamiento celular del coleoptilo y este depende de la auxina (Bornner y Galston 1959) que además controla alargamiento de tallos, pedúnculos florales, peciolo y nervios foliares y probablemente otros órganos se explica el hecho de que el crecimiento de las plántulas en estos sustratos haya sido muy parejo

#### 5.2.2.2. Diámetro del tallo

Se realizó el análisis de varianza del diámetro del tallo y la comprobación de la distribución de normalidad, los cuales se muestran a continuación:

**Tabla 30.** Análisis de varianza del diámetro del tallo en *Quercus humboldii* Bonpl

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>Pr&gt;F</b>	<b>Significancia</b>
<b>Bloque</b>	2	0,000889	0,004443	0,0505	0,9509	NS
<b>Tratamiento</b>	9	0,84082	0,093424	1,0609	0,4343	NS
<b>Error residual</b>	18	1,58511	0,088062			

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015).

**Tabla 31.** Prueba de normalidad diámetro del tallo en *Quercus humboldii* Bonpl

<b>Test de normalidad</b>	<b>p-value</b>
<b>Shapiro –Wilk</b>	0,8762
<b>Durbin-Watson</b>	0,1345
<b>Breush-Pagan</b>	0,1407

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015).

El diámetro del tallo (DIAM) en *Quercus humboldii* no presentó diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos (análisis de varianza diámetro) por lo tanto, se acepta la hipótesis nula para los tratamientos, es decir que se concluye que el efecto de todos los tratamientos en el diámetro de *Quercus humboldii* es el mismo, lo que se comprueba que no hay diferencia estadísticamente significativa en la respuesta a los tratamientos cuantificados con la variable en estudio. (Ver **tabla 30**). Acorde al criterio del p valor con una significancia del 5% (0,05), se comprueba que los datos recolectados de la variable se ajustan a la distribución normal, resultados arrojados por los test Shapiro – Wilk, Durbin-Watson y Breush - Pagan . (Ver **tabla 31**).

Los resultados que se obtuvieron para el diámetro del tallo (DIAM) se muestran en el **anexo 11** y **figura 14** en la cual se aprecia que el valor máximo es para los tratamientos Pino 30% y *Cedro* 50% con 3,37 mm.

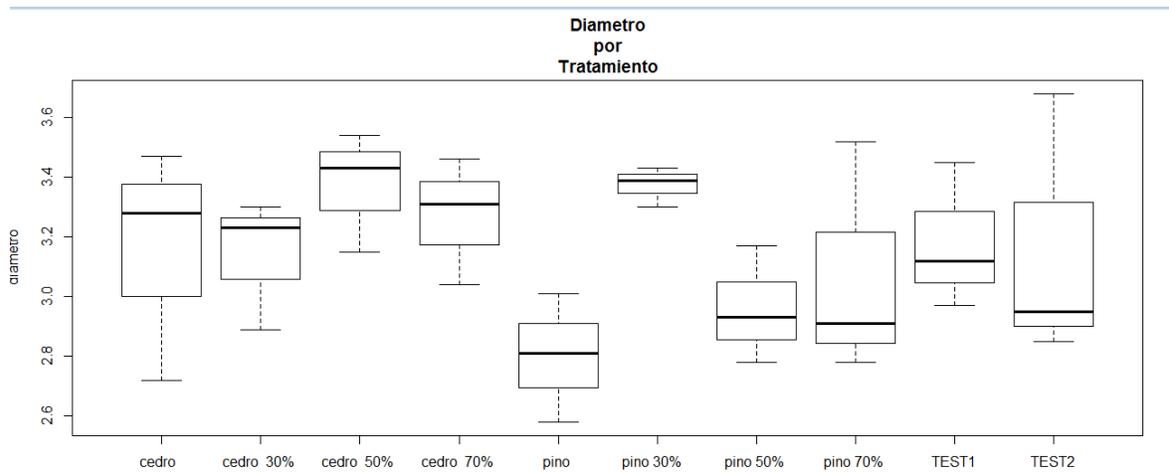


Figura 14. Box-plot. Diámetro del tallo por tratamiento de *Quercus humboldtii* Bonpl en diferentes sustratos a base de aserrín crudo

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015).

El diámetro del tallo depende igualmente de la especie, agua nutrientes y clima y como se aprecia no se muestran diferencias entre los tratamientos, pero y como se dijo anteriormente esta variable también depende de la auxina, hormona de crecimiento, que se produce en el ápice del coleoptilo y se distribuye por toda la planta a través del floema. No obstante algunas especies la producen en otros órganos como yema apical, ápice de la raíz y hojas, lo que ayuda al aumento de tamaño de estas estructuras, dado que la acción de la enzima consiste en hacer decrecer la presión parietal ejercida por la capsula contra la expansión de la célula, haciendo que se produzca en la célula un déficit de difusión provocando la entrada de agua y la célula aumentara de tamaño hasta que la presión parietal equilibre la presión osmótica ( Salisbury y Ross 1992). Esto explicaría porque las plantas crecen en los sustratos de aserrín en los que no existen muchos nutrientes minerales.

### 5.2.2.3. Peso de la materia seca de la parte aérea

Se realizó el análisis de varianza de la materia seca de la parte aérea y la comprobación de la distribución de normalidad, los cuales se muestran a continuación:

**Tabla 32.** Análisis de varianza de la materia seca de la parte aérea en *Quercus humboldii* Bonpl

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F	Significancia
<b>Bloque</b>	2	0,2287	0,11433	1,9452	0,1719	NS
<b>Tratamiento</b>	9	27,4480	3,04978	51,8866	4,809e-11	***
<b>Error residual</b>	18	1,0580	0,05878			

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015)

**Tabla 33.** Prueba de normalidad materia seca de la parte aérea en *Quercus humboldii* Bonpl

Test de normalidad	p-value
<b>Shapiro –Wilk</b>	0,13003
<b>Durbin-Watson</b>	0,9166
<b>Breush-Pagan</b>	0,08417

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015)

El peso de la materia seca de la parte aérea (PSPA) presentó diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos con un valor de 4,809e-11 (análisis de varianza PSPA) por lo tanto, no se acepta la hipótesis nula para los tratamientos, es decir que se concluye que el efecto de todos los tratamientos en el de *Quercus humboldii* no es el mismo, lo que se comprueba que hay diferencia estadísticamente significativa en la respuesta a los tratamientos cuantificados con la variable en estudio. (Ver **tabla 32**). Acorde al criterio del p valor con una significancia del 5% (0,05), se comprueba a través de los resultados obtenidos por los test Shapiro – Wilk, Durbin-Watson y Breush – Pagan que los datos recolectados de la variable se ajustan a la distribución normal (**Ver tabla 33**).

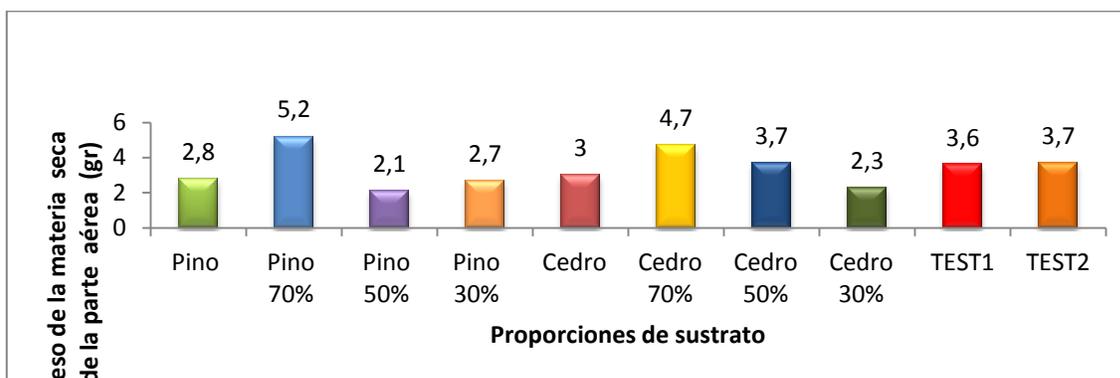


Figura 15. Peso de la materia seca de la parte aérea de *Quercus humboldtii* Bonpl en diferentes sustratos a base de aserrín crudo

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa Microsoft Excel, versión 2013

Los datos obtenidos para la variable del peso de la materia seca de la parte aérea (PSPA) se muestran en el **anexo 12** y en la **figura 15**, la cual permite identificar que el tratamiento Pino 70% con un valor de 5,2 gr es el más alto seguido de Cedro 70% con 4,7gr, luego los tratamientos Cedro 50% y testigo 2 coinciden con 3,7gr; en general el Pino muestra los valores más bajos 2,1 para el tratamiento Pino 50% y las proporciones 100%,30% se presentaron 2,8gr y 2,7gr respectivamente, lo cual deja ver la gran diferencia con respecto al máximo valor del mismo sustrato. En cuanto al aserrín de Cedro el menor valor fue para Cedro 30% con 2,3 gr. Para el caso de los testigos 1 y 2 obtuvieron 3,6 gr y 3,7 gr, que al compararlos con los demás tratamientos sobre pasa a los algunos tratamientos de los sustratos del Pino con excepción del Pino 70% y Cedro 70%, así mismo estos últimos coinciden en ser los mejores en proporción.

