

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**GERMINACIÓN Y DESARROLLO DE CINCO ESPECIES
LATIFOLIADAS UTILIZANDO TUBETES Y PROPORCIONES DE
SUSTRATOS, EN CONDICIONES DE UMBRÁCULO**

POR

Yeri Yoel Girón Varela

TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

Agosto, 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**GERMINACIÓN Y DESARROLLO DE CINCO ESPECIES
LATIFOLIADAS UTILIZANDO TUBETES Y PROPORCIONES DE
SUSTRATOS, EN CONDICIONES DE UMBRÁCULO**

POR

Yeri Yoel Girón Varela

OSCAR FERREIRA CATRILEO, M.Sc.

Asesor Principal

TESIS

**PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RECURSOS
NATURALES**

CATACAMAS

OLANCHO

Agosto, 2024

ACTA DE SUSTENTACION

DEDICATORIA

A **Dios Todo Poderoso**, por ser la fuente de mi fortaleza, guía y paciencia. Su amor infinito me ha acompañado en cada paso de este proyecto, dándome la oportunidad y la inspiración para culminar este proyecto que fue una gran experiencia en mi vida.

A mi querido Padre **José Girón**, por su constante apoyo y sabios consejos, que siempre me han motivado a seguir adelante y me han brindado la dirección necesaria en momentos de duda.

A mi madre, **Lorena Varela**, cuyo amor incondicional y apoyo constante han sido el pilar que me ha sostenido. Su confianza en mí y su aliento han sido fundamentales para superar cada desafío.

A **Marvin Padilla**, por ser una presencia constante de apoyo y comprensión. Gracias por confiar en mí, por no dejarme nunca solo y por su paciencia en cada etapa de este proceso.

A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento. Este logro es el reflejo de su amor, apoyo y fe en mí.

AGRADECIMIENTOS

Mis más profundos agradecimientos a **Dios Todo Poderoso**, por ser mi fortaleza y darme salud, así como por cuidarme siempre durante todo este proceso. Su guía y protección han sido esenciales para culminar este proyecto.

A mis padres **José Girón** y **Lorena Varela**, por ser mi fuente de inspiración constante. Su amor y apoyo incondicional me han impulsado a seguir adelante en cada etapa, y por eso, siempre les estaré agradecido.

A **Marvin Padilla**, por su paciencia infinita y por no dejarme solo en este proceso. Su cariño incondicional y su apoyo constante han sido fundamentales para superar los desafíos de este viaje.

A mi director principal, **M.Sc. Oscar Ferreira**, por su valioso conocimiento y compromiso en el desarrollo de este proyecto. Al **Lic. Jonathan Romero** y su equipo, por la oportunidad de realizarlo en el Instituto de Conservación Forestal (ICF) en Tegucigalpa, Honduras. Su apoyo ha sido crucial para su culminación.

A **Gabriela Del Cid**, **Carmen Licon**, **Kimberly Mejía** y **Greisy Morazán**, por ser las personas que me acompañaron durante esta lucha. Su presencia y apoyo han sido invaluable.

A **Alexander Turcios**, por ser un amigo incondicional que me ha aconsejado y respaldado durante este tiempo. Su amistad y orientación han sido una gran ayuda en este proceso.

A todos ustedes, mis más profundos agradecimientos por formar parte de mi vida y por contribuir significativamente a este logro. Su apoyo ha sido fundamental en cada paso de este camino.

INDICE

ACTA DE SUSTENTACION.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
I. INTRODUCCIÒN.....	2
II. OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
III. REVISION DE LITERATURA.....	4
3.1. Especies latifoliadas.....	4
3.1.1. Especies forestales de interés en Honduras.....	4
3.2. Caoba del Atlántico (<i>Swietenia macrophylla</i>).....	5
3.2.1. Importancia económica de la caoba del pacifico (<i>Swietenia macrophylla</i>).....	6
3.2.2. Protección y conservación de las <i>Swietenia macrophylla</i>	6
3.3. Cedro amargo (<i>Cedrela odorata</i>).....	6
3.3.1. Importancia económica del cedro (<i>Cedrela odorata</i>)	7
3.4. Laurel (<i>Cordia alliodora</i>).....	7
3.5. Granadillo (<i>Dalbergia spp</i>)	8
3.6. Cortez amarillo (<i>Handroanthus chrysanthus</i>).....	9
3.7. Producción de plantas forestales	9
3.8. Calidad de las semillas	10
3.9. Envases tipo tubete.....	10
3.10. Uso de envases en la propagación de plantas forestales	11
3.11. Impacto ambiental de los envases	12
3.13. Umbráculo de techo plano.....	13
3.13.1. Control ambiental de la estructura protegida (umbráculo).....	13
3.15. Sustratos para plantas en etapa de umbraculo	15
3.16. Importancia de la elección del sustrato en la germinación y desarrollo de plántulas	16
3.18. Sustrato perlita.....	17

3.19. Sustrato vermiculita.....	17
3.16. Sustrato turba báltica.....	17
3.17. Sustrato Promix®.....	17
3.18. Sustrato bocashi	18
3.19. Biochar (biocarbón).....	18
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
4.1. Ubicación del área de trabajo.....	20
4.2. Materiales y equipo	21
4.3. Método	21
VIII.	
BIBLIOGRAFIA.....	lvii
ANEXOS.....	xviii

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Costos de la realización del sustrato S1: 40% BK,30% BC,30% S	53
Tabla 2. Costos de la realización del sustrato 70% TR,30% S.....	54
Tabla 3. Costos de la realización del sustrato 46.67% TB, 14% V,13.33% P, 23.33% AD, 2.67% F.....	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Lugar de ubicación instituto de conservación forestal (ICF) Tegucigalpa, Fco. Morazán, Honduras.	20
Figura 2. Germinación de caoba del atlántico en sustratos utilizados en el vivero forestal UNAG.....	31
Figura 3. Germinación de <i>Cedrela odorata</i> en sustratos utilizados en el vivero forestal UNAG.....	32
Figura 4. Germinación de <i>Cordia alliodora</i> en sustratos utilizados en el vivero forestal UNAG.....	33
Figura 5. Germinación de <i>Dalbergia</i> spp. en sustratos utilizados en el vivero forestal UNAG.....	35
Figura 6. Germinación de <i>Handroanthus chrysanthus</i> . en sustratos utilizados en el vivero forestal UNAG.....	36
Figura 7. Altura (cm) de a. <i>Swietenia humillis</i> , b. <i>cedrela odorata</i> , c. <i>Cordia alliodora</i> , d. <i>Dalbergia</i> spp., e. <i>Handroanthus chrysanthus</i> . Utilizados en tubetes y combinaciones	38
Figura 8. Numero de hojas de a. <i>Swietenia humillis</i> , b. <i>cedrela odorata</i> , c. <i>Cordia alliodora</i> , d. <i>Dalbergia</i> spp., e. <i>Handroanthus chrysanthus</i> . Utilizados en tubetes y combinaciones de sustratos.	40
Figura 9. Diámetro (mm) de a. <i>Swietenia humillis</i> , b. <i>cedrela odorata</i> , c. <i>Cordia alliodora</i> , d. <i>Dalbergia</i> spp., e. <i>Handroanthus chrysanthus</i> . Utilizados en tubetes y combinaciones de sustratos.	42
Figura 10. Promedios Sbeltez de a. <i>Swietenia humillis</i> , b. <i>cedrela odorata</i> , c. <i>Cordia alliodora</i> , d. <i>Dalbergia</i> spp., e. <i>Handroanthus chrysanthus</i> . Utilizados en tubetes y combinaciones de sustratos.	44
Figura 11. Promedios de lignina de a. <i>Swietenia humillis</i> , b. <i>cedrela odorata</i> , c. <i>Cordia alliodora</i> , d. <i>Dalbergia</i> spp., e. <i>Handroanthus chrysanthus</i> . Utilizados en tubetes y combinaciones de sustratos.	46

Figura 12. % De agua presente en la raíz de: a. *Swietenia humillis*, b. *cedrela odorata*, c. *Cordia alliodora*, d. *Dalbergia spp.*, e. *Handroanthus chrysanthus*. Utilizados en tubetes y combinaciones de sustratos.48

Figura 13. Índice de DICKSON de: a. *Swietenia humillis*, b. *cedrela odorata*, c. *Cordia alliodora*, d. *Dalbergia spp.*, e. *Handroanthus chrysanthus*. Utilizados en tubetes y combinaciones de sustratos.51

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Croquis del diseño experimental en las 5 especies latifoliadas <i>Swietenia macrophylla</i> , <i>Cedrela odorata</i> , <i>Cordia alliodora</i> , <i>Dalbergia spp.</i> , <i>Handroanthus chrysanthus</i>	xix
Anexo 2. Prueba estadística para la germinación de <i>Swietenia macrophylla</i> en semilleros y sustratos.	xx
Anexo 3. Prueba estadística para la germinación de <i>Cedrela odorata</i> en semilleros y sustratos	xxi
Anexo 4. Prueba estadística para la germinación de <i>Cordia alliodora</i> en semilleros y sustratos	xxii
Anexo 5. Prueba estadística para germinación de <i>Dalbergia spp.</i> en semilleros y sustratos	xxiii
Anexo 6. Prueba estadística para la germinación de <i>Handroanthus chrysanthus</i> en semilleros y sustratos.....	xxiv
Anexo 7. Sustratos en semilleros	xxv
Anexo 8. Pruebas estadísticas de altura (cm) de <i>Swietenia humillis</i> , <i>Cedrela odorata</i> , <i>Cordia alliodora</i> , <i>Dalbergia spp.</i> , <i>Handroanthus chrysanthus</i> en tubetes y sustratos	xxvi
Anexo 9. Prueba estadística sobre el número de hojas de <i>Swietenia humillis</i> , <i>Cedrela odorata</i> , <i>Cordia alliodora</i> , <i>Dalbergia spp.</i> , <i>Handroanthus chrysanthus</i> en tubetes y sustratos.	xxvii
Anexo 10 . Prueba estadística de diámetro(mm) de <i>Swietenia humillis</i> , <i>Cedrela odorata</i> , <i>Cordia alliodora</i> , <i>Dalbergia spp.</i> , <i>Handroanthus chrysanthus</i> en tubetes y sustratos ...	xxviii
Anexo 11. Prueba estadística de Sbeltez de <i>Swietenia humillis</i> , <i>Cedrela odorata</i> , <i>Cordia alliodora</i> , <i>Dalbergia spp.</i> , <i>Handroanthus chrysanthus</i> en tubetes y sustratos.....	xxix
Anexo 12. Prueba estadística de lignificación de <i>Swietenia humillis</i> , <i>Cedrela odorata</i> , <i>Cordia alliodora</i> , <i>Dalbergia spp.</i> , <i>Handroanthus chrysanthus</i> en tubetes y sustratos	xxx

Anexo 13. Prueba estadística de % de agua en las raíces de <i>Swietenia humillis</i> , <i>Cedrela odorata</i> , <i>Cordia alliodora</i> , <i>Dalbergia spp.</i> , <i>Handroanthus chrysanthus</i> en tubetes y sustratos	xxxí
Anexo 14. Prueba estadística del índice de DICKSON de <i>Swietenia humillis</i> , <i>Cedrela odorata</i> , <i>Cordia alliodora</i> , <i>Dalbergia spp.</i> , <i>Handroanthus chrysanthus</i> en tubetes y sustratos	xxxii
Anexo 15. Realización de sustratos siembra de las semillas en semilleros	xxxiii
Anexo 16. Germinación de <i>Swietenia humillis</i> , <i>Cedrela odorata</i> , <i>Cordia alliodora</i> , <i>Dalbergia spp.</i> , <i>Handroanthus chrysanthus</i> en semilleros y sustratos.....	xxxiv
Anexo 17. llenado, siembra y desinfección de tubetes con sustratos.....	xxxv
Anexo 18. Evaluación sanitaria a especies latifoliadas	xxxvi
Anexo 19. Formación de pilones en los diferentes sustratos	xxxvii
Anexo 20. Peso húmedo y peso seco de las plantas en el laboratorio.....	xxxviii
Anexo 21. Materiales y costos de realización de sustratos	xxxix
Anexo 22. Matriz de condición sanitaria.....	xl

Germinación y desarrollo de plántulas de cinco especies latifoliadas utilizando tubetes y proporciones de sustratos, en etapa de umbráculo. Yeri Yoel Girón Varela. Tesis Ingeniería en Gestión Integral de los Recursos Naturales. Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Honduras. C. A. 51 págs.

RESUMEN

Este estudio evaluó la germinación y el desarrollo de plántulas de cinco especies latifoliadas: caoba del Atlántico (*Swietenia macrophylla*), cedro (*Cedrela odorata*), laurel (*Cordia alliodora*), granadillo (*Dalbergia* spp.) y cortez amarillo (*Handroanthus chrysanthus*), utilizando tubetes de dimensiones 10 x 10 x 12 cm (volumen: aproximadamente 500-700 ml) y diferentes sustratos bajo condiciones de umbráculo con riego automatizado. La investigación se llevó a cabo en dos etapas: primero, se evaluó la germinación en cuatro sustratos distintos con un diseño de bloques al azar (DCA) y 12 ensayos por especie, consistentes en T1 (40% bocashi, 30% biocarbón, 30% suelo), T2 (70% turba, 30% suelo), T3 (46.67% de turba báltica, 14% de vermiculita, 13.33% de perlita 23.33% de aserrín, 2.67% de fertilizante) y T4 (100% suelo). En la segunda etapa, se midieron variables de desarrollo como altura, número de hojas, diámetro, esbeltez, lignificación, porcentaje de agua en la raíz, Índice de Dickson, condición sanitaria y costos económicos. Los resultados indicaron que no hubo diferencias significativas en la germinación entre las especies, y aunque se observaron diferencias significativas en las variables de crecimiento y desarrollo, estas no afectaron de manera notable el desarrollo de las plántulas. Todos los sustratos demostraron ser efectivos para el crecimiento de las plántulas en el umbráculo. En términos de costos económicos, el sustrato más recomendable fue el T1, que mostró rendimientos similares a los otros sustratos a un costo menor.

Palabras clave: Biocarbón, bocashi, condiciones controladas, germinación de plántulas, perlita, tubetes, turba, umbráculo y vermiculita.

I. INTRODUCCIÒN

En la producción de plantas en vivero, elegir el sustrato adecuado es esencial para asegurar que las plántulas crezcan saludables y fuertes. Este estudio busca encontrar la mejor combinación de sustratos que favorezca el desarrollo óptimo de las plántulas en esta etapa temprana. Al probar diferentes mezclas, se pretende descubrir cuáles ofrecen las mejores condiciones para que las plántulas crezcan bien y de manera uniforme. El objetivo es mejorar las prácticas de cultivo y hacer la producción de plantas más efectiva y sostenible.

Este proyecto novedoso de umbraculo no solo refleja el compromiso compartido hacia la preservación del medio ambiente, sino que también se distingue por su moderna estructura y su enfoque eficaz para controlar las primeras etapas de los procesos de producción, germinación y el desarrollo de plántulas en etapa de vivero. Se observa la adopción de prácticas viables que desempeñan un papel esencial en la producción de especies, tanto locales como extranjeras.

Este proyecto también ha dado origen a un tema de investigación que propone la implementación de una tecnología innovadora y de visión a largo plazo en el ámbito silvícola. La investigación se enfoca en el proceso y desarrollo de cinco especies latifoliadas con mayor demanda en la región, utilizando tubetes plásticos en un umbráculo para brindar una protección óptima a las plantas en un entorno controlado. Con el objetivo de abordar de manera integral este enfoque, se evaluarán cuatro combinaciones de sustratos para analizar su influencia en la germinación, desarrollo y calidad de las plántulas en las etapas de vivero.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar la propagación de 5 especies forestales, con varios sustratos y proporciones, durante la fase de umbráculo, utilizando tubetes.

2.2 Objetivos específicos

- a. Determinar la germinación y la emergencia de *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata*, *Cordia alliodora*, *Dalbergia spp.* y *Handroanthus chrysanthus*, en las proporciones de sustrato, durante la etapa de umbráculo.
- b. Evaluar el desarrollo de las plántulas de *Swietenia humillis*, *Cedrela odorata*, *Cordia alliodora*, *Dalbergia spp.* y *Handroanthus chrysanthus*, en las proporciones de sustrato, utilizando tubetes, en la etapa de umbráculo.
- c. Analizar los costos de los sustratos y proporciones, utilizados en la propagación de *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata*, *Cordia alliodora*, *Dalbergia spp.* y *Handroanthus chrysanthus*, en tubetes, durante la etapa de umbráculo.

III. REVISION DE LITERATURA

3.1. Especies latifoliadas

Una especie latifoliada se refiere a una planta que pertenece al grupo de las angiospermas y se caracteriza por tener hojas anchas y planas. Estas plantas son conocidas por su follaje amplio y diverso, que puede variar en forma, tamaño y textura (Loewe 2017).

Las especies latifoliadas, como *Swietenia macrophylla* (caoba), *Cedrela odorata* (cedro amargo) y *Cordia alliodora* (laurel), son ampliamente utilizadas en la industria forestal debido a su madera de alto valor y su importancia ecológica. Estas especies proporcionan una madera de calidad que se utiliza en la construcción, la fabricación de muebles, la producción de tableros y otros productos madereros. Además, estas plantas contribuyen a la biodiversidad y al equilibrio ecológico en los bosques (Donad 2010).

En términos más generales, Kelly (2023) comenta que cualquier árbol o planta que, debido a su estructura leñosa y fibrosa, habita la tierra y satisface las necesidades esenciales del ser humano y de ciertas especies animales.

3.1.1. Especies forestales de interés en Honduras

Honduras alberga una variedad de especies forestales de gran importancia, entre las que se incluyen el pino caribe, caoba, cedro real, pino ocote, guayacán, roble, laurel y caoba blanca. Estas especies son valoradas por su utilidad en la producción de madera, pulpa y papel, así como en la fabricación de muebles y carpintería (FHIA 2014).

En el estudio de Dubón (2010), realizado por la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA), se destaca la importancia de especies como el laurel (*Cordia alliodora*) y el cedro (*Cedrela odorata*) en el sector agrícola. Estas especies han sido especialmente valoradas en combinación con sistemas agrosilvopastoriles para el cultivo de cacao. La gestión sostenible de estos recursos es esencial para preservar la biodiversidad y garantizar un uso a largo plazo. Además, el cumplimiento de las leyes y regulaciones forestales es crucial para la conservación y el manejo adecuado de los bosques en Honduras (Del Cid 2003).

3.1.2. Estado actual de las especies forestales en Honduras

Desde la década de 1920, Honduras ha implementado proyectos para estudiar, conservar y aprovechar sus especies forestales, estableciendo las primeras plantaciones con teca y melina. Se enfocan en el manejo de bosques secos y el estudio de cuarenta especies maderables en bosques tropicales húmedos. Destaca la conservación y mejora genética de especies clave, junto con el reconocimiento del potencial económico del sector forestal para el desarrollo sostenible. La estrategia incluye fomentar plantaciones en lugar de deforestación, para preservar biodiversidad y fuentes de agua (Gregersen *et al.* 2015).

3.2. Caoba del Atlántico (*Swietenia macrophylla*)

La caoba del atlántico (*Swietenia macrophylla*) es un árbol nativo de las selvas de América Central, con presencia destacada en áreas de México, Guatemala, Honduras, El Salvador y Nicaragua. esta presenta un período de germinación que varía generalmente entre 2 y 4 semanas, dependiendo de las condiciones ambientales y el tratamiento previo de las semillas. La germinación óptima se logra en un rango de temperatura de 25-30°C, con alta humedad en el sustrato y luz indirecta durante el proceso inicial.

La escarificación previa, que puede incluir el remojo en agua caliente o la escarificación ligera de la cubierta de la semilla, contribuye significativamente a reducir el tiempo de germinación y mejorar las tasas de éxito. Estas condiciones y tratamientos adecuados son cruciales para fomentar una germinación efectiva y un desarrollo robusto de las plántulas (CATIE 2019).

