UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE



Evaluación de la eficiencia de sustratos orgánicos en la germinación de guayacán *Handroanthus billbergii* en condiciones de vivero

Tesis para optar el título profesional de ingeniero forestal y medio ambiente

Autor

Bach. Juan Guillermo Huarcaya Garcia

TUMBES - 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE

Evaluación de la eficiencia de sustratos orgánicos en la germinación de guayacán *Handroanthus billbergii* en condiciones de vivero

Tesis aprobada en forma y estilo por:

Dr. Miguel A. Puescas Chully (presidente)

https://orcid.org/0000-0003-1979-9572

Mg. Cesar Y. Feijoo Carrillo (secretario)

https://orcid.org/0009-0007-6197-123X

Mg. Eder E. Hidalgo Sandoval (Vocal)

https://orcid.org/0000-0002-8568-3255

TUMBES – 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE

Evaluación de la eficiencia de sustratos orgánicos en la germinación de guayacán *Handroanthus billbergii* en condiciones de vivero

Los suscritos declaramos que la tesis es original en su contenido y forma.

Juan Guillermo Huarcaya Garcia (Autor)

https://orcid.org/0009-0005-1363-9158

Mg. Ing. Eder Hidalgo Sandoval (Asesor)

https://orcid.org/0000-0002-8568-3255

Ing. William Huaman Huaman (Co-Asesor)

https://orcid.org/0000-0002-8334-4022

TUMBES – 2026

ACTA DE SUSTENTACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
EX FUNDO FISCAL LA CRUZ-CAMPUS UNIVERSITARIO
SECRETARIA ACADÉMICA

"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PRESENCIAL

En Tumbes, a los trece días del mes de noviembre de dos mil *veintisiés*, siendo las 10 horas, con 05 minutos (cinco), de la mañana, de forma presencial en el Aula F-1, pabellón de EIFMA. se reunieron el Jurado Calificador, designado por Resolución Nº 302-2026-UNTUMBES-VRACAD-FCA-D, **Dr. Miguel Antonio Puescas Chully** (Presidente), **Mg. Cesar Yoel Feijoo Carrillo** (Secretario), **Mg. Eder Esaud Hidalgo Sandoval** (Vocal) reconociendo en la misma resolución además, al **Mg. Eder Esaud Hidalgo Sandoval,** como **Asesor,** y al **Ing. William Huamán Huamán,** como **Co-asesor** se procedió a evaluar, calificar y deliberar la sustentación de la tesis, **"Evaluación de la eficiencia de sustratos orgánicos en la germinación de guayacán "Handroanthus billbergii" en condiciones de vivero";** para optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal y Medio Ambiente, presentado por el **Bach. Juan Guillermo Huarcaya Garcia,** Concluida la sustentación y absueltas las preguntas, por parte del sustentante y después de la deliberación, el jurado según el artículo Nº 25 del Reglamento de Tesis para Pregrado y Posgrado de la Universidad Nacional de Tumbes, decara al **Bach, JUAN GUILLERMO HUARCAYA GARCIA,** aprobado, por unanimidad, con el calificativo muy bueno,

Se hace conocer al sustentante, que deberá levantar las observaciones finales hechas al informe final de tesis, que el jurado le indica.

En consecuencia, queda apto para continuar con los trámites correspondientes a la obtención del Título Profesional de Ingeniero Forestal y Medio Ambiente, de conformidad con lo estipulado en la Ley Universitaria Nº 30220, el Estatuto, Reglamento General, Reglamento General de Grados y Títulos y Reglamento de Tesis de la Universidad Nacional de Tumbes.

Siendo las 10 horas y 50 minutes del mismo día, se dio por concluida la ceremonia académica, procediendo a firmar el acta en presencia del público asistente.

Tumbes, 13 de noviembre del 2026.

Dr. Miguel Antonio Puescas Chully DNI Nº 02660322 CÓDIGO ORCID 0000-0003-1979-9572 Presidente	**Mg. Cesar Yoel Feijoo Carrillo** DNI Nº 42768289 CÓDIGO ORCID 0009-0007-6197-123X Secretario
Mg. Eder Esaud Hidalgo Sandoval DNI Nº 42311217 CÓDIGO ORCID 0000-0002-8568-3255 Vocal	

C.C. - JURADOS (03) -ASESOR Y(CO)-INTERESADO-ARCHIVO (Decanato)
S.acad.