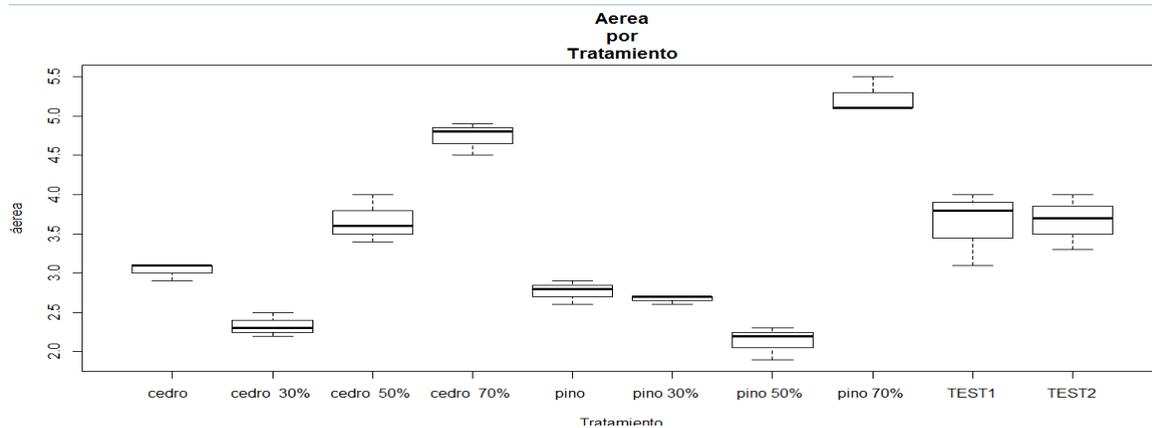
La comparación entre tratamientos se hizo a través de la prueba Tukey, que en este caso, demostró la existencia de diferencia significativa entre las medias de los tratamientos con el mayor valor de significancia para el Pino 70%, y el menor valor de significancia Pino 50%, teniendo en cuenta que las letras minúsculas permiten identificar la existencia de diferencias entre los tratamiento del Pino

70%, *Cedro 70%* con respecto a los dos testigos y *Cedro*, así como estos mismo con el *Pino 50%* (ver **tabla 34**).

**Tabla 34.** Comparación de medias. Prueba de Tukey. Peso de la materia seca de la parte aérea por tratamiento de *Quercus humboldtii* Bonpl

Tratamientos	Medias	M
<b>Pino 70%</b>	5,233333	A
<b>Cedro 70%</b>	4,733333	A
<b>Test 2</b>	3,666667	B
<b>Test 1</b>	3,666667	B
<b>Cedro</b>	3,033333	B
<b>Pino</b>	2,766667	Cd
<b>Pino 30%</b>	2,666666	Cd
<b>Cedro 30%</b>	2,333333	Cd
<b>Pino 50%</b>	2,133333	D

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R Development Core Team, versión 2.15.0 (2012).



**Figura 16.** Box-plot. Peso de la materia seca de la parte aérea por tratamiento de *Quercus humboldtii* Bonpl en diferentes sustratos a base de aserrín crudo.

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015)

La **figura 16** permite establecer que el tratamiento *Pino 70%* con un valor de 5,2 gr es el más alto seguido de *Cedro 70%* con 4,7gr.

Retomando los estudios de Reyes, Cetina & López (2005), Andrade y Valenzuela (2002) y Mejía (2007), teniendo en cuenta que son estudios de diferentes especies, pero que de estas se afirma que en dichas proporciones de aserrín y en el caso específico aserrín de pino 70% presenta un incremento del rendimiento por unidad de absorción de nutrientes de las plantas en estudio (*Quercus humboldtii* Bonpl), asimilando que la característica del aserrín de un alto valor de su relación C/N influye negativamente en el crecimiento de la planta si no se aportan nutrimentos, la planta no se desarrolla satisfactoriamente (Mateo *et al.* 2011), sin embargo Méjia (2007), Garzón, Montenegro & López (2005), Mateo *et al* (2011), aseguran que el aserrín crudo puede ser utilizado como medio de crecimiento si se agrega cierta cantidad de fertilizante. Así mismo, el usar material vegetal en descomposición, debido al favorecimiento del crecimiento vegetal por el aporte de materia orgánica, mayor retención de humedad y aireación, permite al sistema radicular contar con un sustrato mucho más suelto (Garzón, Montenegro & López 2005).

#### 5.2.2.4. Peso de la materia seca de la raíz

Se realizó el análisis de varianza del porcentaje de germinación y la comprobación de la distribución de normalidad, los cuales se muestran a continuación:

**Tabla 35.** Análisis de la varianza de la materia seca de la raíz en *Quercus humboldtii* Bonpl

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F	Significancia
<b>Bloque</b>	2	0,1787	0,08933	0,8171	00,4575	NS
<b>Tratamiento</b>	9	20,04070	2,22744	20,3730	1,102e-07	***
<b>Error residual</b>	18	1,9680	0,10933			

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015)

**Tabla 36.** Prueba de normalidad de materia seca de la raíz en *Quercus humboldtii* Bonpl

Test de normalidad	p-value
--------------------	---------

<b>Shapiro –Wilk</b>	0,8362
<b>Durbin-Watson</b>	0,004638
<b>Breush-Pagan</b>	0,03972

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015)

**Tabla 37.** ANAVA no paramétrico con el test de Friedman de la variable materia seca de la raíz en *Quercus humboldii* Bonpl

<b>Chi cuadrado</b>	<b>Df</b>	<b>p-value</b>
17,214	2	0,0001828

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015)

El peso de la materia seca de la raíz (PSR) presentó diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos (análisis de varianza PSR) por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula para los tratamientos con un valor de  $1,102e-07$ , es decir que al menos uno de los tratamientos sobre el peso de la materia seca de la raíz difiere en *Quercus humboldii*, lo que se comprueba que hay diferencia estadísticamente significativa en la respuesta a los tratamientos cuantificados con la variable en estudio. (Ver **tabla 35**). Acorde al criterio del p valor con una significancia del 5% (0,05), los datos no se ajustan a una distribución normal, alejándose mucho de la misma y no permitiendo ser ajustados por un ANAVA por permutaciones, por lo tanto se procedió a desarrollar en este caso el ANAVA no paramétrico de Friedman, (**Ver tabla 36**). Con criterio de P valor con una significancia del 5%(0,05) Se comprueba que hay diferencia estadística entre los tratamientos, en esta caso se analizaron las medianas. (**Ver tabla 37**). Los resultados obtenidos del ANAVA no paramétrico confirmo que existe diferencia significativa entre los tratamientos.

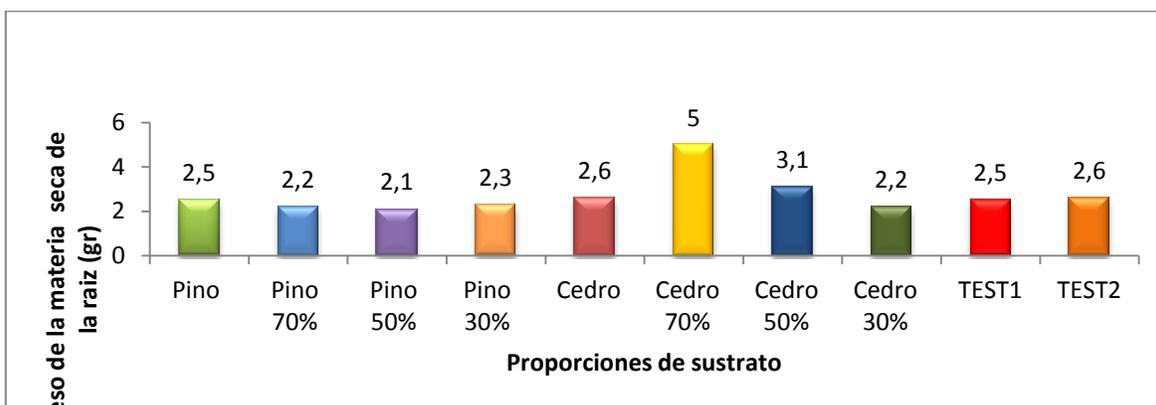


Figura 17. Diagrama de barras. Peso de la materia seca de la raíz por tratamiento de *Quercus humboldtii* Bonpl en diferentes sustratos a base de aserrín crudo

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa Microsoft Excel, versión 2007