3.2.1. Importancia económica de la caoba del pacífico (*Swietenia macrophylla*)

La caoba del atlántico destaca por su significativa relevancia económica, impulsada por diversos factores. Su madera de gran belleza se utiliza extensamente en construcción, pisos, muebles finos y artesanías. A pesar de su crecimiento lento, se considera un valioso recurso forestal en climas secos. La sobreexplotación de su madera de alta calidad la convierte en un recurso comercial destacado, especialmente en la fabricación de muebles. Además, las semillas de la caoba contienen aceites esenciales que pueden aplicarse en la industria cosmética, ampliando su potencial uso en diversos sectores industriales y comerciales (Campos *et al.* 2009).

3.2.2. Protección y conservación de las *Swietenia macrophylla*

La *Swietenia macrophylla* es una especie amenazada debido a la fragmentación de su hábitat, causada por la deforestación y los cambios en el uso del suelo. A pesar de haber experimentado talas sin control, todavía existen ejemplares en ciertas áreas, aunque son una excepción (Aguilera 2001).

3.3. Cedro amargo (*Cedrela odorata*)

Cedrela odorata, también conocido como cedro español, es un árbol tropical nativo de las Américas. Para su germinación, es crucial mantener una temperatura entre 25°C y 30°C, aunque puede variar de 20°C a 35°C. La humedad relativa ideal es del 60% al 80%, y el sustrato debe estar húmedo, pero no saturado.

Las semillas germinan en luz indirecta, sin necesidad de luz directa. El tiempo de germinación, bajo condiciones óptimas, es de 2 a 4 semanas y puede ser más largo si las condiciones no son ideales. Esta especie es apreciada por su madera de alta calidad, utilizada en la fabricación de muebles (López *et al.* 2020).

3.3.1. Importancia económica del cedro (*Cedrela odorata*)

El cedro es un árbol de gran importancia económica. Esta madera liviana, duradera y fácil de trabajar se utiliza en la fabricación de muebles, carpintería, construcción y elementos estructurales. Además, el cedro emite un aroma agradable, lo que lo hace deseable en la producción de gabinetes y cajas de almacenamiento para proteger la ropa. También se cultiva por razones ornamentales y partes del árbol se utilizan en la extracción de aceites esenciales con aplicaciones en perfumería y cosmética. La gestión sostenible es clave para preservar este recurso valioso a largo plazo (Sánchez *et al.* 2024)

3.4. Laurel (*Cordia alliodora*)

Cordia alliodora, conocida como laurel de costa o cedro espino, es una especie de árbol originaria de América Central y del Sur. Para germinar *Cordia alliodora*, es esencial mantener una temperatura cálida de 25-30°C y alta humedad, con el sustrato siempre húmedo. La luz indirecta favorece la germinación. Debido a que las semillas tienen una cubierta dura, se recomienda escarificarlas, y remojarlas puede ser eficaz. Generalmente, las semillas germinan en 2 a 3 semanas bajo estas condiciones. Esta especie se caracteriza por su rápido crecimiento y su madera de alta calidad, utilizada en la construcción y fabricación de muebles (UNA 2021).

3.4.1. Importancia económica del laurel (*Cordia alliodora*)

El Laurel es una madera valiosa debido a su textura fina, alto brillo y versatilidad. Se utiliza en la fabricación de muebles, puertas, pisos y diversos elementos.

Además, se ha empleado en sistemas agrosilvopastoriles con cultivos como café, cacao y coco, así como en temporales con plátano, y yuca, demostrando su utilidad en diferentes aplicaciones. Su versatilidad lo convierte en una opción valiosa en el ámbito económico y ambiental (Briceño *et al.* 2016).

3.5. Granadillo (*Dalbergia spp*)

Dalbergia es un género de árboles de la familia Fabaceae, conocido por su madera valiosa. granadillo (*Dalbergia spp*) es apreciado por su madera densa y duradera, utilizada en muebles de alta calidad y ebanistería. Para germinar las semillas de *Dalbergia spp*, se debe mantener una temperatura cálida de 25-30°C, alta humedad y un sustrato húmedo, pero bien drenado. Las semillas requieren luz indirecta y escarificación previa, como remojarlas en agua caliente durante 24 horas o estratificación en frío. Generalmente, germinan en 2 a 4 semanas. Entre las especies más destacadas están *Dalbergia nigra* (palisandro brasileño), usado en instrumentos musicales, *Dalbergia latifolia* (palisandro indio), y *Dalbergia sissoo* (palisandro indio), valoradas por su madera (Knoblauch 2001).

3.5.1. Importancia económica granadillo (*Dalbergia spp.*)

El granadillo (*Dalbergia spp*) destaca por su importancia económica en el comercio internacional de muebles, siendo demandado por su madera de alta calidad, dureza y densidad. Es conocido como granadillo africano o granadilla y su uso está controlado debido a su estado de conservación crítico, catalogado como en peligro crítico. A pesar de su comercio creciente, existe preocupación por la extracción ilegal, especialmente en el caso del granadillo, lo que resalta la necesidad de regulaciones estrictas para su conservación a largo plazo (Aguilar 2014).

3.6. Cortez amarillo (*Handroanthus chrysanthus*)

Handroanthus chrysanthus, conocido como cortez amarillo o lapacho amarillo, es un árbol nativo de América Central y del Sur, apreciado por sus flores amarillas brillantes y su uso ornamental (Aguilera 2001).

Para germinar sus semillas, se debe mantener una temperatura cálida de 25-30°C, alta humedad, y un sustrato húmedo, pero bien drenado. Las semillas requieren luz indirecta y suelen germinar en 1 o 2 semanas. Este árbol es valorado tanto por su belleza ornamental como por su madera de calidad y su atracción para polinizadores (Montiel 2020).

3.6.1. Importancia económica del Cortez amarillo (*Handroanthus chrysanthus*)

La importancia económica del Cortez amarillo (*Handroanthus chrysanthus*), también conocido como guayacán, radica en su origen en las selvas tropicales de América. Aunque no es ampliamente utilizado en plantaciones, destaca por su relevancia como árbol ornamental debido a su vistosa floración amarilla, siendo popular en jardines y calles. Además, su madera resistente se emplea en la industria para pisos y carroceras. A pesar de estar sobreexplotado, su presencia en áreas degradadas resalta su capacidad de regeneración (Aguirre *et al.* 2017).

3.7. Producción de plantas forestales

La producción de plantas forestales es un proceso crucial en la gestión sostenible de los recursos naturales y la conservación del medio ambiente. Este proceso implica la propagación, cultivo y cuidado de plantas destinadas a la reforestación, restauración de ecosistemas y otros proyectos de conservación.

Se busca no solo generar un número significativo de plantas, sino también garantizar su calidad y su adaptabilidad a los entornos específicos donde serán plantadas (Gregersen *et al.* 2015).

3.8. Calidad de las semillas

La calidad de las semillas, que incluye la viabilidad y el vigor, también puede influir en la germinación. Las semillas frescas y de alta calidad tienen una mayor probabilidad de germinar con éxito que las semillas viejas o dañadas (FAO 2019).

Las semillas latifoliadas son originarias de plantas que se caracterizan por tener hojas anchas y planas. Entre sus adaptaciones notables se encuentran las alas que algunas de estas semillas poseen. Estas estructuras alares les otorgan la capacidad de ser llevadas por el viento a distancias significativas. Este ingenioso mecanismo de dispersión aerodinámica desempeña un papel crucial en la colonización de nuevos territorios y contribuye de manera significativa a la supervivencia y éxito reproductivo de la especie (Ojeda 2013).

3.8.1. Vigor de las semillas

El vigor de las semillas latifoliadas se determina a través de la evaluación de varias propiedades que influyen en su capacidad de germinación y desempeño en diferentes ambientes. El vigor no es una propiedad individual, ya que describe varias características asociadas con el desempeño de las semillas en el crecimiento favorable de lotes de semillas (Mario R. *et al.* 2020).

3.9. Envases tipo tubete

Los envases tipo tubete para plantas son recipientes utilizados en viveros para el cultivo y trasplante de plantas. Estos tubetes son generalmente de plástico y tienen forma cilíndrica, con agujeros en la base para el drenaje del agua.

En este contexto, la planta se desarrolla suspendida sobre el suelo utilizando una malla ciclón o estructuras metálicas en forma de camas, de modo que se produce la poda de raíces por luz y aire (Darío *et al.* 2001).

Según Montúfar (2013), los tubetes ofrecen varios beneficios al utilizarlos en la germinación de plantas:

En primer lugar, el adecuado llenado de estos con sustrato apropiado facilita un mayor crecimiento de las plantas al proporcionar un entorno óptimo para el desarrollo radicular. Además, También permiten una mayor eficiencia en el uso del espacio en los viveros, ya que se pueden organizar en bandejas o estantes, facilitando el manejo de las plántulas. Su tamaño y diseño hacen que sean fáciles de manejar y transportar, lo que simplifica el trasplante y la distribución e igualmente ofrecen un entorno más controlado que reduce el riesgo de enfermedades y plagas. Finalmente, su capacidad de reutilización contribuye a la sostenibilidad ambiental al disminuir la generación de residuos.

3.10. Uso de envases en la propagación de plantas forestales

El uso de envases desempeña un papel fundamental en la propagación de plantas forestales, especialmente durante las fases iniciales del proceso de producción. Estos envases, comúnmente conocidos como contenedores o macetas, son esenciales para proporcionar un ambiente controlado que favorezca el crecimiento saludable de las plántulas y que facilite su trasplante posterior al terreno definitivo (Domínguez 2000).

Según Martínez (2018), existen diversos tipos de envases utilizados en la propagación de plantas forestales, cada uno diseñado para cumplir funciones específicas que favorecen el desarrollo saludable de las plántulas. Algunos de los tipos de envases más comunes incluyen:

En viveros, se utilizan diversos tipos de contenedores para adaptarse a las necesidades específicas de las plantas. Las macetas de plástico son duraderas y versátiles, disponibles en varios tamaños. Los tubos y tubetes favorecen el desarrollo de raíces fibrosas y permiten un trasplante sin dañar las raíces. Las bandejas de germinación con alvéolos facilitan la producción masiva de plántulas. Por último, los contenedores biodegradables y de papel o cartón, hechos de materiales reciclados, se descomponen con el tiempo y reducen el impacto ambiental.

Igualmente, Martínez (2018), indica que el tipo de envase dependerá de varios factores, incluyendo el tipo de planta, el ciclo de vida, el método de propagación y los objetivos de producción. Cada tipo de envase tiene sus ventajas y desventajas, y la selección adecuada contribuye al éxito global del proceso de propagación y producción de plantas forestales.

3.11. Impacto ambiental de los envases

En el estudio de Sánchez (2016), se exploran opciones prácticas para envases utilizados en la producción sostenible de plantas.

Optar por envases biodegradables puede reducir la acumulación de residuos plásticos, ya que estos materiales se descomponen más rápidamente y contribuyen menos a la contaminación. Los envases compostables son otra opción sostenible, ya que se descomponen y se convierten en nutrientes para el suelo en lugar de persistir como residuos. Además, fomentar la reutilización de envases, especialmente en viveros, puede disminuir la necesidad de fabricar nuevos envases y reducir la generación de residuos. Por último, utilizar materiales reciclados para fabricar envases contribuye a cerrar el ciclo de vida de los materiales y disminuye la dependencia de recursos vírgenes.

La consideración de alternativas más sostenibles no solo beneficia al medio ambiente, sino que también puede mejorar la percepción de la industria forestal y contribuir a prácticas más responsables en la producción de plantas (Gutiérrez y Díaz 2018).

3.12. Estrías en los tubetes

Según Gastón (2018), la presencia de estrías dentro de los tubetes para plantas con forma conica desempeña un papel crucial al dirigir el crecimiento de las raíces hacia abajo, evitando enredos no deseados y promoviendo un crecimiento más ordenado y vertical. Este diseño favorece el desarrollo de raíces fibrosas, facilita el proceso de trasplante y contribuye positivamente a la aireación y al drenaje del sustrato. Estas características combinadas promueven un ambiente propicio para el crecimiento saludable de las plantas.

3.13. Umbráculo de techo plano

Un "umbráculo" es un lugar cubierto con material translúcido que protege las plantas de la intensidad solar y las condiciones climáticas extremas. Se utiliza en la jardinería y la agricultura para crear un ambiente controlado que favorece el crecimiento de plantas y cultivos, al permitir la circulación de aire y una iluminación difusa. Esto es especialmente útil en regiones con climas extremos y para alargar la temporada de cultivos (Rey 2020).

3.13.1. Control ambiental de la estructura protegida (umbráculo)

El control ambiental en un umbráculo es crucial para establecer condiciones de crecimiento ideales para las plantas. Diversas técnicas se emplean con este fin. Es relevante destacar que estas técnicas pueden variar en función de las necesidades específicas de las plantas cultivadas y las condiciones climáticas locales. Por lo tanto, se recomienda realizar una investigación y adaptar las técnicas de control ambiental según las particularidades de cada cultivo y las condiciones del entorno (Martínez 2020).

Ejemplo:

a. Sombreado: El uso de un toldo de sombra en el umbráculo ayuda a controlar la cantidad de luz solar que llega a las plantas. Esto es especialmente importante en climas cálidos, donde la luz solar directa en exceso puede dañar las plantas. Además, el sombreado contribuye a regular la temperatura dentro del umbráculo.

- **Para plántulas y semillas germinadas:** En las fases iniciales, ciertas especies de plantas forestales pueden favorecerse con un rango de sombra entre el 30% y el 50%. Esto contribuye a resguardar las plántulas y semillas germinadas de la exposición directa al sol, al tiempo que facilita la retención de humedad.

- **Plantas jóvenes en crecimiento:** Conforme las plantas se desarrollan, se puede reducir gradualmente el porcentaje de sombra. No obstante, en muchas situaciones, mantener alrededor del 30% de sombra sigue siendo beneficioso para prevenir el estrés causado por la luz intensa y favorecer un crecimiento más uniforme.

b. Ventilación: La ventilación adecuada es esencial para controlar la temperatura y la humedad dentro del umbráculo. Las ventanas de ventilación permiten regular el flujo de aire y evitar la acumulación de calor y humedad excesivos.

c. Riego y humedad: El control del riego y la humedad es esencial para mantener un ambiente adecuado para el crecimiento de las plantas. Los sistemas de riego automatizados o la monitorización regular de la humedad del suelo pueden ayudar a mantener niveles óptimos de humedad.

d. Control de plagas y enfermedades: Aunque el umbráculo proporciona un entorno protegido que puede ayudar a prevenir la entrada de plagas y enfermedades, es importante implementar medidas de control integrado de plagas y enfermedades para evitar problemas y mantener las plantas sanas.

3.14. Efectos de las condiciones de umbráculo en la germinación

Las condiciones dentro del umbráculo juegan un papel crucial en la germinación de las semillas, ya que afectan directamente el desarrollo de las plántulas. La temperatura debe mantenerse dentro del rango específico requerido por cada tipo de semilla, ya que tanto el calor excesivo como el frío pueden inhibir el proceso de germinación. La humedad también es esencial; un nivel adecuado asegura que las semillas absorban suficiente agua para iniciar la germinación sin riesgo de deshidratación o encharcamiento. Además, la iluminación debe ser ajustada para proporcionar la intensidad y duración adecuadas de luz, ya que algunas semillas requieren exposición a la luz para germinar, mientras que otras prefieren condiciones de oscuridad.

Además de estos factores, es vital proteger el umbráculo de condiciones climáticas adversas que podrían interrumpir el proceso de germinación. Los cambios bruscos de temperatura y la alta radiación solar directa pueden estresar a las semillas y a las plántulas, afectando negativamente su desarrollo. Implementar sistemas de control de temperatura y humedad, junto con pantallas o mallas de sombreado para regular la luz solar, ayuda a mantener un entorno estable. Monitorear continuamente estas condiciones y ajustar los factores según las necesidades específicas de las semillas asegura una germinación exitosa y un crecimiento saludable de las plántulas (Reyes 2008).

3.15. Sustratos para plantas en etapa de umbráculo

Un sustrato se define como cualquier material sólido o medio físico que difiere del suelo y puede ser de origen natural, artificial o residual, ya sea de naturaleza mineral u orgánica. Este material se introduce en un recipiente, contenedor o suelo, ya sea en su forma pura o como parte de una mezcla, con el propósito de proporcionar el anclaje necesario para el sistema radicular de las plantas (Luz *et al.* 2019).

Según Pérez (2017), el sustrato genera condiciones óptimas que facilitan la eficiente absorción de nutrientes por parte de las raíces, cumpliendo simultáneamente su función de sostén para mantener la planta en posición vertical.

3.16. Importancia de la elección del sustrato en la germinación y desarrollo de plántulas

La importancia de la elección del sustrato en la germinación y desarrollo de plántulas es crucial para la producción exitosa de plantas en vivero. Se requiere una cuidadosa selección del sustrato en el que se propagarán y crecerán las plantas. La elección adecuada de los componentes del sustrato, la proporción volumétrica de cada uno de ellos y las enmiendas adicionadas al sustrato son factores clave para lograr una producción exitosa de cada especie en particular (Soto 2020).

3.17. Características que debe tener un sustrato

Un sustrato adecuado para semillas latifoliadas debe tener ciertas características que proporcionen un entorno propicio para la germinación y el crecimiento inicial de las plántulas (Pierre *et al.* 2009)

Este debe tener varias características clave: en primer lugar, debe retener agua de manera efectiva y hacerla fácilmente disponible para las raíces. Además, es crucial que proporcione un suministro adecuado de aire para prevenir la asfixia de las raíces y fomentar un crecimiento saludable. La distribución del tamaño de las partículas también es fundamental, ya que debe permitir un buen drenaje y evitar la compactación. Finalmente, una baja densidad aparente es importante para facilitar el desarrollo radicular y permitir un buen intercambio de gases en el suelo.

3.18. Sustrato perlita

La perlita es un material de origen volcánico que se expande mediante un proceso de calentamiento a temperaturas que oscilan entre 1.000 y 1.200 °C. Químicamente, la perlita está compuesta principalmente por sílice, junto con óxidos de aluminio, hierro, calcio, magnesio y sodio.

La granulometría de la perlita procesada es muy variable, y sus propiedades físicas varían de acuerdo con los porcentajes de cada uno de los rangos de tamaños considerados (Guerrero 2022).

3.19. Sustrato vermiculita

La vermiculita es un mineral formado por silicatos de aluminio, hierro y magnesio que se extrae en minas a cielo abierto. La característica distintiva de la vermiculita es su capacidad para exfoliarse cuando se calienta. Este proceso de exfoliación puede aumentar su volumen original hasta en 8 veces, transformando los densos copos minerales en ligeros gránulos porosos que contienen numerosas capas de aire (Acosta 2023).

3.16. Sustrato turba báltica

La turba es un material orgánico constituido por elementos procedentes de la descomposición de vegetales. Es uno de los materiales más utilizados como sustrato, tanto en jardinería como en agricultura. Todos hemos oído hablar alguna vez de este tipo de sustrato, tan empleado en jardines, huertos y cultivos (Bracho 2009).

3.17. Sustrato Promix®

El sustrato Promix® es un sustrato que ofrece diferentes opciones para distintos tipos de plantas y usos la especialidad de este es que está formado por diferentes elementos.

Zolezzi (2012) sugiere que la combinación equilibrada de elementos en la composición de ciertos sustratos puede ofrecer una opción integral, incorporando retención de agua, aireación y drenajes eficientes. Además, proporciona nutrientes iniciales, convirtiéndolo en una elección apropiada para el trasplante y el desarrollo inicial de las plantas.

3.18. Sustrato bocashi

Este abono orgánico, rico en nutrientes, es esencial para el desarrollo de los cultivos y se obtiene mediante la fermentación de materiales secos que se mezclan adecuadamente. Los nutrientes resultantes de esta fermentación incluyen tanto elementos mayores como menores, lo que lo convierte en un abono completo y de mayor calidad en comparación con las fórmulas de fertilizantes químicos (FAO 2011).

3.19. Biochar (biocarbón)

Según Pentón Fernández (2021), el biochar se origina a través de un proceso conocido como pirólisis, que implica la descomposición térmica de materiales orgánicos en ambientes con escasa presencia de oxígeno. Durante este proceso, diversos tipos de biomasa, como residuos agrícolas, madera y otros restos orgánicos, son sometidos a altas temperaturas, lo que resulta en la formación de un material carbonáceo sólido con características únicas. Esta transformación confiere al biochar propiedades especiales, incluyendo una estructura porosa que ofrece una amplia área superficial, lo que puede ser beneficioso en aplicaciones agrícolas y ambientales.

Este carbón vegetal tiene diversas aplicaciones, desde mejorar la estructura y la fertilidad del suelo hasta contribuir a la mitigación del cambio climático al actuar como un sumidero de carbono. Su capacidad para adsorber contaminantes y mejorar la retención de agua y nutrientes en el suelo también lo convierte en una herramienta valiosa en prácticas agrícolas sostenibles y en la gestión ambiental.

En resumen, el biochar se destaca como un recurso versátil con potenciales beneficios tanto para la agricultura como para la sostenibilidad ambiental (Olmo, 2016).

Gracias a sus propiedades, el biochar facilita la absorción y retención de nutrientes y microorganismos en el suelo, estimulando así la actividad microbiana.

Además de su capacidad para mejorar la retención de nutrientes y la actividad microbiana, el biochar también presenta el potencial de contribuir a la mitigación del cambio climático al absorber carbono de la atmósfera. Más allá de estos beneficios, el biochar puede tener un impacto positivo en la gestión ambiental, abordando aspectos como la degradación de contaminantes en el suelo, la valorización de residuos y la generación de energía (Dreiskel 2021).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación del área de trabajo

El área de estudio se sitúa en Tegucigalpa, Honduras, dentro de las instalaciones del Instituto de Conservación Forestal (ICF). Geográficamente, se encuentra a una latitud de $14^{\circ}06'10''$ N y una longitud de $87^{\circ}13'45''$ W, a una altitud de 990 metros sobre el nivel del mar. Este espacio está destinado a la producción de plántulas forestales y también funciona como laboratorio de campo, facilitando tanto la producción de especies arbóreas para la conservación como la investigación práctica en el ámbito forestal (Figura 1).

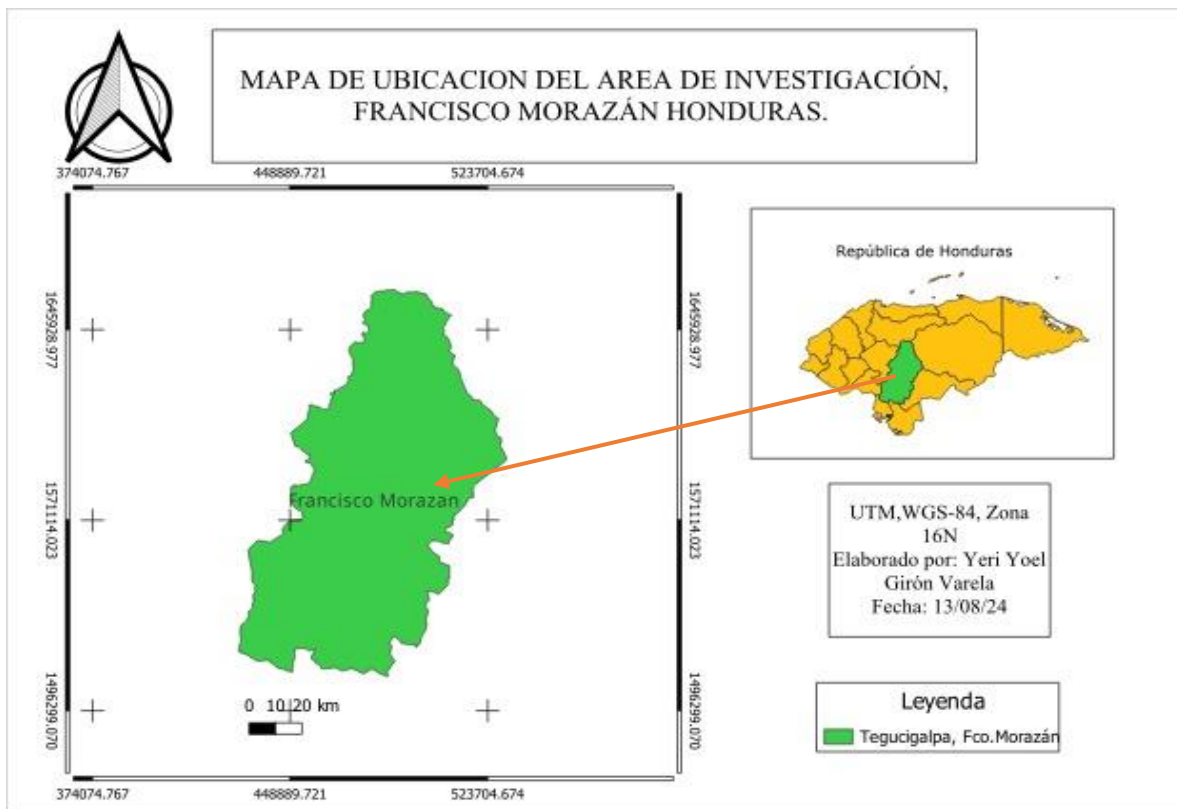


Figura 1. Lugar de ubicación instituto de conservación forestal (ICF) Tegucigalpa, Fco. Morazán, Honduras.

4.2. Materiales y equipo

Para los materiales, se adquirieron cinco especies de latifoliadas en la empresa SETRO Semillas Tropicales: *Swietenia macrophylla* (caoba del Atlántico), *Cedrela odorata* (cedro amargo), *Cordia alliodora* (laurel), *Dalbergia spp.* (granadillo) y *Handroanthus chrysanthus* (cortez amarillo). Estas especies fueron seleccionadas por sus características específicas y relevancia para el estudio. Además, las especies *Swietenia humilis* (caoba del pacifico), y *Handroanthus chrysanthus* (cortez amarillo) que fueron recolectadas directamente en el campus de la Universidad Nacional de Agricultura (UNAG), garantizando así la inclusión de variedades locales en el análisis.

Se utilizaron diversas herramientas esenciales, tanto para la parte práctica como para el trabajo en el laboratorio. Entre las herramientas prácticas se incluyeron tubetes, umbraculos, rotuladores, cúters, paletas de madera, marcadores y un pie de rey, además de una regla. Para el trabajo en el laboratorio, se emplearon un horno para secar las muestras y una gramera para medir el peso de las plantas.

4.3. Método

El lugar donde se ejecutó el estudio es el vivero Sauces de la Universidad Nacional de Agricultura (UNAG) y en el instituto de conservación forestal (ICF) Tegucigalpa, Honduras. La metodología utilizada es de carácter cuantitativo.

4.4. Diseño experimental

En las dos fases del proyecto, que incluyeron la germinación y el crecimiento y desarrollo, se empleó un diseño completamente aleatorizado (DCA) con 35 semillas distribuidas en grupos de prueba. Se llevaron a cabo cinco experimentos por cada especie en los que se implementaron cuatro tratamientos diferentes, diseñados para evaluar el impacto de distintas

combinaciones de sustratos. Los tratamientos fueron: T1, T2, T3 y T4. Cada tratamiento se aplicó de manera individual a las distintas especies forestales. En la segunda fase del proyecto, se descartó el tratamiento T4, ya que no se observaron beneficios adicionales en comparación con los otros tratamientos. Esta fase se centró en evaluar la efectividad de los tratamientos T1, T2 y T3 para optimizar el crecimiento y desarrollo de las especies estudiadas. Posteriormente, los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) para determinar las diferencias significativas entre los tratamientos y evaluar su impacto en el desarrollo de las especies.

4.5. Modelo estadístico

En este diseño experimental, se investigó el impacto de cuatro tipos de sustratos, cinco especies de plantas latifoliadas y tubetes en una variable específica de interés.

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + L_j + T_k + (SL)_{ij} + (ST)_{ik} + (LT)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

- μ es la media general.
- S_i es el efecto del i -ésimo tipo de sustrato.
- L_j es el efecto de la j -ésima especie de latifoliada.
- T_k es el efecto del k -ésimo tubete.
- $(SL)_{ij}$ es la interacción entre el tipo de sustrato i y la especie de latifoliada j .
- $(ST)_{ik}$ es la interacción entre el tipo de sustrato i y el tubete k .
- $(LT)_{jk}$ es la interacción entre la especie de latifoliada j y el tubete k .
- ε_{ijk} es el término de error experimental que captura la variabilidad no explicada en el modelo.

4.6. Descripción de tratamientos

El sustrato T1 se compone de un 40% de bocashi, equivalente a 56.70 kg, que enriquece el sustrato con nutrientes y materia orgánica mediante microorganismos eficaces. El 30% de biocarbón, que equivale a 43.54 kg, mejora la retención de agua y nutrientes, además de proporcionar una mejor aireación y estabilidad estructural. Finalmente, el 30% de suelo, también 43.54 kg, aporta nutrientes adicionales y estructura al medio de cultivo. Juntos, estos componentes crean un sustrato equilibrado que optimiza el crecimiento de las plantas al combinar nutrición, retención de agua, aireación y soporte estructural.

Sustrato T2 está compuesto por un 70% de sustrato Promix, equivalente a 54.43 kg, y un 30% de suelo, que suma 40 kg. Esta mezcla combina las cualidades de Promix, conocido por su excelente retención de humedad, aireación y nutrientes, con las propiedades adicionales del suelo, que aporta materia orgánica y estabilidad. El Promix proporciona una base de alta calidad que promueve un crecimiento radicular saludable y un desarrollo robusto de las plantas, mientras que el suelo complementa la mezcla al enriquecerla con nutrientes y mejorar su estructura. Juntos, estos componentes crean un sustrato equilibrado que favorece un entorno óptimo para el crecimiento de las plantas.

El Sustrato T3 se compone de un 46.67% de turba báltica, equivalente a 31.75 kg, que proporciona excelente retención de humedad y nutrientes. Contiene un 14% de vermiculita 9.53 kg para mejorar la aireación y la retención de agua, y un 13.33% de perlita 9.07 kg para optimizar el drenaje y el flujo de aire. La mezcla incluye un 23.33% de aserrín 15.88 kg, que añade materia orgánica y mejora la estructura del sustrato. Finalmente, se incorpora un 2.67% de fertilizante Fastrac 1.81 kg para proporcionar nutrientes adicionales.

4.7. Manejo durante el experimento

Durante la evaluación de la variable de germinación de cinco especies de latifoliadas utilizando diferentes sustratos en cajones que sirven como germinadores, se identificaron factores que impactaron significativamente. En primer lugar, se constató que los sustratos comerciales no estaban bien adaptados al sistema de riego del vivero de la Universidad Nacional de Agricultura (UNAG), donde se realizaba el riego dos veces al día, a las 7 a.m. y a las 4 p.m. Esta falta de compatibilidad entre los sustratos y el sistema de riego afectó negativamente la eficiencia de la germinación, destacando la necesidad de ajustar las mezclas de sustratos y optimizar el manejo del riego para mejorar los resultados en futuras evaluaciones.

En los resultados del primer ensayo, se observó que el riego fue excesivo, lo que causó un encharcamiento persistente en los sustratos. Debido a la alta capacidad de retención de agua y la escasa filtración de estos sustratos, se mantuvo un nivel de humedad excesivo. Este ambiente favoreció la pudrición de las semillas y llevó a que algunas entraran en un estado de latencia, lo que impidió su germinación.

Para abordar este problema, se llevó a cabo un segundo experimento ajustando las proporciones de los sustratos y mejorando el drenaje de los semilleros, lo que permitió condiciones más favorables para la germinación. Para este segundo ensayo, se observó otro factor que impidió la germinación de dos de las especies, ya que presentaron bajas tasas de germinación debido a baja viabilidad, posiblemente por ser semillas viejas o estar en malas condiciones y es por ello por lo que se consideró cambiar las semillas por otras en mejores condiciones. Estos hallazgos subrayan la importancia de una adecuada selección de sustratos, el uso de semillas viables y frescas, y el ajuste preciso de las condiciones de riego para optimizar la germinación de especies latifoliadas.

Y de igual manera se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA) con el propósito de y una prueba de Tukey para evaluar la calidad de las mezclas de sustratos y su influencia en el proceso de germinación y desarrollo de las plantas, utilizando los datos recopilados durante estos experimentos.

En el segundo experimento de crecimiento de plantulas del proyecto se montaron en el instituto de conservación forestal ICF las especies donde se resaltó el cambio de una de las especies: caoba del atlántico por el hecho de que en el experimento anterior se determinó baja calidad en la especie y por consiguiente se utilizaron coba del pacifico, cedro amargo, laurel granadillo y cortez amarillo, y para esta segundo experimento descartamos el testigo y trabajamos con las otras Combinación con tres tratamientos de sustratos.

Se llevó a cabo un proceso previo de desinfección tanto de los tubetes como del área de mezcla de sustratos. Este procedimiento incluyó el uso de detergente, cloro y un fungicida, el Patriarca®, con el objetivo de prevenir la contaminación en las plantas alojadas en los tubetes dentro del umbráculo para luego hacer el llenado de los tubetes con las diferentes muestras. Tras la germinación en los tubetes, se seleccionaron 10 plántulas de cada especie como unidades experimentales para la evaluación de las variables del estudio. Además, se realizaron dos aplicaciones de fertilizante de fórmula 18-46-0 (rico en fósforo y nitrógeno) cada 30 días para asegurar un suministro adecuado de nutrientes.

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar el impacto de diversas mezclas de sustratos en el crecimiento y desarrollo de las plantas, utilizando datos recolectados durante los experimentos. Se evaluaron varias variables, incluyendo la velocidad de crecimiento de las plántulas, altura, diámetro, número de hojas, condiciones sanitarias, grado de lignificación y contenido de agua.

4.8. Variables evaluadas

a. Porcentaje de germinación: para medición de esta variable requirió la recopilación de datos sobre el número total de semillas sembradas por bloque experimental y el total de semillas germinadas. Posteriormente, aplicamos la siguiente fórmula utilizando los datos recolectados donde se determinó el porcentaje de germinación en relación con la cantidad inicial de semillas sembradas en cada bloque o repetición:

$$\text{Porcentaje de germinación} = \frac{\text{número total de semillas germinadas}}{\text{número de semillas sembradas por semillero}} \times 100$$

b. Altura de la planta (cm): Se seleccionaron 10 plantas por especie como muestra experimental tomando las muestras (plantas) de manera al azar, la medición se realizó con una regla graduada, desde el cuello de la raíz hasta el último brote apical. Las mediciones se realizaron una vez por cada 15 días. La toma de datos se realizó por cada unidad experimental (planta).

c. Número de hojas: Igualmente las mismas 10 plantas sirvieron como muestra experimental tomando, las mediciones se realizaron una vez por cada 15 días. La toma de datos se realizó por cada unidad experimental (planta).

d. Diámetro: Se llevó a cabo la medición del diámetro en 10 plantas de cada una de las 5 especies seleccionadas. El proceso consistió en utilizar un pie de rey para medir el diámetro del tronco a una altura estándar, registrando las medidas en milímetros para mayor precisión. Las mediciones se realizaron en condiciones controladas para garantizar la exactitud y consistencia de los datos. Esta metodología permitió comparar el crecimiento relativo entre las diferentes especies y monitorear su desarrollo a lo largo del tiempo.

e. **Veltez:** esta variable se realizó a las 10 plántulas designadas como unidades experimentales y empleando las variables previamente mencionadas (altura y número de hojas), se lleva a cabo un estudio para evaluar la velocidad de crecimiento de las plántulas. El objetivo de esta es calcular la velocidad de crecimiento de las plantulas a lo largo del tiempo, proporcionando así información detallada sobre su desarrollo durante el período de estudio en la cual se estará utilizando la fórmula de velocidad:

$$\textit{Velocidad de crecimiento} = \frac{\textit{Altura actual (cm)}}{\textit{Diametro del cuello de la raiz (mm)}}$$

f. **Sbeltez:** Para determinar la velocidad de crecimiento y resistencia de la planta a la desecación de las plantas, se seleccionaron dos variables clave y, utilizando una ecuación específica, se calculó la velocidad de crecimiento de las plantas de las 5 especies en los distintos sustratos. Este enfoque permitió evaluar y comparar el crecimiento de las plantas en función de las condiciones de cada sustrato.

$$\frac{\textit{Altura (cm)}}{\textit{Diametro del cuello de la raiz (mm)}}$$

g. **Lignificación:** En la evaluación de la lignificación, se analizó el desarrollo de lignina en los tejidos leñosos de las plantas. Se seleccionaron 10 muestras representativas de las plántulas experimentales. En el laboratorio, se realizaron mediciones de peso de estas muestras y, utilizando una ecuación específica, se determinó el contenido de lignina en cada una de ellas. Este procedimiento permitió cuantificar la cantidad de lignina en las plántulas y evaluar su desarrollo en función de la lignificación.

$$\textit{Lignificacion} = \left(\frac{\textit{Peso seco total (g)}}{\textit{Peso humedo total (g)}} \right) * 100$$

h. Condición Sanitaria: En el estudio de la variable sanitaria en plántulas, se evaluaron las 10 plantas como unidades experimentales de cada especie, se realizaron observaciones visuales, donde se registraron detalladamente los síntomas de posibles enfermedades o problemas de salud, como deformidades y cambios en el color de las hojas.

i. Medición de la variable de raíz húmeda y raíz seca

- **Para la raíz húmeda:** Para medir el peso húmedo de las raíces, se utilizó una balanza de precisión para pesar las raíces directamente después de cortarlas del sistema radicular de la planta. Este procedimiento se realizó en todas las plántulas experimentales, asegurando que se eliminara el material foliar antes de la medición para obtener datos precisos sobre el peso húmedo de las raíces.

- **Para la raíz seca:** Para determinar el peso seco de las raíces, se colocaron las raíces en un horno de secado a 40 grados Celsius. Después de completar el proceso de deshidratación, se pesaron las raíces para obtener su peso seco. Para luego mediante la fórmula se permitió medir con precisión el contenido de agua residual y evaluar la masa seca de las raíces.

$$\% \text{ Contenido de Agua} = \frac{(\text{Peso de raíz húmeda} - \text{Peso de raíz seca})}{\text{Peso de raíz húmeda}} \times 100$$

j. Índice de DICKSON: El Índice de Dickson se calculó utilizando varias variables adicionales, permitiendo obtener un índice de calidad específico para cada situación. Esta fórmula facilita la evaluación de las diferencias morfológicas entre las plantas de una muestra y ayuda a predecir su comportamiento futuro. El cálculo del índice se realizó para cada una de las plantas evaluadas, proporcionando una medida detallada de su calidad y rendimiento.

k. Costos económicos: El análisis de costos del proyecto se centró en revisar minuciosamente las facturas asociadas. Se organizó toda la documentación, generando un registro detallado con descripciones, cantidades, precios unitarios y costos totales. La suma de estos costos proporcionó una visión integral de la inversión realizada en cada uno de los sustratos realizados.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Resultados del experimento de germinación en semillas con especies latifoliadas y sustratos.

5.1.1. Prueba estadística para la germinación de *Swietenia macrophylla*

En el análisis de germinación de caoba del atlántico en cuatro sustratos diferentes, la ANOVA mostro diferencias significativas en los porcentajes de germinación con (p-valor = 0.0186). Sin embargo, la prueba de Tukey no encontró diferencias estadísticamente significativas, agrupando todos los sustratos en la misma categoría (A). Aunque las gráficas muestran variaciones en los porcentajes de germinación, estas diferencias no son estadísticamente significativas, posiblemente debido a la variabilidad del proceso de germinación y al tamaño de la muestra utilizada (Figura 2).

El sustrato T4 presentó el error estándar más bajo (1.17), indicando alta precisión, mientras que el sustrato T2 mostró el mayor error estándar (5.30), sugiriendo mayor variabilidad y menor precisión.