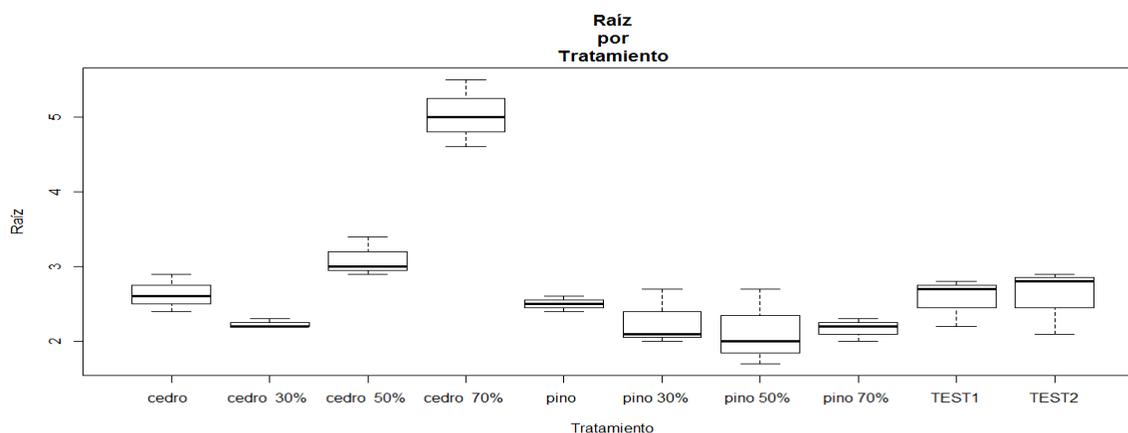
Los resultados que se obtuvieron para la variable del peso de la materia seca de la raíz (PSR) se presentan en el **anexo 13** y en la **figura 17** la cual indica que el tratamiento con mayor valor para el peso fue *Cedro 70%* con 5 gr y la menor fue para el tratamiento *Pino 50%* con 2,1 gr. Para el caso del aserrín de *Pino* el más alto valor se encontró en la proporción 100% con 2,5gr y el más bajo fue para 50% con 2,1 gr, mientras que para el aserrín de *Cedro* el máximo fue para el 70% citado anteriormente y para el más bajo fue el *Cedro 30%* con 2,2 gr. Para los testigos 1 y 2 se obtuvieron 2,5 y 2,6 gr respectivamente, así mismo su comportamiento fue muy similar al resto de los demás tratamientos a excepción del *Cedro 70%*.

La comparación entre tratamientos se hizo a través de la comparación de medianas, debido a que se usó el ANAVA no paramétrico con el test de Friedman por lo que se descarta la prueba de Tukey. Los resultados del cuadro resumen de las medidas de tendencia central (mediana) se demostró que el tratamiento *Cedro 70%*, es el mejor con un valor de 5. (**Tabla 38**).

**Tabla 38.** Comparación de medianas. Peso de la materia seca de la raíz por tratamiento de *Quercus humboldtii* Bonpl

Tratamiento	Mediana
Pino	2,50
Pino 70	2,20
Pino 50	2,13
Pino 30	2,10
Cedro	2,63
Cedro 70	5,00
Cedro 50	3,00
Cedro 30	2,23
Test 1	2,75
Test 2	2,80

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015).



**Figura 18.** Box-plot. Peso de la materia seca de la raíz por tratamiento de *Quercus humboldtii* Bonpl en diferentes sustratos a base de aserrín crudo.

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015).

La **figura 18** muestra que los tratamientos **tratamiento Cedro 70%** y **Cedro 50%** presentan los más altos valores en cuanto el peso de la materia seca de la raíz.

Continuando con Reyes, Cetina & López (2005) y Méjia (2007) quienes obtuvieron los mejores resultados con proporciones de 80% y 30% de aserrín respectivamente mientras que las proporciones del aserrín de cedro 70% para el caso de estudio genera gran expectativa en su uso ya que el peso seco de la raíz muestra el comportamiento fisiológico de la planta y refleja la acumulación de materia seca (MS). Dependiendo de la cantidad de MS se puede comparar la facilidad o dificultad de absorber elementos nutritivos. (Méjia, 2007), de acuerdo a lo anterior se afirma la relación entre el tipo de sustrato con el fácil acceso de nutrientes a la planta, en este aspecto las propiedades químicas del sustrato, pues de estas depende la disponibilidad de nutrientes, además este debe contener nutrientes en forma asimilable, teniendo en cuenta que el fósforo y el potasio son los elementos nutritivos que influyen mayormente en el desarrollo del sistema radical (Zottl & Tschinkel 1971, Mateo et al. 2011).

En general se observa que el mejor comportamiento lo muestra el sustrato cedro 70% debido seguramente a que el crecimiento de la raíz no solo depende de las sales minerales que absorbe de la solución nutritiva del suelo y de los hidratos de carbono formados en las hojas y desplazados hacia ellas, sino también de tres sustancias químicas especiales que se originan en las hojas y pasan a la raíz en pequeñas cantidades tiamina, piridoxina y ácido nicotínico (hormonas de crecimiento radicular) (Bornner y Galston 1959), que influyen en el tamaño de la raíz y de la cantidad de nutrientes minerales que almacene.

#### **5.2.2.5. Índice de esbeltez**

Se realizó el análisis de varianza del índice de esbeltez y la comprobación de la distribución de normalidad, los cuales se muestran a continuación:

**Tabla 39.** Análisis de varianza del índice de esbeltez en *Quercus humboldii* Bonpl

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F	Significancia
<b>Bloque</b>	2	0,25433	0,12716	1,2592	0,3077	NS
<b>Tratamiento</b>	9	0,74988	0,08332	0,8251	0,6019	NS
<b>Error residual</b>	18	1,81774	0,10099			

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015)

**Tabla 40.** Prueba de normalidad índice de esbeltez en *Quercus humboldii* Bonpl

Test de normalidad	p-value
<b>Shapiro –Wilk</b>	0,7244
<b>Durbin-Watson</b>	0,2962
<b>Breush-Pagan</b>	0,2918

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015).

El índice de esbeltez (IE) no presentó diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos (análisis de varianza) por lo tanto, se acepta la hipótesis nula para los tratamientos, es decir que en los tratamientos sobre la esbeltez no difiere en *Quercus humboldii*, lo que se comprueba que no hay diferencia estadísticamente significativa en la respuesta a los tratamientos cuantificados con la variable en estudio. (Ver **tabla 39**). Acorde al criterio del p valor con una significancia del 5% (0,05), en los test Shapiro – Wilk, Durbin-Watson y Breush – Pagan, se comprueba que los datos recolectados de la variable se ajustan a la distribución normal. (Ver **tabla 40**).

Los resultados que se obtuvieron para la variable de índice de esbeltez (IE) se transcribieron se muestran en el **anexo 14**, en estas se puede observar que el tratamiento testigo 1 y pino 50% fueron los que obtuvieron un alto valor de 3,13 y 3,02 respectivamente.

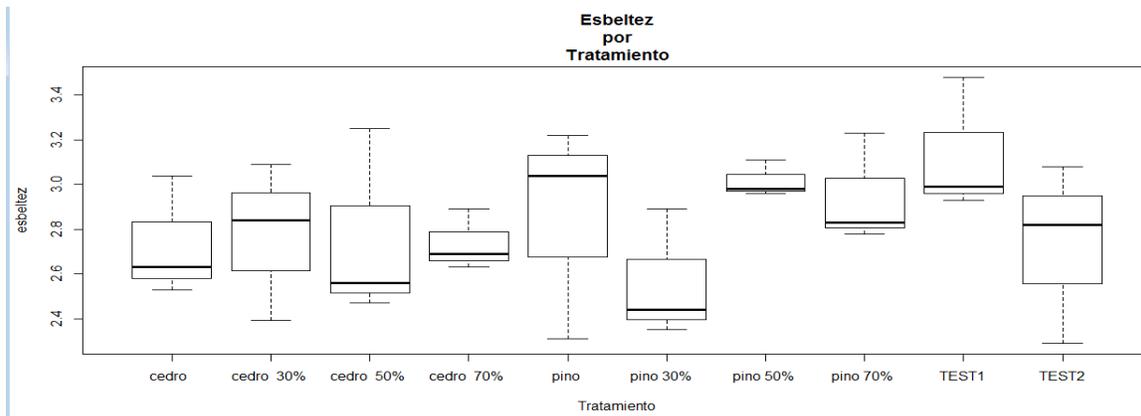


Figura 19. Box-plot. Índice de Esbeltez por tratamiento de *Quercus humboldtii* Bonpl en diferentes sustratos a base de aserrín crudo.

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015).

De acuerdo con los resultados obtenidos el índice de esbeltez para el roble mostró que los valores fueron en general muy similares, esto comprueba que no existe un único modelo para la calidad de cada especie, las plantas se comportan de manera diferente aun en el mismo sustrato como se observa en esta variable. Así mismo, se puede afirmar que el sustrato puede estar contribuyendo con la toma de nutrientes que favorecen más el grosor del tallo que su elongación, ya que esta especie presenta asociación con ectomicorrizas (CORANTIOQUIA, 2007) cuyas esporas pueden provenir del sustrato y estas favorecen no sólo su germinación sino el desarrollo de las plántulas por los estímulos que pueden producir en la planta (Sánchez de Prager, 1999).

#### 5.2.2.6. Índice de calidad de Dickson

Se realizó el análisis de varianza del índice de calidad de Dickson y la comprobación de la distribución de normalidad, los cuales se muestran a continuación:

**Tabla 41.** Análisis de varianza del índice de calidad de Dickson de *Quercus humboldii* Bonpl

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F	Significancia
<b>Bloque</b>	2	0,6147	0,30733	2,6908	0,09497	NS
<b>Tratamiento</b>	9	16,2804	1,80893	15,8379	7,824e-07	**
<b>Error residual</b>	18	2,0559	0,11422			

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015).