Las tendencias gráficas indican que los favorecen la germinación de caoba del atlántico. Según Alfaro (2014), la mejor mezcla para la germinación de esta especie incluye materiales orgánicos y tierra, optimizando las condiciones para un mayor porcentaje de germinación.

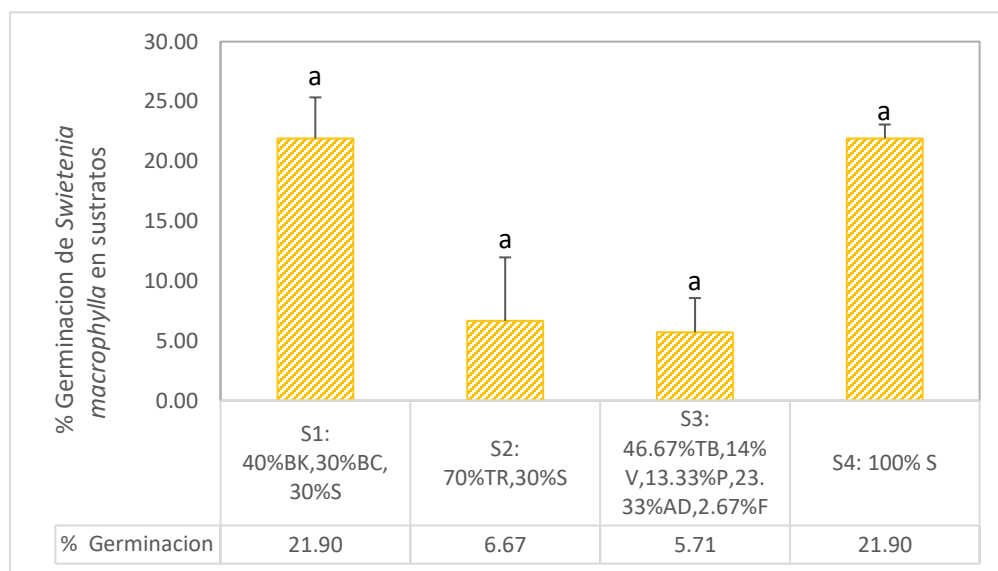


Figura 2. Germinación de caoba del atlántico en sustratos utilizados en el vivero forestal UNAG.

5.1.2. Prueba estadística para la germinación de *Cedrela odorata*

Para el análisis de la germinación de cedro en cuatro tipos de sustratos y mediante la ANOVA, un p-valor de 0.05552, lo que indica que las diferencias en los porcentajes de germinación entre los sustratos no son estadísticamente significativas (figura 3).

En el análisis de germinación en cuatro sustratos diferentes, la prueba de Tukey agrupa los sustratos en categorías donde T1 es significativamente diferente de T3, pero no de T2 y T4. El gráfico muestra el error estándar de la media, el sustrato T4 exhibe el error estándar más bajo (1.22), indicando alta precisión en las mediciones de germinación, mientras que T3 muestra el mayor error estándar (3.53), sugiriendo mayor variabilidad y menor precisión en las mediciones (anexo 3).

Según Martínez (2018), la germinación de esta especie depende de condiciones lumínicas adecuadas y sustratos orgánicos que retengan agua y sean ricos en nutrientes igualmente los resultados sugieren que el sustrato T1 es el más favorable para la germinación de *Cedrela odorata*, mientras que T3 es el menos favorable. Los gráficos muestran que T1 y T2 tienen altos porcentajes de germinación, siendo T1 significativamente diferente de T3 según el análisis de Tukey (Figura 3).

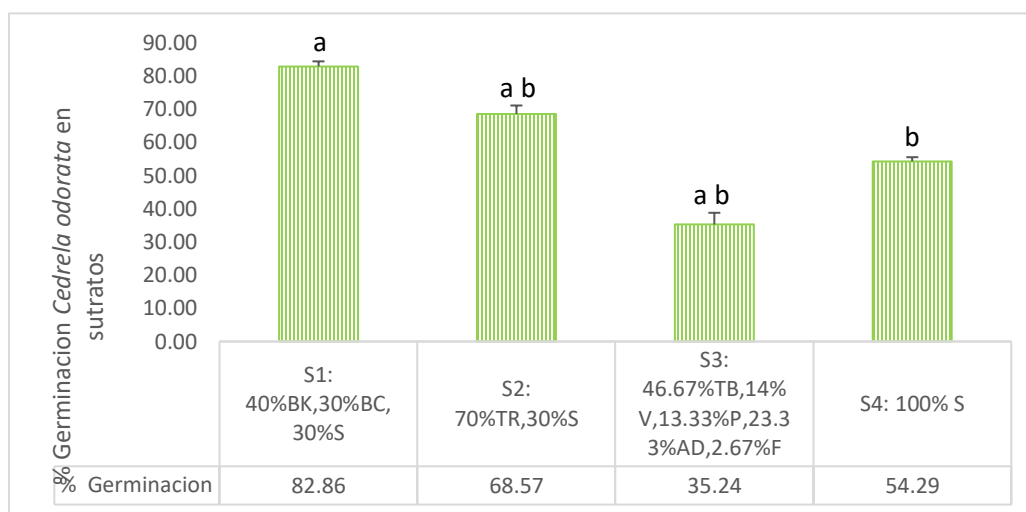


Figura 3. Germinación de *Cedrela odorata* en sustratos utilizados en el vivero forestal UNAG.

5.1.3. Prueba estadística para la germinación de *Cordia alliodora*

En el análisis de germinación de laurel en cuatro tipos de sustratos, el p-valor obtenido fue 0.6763, indicando la ausencia de diferencias estadísticamente significativas en los porcentajes de germinación entre los sustratos evaluados. Esto sugiere que los componentes variados de los sustratos no afectan significativamente la capacidad de germinación de *Cordia alliodora* según las condiciones del estudio (anexo 4).

El sustrato T4 mostró el error estándar más bajo (1.86), reflejando alta precisión en las mediciones de germinación, mientras que el sustrato T2 exhibió el mayor error estándar (4.48), indicando mayor variabilidad y menor precisión en las mediciones para esta especie.

En el análisis de germinación del laurel, las pequeñas variaciones en los porcentajes de germinación entre diferentes sustratos no fueron estadísticamente significativas. La prueba de Tukey agrupa todos los sustratos en la misma categoría (A), indicando que no hay diferencias significativas entre ellos. Esto sugiere que cualquier sustrato probado puede ser utilizado de manera efectiva para la germinación de esta especie sin afectar significativamente su rendimiento (Figura 4).

Los resultados indican que todos los sustratos evaluados son igualmente efectivos. Según Pérez (2022), la variedad de sustratos juega un papel crucial en el proceso de germinación de especies forestales, interactuando de manera conjunta con las especies.

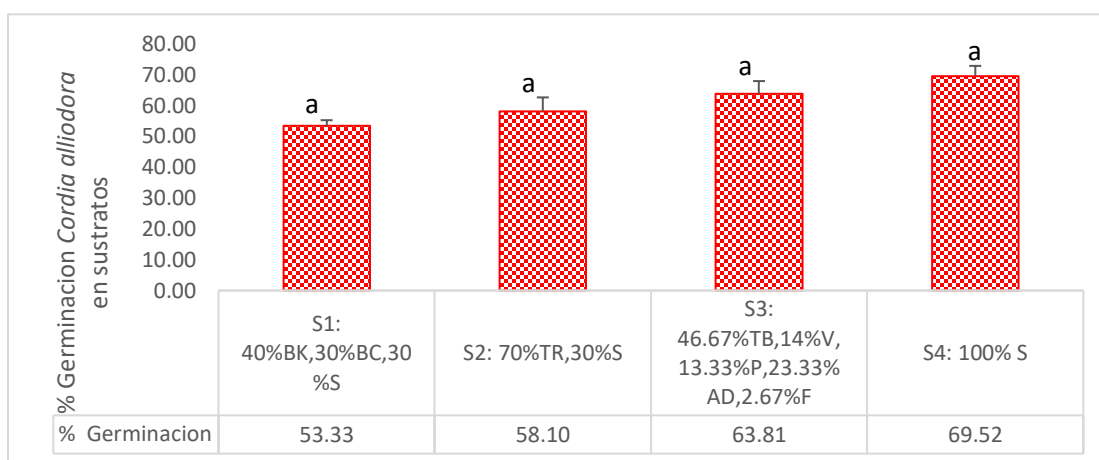


Figura 4. Germinación de *Cordia alliodora* en sustratos utilizados en el vivero forestal UNAG.

5.1.4. Prueba estadística para la germinación de *Dalbergia spp*

En el estudio de germinación de granadillo en cuatro tipos de sustratos, el ANOVA mostró un p-valor de 0.1538, indicando la ausencia de diferencias estadísticamente significativas en los porcentajes de germinación entre los sustratos evaluados. El gráfico muestra que el sustrato T4 (100% suelo) tiene el error estándar más bajo (0.82), reflejando alta precisión en las medidas de germinación, mientras que el sustrato T2 presenta el mayor error estándar (3.21), sugiriendo mayor variabilidad y menor precisión en las mediciones (Anexo 5).

Aunque los gráficos de promedios muestran variaciones en los porcentajes de germinación, estas diferencias no son estadísticamente significativas. Por lo tanto, se concluye que cualquiera de los sustratos probados puede ser utilizado para la germinación del granadillo sin impactar significativamente en el rendimiento germinativo (Figura 5)

Estos resultados sugieren que todos los sustratos evaluados son igualmente efectivos para la germinación de granadillo. Osorio y Mazariego (2013) sugieren que la combinación óptima para granadillo es 50% arena y 50% tierra negra, por su equilibrio entre drenaje y retención de humedad. Sin embargo, en mi investigación se utilizaron otras mezclas de sustratos que también resultaron efectivas, demostrando que existen múltiples combinaciones viables que pueden satisfacer las necesidades específicas de cada especie.

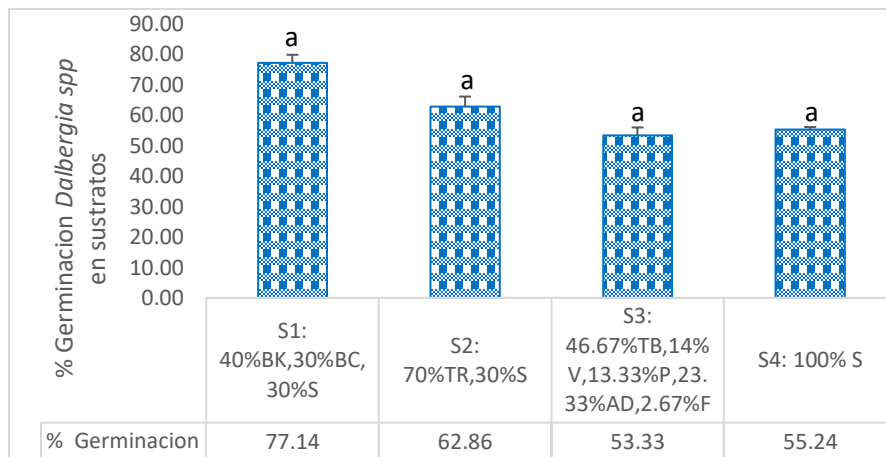


Figura 5. Germinación de *Dalbergia spp.* en sustratos utilizados en el vivero forestal UNAG.

5.1.5. Prueba estadística para la germinación de *Handroanthus chrysanthus*

En el análisis de germinación de *Handroanthus chrysanthus* en cuatro tipos de sustratos, el ANOVA mostró un p-valor de 0.1356, indicando que no hay diferencias estadísticamente significativas en los porcentajes de germinación entre los sustratos evaluados. El gráfico muestra que el sustrato T4 tiene el error estándar más bajo (0.41), reflejando alta precisión en las medidas de germinación, mientras que el sustrato T1 presenta el mayor error estándar (2.60), sugiriendo mayor variabilidad y menor precisión en las mediciones (Figura 6).

El análisis de Tukey reveló que todos los sustratos evaluados (T1, T2, T3, T4) mostraron una capacidad de germinación similar. Según Manrique y Caicedo (2021), la combinación óptima para la germinación fue 50% tierra negra, 30% arena de río y 20% turba, destacando por su capacidad para mejorar la circulación de aire y agua, además de conservar la humedad de manera efectiva. Estos resultados coinciden con mi investigación, donde también se utilizaron diferentes componentes en un sustrato para evaluar su efectividad en la germinación (Anexo 6).

Aunque los gráficos de promedios pueden mostrar algunas variaciones en los porcentajes de germinación, estas diferencias no son estadísticamente significativas. En este caso, todos los sustratos evaluados son igualmente adecuados para la germinación de *Handroanthus chrysanthus*, lo que sugiere que cualquier sustrato probado puede ser utilizado sin afectar significativamente el rendimiento germinativo.

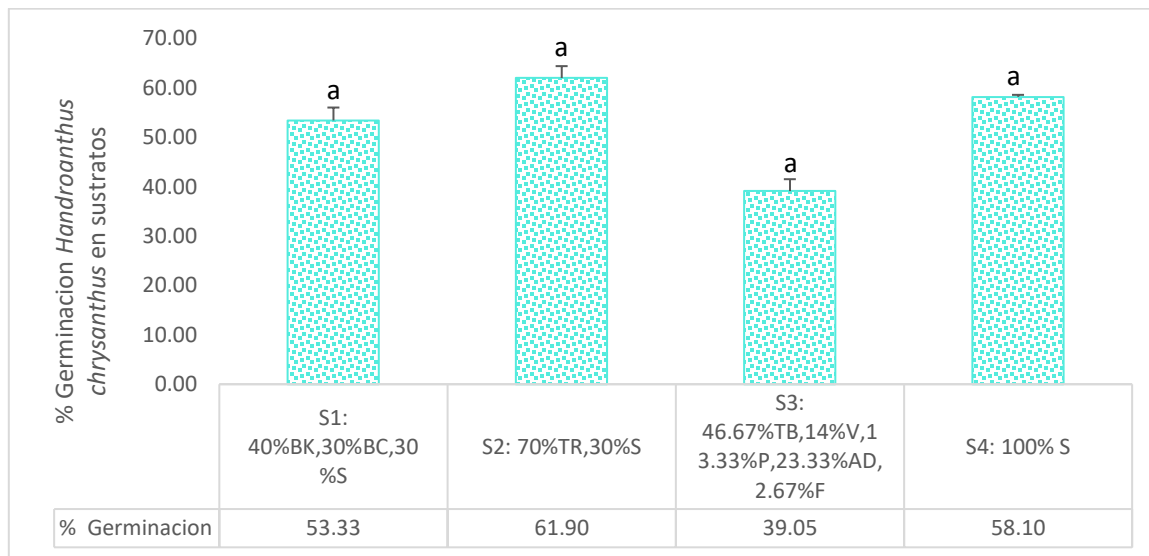
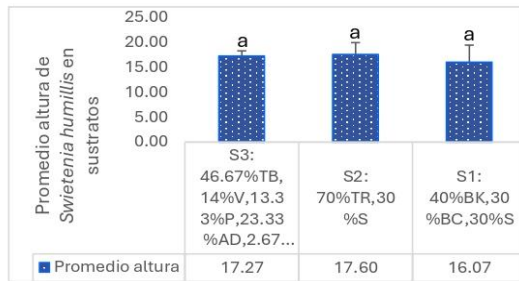


Figura 6. Germinación de *Handroanthus chrysanthus*. en sustratos utilizados en el vivero forestal UNAG.

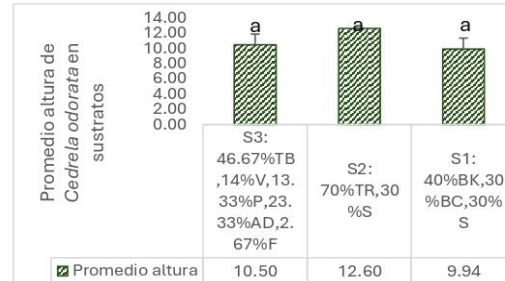
5.2. Resultados prueba estadística variable de altura (cm) de las 5 especies latifoliadas en sustratos utilizando tubetes

El análisis de la altura en cinco especies de latifoliadas desarrolladas en tubetes con tres tipos de sustratos mostró que, en general, dos de los tipos de sustrato no tuvieron un efecto significativo en la altura de las plantas. Esto se observó en caoba del pacífico (p-valor = 0.4176), el cedro (p-valor = 0.1307), el laurel (p-valor = 0.5861) y corteza amarillo (p-valor = 0.5783). Estos resultados sugieren que, para estas especies de latifoliadas, los sustratos T1 y T2, son sustratos con propiedades adecuada para el desarrollo de las especies latifoliadas (Figura 7).

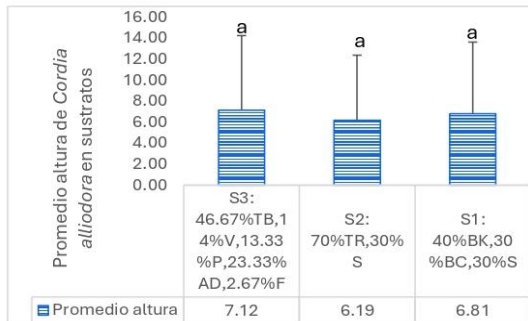
La especie de granadillo mostró un p-valor de 0.0047, indicando diferencias significativas entre los sustratos. La prueba de Tukey reveló que el sustrato T3 tuvo un impacto notable en la altura de las plantas en comparación con los otros dos sustratos (T1 y T2). Es relevante considerar que los resultados podrían estar influenciados por factores ambientales. Según Reátegui (2005), la luz es el factor más determinante en el crecimiento de las plántulas, superando. Una mayor intensidad y duración de la exposición a la luz favorecen el desarrollo de las plántulas en diámetro y altura, destacando la importancia de una iluminación adecuada para optimizar su crecimiento y salud (Anexo 8). |



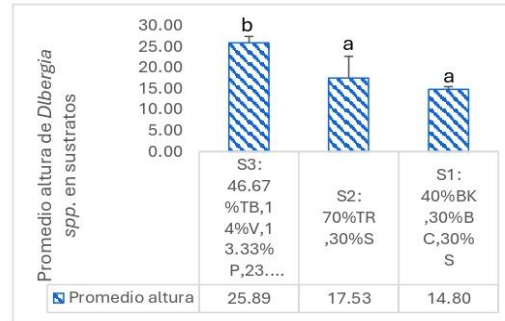
a.



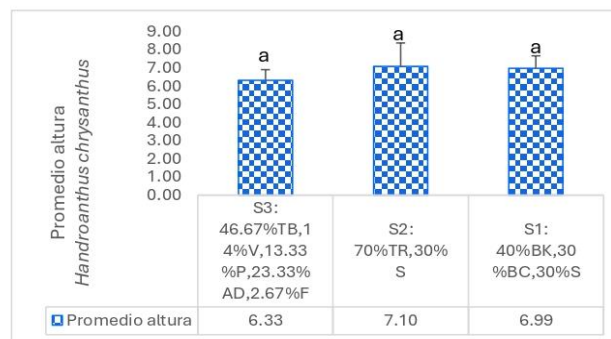
b.



c.



d.



e.

Figura 7. Altura (cm) de a. *Swietenia humillis*, b. *Cedrela odorata*, c. *Cordia alliodora*, d. *Dalbergia spp.*, e. *Handroanthus chrysanthus*. Utilizados en tubetes y combinaciones de sustratos.

5.2.1. Resultados prueba estadística variable de numero de hojas de las 5 especies latifoliadas.

En un estudio sobre el impacto de tres tipos de sustratos en el número de hojas de cinco especies de plantas latifoliadas, el laurel mostró diferencias significativas entre los sustratos, con un p-valor de 0.0005. El sustrato T3 tuvo un impacto notable en el desarrollo foliar de esta especie, indicando mayor consistencia, a diferencia de las otras especies que mostraron mayor variabilidad (Anexo 8).

Estos resultados concuerdan igualmente con Torres (2020), que señala que las mejores condiciones para el laurel se logran con combinaciones de arena, materiales orgánicos y tierra negra, que aportan los nutrientes necesarios para un crecimiento óptimo.