**Tabla 42.** Prueba de normalidad del índice de calidad de Dickson de *Quercus humboldii* Bonpl

Test de normalidad	p-value
<b>Shapiro –Wilk</b>	0,7244
<b>Durbin-Watson</b>	0,6585
<b>Breush-Pagan</b>	0,4875

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015).

El índice de la calidad de Dickson presentó diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) con un valor de 7,123 entre tratamientos (análisis de varianza de índice de la calidad) por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula para los tratamientos, es decir que alguno de los tratamientos sobre la variable difiere, lo que se comprueba que hay diferencia estadísticamente significativa en la respuesta a los tratamientos cuantificados con la variable en estudio. (Ver **tabla 41**). Acorde al criterio del p valor con una significancia del 5% (0,05), y los resultados obtenidos de los test Shapiro – Wilk, Durbin-Watson y Breush – Pagan, se comprueba que los datos recolectados de la variable se ajustan a la distribución normal. (**Ver tabla 42**).

Los resultados para la variable del índice de la calidad de Dickson (ICD) se presentan en el **anexo 15** la cual permite observar que el tratamiento *Cedro* 70% con 2,66 representa el máximo valor, mientras que los demás valores están por debajo de 2 así: el mínimo lo obtuvo el Pino 50% con 1,06. En el sustrato de Pino las proporciones con el más alto valor fue para Pino 70% con 1,38 y el menor con 1,06 para Pino 50%, mientras que para el aserrín de *Cedro* el

máximo lo tiene la proporción 70% citada anteriormente y la menor fue el 30% con 1,21. Para el caso de los testigos 1 y 2 con 1,35 y 1,54 respectivamente, comparándolos con los demás sustratos presenta similitud a excepción de las proporciones de *Cedro* 70% y *Cedro* 50% con 1,73.

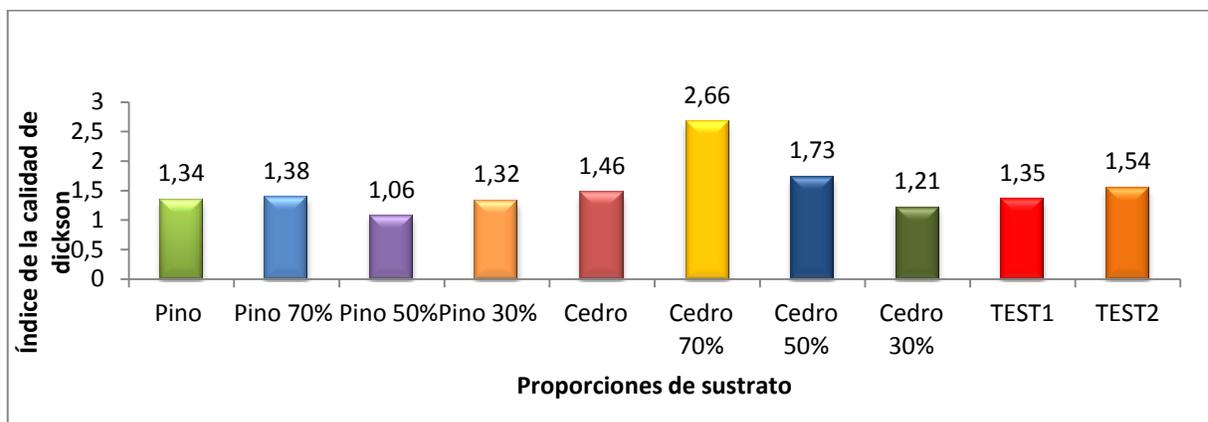


Figura 20. Diagrama de barras. Índice de la calidad de Dickson por tratamiento de *Quercus humboldtii* Bonpl en diferentes sustratos a base de aserrín crudo.

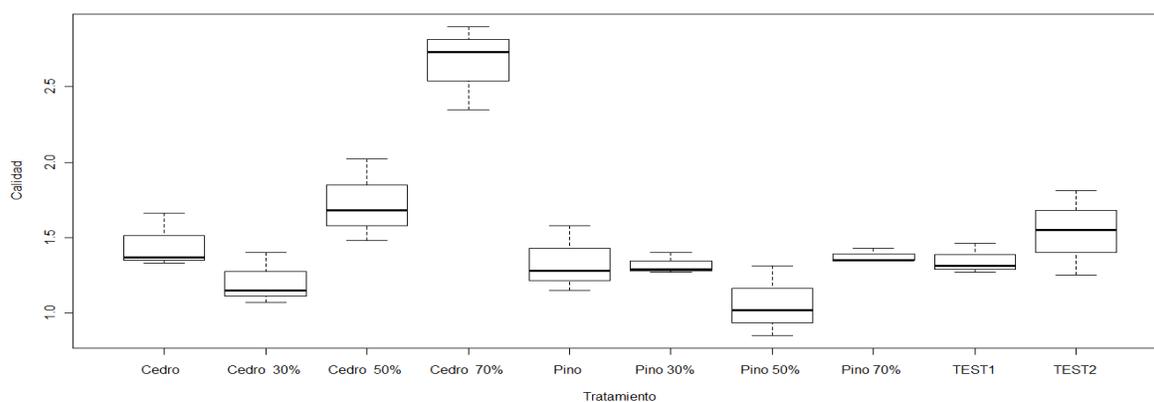
Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015).

La comparación entre tratamientos se hizo a través de la prueba Tukey, que en este caso, demostró la existencia de diferencia significativa entre las medias de los tratamientos con el mayor valor de significancia para el *Cedro* 70%, y el menor valor de significancia Pino 50%, teniendo en cuenta que las letras minúsculas permiten identificar la existencia de diferencias entre el tratamiento *Cedro* 70% con respecto a *Cedro* 50%, testigo 2, y *Cedro* los cuales presentan similar en las medias de dichos tratamientos y todos los anteriores a su vez presentan diferencia significativa para los demás tratamientos así como el tratamiento del Pino 50% (ver **tabla 43**).

**Tabla 43.** Comparación de medias. Prueba de Tukey para el índice de la calidad de Dickson por tratamiento de *Quercus humboldtii* Bonpl

Tratamientos	Medias	M
<b>Cedro 70%</b>	2,658	a
<b>Cedro 50%</b>	1,7265	b
<b>TEST2</b>	1,5379	b
<b>Cedro</b>	1,4551	b
<b>Pino 70%</b>	1,3773	c
<b>TEST1</b>	1,3467	c
<b>Pino</b>	1,3365	c
<b>Pino 30%</b>	1,3211	c
<b>Cedro 30%</b>	1,2107	c
<b>Pino 50%</b>	1,0606	c

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015)



**Figura 21.** Box-plot. Índice de la calidad de Dickson por tratamiento de *Quercus humboldtii* Bonpl en diferentes sustratos a base de aserrín crudo

Fuente: el presente estudio, procesamiento en el programa R versión 3.2.3 (2015)

La **figura 21**, muestra una distribución positiva para el *Cedro con un 30%* y para el *Pino 100%* y *70%* respectivamente, de la misma forma para el testigo 2, mientras que los tratamientos *Cedro 70%*, *Pino 30%*, *50%* y testigo 1 tienen una distribución negativa. El valor más alto lo presenta el *Pino 70%* con un valor de 5,38, mientras que el *Pino 50%* con un valor de 2,25 tiene el valor más bajo.

El índice de calidad de Dickson muestra que el sustrato de aserrín de cedro al 70% combinado con suelos estimula el crecimiento de la raíz y así mismo de la parte aérea, como un atributo morfológico relevante de la calidad de la planta (Villar 2003), y que como se mencionó anteriormente puede estar influenciada por la actividad hormonal, lo que parece confirmarse con el comportamiento de esta variable en aserrín de cedro que puede estar influyendo de esta manera en el desarrollo de la raíz mejorando así la toma de nutrientes y con ello el desarrollo en altura y diámetro del tallo más parejo en aserrín de cedro.

## CONCLUSIONES

- La respuesta de la germinación en *Cedrela montana* Moritz ex Turcz presentó diferencia significativa entre medias de los tratamientos con el mayor valor de significancia para Pino 70% y el menor valor de significancia para Pino 50%; a su vez *Quercus humboldtii* Bonpl también presentó diferencias significativas, evidenciado el mayor valor de significancia para Cedro 70% y el menor valor para cedro 30%. Es decir, hubo una mayor respuesta de la germinación en *Cedrela montana* Moritz ex Turcz en el tratamiento Pino 70%, mientras que para *Quercus humboldtii* Bonpl fue para Cedro 70%.
- El análisis de la influencia de los sustratos para *Cedrela montana* en cuanto a los parámetros morfológicos de crecimiento, mostró que la mayor altura la presentó el testigo 1 con 8,39 cm mientras que la menor la presentó Pino 70% con 5,21 cm, sin revelar diferencia significativa. Para el parámetro diámetro del tallo, el mayor valor fue para el testigo 1 con 3,04 mm y el menor para cedro 50% con 2,08 mm sin mostrarse diferencia significativa entre los tratamientos. Para materia seca de la parte aérea el valor más alto fue para cedro 70% con 2,3 gr y el menor fue para cedro 100% de 1,3 gr sin presentar diferencia significativa. Finalmente para materia seca de la parte de la raíz se presentó diferencia significativa con el valor más alto para cedro 100% con 2,8 gr y el menor para el Pino 50% con 2,6 gr. De lo anterior se deduce que para obtención de mejor comportamiento en altura y diámetro del tallo fue el testigo 1 para la materia seca de la parte aérea, fue el tratamiento de cedro 70% y para la materia seca de la raíz, fue cedro 100% , teniendo en cuenta que para las variables de altura, diámetro del tallo y la materia seca de la parte aérea no presentaron diferencia significativa.
- De la misma forma, al analizar la influencia de los sustratos en el crecimiento de *Quercus humboldtii* Bonpl en cuanto a los parámetros morfológicos de la planta se evidenció que la mayor altura la presentó el

testigo 1 con 9,96 cm mientras que la menor la obtuvo Pino con 8 cm, sin presentar diferencia significativa. Para diámetro del tallo, el mayor valor fue Cedro 50% y Pino 30% con 3,37 mm para los dos y el menor fue Pino con 2,8 mm, sin mostrarse diferencia significativa entre los tratamientos. Para materia seca de la parte aérea, se presentó diferencia significativa con el mayor valor de significancia para Pino 70% con 5,2 y el menor valor de 2,1 para Pino 50%. Por último, la materia seca de la parte de la raíz presentó diferencia significativa con el valor más alto para el cedro 70% con 5 gr y el menor para el Pino 50% con 2,1 gr. De lo anterior se deduce que para obtención de una mayor altura, diámetro del tallo, materia seca de la parte aérea, materia seca de la raíz el tratamiento que influye de forma positiva es el testigo 1, cedro 50%, pino 70% y cedro 70% respectivamente, teniendo en cuenta que para las variables de altura, diámetro del tallo no presentaron diferencia significativa. Los sustratos con mejor comportamiento para la propagación de *Cedrela montana* en cuanto al índice de esbeltez fueron Pino 30% y cedro 50% los cuales presentaron los valores más altos de 2,88 aunque sin tener una diferencia significativa entre todos los tratamientos; mientras que para el índice de calidad de Dickson, si existe diferencia significativa y se comprobó que el tratamiento de cedro 70% presentó el mayor valor de significancia con 1,34, mientras que el menor valor lo obtuvo el cedro 30% con 0,88. De esta manera se concluye que el sustrato más óptimo en la propagación de *Cedrela montana* es el tratamiento de cedro 70%.

- Se identificó que el mejor sustrato para la propagación de *Quercus humboldtii* en cuanto a índice de esbeltez fue el testigo 1 con un valor de 3,13 aunque sin tener una diferencia significativa entre los demás tratamientos, mientras que para el índice de calidad de Dickson si existe diferencia significativa y se comprobó que el tratamiento Cedro 70% presentó el mayor valor de significancia con 2,66, mientras que el menor valor lo obtuvo Pino 50% con 1,06. De esta manera se concluye que el

sustrato más óptimo en la propagación de *Quercus humboldtii* es el tratamiento de cedro 70%.

- Tanto el índice de esbeltez como el índice de calidad de Dickson tienen un comportamiento muy parejo para ambas especies y ambos sustratos.
- La germinación es mejor en los sustratos de aserrín de Pino o Cedro, seguramente porque este material puede absorber más agua que el sustrato usado en los testigos, lo cual permite a la semilla obtener mayor humedad y a la vez buen drenaje favoreciéndola en los requerimientos del proceso de imbibición, garantizándole agua suficiente a la semilla y disminuir la cantidad y frecuencia de riego.
- El crecimiento, desarrollo y peso seco de raíz y de la parte aérea, es mejor en los testigos y en los sustratos con menor proporción de aserrín, debido a que la inclusión de suelo hace que éste le pueda aportar nutrientes a la planta.
- El tratamiento del cedro 70% sobresale como el sustrato más óptimo en la propagación de las dos especies. De este modo prevalece la situación de que al aplicar dicha proporción con tierra negra y cascarilla de arroz presenta un incremento del rendimiento por unidad de absorción de nutrientes de las plantas en estudio aplicando fertilizante de liberación lenta esto favorece el crecimiento vegetal gracias al aporte de la materia orgánica, lo cual hace que la planta cuente con una mejor retención de humedad y aireación, estimula el crecimiento de la raíz y parte aérea así como de facilitar el acceso de nutrientes, cabe resaltar que no se descarta que pueden haber algunas sustancias en el aserrín que estimulen el crecimiento vegetal por alguna actividad hormonal en el aserrín de cedro y más específicamente en la proporción que se está trabajando.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer análisis del suelo usado como sustrato, para conocer que aporte nutricional le hacen a la plántula.
- Se recomienda hacer análisis para determinar cuál es la retención de agua en cada tratamiento de esta manera se puede calcular la influencia del agua en la germinación y crecimiento de las plantas.
- Se recomienda usar el aserrín de cedro como sustrato para germinación en una concentración de 70% dado que es el de mejor comportamiento en casi todas las variables.
- Se recomienda seguir con el proceso investigativo vinculándolo a la línea de investigación que se ha trabajado y de esta manera integrarlo a un grupo de investigación ya que conlleva a generar mayor información sobre el comportamiento de las especies nativas con sustratos alternativos que figuran como objetivos primordiales para el material vegetal utilizado en reforestaciones tanto en áreas degradadas como en recuperación de zonas con dichas especies.
- Se recomienda que la universidad ofrezca instalaciones de laboratorio para realizar análisis que se requieran en las próximas investigaciones ya que con esto aumentara el éxito del desarrollo de las investigaciones sin limitaciones, lo cual dará como resultados estudios más relevantes y completos.

## REFERENCIAS

- Álvarez, D; Dorado, M; Fernández, H. (2010). Tecnología de la madera. Editorial Universitaria: Universidad de Córdoba. Argentina. 258 p.
- Alvarez, G., & Esther. (2002). Aprovechamiento del aserrín mediante su transformación hidrolítica y como fuente de biomasa. *Revista Forestal Centroamericana. Cuba 39-40*, 67-69. Recuperado en 13 de septiembre de 2015, de <http://biblat.unam.mx/es/revista/revista-forestal-centroamericana>.
- Amador, K, Díaz, J., Loza, S., & Bivián, E. (2013). Efecto de diferentes reguladores de crecimiento vegetal sobre la germinación de semillas y desarrollo de plántulas de dos especies de Ferocactus (Cactaceae). *Polibotánica*, (35), 109-131. Recuperado en 16 de septiembre de 2015, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-27682013000100007&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682013000100007&lng=es&tlng=es).
- Andrade, N., & Valenzuela, E. (2002). *Aserrín de pino pretratado con cepas fúngicas como sustrato para la producción de plántulas de tomate (Lycopersicon esculentum mill)*. *Agro sur*, 30(2), 28-34. Recuperado en 25 de septiembre de 2015, de [http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?pid=S0304-88022002000200004&script=sci\\_arttext&tlng=es](http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?pid=S0304-88022002000200004&script=sci_arttext&tlng=es)
- Ansorena, J., (1994). *Sustratos, propiedades y caracterización*. Ediciones mundi — prensa. Madrid, España. 172 p.
- Avella, A., & Cárdenas, L. (2004). Conservación y uso sostenible de los bosques de roble en el corredor de conservación Guantiva - la Rusia - Iguaque, departamentos de Santander y Boyacá, Colombia. *Colombia*

- Forestal*, 13(1), 5-25. Recuperado en 11 de septiembre de 2015, de doi:<http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2010.1.a01>
- Azcón-Bieto, J. & Talón M., 2008. *Fundamentos de Fisiología vegetal*. 2ª edición. Mc Graw-Hill-Interamericana.
- Ballester J., & Anguis. (1994). Abonos Nitrogenados de liberación lenta. HD. 3/94. Recuperado de 07 de agosto de 2015, de [http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1994\\_03.pdf](http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1994_03.pdf).
- Basaure, P. (2008). Aserrín de madera/datos al compostar. *Manual de lombricultura*. Recuperado en 14 de septiembre de 2015 de <http://www.manualdelombricultura.com/foro/dat.pl?cl=c&n=16675&>
- Bonner, J. & Galston, A. (1959). Principios de fisiología vegetal. Madrid. Pág. 173-186.
- Birchler, T., Rose, R., Royo, A., & Pardos, M. (1998). La planta ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. *Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales*, 7(1-2), 110-121.
- Burés, S. (1999). *Introducción a los sustratos: aspectos generales*. pp. 19-46. In: Tecnología de sustratos: aplicación a la producción viverística ornamental, hortícola y forestal. J.N. Pastor S. (ed.). Universidad de Lleida. España.
- Cabrera, R. 1999. *Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta*. Revista Chapingo serie Horticultura 5 (1): 5-11. Recuperado en 19 de septiembre de 2015, de <http://www.chapingo.mx/revistas/revistas/articulos/doc/rchshV741.pdf>
- Cárdenas L., & Salinas, N. (eds.) (2007). *Libro rojo de plantas de Colombia*. Vol. 4. Especies maderables amenazadas: Primera parte. Serie Libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Bogotá, Colombia. Instituto

Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI – Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 232 pp.