La variabilidad en la cantidad de hojas puede estar relacionado con la falta de nutrientes en dicho sustrato, lo que coincide con los hallazgos de Landis (2010). Según Landis, las pruebas realizadas en sustratos como la turba y la vermiculita han revelado que estos materiales contienen solo pequeñas cantidades de nutrientes esenciales. Generalmente, la turba y la vermiculita son más valoradas por sus propiedades físicas, como la capacidad de retención de agua y la aireación del suelo, en lugar de su contenido nutritivo.

En cambio, la caoba, el cedro, el granadillo. y el cortez amarillo. no presentaron diferencias significativas en el número de hojas entre los sustratos, con p-valores superiores a 0.05. Esto sugiere que los sustratos T1 y T2 son considerados más adecuados debido a su composición y al aporte de nutrientes a las plantas (Figura 8).

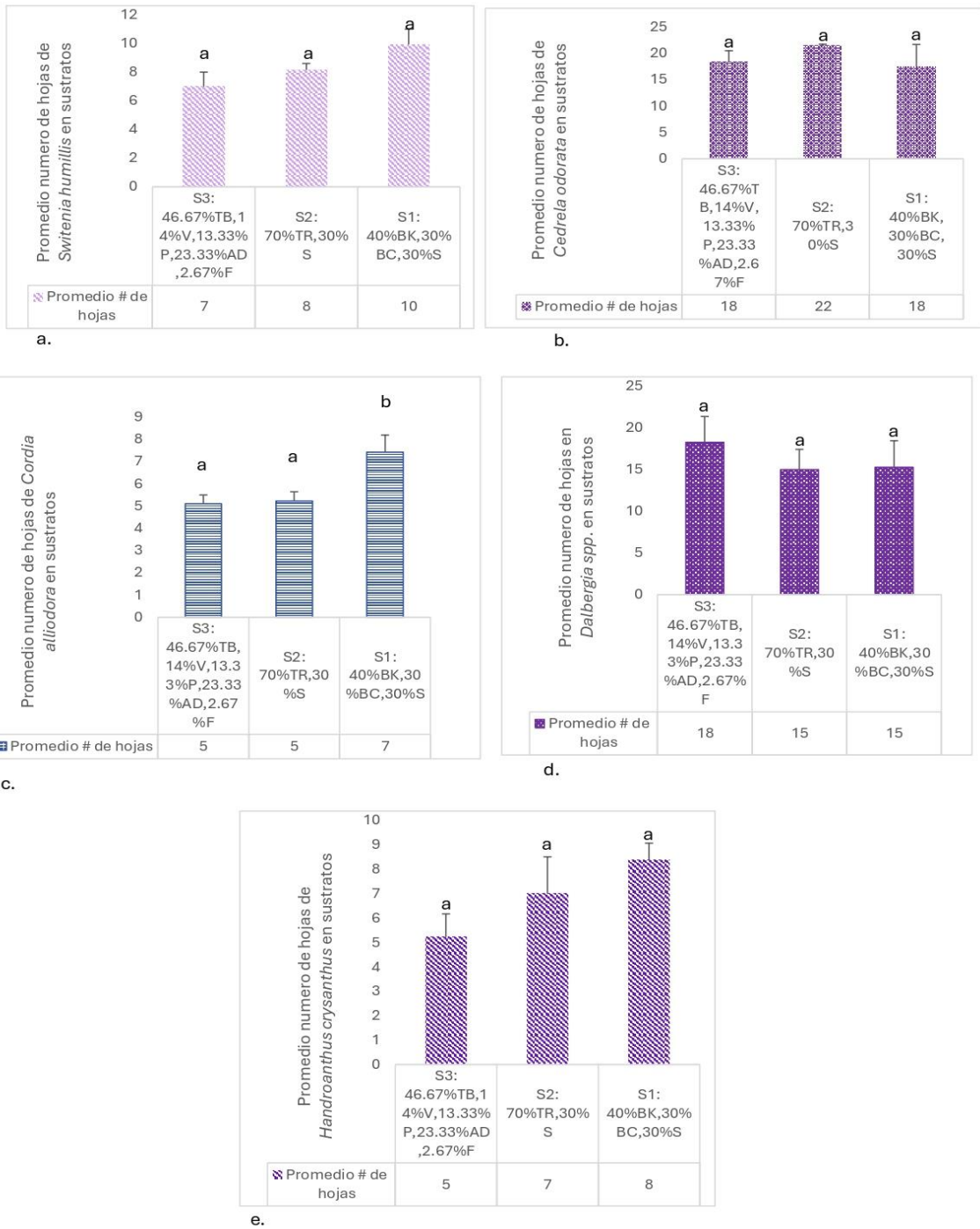


Figura 8. Numero de hojas de *a. Swietenia humillis*, *b. cedrela odorata*, *c. Cordia alliodora*, *d. Dalbergia spp.*, *e. Handroanthus chrysanthus*. Utilizados en tubetes y combinaciones de sustratos.

6.2.3 Resultados prueba estadística variable de diámetro (mm) de las 5 especies latifoliadas.

Se evaluó el efecto de tres sustratos en el diámetro de cinco especies de latifoliadas en tubetes. El ANOVA y la prueba de Tukey revelaron diferencias significativas en algunos casos y homogeneidad en otros.

Para el cedro, no se encontraron diferencias significativas entre los sustratos (p-valor = 0.0214). Todos los sustratos (T1, T2, T3) no tienen diferencia estadística según la prueba de Tukey, lo que indica que cualquiera de ellos puede ser usado sin afectar significativamente el crecimiento.

Para el laurel, aunque se encontraron diferencias significativas en el diámetro de las plantas (p-valor = 0.0467), la prueba de Tukey mostró que todos los sustratos (T1, T2, T3) fueron igualmente efectivos. Esto sugiere que no hay un sustrato superior y cualquiera es adecuado.

En el caso de granadillo, el análisis no reveló diferencias significativas entre los sustratos (p-valor = 0.3814), y todos fueron encontrados como iguales según la prueba de Tukey. Esto implica que el rendimiento de esta especie es uniforme independientemente del sustrato utilizado.

Para la caoba y para el cortez amarillo, el sustrato mostró el mejor rendimiento en términos de crecimiento, superando a los sustratos T1 y T2. En el caso de la caoba, el sustrato T3 mostró los mejores valores en altura, diámetro y desarrollo foliar, coincidiendo con los hallazgos de Zagarosa y Rodríguez (2023) sobre la efectividad de mezclas con turba, perlita, Vermiculita y fertilizante de liberación lenta (Figura 9).

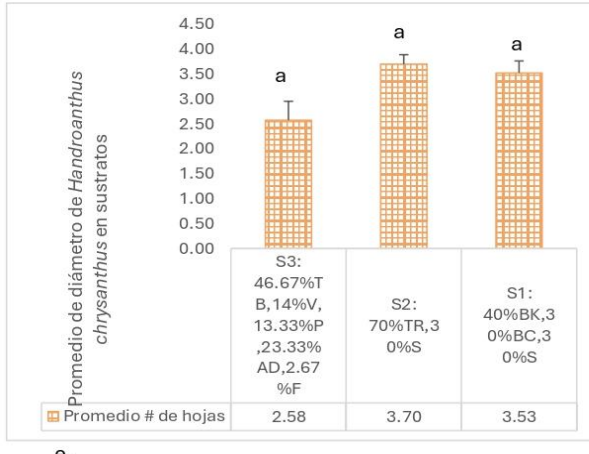
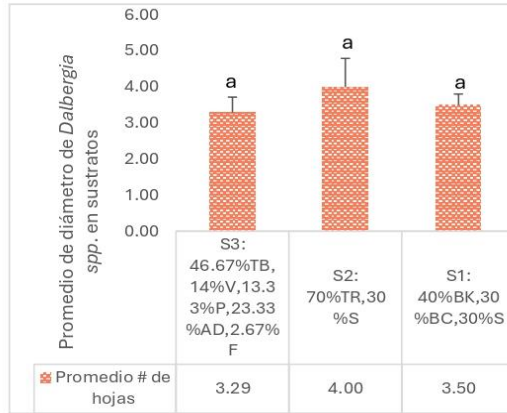
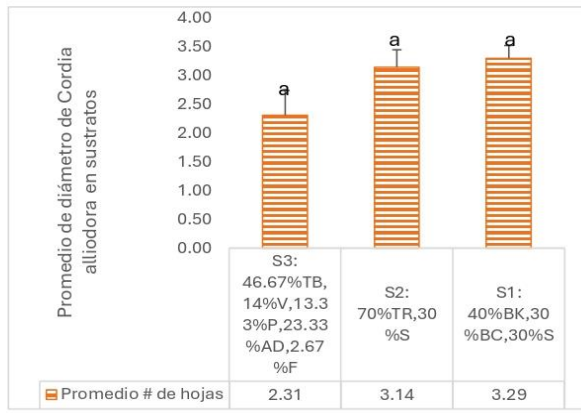
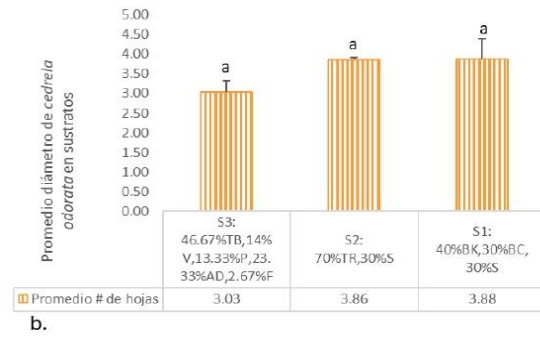
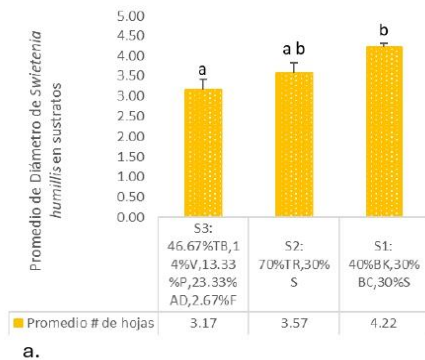


Figura 9. Diámetro (mm) de *a. Swietenia humilis*, *b. cedrela odorata*, *c. Cordia alliodora*, *d. Dalbergia spp.*, *e. Handroanthus chrysanthus*. Utilizados en tubetes y combinaciones de sustratos.

5.2.2. Resultados prueba estadística variable de Sbeltez de las 5 especies latifoliadas utilizando sustratos y tubetes

El estudio analizó cómo tres tipos de sustratos afectan la velocidad de crecimiento de cinco especies de latifoliadas, evaluando su resistencia a la desecación por el viento, supervivencia y potencial de crecimiento. Los resultados mostraron el impacto de cada sustrato en estos aspectos para cada especie.

Para las cuatro especies evaluadas, los resultados indicaron que los tres tipos de sustratos (T1, T2 y T3) no mostraron diferencias significativas en cuanto a velocidad de crecimiento (Figura 10).

Para la caoba, el p-valor alcanzó 0.7027, sugiriendo que los sustratos no ofrecieron ventajas comparativas entre sí. En el cedro, el p-valor de 0.1204, confirmando que no hubo diferencias significativas entre los sustratos. El laurel presentó un p-valor de 0.0883, con diferencias cercanas al umbral de significancia, pero sin resultados estadísticamente significativos, para el cortez amarillo el p-valor fue de 0.7320, indicando que no se observaron diferencias significativas entre los sustratos. En conjunto, los resultados sugieren que los sustratos evaluados no influyen de manera significativa en los parámetros de crecimiento y resistencia evaluados para estas especies (Anexo 10).

Para el granadillo los resultados presentaron un p-valor de 0.0026, revelando diferencias significativas en la velocidad de crecimiento entre los sustratos. La prueba de Tukey destacó que el sustrato T3 mostró una diferencia significativa en comparación con T1: y T2. Esto sugiere que T3 podría ser el más eficaz para mejorar los rendimientos de esbeltez del granadillo

El análisis revela que el sustrato T3 es especialmente beneficioso para el granadillo, al promover una mayor velocidad de crecimiento y mejorar diversos parámetros morfológicos de las plántulas. Esto coincide con los hallazgos de Leyva, López y Oconor (2019), quienes

indican que los sustratos más porosos favorecen la morfología de las plántulas, el destubetado, la estabilidad del cepellón, la arquitectura radical, y la esbeltez de la planta.

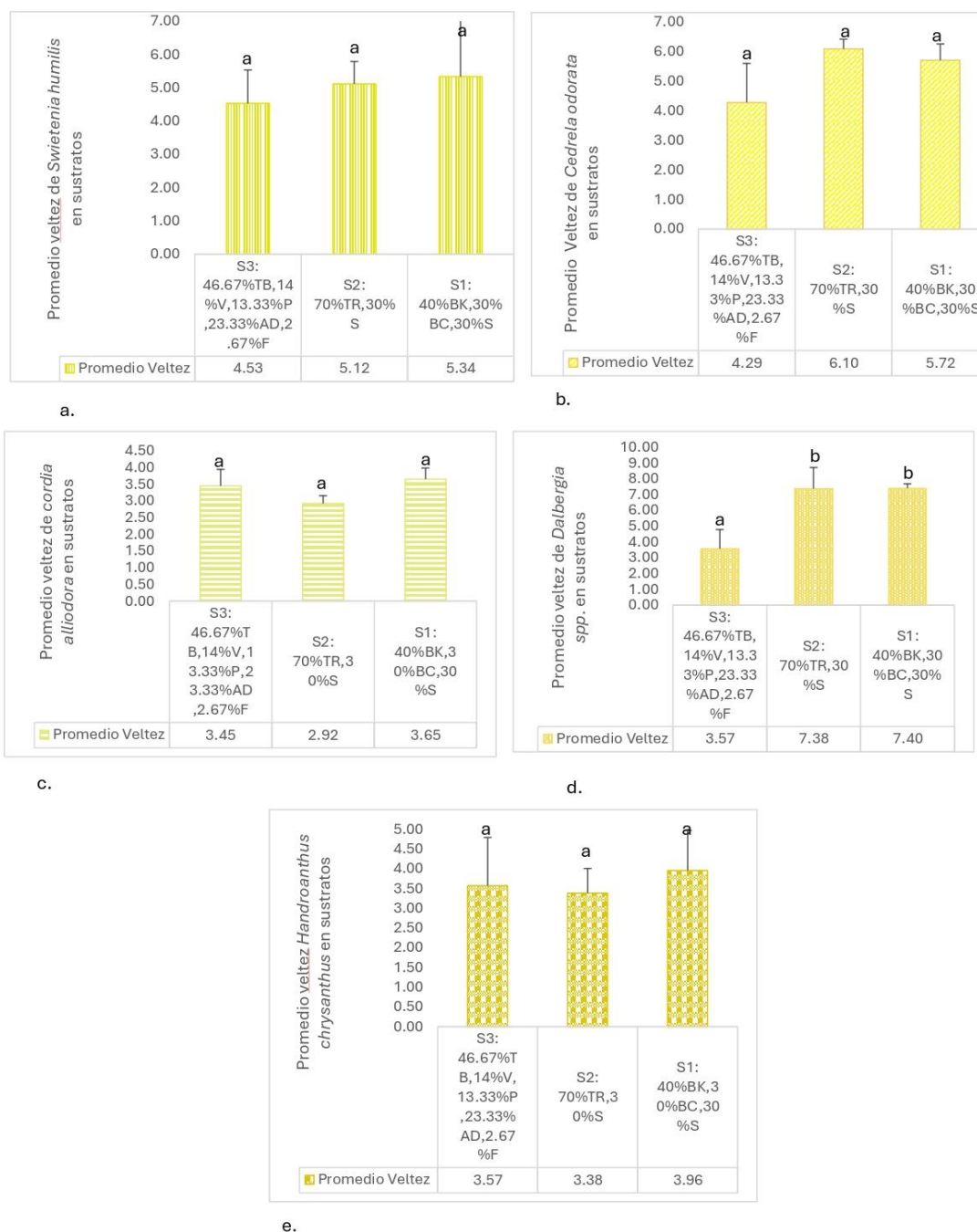


Figura 10. Promedios Sbeltez de a. *Swietenia humillis*, b. *cedrela odorata*, c. *Cordia alliodora*, d. *Dalbergia spp.*, e. *Handroanthus chrysanthus*. Utilizados en tubetes y combinaciones de sustratos.

5.2.3. Resultados prueba estadística variable de lignificación de las 5 especies latifoliadas utilizando sustratos y tubetes

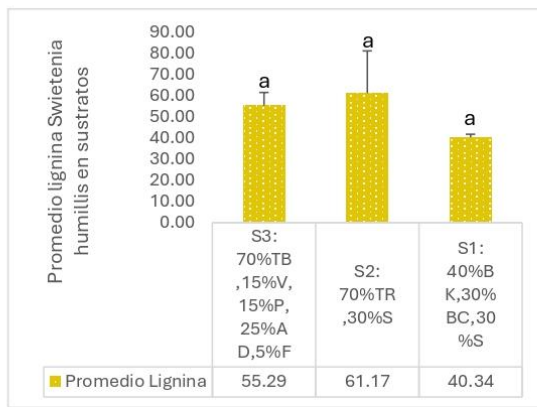
En el estudio del índice de lignificación de cinco especies de latifoliadas en tres tipos de sustratos, se evaluó el porcentaje de peso seco en relación con el contenido de agua de las plantas. Este índice es fundamental para determinar el pre-acondicionamiento de las plantas, es decir, su capacidad para adaptarse y sobrevivir en condiciones secas.

Para la caoba, se obtuvo un p-valor de 0.1928, indicando que no hay diferencias significativas en el índice de lignificación entre los sustratos T1, T2 y T3. En el cedro, el p-valor fue de 0.0488, lo que sugiere diferencias significativas en el índice de lignificación entre los sustratos (Figura 11).

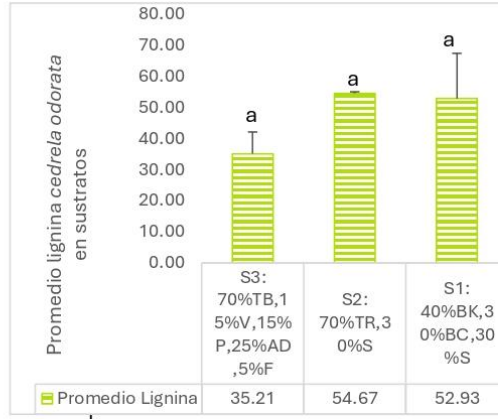
Para el laurel, con un p-valor de 0.7017, no se encontraron diferencias significativas en el índice de lignificación entre los sustratos. En el granadillo, el p-valor de 0.5057, indicando que los sustratos no difieren significativamente en su impacto sobre el índice de lignificación (anexo 11).

Para corteza amarilla, el p-valor de 0.3599, sugiriendo que los sustratos no presentan diferencias significativas en el índice de lignificación.

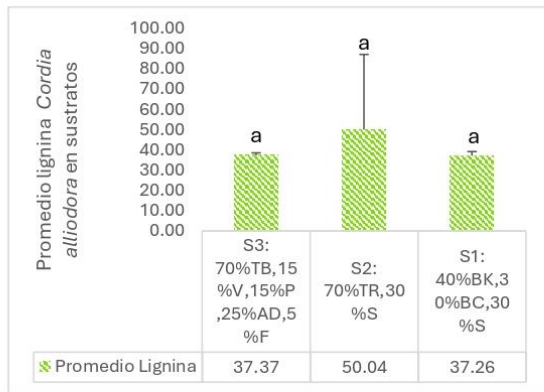
En base a la investigación de Castillo (2023), que examina cómo los sustratos pueden influir en la lignificación en las plantas, en mi estudio el cedro presenta una variabilidad significativa en lignificación dependiendo del sustrato, resaltando la importancia de seleccionar el sustrato adecuado para esta especie. En contraste, caoba, laurel, granadillo, y el corteza amarilla no mostraron diferencias significativas en lignificación entre sustratos, sugiriendo que, para estas especies, el tipo de sustrato tiene menos impacto. Además, la variabilidad podría estar influenciada por factores como los medios de fertilización, la calidad de las semillas o factores ambientales.