Carmona, M., Rubio, C., & Lemus, C. (2002). *Curso-Taller: Estadística aplicada a la investigación*. México: Universidad Autónoma de Nayarit.

Carvajal, J. & Cardona, E. (2012). Respuesta de la Semilla de Cedro Negro (*Juglans Neotropica Diels*) a la Aplicación de Tratamientos Pregerminativos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 51(1), 217-235.

Castañeda, S. Garzon, A. Cantillo , M. Torres , M. & Silva , L. (2006). Análisis de la respuesta de ocho especies nativas del bosque alto andino ante dos métodos de propagacion. *Colombia Forestal*, 10(20), 79-90. Recuperado en 17 de septiembre de 2015, en <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/colfor/article/view/2978>

Castillanos, G. (2011). *Técnicas de muestreo para el análisis nutricional y la fertilización de cultivo*. Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.

CORANTIOQUIA (2007). Manejo de semillas y la propagación de forestales del bosque andino. Boletín Primera edición diciembre. P.72. Recuperado en 14 de septiembre de 2016 de [http://corantioquia.gov.co/sitios/ExtranetCorantioquia/SiteAssets/Lists/Administrar%20Contenidos/EditForm/boletin\\_semillas\\_bosque\\_andino.pdf](http://corantioquia.gov.co/sitios/ExtranetCorantioquia/SiteAssets/Lists/Administrar%20Contenidos/EditForm/boletin_semillas_bosque_andino.pdf)

Cruz, E., Can, A., Sandoval, M., Bugarín, R., Robles, A., & Juárez, P. (2013). Sustratos en la horticultura. *Revista Bio Ciencias*, 2(2). Recuperado en 16

de septiembre de 2015, de <http://editorial.uan.edu.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/31>

Díaz R. (2007). Auxinas e inhibidores del crecimiento en las plantas. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (España). *Anales de edafología y fisiología vegetal*, 16 (7-8): 1-17 ISSN: 0365-1797. Recuperado en 16 de septiembre de 2015, de <http://digital.csic.es/bitstream/10261/60317/1/Diaz%20-%20Auxinas....pdf>

Delgado, L., & Pérez, R. (2002). La madera muerta de los ecosistemas forestales. *Foresta Veracruzana*, 4(2), 59-66. Recuperado en 25 de septiembre de 2015, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49740209>

Escobar, A., Zuluaga, P., Osorio, M. 2002. Manual: técnicas de propagación de especies vegetales leñosas promisorias para el Piedemonte de Caquetá. Programa Regional de Agroforestería. Corpoica, Ministerio de Agricultura. P. 28.

Florez, G., Nuñez, O., Nuñez, M., Ramirez, L., Ramirez, M., & Zusunaga, J. (2011). *100 plantas utiles del paramo rabanal, Guía para comunidades rurales*. Bogota , Colombia : Instituto Alexander von Humboldt; Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca; Corporación Autónoma Regional de Boyacá; Corporación Autónoma Regional de Chivor.

FAO., (2002). *El cultivo en clima mediterráneo*. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Roma. ISBN 92-5-302719-3, Recuperado en 19 de septiembre de 2015 de: <http://www.fao.org/docrep/005/s8630s/s8630s00.htm#Contents>.

García, J. (2014). *Efecto de la condición ambiental y la fertilización en el preacondicionamiento de Pinus engelmanni Carr. En vivero y su desempeño en campo.*(Tesis de Maestría) Institución de enseñanza e investigaciones en ciencias agrícolas, Colegio de Posgraduados. Texococo, Estado de México, México.

Garzón G. Montenegro E. López, F. *Uso de aserrín y acículas como sustrato de germinación y crecimiento de Quercus humboldtii* (roble). Colombia Forestal, [S.l.], v. 9, n. 18, p. 98-108, nov. 2005. ISSN 0120-0739. Recuperado en 14 de septiembre de 2016 de <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/colfor/article/view/3050/4410> > . doi:<http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2005.1.a08>.

Gómez, M., & Toro, J.,. (2008). Manejo de las semillas y la propagación de diez especies forestales del bosque seco tropical. 72 p. Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia – CORANTIOQUIA. Medellín: CORANTIOQUIA. (Boletín Técnico Biodiversidad; No. 3). ISSN 2011-4087. Recuperado en 18 de septiembre de 2015, de [http://www.corantioquia.gov.co/sitios/ExtranetCorantioquia/SiteAssets/Lists/Administrar%20Contenidos/EditForm/boletin\\_semillas\\_bosque\\_secotropical.pdf](http://www.corantioquia.gov.co/sitios/ExtranetCorantioquia/SiteAssets/Lists/Administrar%20Contenidos/EditForm/boletin_semillas_bosque_secotropical.pdf)

González, M., Donoso, C., & Escobar, B. (1996). Efecto de distintos regímenes de manejo radicular en el crecimiento de plantas de raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl) Oerst.) 1-0 a raíz desnuda. *Bosque (Valdivia)*, 17, 29-41. Recuperado en 18 de septiembre de 2015, de [http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?pid=S0717-92001996000100005&script=sci\\_arttext](http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?pid=S0717-92001996000100005&script=sci_arttext)

Hartmann, H., & Kester's, D. (2002). *Plant propagation. Principles and practices*. Prentice Hall. New Jersey, 880 p.

Hartmann, H., Kester, D & Ambrosio, A. (1985). *Propagación de plantas: principios y prácticas*. CECOSA. México, D.F. 760 p. Recuperado en 18 de septiembre de 2015, de [http://biblioteca.universia.net/html\\_bura/ficha/params/id/37833831.html](http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/id/37833831.html)

Herrera, J., Lines, K., & Vásquez, W. (2006). Estudio de la germinación y la conservación de semillas de cedro maría (*Calophyllum brasiliense*). *Tecnología en marcha*, 19, 61-72. Recuperado en 13 de septiembre de 2015, de [http://tecdigital.tec.ac.cr/servicios/ojs/index.php/tec\\_marcha/article/view/25](http://tecdigital.tec.ac.cr/servicios/ojs/index.php/tec_marcha/article/view/25)

Jacquat, S. (2007). *Estudio Comparativo sobre sistemas integrados de producción y sistemas agroforestales en el departamento de San Martín*. San Martín : VOLENS Y CAPIRONA.

Jiménez, G., (1992). *Fertilizantes de liberación lenta: Introducción*. In: *Fertilizantes de liberación lenta*. Jiménez Gómez, S. Ed., Mundi-Prensa. Madrid, pp 1-7.

Krüger, F. (2007). *Producción de plantas de Pinus ponderosa 1:1 en viveros de Valdivia y Cochnare*. Chile: Universidad Austral de Chile.

Lesme, R., & Oliva, L. (s.f.). Factibilidad del empleo de los residuos de la industria. *Centro de Estudios de Eficiencia Energética, CEEFE*. Recuperado en 09 de septiembre de 2015, de

<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar11/HTML/articulo05.htm>

Maldonado, B., & Karla, R. (2010). Sustratos alternativos para la producción de *Pinus greggii Engelm* en vivero. *Institucion de enseñanza e investigacion en ciencias agricolas*. Recuperado en 11 de agosto de 2015, de <http://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/79>

Marschner, H. (1986). Mineral Nutrition of higher plants. Second edition. Academic pressinc.

Matilla, A. (2000). *Germinación y dormición de la semilla*. En: Ascón-Bieto, J., Talón, M. Fundamentos de Fisiología, Edicions Universitat, Barcelona. (pp. 435-451).

Murillo de la Rosa, A. (2010). La materia orgánica del suelo en seis agroecosistemas de la sabana de Huimanguillo, Tabasco. Recuperado en 25 de septiembre de 2015, de [http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/254/Murillo de %20la Rosa A MC Produccion Agroalimentaria Tropico 2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/254/Murillo%20de%20la%20Rosa%20A%20MC%20Produccion%20Agroalimentaria%20Tropico%202010.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Negreros, P., Apodaca, M., & Mize, C. (2010). Efecto de sustrato y densidad en la calidad de plántulas de cedro, caoba y roble. *Madera y bosques*, 16(2), 7-18. Recuperado en 18 de septiembre de 2015, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-04712010000200001](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712010000200001)

Oliet, J., Segura M., Dominguez, M., & Lopez M. (1999). *Los fertilizantes de liberación controlada lenta aplicados a la producción de planta forestal de vivero*. Efecto dosis y formulaciones sobre la calidad de *Pinus halepensis* mill. Revista Investigación Agrícola: Sistema de recursos forestales. Vol. 8

- (1). Madrid, pp. 208-228. Recuperado en 17 de septiembre de 2015, <http://www.inia.es/IASPF/1999/vol8/12.OLIET.pdf>
- Organizacion para la Educacion y Proteccion Ambiental. (31 de 01 de 2015). *OpEPA*. Cedro(cedrela montana). Recuperado en 07 de julio de 2015, de [http://www.opepa.org/index.php?option=com\\_content&task=view&id=370&Itemid=30](http://www.opepa.org/index.php?option=com_content&task=view&id=370&Itemid=30)
- Ortega, L. Sánchez, J., Díaz, R., & Ocampo, J. (2010). Efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum* MILL). *Ra Ximhai*, 6, 365-372. Recuperado en 07 de agosto de 2015, de <http://www.redalyc.org/pdf/461/46116015005.pdf>
- Padilla, J. (2007). *Producción y tecnificación de semillas*. escuelas de ciencias agrarias y del medio ambiente.
- Pastor Sáez, J. Narciso, Utilización de sustratos en viveros Terra Latinoamericana [en línea] 1999, 17 (julio-septiembre) Recuperado en 17 de septiembre de 2015, <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57317307> ISSN
- Pineda, J., Sánchez del Castillo, F., Ramírez, A., Castillo, A., Valdés, L., & Moreno, E. (2012). *Aserrín de pino como sustrato hidropónico. I: variación en características físicas durante cinco ciclos de cultivo*. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 18(1), 95-111. Recuperado en 17 de septiembre de 2015, de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rcsh/v18n1/v18n1a7.pdf>
- Porter Humpert, C. (2000). New trends in sustainable farming build compost use. *BioCycle*41: 30-35. Recuperado en 16 de septiembre de 2015, de

<http://connection.ebscohost.com/c/articles/3363613/new-trends-sustainable-farming-build-compost-use>

Quinto, I.; Martínez-Hernández, P. A.; Pimentel-Bribiesca, I. Y Rodríguez-Trejo, D. A. Alternativas para mejorar la germinación de semillas de tres árboles tropicales. *Rev. Chapingo*[online]. 2009, vol.15, n.1, pp.23-28. ISSN 0186-3231. Recuperado en 18 de septiembre de 2015, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0186-32312009000100003](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-32312009000100003)

Raviv, M. (2007). *Soilless Culture: Theory and Practice: Theory and Practice*. Elsevier. Recuperado en 18 de septiembre de 2015, de [http://lieth.ucdavis.edu/pub/Pub071\\_RavivLieth\\_SoillessCulture\\_book.pdf](http://lieth.ucdavis.edu/pub/Pub071_RavivLieth_SoillessCulture_book.pdf).

R Development Core Team (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.Rproject.org/>.

Reyes, J., Aldrate, A., Cetina, V. & López, J. (2005). *Producción de plántulas de Pinus pseudostrabus var. Apulcensis en sustratos a base de aserrín. Chapingo, 11(2), 105-110.*

Rincón J. (2012). *El bosque Alto-Andino: una oportunidad para llevar al educando al aprendizaje significativo y a las estrategias de conservación*. Facultad de Ciencias. Maestría en enseñanza de las ciencias exactas y naturales. Universidad Nacional de Colombia.

Ritchi, G., Landis, T., Dumroese, K., & Haase, D. (1994). *Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedor* (Vol. 7). Washington: Departamento de Agricultura.

Riviere , L., & Caron, J. (2001). Investigación sobre sustratos: estado del arte y la necesidad de los próximos 10 años. *Acta Hort. (ISHS)* 548, 29-42. Recuperado de 07 de agosto de 2015, de [http://www.actahort.org/books/548/548\\_1.htm](http://www.actahort.org/books/548/548_1.htm)

Rodríguez, M., & Mora, R. (2001). *Estadística informática: casos y ejemplos con el SPSS*. Universidad de Alicante: Servicio de Publicaciones.

Rosales S., Sigala J & Busatamante, V. (2013). *Producción y trasplante de Agave en vivero, Durango, Dgo. Inifap: Instituto Nacional de Investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias*, ISBN: 978-607-37-0206-5, 1-42. Recuperado en 16 de septiembre de 2015, de [http://www.researchgate.net/profile/Sergio\\_Rosales-Mata/publication/273727453\\_Produccion\\_y\\_trasplante\\_de\\_planta\\_de\\_Agave\\_en\\_vivero/links/5509c62c0cf20f127f90a9d3.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Sergio_Rosales-Mata/publication/273727453_Produccion_y_trasplante_de_planta_de_Agave_en_vivero/links/5509c62c0cf20f127f90a9d3.pdf)

Salisbury F.B., Ross C.W., 1994. Fisiología Vegetal. *Grupo Ed. Iberoamericana* (Traducción de SALISBURY F.B., ROSS C.W. 1992. *Plant Physiology, Wadsworth Publishing Company*)

Sánchez de Prager, M. 1999. Endomicorrizas en agroecosistemas colombianos. Palmira, Colombia, Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ciencias Básicas. 227 p

Sánchez, J., Vázquez, R., Pérez, S., Mohedano, L., & Capulín, J. (2011). *Producción de (Cedrela odorata L.), en sustrato a base de aserrín crudo en sistema tecnificado en Tecpan de Galeana, Guerrero, México. Ra Ximhai: revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible*, 7(1),

- 123-132. Recuperado en 16 de septiembre de 2015, de <http://revistas.unam.mx/index.php/rxm/article/view/26673>
- Sáez, J. (1999). Utilización de sustratos en viveros. *Terra*, 17(3). Recuperado en 20 de septiembre de 2015, de [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/30161/Curso\\_AVA\\_2014-2/Unidad\\_1/Referencias\\_bibliograficas\\_requeridas/Utilizacion\\_de\\_sustratos\\_en\\_viveros.pdf](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/30161/Curso_AVA_2014-2/Unidad_1/Referencias_bibliograficas_requeridas/Utilizacion_de_sustratos_en_viveros.pdf)
- Sánchez, M., Vázquez, B, Pérez R., Caballero, L., & Capulín, J. (2011). *Producción de (Cedrela odorata L.), en sustrato a base de aserrín crudo en sistema tecnificado en Tecpan de Galeana, Guerrero, México. Ra Ximhai*, 7(001), 123-132. Recuperado en 07 de agosto de 2015, de <http://www.revistas.unam.mx/index.php/rxm/article/view/26673>
- Sigala, J. (2013). *Factores que influyen en la supervivencia y crecimiento de una reforestación con Pinus pseudostrobus Lindl.* México: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Soto, G., & Nuñez, M. (2008). *Fabricación de pellets de carbonilla, usando aserrín de Pinus radiata (D. Don), como material aglomerante. Maderas. Ciencia y tecnología. Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Forestales. Talca, Chile*, 129-137. Recuperado en 09 de agosto de 2015, de [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-21X2008000200005&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-21X2008000200005&script=sci_arttext)
- Taiz, L.; Zeiger E. 1998. *Plant physiology*. Massachusetts: Sinauer Associates, Inc., Publishers. 792 p.
- Toral, I.M. 1997. *Concepto de calidad de plantas en viveros forestales. Documento Técnico 1. Programa de Desarrollo forestal integral de Jalisco.*

SEDER., Fundación Chile, Consejo Agropecuario de Jalisco. México. 28 p.

Trujillo, E. (1990). *Algunos reportes de almacenamiento y tratamientos pregerminativos de semillas forestales*. Turrialba, Costa Rica: Banco latinoamericano de Semillas Forestales. PROSEFOR/CATIE.

Villar, P. *Importancia de la calidad de la planta en los proyectos de revegetación*. España. Centro Nacional de Mejora Forestal "El serranillo", Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Medio Ambiente, pp 66-80 (2003). Recuperado en 15 de septiembre de 2015, de <http://www3.uah.es/pedrovillar/PDF/Texto%20publicado.pdf>

Zamora, B., Sánchez, P., Volke, V., Espinosa, D. y Galvis, A., *Formulación de mezclas de sustratos mediante programación lineal*. *Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América*, 30 (6), pp. 365-369, 2005. Recuperado en 15 de septiembre de 2015, de [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442005000600011&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442005000600011&lng=es&nrm=iso&tlng=es)



**Anexo 2.** Porcentaje de germinación de *Cedrela montana* Moritz ex Turcz en diferentes sustratos a base de aserrín crudo

Proporción	% de germinación			
	Bloque I	Bloque I	Bloque I	Promedio
Pino	46,7	40,0	53,3	46,7
Pino 70%	66,7	60,0	60,0	62,2
Pino 50%	53,3	46,7	46,7	48,9
Pino 30%	60,0	26,7	46,7	44,4
Cedro	20,0	33,3	46,7	33,3
Cedro 70%	46,7	60,0	33,3	46,7
Cedro 50%	60,0	33,3	20,0	37,8
Cedro 30%	60,0	53,3	60,0	57,8
TEST1	26,7	0,0	13,3	13,3
TEST2	0,0	20,0	6,7	8,9

**Anexo 3.** Altura por tratamiento de *Cedrela montana* Moritz ex Turcz en diferentes sustratos a base de aserrín crudo.

Proporción	Altura (cm)			
	Bloque I	Bloque I	Bloque I	Promedio
Pino	6,43	6,62	4,18	5,74
Pino 70%	5,2	5,22	5,21	5,21
Pino 50%	6,31	4,6	5,49	5,47
Pino 30%	7,33	5,53	6,47	6,44
Cedro	7,67	7,2	5,84	6,90
Cedro 70%	5,81	5,67	6,6	6,03
Cedro 50%	6,44	5,2	6,33	5,99
Cedro 30%	7,5	5,56	5,56	6,21
TEST1	8,63	0	8,15	8,39
TEST2	0	8	7,5	7,75

**Anexo 4.** Diámetro del tallo por tratamiento de *Cedrela montana* Moritz ex Turcz en diferentes sustratos a base de aserrín crudo.