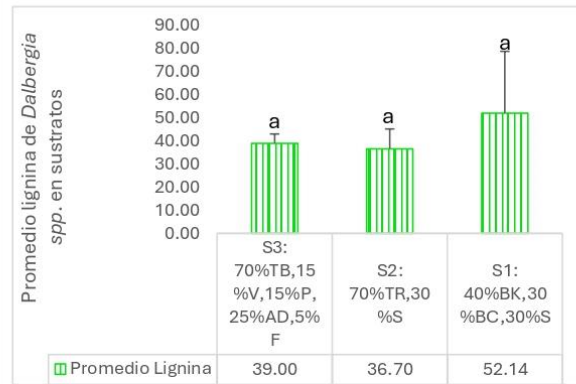
a.



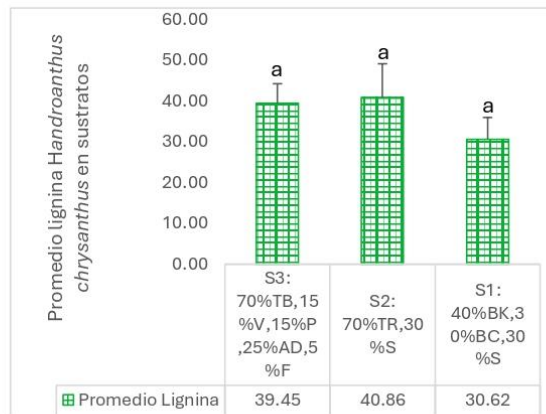
b.



c.



d.



e.

Figura 11. Promedios de lignina de *a. Swietenia humillis*, *b. cedrela odorata*, *c. Cordia alliodora*, *d. Dalbergia spp.*, *e. Handroanthus chrysanthus*. Utilizados en tubetes y combinaciones de sustratos.

5.2.4. Resultados prueba estadística del % de agua de las 5 especies latifoliadas utilizando sustratos y tubetes

Los resultados del análisis de los porcentajes de agua en función del sustrato utilizado revelan que, en general, no se encontraron diferencias significativas entre los sustratos para las especies estudiadas. Para la caoba, el p-valor de 0.1155, indicando que los sustratos T1, T2 y T3 no afectan de manera significativa el porcentaje de agua en esta especie. Similarmente, *Cedrela odorata* mostró un coeficiente de variación de 42.43 y un p-valor de 0.3060, sugiriendo que no hay diferencias significativas entre los sustratos T1, T2 y T3 en términos de contenido de agua (Figura 12).

Cordia alliodora también presentó un p-valor alto (0.5763), lo que confirma la ausencia de diferencias significativas entre los sustratos. Del granadillo, el p-valor de 0.0647 indica una tendencia hacia diferencias significativas, aunque no alcanzó el umbral convencional de 0.05. Finalmente, para el cortez amarillo, con un p-valor de 0.8435, los resultados indican que los sustratos T1, T2 y T3 no tienen un impacto significativo en el porcentaje de agua (anexo 12).

A pesar de las variaciones en los porcentajes de agua entre los sustratos, estos no afectan significativamente el contenido de agua en las especies estudiadas. La homogeneidad en el impacto de los sustratos indica que no hay un sustrato claramente superior en términos de retención de agua. De acuerdo con Escobar y Buamscha (2018), la porosidad de un sustrato mejora la absorción de agua, y la combinación de sustratos con buena retención y porosidad, junto con contenedores adecuados, optimiza el drenaje. Estos hallazgos coinciden con mi investigación, que muestra que sustratos con alta retención de agua y buena porosidad, junto con tubetes que facilitan el drenaje, crean un mejor entorno de crecimiento.

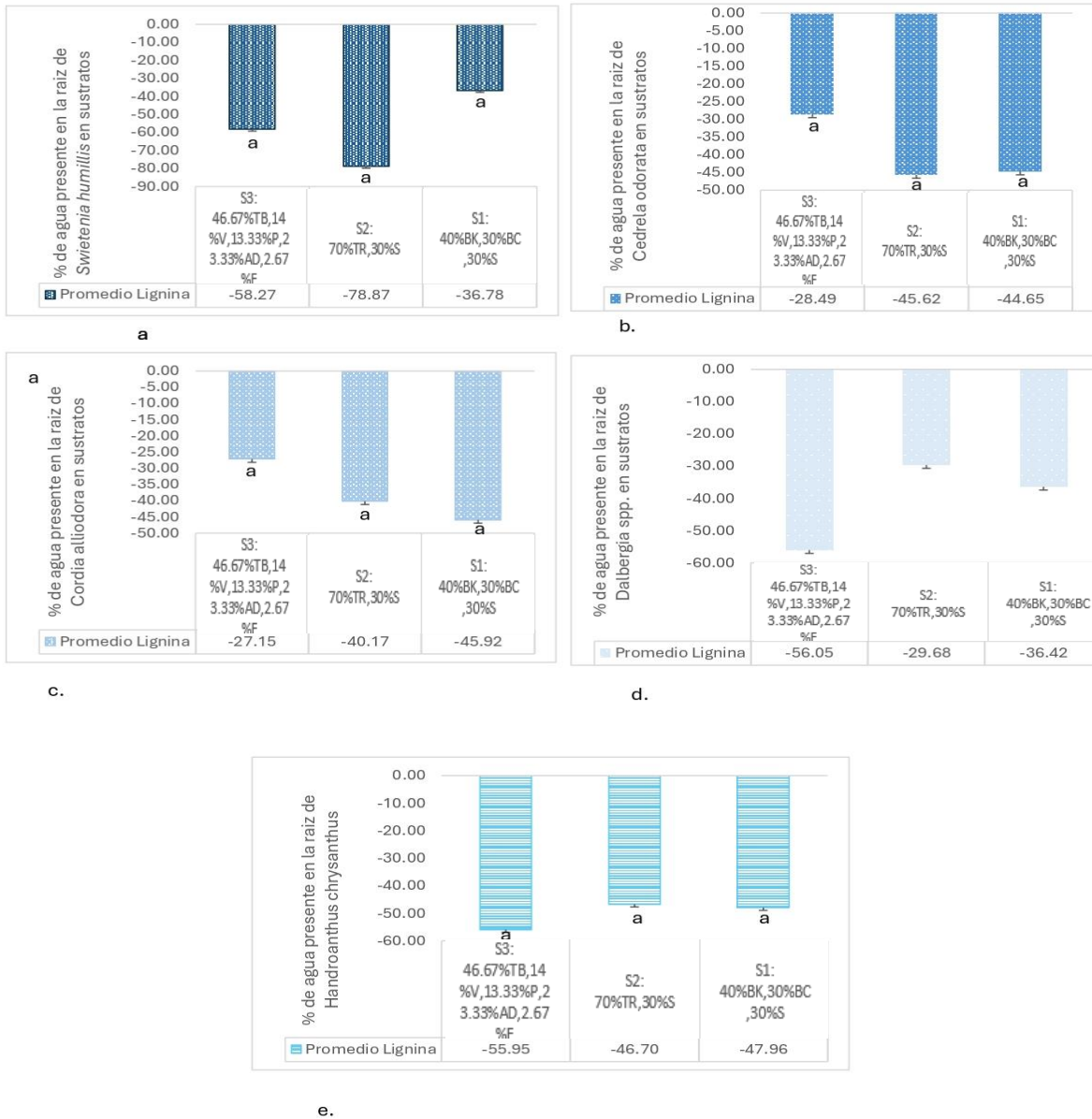


Figura 12. % De agua presente en la raíz de: a. *Swietenia humillis*, b. *cedrela odorata*, c. *Cordia alliodora*, d. *Dalbergia spp.*, e. *Handroanthus chrysanthus*. Utilizados en tubetes y combinaciones de sustratos.

5.2.5. Resultados prueba estadística del índice de DICKSON de las 5 especies latifoliadas utilizando sustratos y tubetes

Los resultados de la anova y del índice de DICKSON, utilizado para evaluar la calidad de las plantas y predecir su comportamiento en campo, mostró que los diferentes sustratos no tuvieron un impacto significativo en la calidad de las plantas para las especies estudiadas (anexo 13).

Para la caoba del pacifico, el p-valor de 0.7540, lo que indica que no hay diferencias significativas en el índice de Dickson entre los sustratos T1, T2 y T3. La prueba de Tukey confirmó que todos los sustratos resultaron similares en cuanto al índice de calidad.

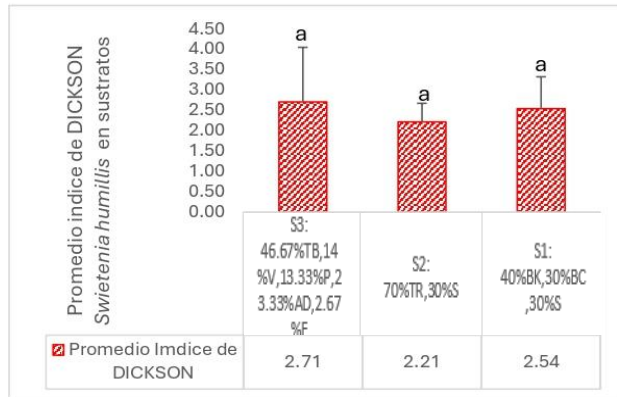
Para el cedro el p-valor fue de 0.5449, lo que también sugiere que no existen diferencias significativas entre los sustratos. La prueba de Tukey mostró que los sustratos no difieren significativamente en el índice de Dickson para esta especie.

Para el laurel se obtuvo un p-valor de 0.4953, no se observaron diferencias significativas en el índice de Dickson entre los sustratos. La prueba de Tukey confirmó que no hay diferencias significativas entre los sustratos.

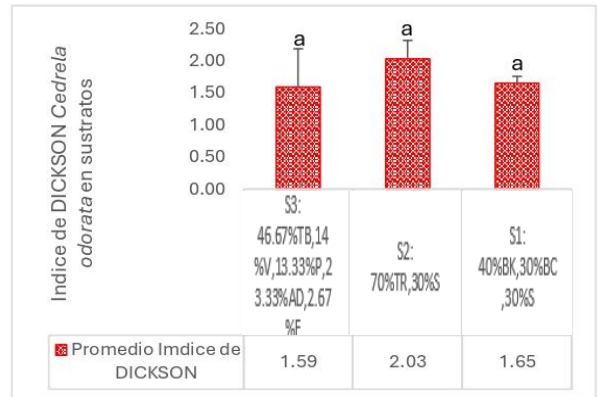
En el granadillo el p-valor fue de 0.8408, indicando que los sustratos T1, T2 y T3 no presentan diferencias significativas en el índice de Dickson. La prueba de Tukey corroboró la ausencia de diferencias significativas.

Finalmente, el cortez amarillo presentó un p-valor de 0.5084, con medias de T1 - 2.96, T2 - 1.86 y T3 - 4.22. A pesar de las variaciones en las medias, la prueba de Tukey mostró que no hay diferencias significativas en el índice de Dickson entre los sustratos.

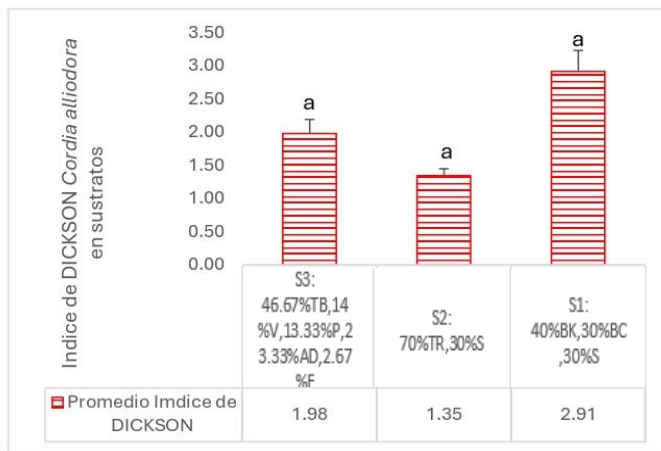
Estos resultados indican que, aunque el índice de Dickson puede variar entre sustratos, de acuerdo con las recomendaciones de Marcano y Acuña (2021), los sustratos orgánicos con texturas porosas son preferibles para mejorar dicho índice y el pre-acondicionamiento de las plantas. El estudio refuerza la idea de que la elección del sustrato puede tener un impacto variable en el índice de Dickson, ya que cada combinación de sustratos cumple una función específica para el mejoramiento de la planta. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la calidad de las plantas asociadas con el tipo de sustrato entre las especies estudiadas. Esto sugiere que, en términos de calidad de planta medida por el índice de Dickson, los sustratos evaluados ofrecen un rendimiento similar, lo que podría implicar que otros factores podrían ser más determinantes para la calidad de las plantas.



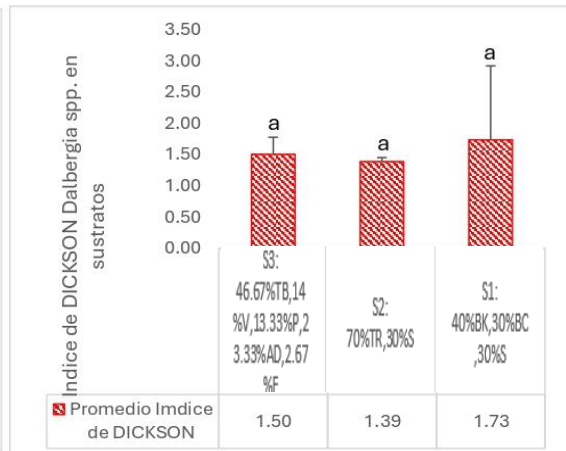
a.



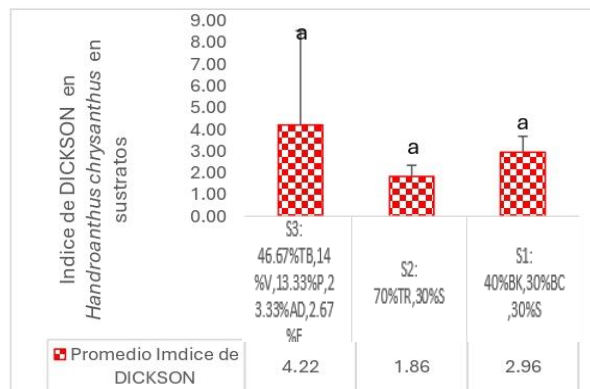
b.



c.



d.



e.

Figura 13. Índice de DICKSON de: a. *Swietenia humilis*, b. *cedrela odorata*, c. *Cordia alliodora*, d. *Dalbergia spp.*, e. *Handroanthus chrysanthus*. Utilizados en tubetes y combinaciones de sustratos.

5.2.6. Resultados de la condición sanitaria con valoración de (1-10) de las 5 especies latifoliadas utilizando sustratos y tubetes

En el análisis de la condiciones sanitaria de cinco especies en diferentes sustratos, se obtuvieron los siguientes resultados

Para la caoba del pacifico mostró el mejor estado de salud en el sustrato T2, con un grado de salud alto (9) y sin problemas significativos. En el sustrato T3, las plantas enfrentaron problemas como enfermedades y manchas en las hojas, con grados de salud entre 7 y 8. El sustrato T1 también presentó algunas dificultades, principalmente enfermedades, con grados de salud entre 8 y 9. Esto sugiere que el sustrato T2 es el más adecuado para esta especie.

Los resultados para el cedro presentó una variabilidad en su salud en el sustrato T3, con grados de salud de 7 a 10, y problemas como manchas en las hojas y leve marchitez. El sustrato T2 mostró un grado de salud consistente de 9 con menos problemas, mientras que el sustrato T1 también tuvo grados de salud entre 8 y 9 con algunas manchas. Esto indica que, aunque el sustrato T3 presenta algunos problemas, todos los sustratos ofrecen grados de salud relativamente altos.

El laurel tuvo un buen estado general en todos los sustratos, con grados de salud entre 7 y 9. El sustrato T3 presentó un grado de salud de 7 debido a la competencia por luz, mientras que los sustratos T2 y T1 mostraron grados de salud más altos. Esto sugiere que el laurel se desarrolla bien en todos los sustratos, con una ligera preferencia por el T1.

La especie de granadillo mantuvo un estado de salud alto en todos los sustratos, con grados de salud de 8 a 9. En T3, se observó competencia por luz y algunas manchas en las hojas, mientras que en T2 y T1, las plantas también presentaron grados de salud similares con algunas manchas. Los resultados indican que granadillo se adapta bien a todos los sustratos evaluados, con ligeras variaciones en la presencia de manchas y competencia por luz.

El cortez amarillo mostró un estado de salud óptimo (grado 10) en todos los sustratos, sin signos de enfermedades o problemas visibles, lo que indica que esta especie se adapta muy bien a cualquier tipo de sustrato.

En resumen, el sustrato T2 ofreció las mejores condiciones para la caoba, mientras que laurel y el granadillo mostraron un buen estado de salud en todos los sustratos, con una y en el caso del cortez amarillo destacó por su excelente salud en todos los sustratos evaluados. La aparición de plagas o manchas podría estar relacionada con la falta de sanitización al preparar algunos sustratos o con la contaminación de estos. Además, el amarillamiento de algunas hojas puede haber sido influenciado por las condiciones ambientales dentro del umbráculo. Según García (2019), la elaboración de mezclas caseras puede llevar a la contaminación con plagas, subrayando la importancia del control sanitario en el manejo de sustratos.

5.2.7. Resultados del análisis en los costos de los sustratos en 5 especies latifoliadas utilizando tubetes

Los resultados de costos entre los materiales para el T1 el análisis muestra que la mayor parte del costo se concentra en la tierra, hojas secas y los microorganismos de montaña y los estiércoles estos fueron tomados como costos de un día de trabajo ya que estos materiales que se encontraban a la disposición y algunos aditivos como la casulla de arroz, la melaza y mientras que otros componentes fueron adquiridos comercialmente con costos muy accesible.

Tabla 1. Costos de la realización del sustrato S1: 40%BK,30%BC,30%S

<i>Sustrato</i>	Cantidad (kg)	Costo total (lps)	Costo/kg
<i>T1</i>	233.67	1212	5.19 lps

El sustrato S2: 70%TR,30%S se puede observar que el sustrato comercial representa el componente principal, constituye una parte significativa del costo, reflejando su importancia en la formulación del sustrato. La tierra, aunque necesaria, tiene un costo relativamente bajo en comparación con otros elementos. El fertilizante, específicamente de la mezcla 18-16-0, también juega un papel crucial, proporcionando nutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas

Tabla 2. Costos de la realización del sustrato 70% TR,30%S

<i>Sustrato</i>	Cantidad (kg)	Costo total (Lps)	Costo/kg
<i>T2</i>	94.88	1657	17.46 lps

En el análisis de costos del sustrato, se observa que todos los materiales utilizados tienen costos elevados. La turba báltica y la vermiculita, en particular, representan las mayores inversiones. A pesar de que el aserrín tiene el costo más bajo, sigue siendo significativo en el contexto general. La perlita y el fertilizante también contribuyen considerablemente al gasto total, La inversión en estos materiales de alta calidad se justifica por su impacto positivo en el rendimiento del sustrato y su eficacia en el crecimiento de las plantas, lo que puede ser crucial para el éxito del proyecto.

Tabla 3. Costos de la realización del sustrato 46.67% TB, 14% V,13.33% P, 23.33% AD, 2.67% F.

<i>Sustrato</i>	Cantidad (kg)	Costo total	Costo/kg
<i>T3</i>	68.8	9130	132.70 lps

VI. CONCLUSIONES

- a. Los resultados de la investigación revelan que, aunque se observaron diferencias en el desempeño de las especies forestales según el tipo de sustrato, no es posible determinar un sustrato que sea consistentemente superior en todas las variables evaluadas. La eficacia del sustrato varía dependiendo de la especie y las condiciones específicas. Esto sugiere que no existe un sustrato óptimo único para la propagación de las cinco especies forestales durante la fase de umbráculo utilizando tubetes.
- b. Los tres tipos de sustratos evaluados proporcionaron una germinación adecuada para las especies, sin que ninguno destacara claramente en términos generales. Esto indica que la selección del sustrato puede basarse en consideraciones económicas y de disponibilidad, en lugar de diferencias significativas en el rendimiento de las plantas durante la etapa de umbráculo.
- c. El uso de tubetes y umbráculos demostró ser eficaz en proporcionar un ambiente controlado y adecuado para el desarrollo de las plantas, independientemente del tipo de sustrato utilizado. Esto destaca la importancia de un sistema de cultivo bien diseñado que mantenga condiciones estables, favoreciendo así el crecimiento óptimo de las especies forestales evaluadas.
- d. Los sustratos más económicos, como el T1, resultaron ser competitivos en cuanto al desarrollo de las plantas, ofreciendo ventajas desde el punto de vista económico. En contraste, los sustratos más costosos no mostraron una ventaja clara en general, sugiriendo que los sustratos más asequibles pueden ser una opción viable.

VII. RECOMENDACIONES

- a. Se recomienda seguir utilizando sustratos con composiciones orgánicas debido a su capacidad para proporcionar elementos esenciales que favorecen el desarrollo de las plantas. Sin embargo, en cuanto a la germinación, no es necesario incluir estos sustratos, ya que las semillas tienen nutrientes almacenados para iniciar este proceso. En su lugar, se sugiere utilizar arena esterilizada para la germinación, ya que mejora la filtración de agua y reduce el riesgo de pudrición de las semillas.

- b. Para el desarrollo posterior de las plantas, los sustratos orgánicos que incluyen componentes como bochashi y biocarbón ofrecen importantes beneficios, como el enriquecimiento del suelo con nutrientes y la mejora de su estructura. Estos sustratos son efectivos para fomentar un crecimiento robusto de las plantas y representan una opción económica y sostenible para la producción forestal. Su implementación continua puede aumentar la eficiencia y la calidad en el desarrollo de las especies forestales estudiadas.

- c. Adicionalmente, se recomienda dar seguimiento a las investigaciones para desarrollar fórmulas de sustratos que combinen elementos como turbas, perlitas, bocashi y biocarbón. La combinación de estos componentes en sustratos mejorados debe ser evaluada en entornos controlados, como los umbráculos, que han demostrado ser efectivos para proporcionar condiciones óptimas de crecimiento. Estos entornos no solo permiten un control preciso sobre las variables ambientales, sino que también ofrecen una excelente oportunidad para investigar y ajustar las fórmulas de sustratos en función de diferentes especies. Explorar estas combinaciones en umbráculos puede conducir a la producción de plantas de alta calidad y contribuir a avances importantes en la práctica de la producción forestal.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- Cruz, S; Rafael. A. 2017. Caoba *Swietenia macrophylla* Instituto Nacional de Bosques. Caoba *Swietenia macrophylla*; paquete tecnológico forestal. Guatemala, INAB. s.p.
- Palacios, E. 2006. Ficha técnica *Tabebuia Chrysantha*. Cuarenta y ocho especies de la flora. Instituto de historia y flora natural y ecología. México D.F. 2.p.
- Briceño-J, A., Rangel-Ch, J. Bogino, S. 2016. Estudio de los anillos de crecimiento de *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken en Colombia. Colombia Forestal, Universidad Distrital Francisco José de Caldas Colombia. p 95.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 2009. Estandarización de técnicas para el manejo de semillas de *Swietenia macrophylla* y *Cordia alliodora*. 4 p.
- Ecología verde. 2023. Vermiculita: qué es, usos y cómo hacerla. Disponible en Ecología verde España: <https://www.ecologiaverde.com/vermiculita-que-es-usos-y-como-hacerla-2219.html>
- Birgit, Knoblauch. 2001. Estudio ecológico, silvícola y de utilización del Granadillo (*Dalbergia tucurensis* J.D. Smith) en bosques latifoliados de Honduras. Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciatura. ZAMORANO. 2 p.
- Dreiskel Biodinámica. 2021. El biocarbón Biochar, una de las mejores estrategias de fertilización de suelos. Disponible en: Dreiskel España: <https://www.dreiskel.com/biocarbon-biochar/>
- Francisca Guerrero; A. Polo. s.f. Usos, aplicaciones y evaluación de turbas [10] 1-5.
- Manfrini; D. 2004. Aspectos a tener en cuenta análisis de vigor en semillas. Instituto Nacional de Semillas Paraguay. INASE. 56 p.

- García -Fernández, O; Sánchez -Sánchez. 2024. EL LUJO DE LA MUERTE (El cedro en peligro). Universidad Veracruzana. Mexico. 1 p.
- Cauja Guerrero, ER. 2022. Evaluación de la germinación de semillas de aliso (*Alnus acuminata*) en tres sustratos y dos procesos pregerminativos en el vivero de la esPOCH. Ingeniero forestal Riobamba – Ecuador. Escuela superior politécnica de chimborazo facultad de recursos naturales carrera ingeniería forestal. 17 p.
- Rebolledo, A., Pérez López, G., Hidalgo Moreno, C., López Collado, J., Campo Alves, J., Valtierra Pacheco, E., Etchevers Barra, J. D. 2016. Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo. *Terra Latinoamericana*, 34(3), 368–379.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) 2011. Programa especial para la seguridad alimentaria en el Salvador. Elaboración y uso del bocashi. 2 p.
- FHIA 2014 (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola). Establecimiento de especies forestales latifoliadas en linderos. Carta informativa trimestral de la dirección general. Honduras. 3 p.
- Rojas-Rodríguez, F; Torres-Córdoba, G. 2013. Árboles del Valle Central de Costa Rica: reproducción Cedro amargo (*Cedrela odorata* L.). *Revista Forestal Mesoamericana Kurú* 11(26): 25 – 27. <https://doi.org/10.18845/rfmk.v11i26.1593>
- Perlindustria. 2020. Ficha Técnica Perlita V-13. Disponible en: Perlindustria Vallirana, Barcelona <https://perlindustria.com/pdf/es/PerlitaV13.pdf>
- Perlindustria. 2020. Ficha Técnica Vermiculita V2 DA. Disponible en: Perlindustria Vallirana, Barcelona <https://perlindustria.com/pdf/es/VermiculitaV2.pdf>
- Bracho, J; Pierre, F; Quiroz, A. 2009. Caracterización de componentes de sustratos locales para la producción de plántulas de hortalizas en el estado Lara, Venezuela. Lara, Venezuela.

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Guárico. Venezuela.s.p.

DR. sistemas invernaderos. 2020. Qué son los umbráculos, sus características y ventajas.

Disponible en: <https://www.sistemasdr.es/invernaderos/que-son-los-umbraculos-sus-caracteristicas-y-ventajas/>

Gregersen, H; Arnold, J Contreras, H; A. 2015. Análisis de impactos de proyectos forestales.

Problemas y estrategias. Roma, Italia: FAO. Disponible en: <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/5133> s.p.

Rojas GE; Díaz- Zúñiga, EJ. 2018. Implementación de un vivero de alta tecnología para la producción de material genético de especies forestales exóticas y nativas en la zona de Pucallpa. Ucayali, Perú. Provincia de Coronel Portillo del Departamento de Ucayali. Universidad Nacional de Ucayali – CFB km. 6.500. 8 p.

Reyes, I; Alvarez, L; Valery, A. 2008. Selección y evaluación de rizobacterias promotoras del crecimiento en pimentón y maíz. San Cristóbal. Venezuela. Universidad Nacional Experimental del Táchira. Bioagro v [20] n.1. s.p.

IICA-CATIE. (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 2020. Árboles y palmas emblemáticos de las Américas. Árboles y palmas emblemáticos de las Américas por IICA - CATIE se encuentra bajo una Licencia Creative Commons. 22 p.

PROECEN. (Estudio de compartimiento de especies maderables nativas con importancia comercial del bosque húmedo tropical de Honduras). 2003. Guías silviculturales de 23 especies forestales del bosque húmedo de Honduras ESNACIFOR-PROECEN. 82 p.

Gálvez -López, L; Vallejo, R; Méndez-Espinoza, C; López-Upton, J. 2020. *Cedrela odorata* L.: oportunidades para su conservación y mejoramiento genético. Revista Mexicana de Ciencias Forestales Vol. 11 (58).

- Egüez Préxel, JD. 2000. Evaluación técnica'económica de plantaciones de caoba (*Swietenia macrophylla King*) en Honduras. ZAMORANO Departamento de Recursos Naturales y Conservación Biológica. Universidad Zamorano. 3 p.
- Luz, S; Garibay, C; Aldrete, A; Upton, J; Manuel, L; Chaparro, O. 2019. Caracterización física y química de sustratos con base en corteza y aserrín de pino. DIALNET Vol. 25, N°. 2 (Verano 2019).
- Quiñones–Rutiaga, JG; Pedraza–Bucio, FE; López–Albarrán, P; María, G. Velarde - Aguilar.2014. Componentes químicos principales de la madera de *Dalbergia granadillo* Pittier y de *Platymiscium lasiocarpum* Sandw. Revista Chapingo Serie ciencias forestales y del ambiente. 16(2): 179-186.
- Aguirre Padilla, N; Erazo-Lara A. 2017. Valoración económica ambiental del compartimiento leñoso como una alternativa para conservar la biodiversidad del bosque seco de la provincia de Loja, Ecuador. Bosques Latitud Cero. Volúmen 7 No. 1
- Martínez, J; Cruz, I; Rubén, Cruz-Ruiz,2020. Importancia del control de variables ambientales en invernaderos para la producción de hortalizas. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Informativo N° 36. INIA La Cruz: Chorrillos N° 86 - La Cruz, Región de Valparaíso, Chile.
- González Kaiser, DO. 2001. Comparación entre la bolsa y el "cono macetero" o "tubete" en la producción de plantas de café. Honduras. Universidad EL ZAMORANO Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. 9 p.
- Domínguez-Lerena, S. 2000. La importancia del envase en la producción de plantas forestales. Centro Nacional de Mejora Forestal “El Serranillo”, Ministerio de Medio Ambiente, Apdo. 249, 19080 Guadalajara. Quercus 134: 34-37. España. 1p.
- Tane Grow Shop. 2021.Temperatura y humedad relativa. Disponible en Tane Grow Shop: <https://tanegrowshop.com/news/temperatura-y-humedad-relativa>

González-Luna, Marbelly, H; Cruz-Castillo, JB. 2021. Anatomía y propiedades físicas de dos especies forestales comerciales Cedro (*Cedrela odorata L.*) y Laurel (*Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken) en Nicaragua. Universidad Nacional Agraria (UNA)

Heyddy. vol. 21, núm. 37.

Contexto Ganadero. 2021. Ventajas y desventajas de almacenamiento de plántulas en bolsas y tubetes. Disponible en: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/ventajas-y-desventajas-de-almacenamiento-de-plantulas-en-bolsas-y-tubetes>

Loewe, MV.2017. Desarrollo de especies latifoliadas de madera de alto valor en Chile: 25 años de experiencia con la técnica de arboricultura de calidad. Instituto Forestal INFOR. Santiago, Chile. Disponible en <https://doi.org/10.52904/20.500.12220/696>

Soto-Cervantes, WO. 2020. Evaluación de sustratos y contenedores alternativos en la producción de porta injertos de mango (*Mangifera indica L.*) en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020. Ingeniero Agrónomo En Sistemas de Producción en el grado académico de Licenciado. Chiquimula, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala Centro Universitario De Oriente Agronomía.4 p.

Guajardo-Becchi, F; Alvarado-Ojeda, Andrea; Baldini -Urrutia Aida R. 2013. Árboles urbanos de Chile guía de reconocimiento. Santiago de Chile. 2° edición, Junio de 2013, Inscripción N° 221.699.

Jhon Jerley Torres-Torres, Henry Hernan Medina Arroyo , Melida Martínez Guardia.2018. Germinación y crecimiento inicial de *Cedrela odorata L.* (Sapindales: Meliaceae), empleando semillas silvestres en el departamento del Chocó, Colombia.Colombia. 27 p.

Br. Jiltza Tinoco-López Br. Osmany Ramírez- Ramírez.2014. Evaluación de la influencia de la fertilización en el vivero sobre la calidad de la planta de *Pinus oocarpa* Schiede y su desarrollo inicial en plantación. Managua, Nicaragua. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. Managua, Nicaragua. 12 p.

Retureta-Aponte Alejandro, Carlos Alberto Tinoco-Alfaro, Guadalupe Castillo-Capitán Nazario Carrión-Osorio.2014. Comparación de sustratos para producción de caoba *Swietenia*

macrophylla King, con semillas colectadas del río Michapan de Acayucan, Veracruz, México. Acayucan, Veracruz, México. Universidad Veracruzana, Campus Acayucan. Carretera Costera del Golfo km 220 S/N Col. Michapan. C.P. 96000. Acayucan, Veracruz, México. 85 p.

Pérez Vásquez, C. O. (2022). Germinación de especies forestales nativas del bosque nuboso en sustratos organominerales. *Revista de Investigación Proyección Científica*, 4(1), 41-53. <https://doi.org/10.56785/ripc.v4i1.10>

Porfidio Antonio Belloso-Osorio, Loussyana Betsabé Mazariég-Elias. 2013. Evaluación de cinco sustratos y tres métodos de escarificación en la germinación de semillas de cuatro especies forestales. San Salvador. Universidad De El Salvador Facultad De Ciencias Agronómicas Departamento De Fitotecnia. Ingeniero Agrónomo. Universidad de El Salvador. 54 p.

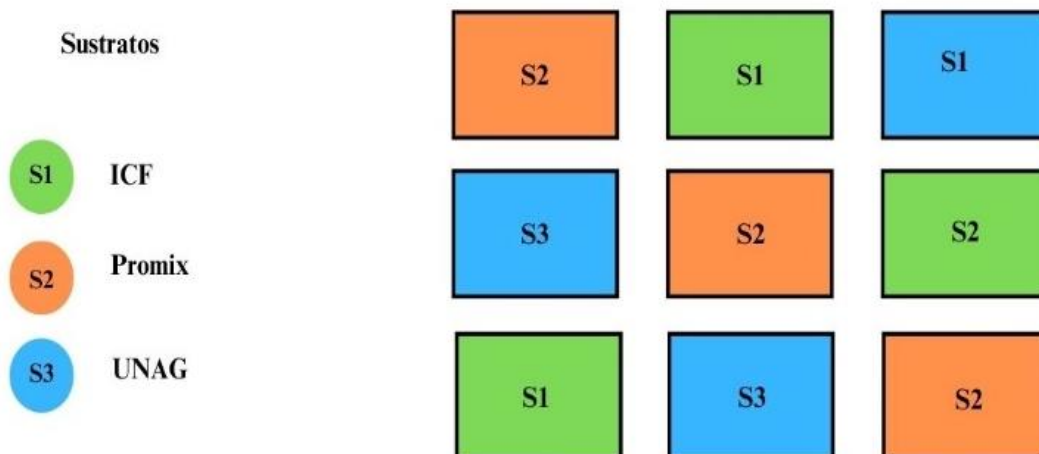
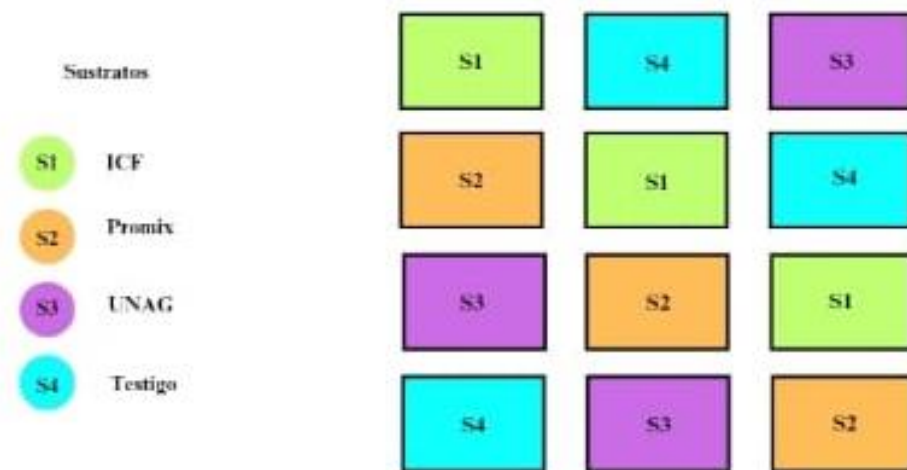
Angela Johana-Orduz Manrique, John Fredy Caicedo-Ortiz. 2021. Evaluación de diferentes sustratos con la acción de distintos tratamientos pregerminativos en la germinación del guayacán amarillo (*Handroanthus chrysanthus*) que se desarrolló en San Andrés Santander. Bucaramanga. Ingeniero Forestal. Universidad Industrial de Santander Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia Programa de Ingeniería Forestal Bucaramanga. 36 p.

Guillermo, Romero-Marcano; Ramón, Silva-Acuña; Iván José, Maza. 2020. Calidad morfológica en plántulas de moringa (*Moringa oleifera Lam.*) producidas en sustratos compuestos de suelo y estiércol animal. Vol. 14, N° 35. pp. 54 – 72.

Díaz-castillo, Jerson Paul. 2023. Evaluación de sustratos en diferentes proporciones utilizando eucalipto (*Eucalyptus globulus*) como indicador, en la provincia de Contumazá – Cajamarca. Perú. Trujillo – Perú. Universidad Privada Antenor Orrego. 172 p.

ANEXOS

Anexo 1. Croquis del diseño experimental en las 5 especies latifoliadas *Swietenia Macrophylla*, *Cedrela odorata*, *Cordia alliodora*, *Dalbergia spp.*, *Handroanthus Chrysanthus*



Anexo 2. Prueba estadística para la germinación de *Swietenia macrophylla* en semilleros y sustratos.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Porcentaje	12	0.69	0.58	45.48

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	742.09	3	247.36	6.06	0.0186
Sustrato	742.09	3	247.36	6.06	0.0186
Error	326.44	8	40.81		
Total	1068.53	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=16.70247

Error: 40.8051 gl: 8

Sustrato	Medias	n	E.E.
T3	5.71	3	3.69 A
T2	6.67	3	3.69 A
T1	21.90	3	3.69 A
T4	21.90	3	3.69 A

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

Anexo 3. Prueba estadística para la germinación de *Cedrela odorata* en semilleros y sustratos

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Porcentaje	12	0.59	0.44	29.65

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3724.20	3	1241.40	3.89	0.0552
Sustrato	3724.20	3	1241.40	3.89	0.0552
Error	2551.96	8	319.00		
Total	6276.16	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=46.69986

Error: 318.9952 gl: 8

Sustrato	Medias	n	E.E.	
S3	35.24	3	10.31	A
S4	54.29	3	10.31	A B
S2	68.57	3	10.31	A B
S1	82.86	3	10.31	B

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

Anexo 4. Prueba estadística para la germinación de *Cordia alliodora* en semilleros y sustratos

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Porcentaje	12	0.46	0.26	19.86

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1052.34	3	350.78	2.30	0.1538
Sustrato	1052.34	3	350.78	2.30	0.1538
Error	1218.86	8	152.36		
Total	2271.20	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=32.27415

Error: 152.3572 gl: 8

Sustrato	Medias	n	E.E.
S3	53.33	3	7.13 A
S4	55.24	3	7.13 A
S2	62.86	3	7.13 A
S1	77.14	3	7.13 A

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

Anexo 5. Prueba estadística para germinación de *Dalbergia spp.* en semilleros y sustratos

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Porcentaje	12	0.16	0.00	27.36

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	442.81	3	147.60	0.53	0.6763
Sustrato	442.81	3	147.60	0.53	0.6763
Error	2242.30	8	280.29		
Total	2685.11	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=43.77491|

Error: 280.2874 gl: 8

Sustrato	Medias	n	E.E.
S1	53.33	3	9.67 A
S2	58.10	3	9.67 A
S3	63.81	3	9.67 A
S4	69.52	3	9.67 A

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

Anexo 6. Prueba estadística para la germinación de *Handroanthus chrysanthus* en semilleros y sustratos

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Porcentaje	12	0.48	0.29	20.73

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	900.05	3	300.02	2.48	0.1356
Sustrato	900.05	3	300.02	2.48	0.1356
Error	968.76	8	121.09		
Total	1868.81	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=28.77308

Error: 121.0949 gl: 8

Sustrato	Medias	n	E.E.
S3	39.05	3	6.35 A
S1	53.33	3	6.35 A
S4	58.10	3	6.35 A
S2	61.90	3	6.35 A

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

Anexo 7. Sustratos en semilleros



Anexo 8. Pruebas estadísticas de altura (cm) de *Swietenia humillis*, *Cedrela odorata*, *Cordia alliodora*, *Dalbergia spp.*, *Handroanthus chrysanthus* en tubetes y sustratos

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Promedio	10	0.09	0.00	14.38

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4.24	2	2.12	0.35	0.7146
Sustrato	4.24	2	2.12	0.35	0.7146
Error	42.05	7	6.01		
Total	46.29	9			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=5.64280

Error: 6.0073 gl: 7

Sustrato Medias n E.E.