Proporción	Diámetro del tallo mm del cedro			
	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Promedio
Pino	2,34	2,27	2,11	2,24
Pino 70%	2,31	1,99	1,97	2,09
Pino 50%	2,28	2,07	2,37	2,24
Pino 30%	2,28	2,23	2,2	2,24
Cedro	2,83	2,54	2,26	2,54
Cedro 70%	2,04	2,07	2,54	2,22
Cedro 50%	2,08	2,08	2,07	2,08
Cedro 30%	2,03	2,24	2,31	2,19
TEST1	2,88	0	3,2	3,04
TEST2	0	2,8	2,5	2,65

**Anexo 5.** Peso de la materia seca de la parte aérea por tratamiento de *Cedrela montana* Moritz ex Turcz en diferentes sustratos a base de aserrín crudo.

Proporción	Peso de la materia seca de la parte aérea			
	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Promedio
Pino	1,3	2,0	2,1	1,8
Pino 70%	1,2	1,5	1,4	1,4
Pino 50%	1,9	1,8	2,1	1,9
Pino 30%	1,6	1,7	1,8	1,7
Cedro	1,4	1,1	1,4	1,3
Cedro 70%	2,2	2,4	2,5	2,3
Cedro 50%	1,6	1,9	2,0	1,8
Cedro 30%	1,4	1,2	2,6	1,7
TEST1	1,4	0,0	1,6	1,5
TEST2	0,0	2,3	2,0	2,2

**Anexo 6.** Peso de la materia seca de la raíz por tratamiento de *Cedrela montana* en diferentes sustratos a base de aserrín crudo

Proporción	Peso de la materia seca de la raíz			
	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Promedio
Pino	1,3	1,3	1,4	1,3
Pino 70%	1,0	1,3	1,2	1,2
Pino 50%	1,2	0,9	0,9	1,0
Pino 30%	1,8	2,1	2,3	2,1
Cedro	3,0	2,5	2,8	2,8
Cedro 70%	2,3	2,6	2,7	2,5
Cedro 50%	2,9	2,9	2,1	2,6
Cedro 30%	1,6	1,9	1,5	1,7
TEST1	1,2	-	1,7	1,0
TEST2	-	2,0	1,4	1,7

**Anexo 7.** Índice de esbeltez por tratamiento de *Cedrela montana* Moritz ex Turcz en diferentes sustratos a base de aserrín crudo

Proporción	Índice de esbeltez			
	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Promedio
Pino	2,75	2,92	1,98	2,55
Pino 70%	2,25	2,62	2,64	2,51
Pino 50%	2,77	2,22	2,32	2,44
Pino 30%	3,21	2,48	2,94	2,88
Cedro	2,71	2,83	2,58	2,71
Cedro 70%	2,85	2,74	2,60	2,73
Cedro 50%	3,10	2,50	3,06	2,88
Cedro 30%	3,69	2,48	2,41	2,86
TEST1	3,00	0,00	2,55	2,77
TEST2	0,00	2,70	2,60	2,65

**Anexo 8.** Índice de calidad de Dickson por tratamiento de *Cedrela montana* Moritz ex Turcz en diferentes sustratos a base de aserrín crudo

Proporción	Índice de la calidad de Dickson			
	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Promedio
Pino	0,68	0,73	0,98	0,79
Pino 70%	0,65	0,75	0,66	0,69
Pino 50%	0,70	0,61	0,67	0,66
Pino 30%	0,83	1,18	1,09	1,03
Cedro	1,36	1,11	1,38	1,28
Cedro 70%	1,18	1,37	1,48	1,34
Cedro 50%	1,22	1,53	1,02	1,26
Cedro 30%	0,66	1,01	0,97	0,88
TEST1	0,64	0,00	0,92	0,78
TEST2	0,00	1,06	0,77	0,91

**Anexo 9.** Porcentaje de germinación por tratamiento de *Quercus humboldii* Bonpl en diferentes sustratos a base de aserrín crudo

Proporción	% de germinación			
	Bloque I	Bloque I	Bloque I	Promedio
Pino	60	67	53	60
Pino 70%	87	87	80	85
Pino 50%	67	60	47	58
Pino 30%	87	80	67	78
Cedro	73	80	73	75
Cedro 70%	93	87	93	91
Cedro 50%	80	87	80	82
Cedro 30%	73	53	47	58
TEST1	67	60	53	60
TEST2	67	73	60	67

**Anexo 10.** Altura por tratamiento de *Quercus humboldii* Bonpl en diferentes sustratos a base de aserrín crudo

Proporción	Altura (cm)			
	Bloque I	Bloque I	Bloque I	Promedio
Pino	6,48	9,69	7,84	8,00
Pino 70%	9,96	9,41	7,74	9,04
Pino 50%	9,45	8,24	9,11	8,93
Pino 30%	9,92	7,95	8,05	8,64
Cedro	6,89	8,64	10,55	8,69
Cedro 70%	9,3	8,78	8,71	8,93
Cedro 50%	8,46	9,05	10,24	9,25
Cedro 30%	9,36	9,98	6,9	8,75
TEST1	8,7	10,87	10,31	9,96

TEST2	8,05	9,1	8,44	8,53
-------	------	-----	------	------

**Anexo 11.** Diámetro por tratamiento de *Quercus humboldii* Bonpl en diferentes sustratos a base de aserrín crudo

Proporción	Diámetro del tallo mm del cedro			
	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Promedio
Pino	2,81	3,01	2,58	2,80
Pino 70%	3,52	2,91	2,78	3,07
Pino 50%	3,17	2,78	2,93	2,96
Pino 30%	3,43	3,39	3,3	3,37
Cedro	2,72	3,28	3,47	3,16
Cedro 70%	3,46	3,04	3,31	3,27
Cedro 50%	3,43	3,54	3,15	3,37
Cedro 30%	3,3	3,23	2,89	3,14
TEST1	2,97	3,12	3,45	3,18
TEST2	2,85	2,95	3,68	3,16

**Anexo 12.** Peso de la materia seca de la parte aérea por tratamiento de *Quercus humboldii* Bonpl en diferentes sustratos a base de aserrín crudo

Proporción	Peso de la materia seca de la parte aérea			
	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Promedio
Pino	2,9	2,6	2,8	2,8
Pino 70%	5,5	5,1	5,1	5,2
Pino 50%	2,3	2,2	1,9	2,1
Pino 30%	2,7	2,6	2,7	2,7
Cedro	3,1	2,9	3,1	3,0
Cedro 70%	4,8	4,5	4,9	4,7
Cedro 50%	4,0	3,4	3,6	3,7
Cedro 30%	2,2	2,3	2,5	2,3
TEST1	4,0	3,1	3,8	3,6
TEST2	3,3	4,0	3,7	3,7

**Anexo 13.** Peso de la materia seca de la raíz por tratamiento de *Quercus humboldii* Bonpl en diferentes sustratos a base de aserrín crudo

Proporción	Peso de la materia seca de la raíz			
	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Promedio
Pino	2,6	2,4	2,5	2,5
Pino 70%	2,0	2,3	2,2	2,2
Pino 50%	2,7	2,0	1,7	2,1
Pino 30%	2,7	2,0	2,1	2,3
Cedro	2,9	2,4	2,6	2,6
Cedro 70%	5,5	4,6	5,0	5,0
Cedro 50%	3,4	2,9	3,0	3,1
Cedro 30%	2,2	2,2	2,3	2,2
TEST1	2,2	2,8	2,7	2,5
TEST2	2,1	2,9	2,8	2,6

**Anexo 14.** Índice de esbeltez por tratamiento de *Quercus humboldii* Bonpl en diferentes sustratos a base de aserrín crudo

Proporción	Índice de esbeltez			
	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Promedio
Pino	2,31	3,22	3,04	2,85
Pino 70%	2,83	3,23	2,78	2,95
Pino 50%	2,98	2,96	3,11	3,02
Pino 30%	2,89	2,35	2,44	2,56
Cedro	2,53	2,63	3,04	2,74
Cedro 70%	2,69	2,89	2,63	2,74
Cedro 50%	2,47	2,56	3,25	2,76
Cedro 30%	2,84	3,09	2,39	2,77
TEST1	2,93	3,48	2,99	3,13
TEST2	2,82	3,08	2,29	2,73

**Anexo 15.** Índice de la calidad de Dickson por tratamiento de *Quercus humboldii* Bonpl en diferentes sustratos a base de aserrín crudo.

Proporción	Índice de la calidad de Dickson			
	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Promedio
Pino	0,68	0,73	0,98	0,79
Pino 70%	0,65	0,75	0,66	0,69
Pino 50%	0,70	0,61	0,67	0,66
Pino 30%	0,83	1,18	1,09	1,03
Cedro	1,36	1,11	1,38	1,28
Cedro 70%	1,18	1,37	1,48	1,34
Cedro 50%	1,22	1,53	1,02	1,26
Cedro 30%	0,66	1,01	0,97	0,88
TEST1	0,64	0,00	0,92	0,78
TEST2	0,00	1,06	0,77	0,91