S1	16.07	3	1.42	A
S3	17.27	3	1.42	A
S2	17.60	4	1.23	A

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

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Promedio	10	0.44	0.28	11.97

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9.14	2	4.57	2.76	0.1307
Sustrato	9.14	2	4.57	2.76	0.1307
Error	11.59	7	1.66		
Total	20.72	9			

Test: Bonferroni Alfa=0.05 DMS=3.33995

Error: 1.6555 gl: 7

Sustrato Medias n E.E.

S1	9.94	3	0.74	A
S3	10.50	5	0.58	A
S2	12.60	2	0.91	A

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

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Promedio	10	0.14	0.00	16.19

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.37	2	0.68	0.58	0.5861
Sustrato	1.37	2	0.68	0.58	0.5861
Error	8.28	7	1.18		
Total	9.65	9			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.50402

Error: 1.1830 gl: 7

Sustrato Medias n E.E.

S2	6.19	3	0.63	A
S1	6.81	4	0.54	A
S3	7.12	3	0.63	A

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

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Promedio	10	0.78	0.72	15.21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	217.04	2	108.52	12.70	0.0047
Sustrato	217.04	2	108.52	12.70	0.0047
Error	59.80	7	8.54		
Total	276.84	9			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=6.72894

Error: 8.5425 gl: 7

Sustrato Medias n E.E.

S1	14.69	4	1.46	A
S2	18.59	3	1.69	A
S3	25.89	3	1.69	B

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

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Promedio	10	0.14	0.00	14.12

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.10	2	0.55	0.59	0.5783
Sustrato	1.10	2	0.55	0.59	0.5783
Error	6.52	7	0.93		
Total	7.63	9			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.22256

Error: 0.9320 gl: 7

Sustrato Medias n E.E.

S3	6.33	3	0.56	A
S1	6.99	3	0.56	A
S2	7.10	4	0.48	A

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

Anexo 9. Prueba estadística sobre el número de hojas de *Swietenia humillis*, *Cedrela odorata*, *Cordia alliodora*, *Dalbergia spp.*, *Handroanthus chrysanthus* en tubetes y sustratos.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
# de hojas 19 de julio	10	0.31	0.12	20.32

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	47.67	2	23.83	1.60	0.2679
Sustrato	47.67	2	23.83	1.60	0.2679
Error	104.33	7	14.90		
Total	152.00	9			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=8.88826

Error: 14.9048 gl: 7

Sustrato Medias n E.E.

Sustrato	Medias	n	E.E.
S2	17.50	4	1.93 A
S3	17.67	3	2.23 A
S1	22.33	3	2.23 A

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

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Promedio	10	0.29	0.09	14.55

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	21.23	2	10.62	1.42	0.3038
Sustrato	21.23	2	10.62	1.42	0.3038
Error	52.37	7	7.48		
Total	73.60	9			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=6.68570

Error: 7.4810 gl: 7

Sustrato Medias n E.E.

Sustrato	Medias	n	E.E.
S1	17.33	3	1.58 A
S3	18.60	5	1.22 A
S2	21.50	2	1.93 A

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

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Promedio	10	0.89	0.86	8.00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	13.23	2	6.62	27.79	0.0005
Sustrato	13.23	2	6.62	27.79	0.0005
Error	1.67	7	0.24		
Total	14.90	9			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.12339

Error: 0.2381 gl: 7

Sustrato Medias n E.E.

Sustrato	Medias	n	E.E.
S3	5.00	3	0.28 A
S2	5.33	3	0.28 A
S1	7.50	4	0.24 B

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

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Promedio	10	0.50	0.36	20.00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	13.57	2	6.78	3.56	0.0857
Sustrato	13.57	2	6.78	3.56	0.0857
Error	13.33	7	1.90		
Total	26.90	9			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=3.17742

Error: 1.9048 gl: 7

Sustrato Medias n E.E.

Sustrato	Medias	n	E.E.
S3	5.33	3	0.80 A
S2	7.00	4	0.69 A
S1	8.33	3	0.80 A

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

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Promedio	10	0.27	0.06	18.10

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	21.48	2	10.74	1.27	0.3395
Sustrato	21.48	2	10.74	1.27	0.3395
Error	59.42	7	8.49		
Total	80.90	9			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=6.70748

Error: 8.4881 gl: 7

Sustrato Medias n E.E.

Sustrato	Medias	n	E.E.
S2	15.00	3	1.68 A
S1	15.25	4	1.46 A
S3	18.33	3	1.68 A

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

Anexo 10 .Prueba estadística de diámetro(mm) de *Swietenia humillis*, *Cedrela odorata*, *Cordia alliodora*, *Dalbergia spp.*, *Handroanthus chrysanthus* en tubetes y sustratos

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Promedio diametro	10	0.60	0.49	10.80	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.50	2	0.75	5.25	0.0405
Sustrato	1.50	2	0.75	5.25	0.0405
Error	1.00	7	0.14		
Total	2.50	9			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.87017

Error: 0.1429 gl: 7

Sustrato	Medias	n	E.E.
S3	3.00	3	0.22 A
S2	3.50	4	0.19 A B
S1	4.00	3	0.22 B

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

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Promedio diametro cordia a..	10	0.58	0.46	11.02	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.93	2	0.47	4.90	0.0467
Sustrato	0.93	2	0.47	4.90	0.0467
Error	0.67	7	0.10		
Total	1.60	9			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.71049

Error: 0.0952 gl: 7

Sustrato	Medias	n	E.E.
S3	2.33	3	0.18 A
S2	3.00	3	0.18 A
S1	3.00	4	0.15 A

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

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Promedio diametro cedrela ..	10	0.67	0.57	9.39	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.60	2	0.80	7.00	0.0214
Sustrato	1.60	2	0.80	7.00	0.0214
Error	0.80	7	0.11		
Total	2.40	9			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.82635

Error: 0.1143 gl: 7

Sustrato	Medias	n	E.E.
S3	3.20	5	0.15 A
S2	4.00	2	0.24 A
S1	4.00	3	0.20 A

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

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Promedio diametro	10	0.24	0.02	19.96	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.08	2	0.54	1.11	0.3814
Sustrato	1.08	2	0.54	1.11	0.3814
Error	3.42	7	0.49		
Total	4.50	9			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.60845

Error: 0.4981 gl: 7

Sustrato	Medias	n	E.E.
S1	3.25	4	0.35 A
S3	3.33	3	0.40 A
S2	4.00	3	0.40 A

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

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Promedio diametro Handroan..	10	0.66	0.56	16.53	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4.02	2	2.01	6.75	0.0233
Sustrato	4.02	2	2.01	6.75	0.0233
Error	2.08	7	0.30		
Total	6.10	9			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.25598

Error: 0.2976 gl: 7

Sustrato	Medias	n	E.E.
S3	2.33	3	0.31 A
S1	3.67	3	0.31 B
S2	3.75	4	0.27 B

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

Anexo 11. Prueba estadística de Sbeltez de *Swietenia humillis*, *Cedrela odorata*, *Cordia alliodora*, *Dalbergia spp.*, *Handroanthus chrysanthus* en tubetes y sustratos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Sbeltez	10	0.10	0.00	23.95

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.07	2	0.53	0.37	0.7027
Sustrato	1.07	2	0.53	0.37	0.7027
Error	10.08	7	1.44		
Total	11.14	9			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.76206

Error: 1.4393 gl: 7

Sustrato	Medias	n	E.E.
S3	4.53	3	0.69 A
S2	5.12	4	0.60 A
S1	5.34	3	0.69 A

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

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Sbeltez	10	0.45	0.30	20.72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6.44	2	3.22	2.91	0.1204
Sustrato	6.44	2	3.22	2.91	0.1204
Error	7.74	7	1.11		
Total	14.18	9			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.57116

Error: 1.1064 gl: 7

Sustrato	Medias	n	E.E.
S3	4.29	5	0.47 A
S1	5.71	3	0.61 A
S2	6.10	2	0.74 A

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

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Sbeltez	10	0.50	0.36	10.87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.94	2	0.47	3.50	0.0883
Sustrato	0.94	2	0.47	3.50	0.0883
Error	0.94	7	0.13		
Total	1.88	9			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.84463

Error: 0.1346 gl: 7

Sustrato	Medias	n	E.E.
S2	2.92	3	0.21 A
S3	3.45	3	0.21 A
S1	3.66	4	0.18 A

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

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Sbeltez	10	0.82	0.77	15.83

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	30.74	2	15.37	15.72	0.0026
Sustrato	30.74	2	15.37	15.72	0.0026
Error	6.85	7	0.98		
Total	37.59	9			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.27666

Error: 0.9779 gl: 7

Sustrato	Medias	n	E.E.
S3	3.57	3	0.57 A
S2	7.38	3	0.57 B
S1	7.41	4	0.49 B

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

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Sbeltez	10	0.09	0.00	26.07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.58	2	0.29	0.33	0.7320
Sustrato	0.58	2	0.29	0.33	0.7320
Error	6.20	7	0.89		
Total	6.78	9			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.16624

Error: 0.8853 gl: 7

Sustrato	Medias	n	E.E.
S2	3.38	4	0.47 A
S3	3.57	3	0.54 A
S1	3.96	3	0.54 A

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

Anexo 12. Prueba estadística de lignificación de *Swietenia humillis*, *Cedrela odorata*, *Cordia alliodora*, *Dalbergia spp.*, *Handroanthus chrysanthus* en tubetes y sustratos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Lignificación	10	0.38	0.20	25.35

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	763.37	2	381.69	2.10	0.1928
Sustrato	763.37	2	381.69	2.10	0.1928
Error	1271.48	7	181.64		
Total	2034.85	9			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=31.02839

Error: 181.6396 gl: 7

Sustrato Medias n E.E.

S1	40.34	3	7.78	A
S3	55.29	3	7.78	A
S2	61.18	4	6.74	A

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

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Lignificación	10	0.58	0.46	21.22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	851.84	2	425.92	4.79	0.0488
Sustrato	851.84	2	425.92	4.79	0.0488
Error	621.97	7	88.85		
Total	1473.81	9			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=23.04110

Error: 88.8524 gl: 7

Sustrato Medias n E.E.

S3	35.21	5	4.22	A
S1	52.93	3	5.44	A
S2	54.67	2	6.67	A

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

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Lignificación	9	0.11	0.00	51.90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	345.54	2	172.77	0.38	0.7017
Sustrato	345.54	2	172.77	0.38	0.7017
Error	2756.40	6	459.40		
Total	3101.95	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=53.69627

Error: 459.4002 gl: 6

Sustrato Medias n E.E.

S1	36.48	3	12.37	A
S3	37.37	3	12.37	A
S2	50.04	3	12.37	A

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

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Lignificación	10	0.18	0.00	41.76

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	498.20	2	249.10	0.75	0.5057
Sustrato	498.20	2	249.10	0.75	0.5057
Error	2316.55	7	330.94		
Total	2814.75	9			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=41.88187

Error: 330.9361 gl: 7

Sustrato Medias n E.E.

S2	36.70	3	10.50	A
S3	39.00	3	10.50	A
S1	52.14	4	9.10	A

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

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Lignificación	10	0.25	0.04	26.56

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	221.13	2	110.56	1.19	0.3599
Sustrato	221.13	2	110.56	1.19	0.3599
Error	652.19	7	93.17		
Total	873.32	9			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=22.22252

Error: 93.1706 gl: 7

Sustrato Medias n E.E.

S1	30.62	4	4.83	A
S3	39.45	3	5.57	A
S2	40.86	3	5.57	A

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

Anexo 13. Prueba estadística de % de agua en las raíces de *Swietenia humillis*, *Cedrela odorata*, *Cordia alliodora*, *Dalbergia spp.*, *Handroanthus chrysanthus* en tubetes y sustratos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% de agua en la raíz	10	0.46	0.31	37.64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3049.91	2	1524.96	2.98	0.1155
Sustrato	3049.91	2	1524.96	2.98	0.1155
Error	3576.87	7	510.98		
Total	6626.78	9			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=52.04232

Error: 510.9817 gl: 7

Sustrato	Medias	n	E.E.
S2	-78.87	4	11.30 A
S3	-58.27	3	13.05 A
S1	-36.78	3	13.05 A

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

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Cantidad de agua presente ..	10	0.29	0.08	42.43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	685.57	2	342.79	1.41	0.3060
Sustrato	685.57	2	342.79	1.41	0.3060
Error	1703.00	7	243.29		
Total	2388.57	9			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=38.12647

Error: 243.2855 gl: 7

Sustrato	Medias	n	E.E.
S2	-45.63	2	11.03 A
S1	-44.65	3	9.01 A
S3	-28.49	5	6.98 A

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

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Cantidad de agua presente ..	10	0.15	0.00	43.78

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	279.93	2	139.97	0.60	0.5763
Sustrato	279.93	2	139.97	0.60	0.5763
Error	1641.65	7	234.52		
Total	1921.58	9			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=35.25701

Error: 234.5217 gl: 7

Sustrato	Medias	n	E.E.
S2	-40.17	3	8.84 A
S1	-36.94	4	7.66 A
S3	-27.16	3	8.84 A

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

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Cantidad de agua presente ..	10	0.54	0.41	29.12

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1143.04	2	571.52	4.15	0.0647
Sustrato	1143.04	2	571.52	4.15	0.0647
Error	963.25	7	137.61		
Total	2106.29	9			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=27.00693

Error: 137.6076 gl: 7

Sustrato	Medias	n	E.E.
S3	-56.06	3	6.77 A
S1	-36.42	4	5.87 A
S2	-29.69	3	6.77 A

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

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Cantidad de agua presente ..	10	0.05	0.00	42.25

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	155.51	2	77.75	0.17	0.8435
Sustrato	155.51	2	77.75	0.17	0.8435
Error	3121.36	7	445.91		
Total	3276.86	9			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=48.61572

Error: 445.9081 gl: 7

Sustrato	Medias	n	E.E.
S3	-55.95	3	12.19 A
S1	-47.96	4	10.56 A
S2	-46.70	3	12.19 A

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

Anexo 14. Prueba estadística del índice de DICKSON de *Swietenia humillis*, *Cedrela odorata*, *Cordia alliodora*, *Dalbergia spp.*, *Handroanthus chrysanthus* en tubetes y sustratos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Indice de Dickson	10	0.08	0.00	35.65

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.45	2	0.23	0.29	0.7540
Sustrato	0.45	2	0.23	0.29	0.7540
Error	5.40	7	0.77		
Total	5.85	9			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.02150

Error: 0.7710 gl: 7

Sustrato Medias n E.E.

S2	2.22	4	0.44	A
S1	2.54	3	0.51	A
S3	2.71	3	0.51	A

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

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Indice de Dickson	10	0.16	0.00	27.49

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.29	2	0.14	0.66	0.5449
Sustrato	0.29	2	0.14	0.66	0.5449
Error	1.53	7	0.22		
Total	1.82	9			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.14174

Error: 0.2182 gl: 7

Sustrato Medias n E.E.

S3	1.59	5	0.21	A
S1	1.65	3	0.27	A
S2	2.04	2	0.33	A

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

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Indice de Dickson	10	0.23	0.01	66.17

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4.35	2	2.18	1.06	0.3953
Sustrato	4.35	2	2.18	1.06	0.3953
Error	14.33	7	2.05		
Total	18.68	9			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.29371

Error: 2.0467 gl: 7

Sustrato Medias n E.E.

S2	1.35	3	0.83	A
S3	1.98	3	0.83	A
S1	2.91	4	0.72	A

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

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Indice de Dickson	10	0.05	0.00	50.88

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.22	2	0.11	0.18	0.8408
Sustrato	0.22	2	0.11	0.18	0.8408
Error	4.40	7	0.63		
Total	4.62	9			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.82515

Error: 0.6285 gl: 7

Sustrato Medias n E.E.

S2	1.38	3	0.46	A
S3	1.50	3	0.46	A
S1	1.73	4	0.40	A

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

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Indice de Dickson	10	0.18	0.00	78.98

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8.42	2	4.21	0.75	0.5084
Sustrato	8.42	2	4.21	0.75	0.5084
Error	39.48	7	5.64		
Total	47.90	9			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=5.46744

Error: 5.6397 gl: 7

Sustrato Medias n E.E.

S2	1.86	3	1.37	A
S1	2.96	4	1.19	A
S3	4.22	3	1.37	A

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

Anexo 15. Realización de sustratos siembra de las semillas en semilleros



Anexo 16. Germinación de *Swietenia humillis*, *Cedrela odorata*, *Cordia alliodora*, *Dalbergia spp.*, *Handroanthus chrysanthus* en semilleros y sustratos



Anexo 17. llenado, siembra y desinfección de tubetes con sustratos



Anexo 18. Evaluación sanitaria a especies latifoliadas



Anexo 19. Formación de pilones en los diferentes sustratos



Anexo 20. Peso húmedo y peso seco de las plantas en el laboratorio



Anexo 21. Materiales y costos de realización de sustratos

Sustrato 1: 40%BK,30%BC,30%S			
Materiales	Cantidad	Costo unitario (lps)	total
Cabraza	55 kg	100	200
Gallinaza	54kg	150	300
Vacasa	36 kg	100	200
Melaza	3.80 kg	5	55
Casulla de arroz	36.28 kg	100	100
Hojas de madreado	9.07 kg	50	50
Microorganismos de montaña líquidos	10 kg	50	50
Hojas secas	9.07 kg	50	50
Trozos de madera	20kg	50	50
Tierra	234 kg	150	150
Fertilizante 18-16-0	0.45 kg	7	7
Total			1212

S2: 70%TR,30%S			
Materiales	Cantidad	Costo unitario (lps)	total
Sustrato comercial	54.43 kg	1500	1500
Tierra	40 kg	150	150
Fertilizante 18-16-0	0.45 kg	10	7
total			1657 lps

S3: 46.67% TB, 14% V, 13.33% P, 23.33% AD,2.67% F			
Materiales	Cantidad	Costo unitario (lps)	total
Aserrin	16 kg	50	50
Turba baltica	31.75kg	100	1400
Vermiculita	9.52 kg	280	5880
Perlita	9.72kg	55	1100
Fertilizante	1.81 kg	700	700
total			9130 lps

Anexo 22. Matriz de condición sanitaria.

<i>Especie</i>	<i>Sustrato</i>	<i>Grado de Salud</i>	<i>Problemas Observados</i>
<i>Caoba del Pacífico</i>	T1	8-9	Enfermedades, manchas en las hojas
	T2	9	Sin problemas significativos
	T3	7-8	Enfermedades, manchas en las hojas
<i>Cedro</i>	T1	8-9	Manchas en las hojas
	T2	9	Menos problemas
	T3	7-10	Manchas en las hojas, leve marchitez
<i>Laurel</i>	T1	8-9	Competencia por luz
	T2	8-9	Menos problemas
	T3	7	Competencia por luz
<i>Granadillo</i>	T1	8-9	Manchas en las hojas, competencia por luz
	T2	8-9	Manchas en las hojas
	T3	8-9	Competencia por luz, algunas manchas en las hojas
<i>Cortez Amarillo</i>	T1	10	Sin problemas visibles
	T2	10	Sin problemas visibles
	T3	10	Sin problemas visibles