TESIS HUARCAYA GARCÍA.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

11%	11%	4%	4%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.riaa.uaem.mx Fuente de Internet	1%
2	repositorio.untumbes.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	smcsmx.org Fuente de Internet	1%
5	rdi.uncoma.edu.ar Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.unach.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.uleam.edu.ec Fuente de Internet	<1%
9	repositorio.unesum.edu.ec Fuente de Internet	<1%
10	zaguan.unizar.es Fuente de Internet	<1%
11	unach.edu.pe Fuente de Internet	<1%
12	www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet	<1%
13	ridda2.utp.ac.pa Fuente de Internet	<1%
14	repository.usta.edu.co Fuente de Internet	<1%

Mg. Eder Esaud Hidalgo Sandoval
https://orcid.org/0000-0002-8568-3255
Docente asesor

15	Jazmín Velázquez-Maldonado, Porfirio Juárez-López, José Anzaldo-Hernández, Gelacio Alejo-Santiago et al. "CONCENTRACIÓN NUTRIMENTAL DE BIOCARBÓN DE CASCARILLA DE ARROZ", Revista Fitotecnia Mexicana, 2019 Publicación	<1 %
16	Submitted to Integración Blackboard Trabajo del estudiante	<1 %
17	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	files.core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.uchile.cl Fuente de Internet	<1 %
20	EUSEBIO CARMONA CHIARA. "Estudio del compost de corcho como sustrato hortícola y silvícola.", Universitat Politecnica de Valencia, 1999 Publicación	<1 %
21	journals.bilpubgroup.com Fuente de Internet	<1 %
22	revistas.umariana.edu.co Fuente de Internet	<1 %
23	www.mdpi.com Fuente de Internet	<1 %
24	Submitted to Universidad Estatal Amazonica- Trabajo del estudiante	<1 %
25	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
26	revistas.unillanos.edu.co Fuente de Internet	<1 %
27	fdocuments.mx Fuente de Internet	<1 %
28	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
29	Submitted to Universidad Nacional de Tumbes Trabajo del estudiante	<1 %
30	revistas.uned.ac.cr Fuente de Internet	<1 %

Mg. Eder Esaud Hidalgo Sandoval
https://orcid.org/0000-0002-8568-3255
Docente asesor

31	www.ncbi.nlm.nih.gov Fuente de Internet	<1 %
32	collections-botany.fieldmuseum.org Fuente de Internet	<1 %
33	congresorebiza.mx Fuente de Internet	<1 %
34	dspace.unach.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
35	repositorio.iniap.gob.ec Fuente de Internet	<1 %
36	www.mer-littoral.org Fuente de Internet	<1 %
37	colposdigital.colpos.mx:8080 Fuente de Internet	<1 %
38	huru.unsj.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
39	repositorio.uoh.cl Fuente de Internet	<1 %
40	libros.ecotec.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
41	repositorioinstitucional.buap.mx Fuente de Internet	<1 %
42	www.fao.org Fuente de Internet	<1 %
43	Submitted to Universidad Nacional Agraria La Molina Trabajo del estudiante	<1 %
44	Submitted to Universidad de Málaga Trabajo del estudiante	<1 %
45	repositorio.uea.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
46	repositorio.upse.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
47	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
	www.tdea.edu.co	

Mg. Eder Esaud Hidalgo Sandoval
https://orcid.org/0000-0002-8568-3255
Docente asesor

48	Fuente de Internet		<1%



Mg. Eder Esaud Hidalgo Sandoval
https://orcid.org/0000-0002-8568-3255
Docente asesor

Excluir citas	Activo	Exclude assignment template	Activo
Excluir bibliografía	Activo	Excluir coincidencias	< 15 words

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por brindarme fortaleza, salud y perseverancia para alcanzar una de las metas más importantes de mi formación profesional.

A mis padres, por su amor, esfuerzo y apoyo incondicional, por acompañarme durante cada etapa de mi formación y enseñarme el valor de la responsabilidad, la perseverancia y la honestidad.

A mi familia, por su confianza, comprensión y constante motivación, especialmente en aquellos momentos en los que alcanzar esta meta representó un desafío.

Finalmente, dedico este logro a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron a mi formación personal y profesional y me alentaron a continuar hasta culminar esta etapa.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Tumbes, a la Facultad de Ciencias Agrarias y a la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, por contribuir a mi formación académica y profesional.

Al Mg. Ing. Eder E. Hidalgo Sandoval, asesor de la presente investigación, por su orientación, recomendaciones y acompañamiento durante el desarrollo y culminación de este trabajo.

Al Ing. William Huaman Huaman, coasesor, por sus aportes y observaciones que contribuyeron al desarrollo de la investigación.

Finalmente, expreso mi gratitud a mis familiares, amigos y a todas las personas que brindaron su apoyo, colaboración y motivación durante las diferentes etapas de esta investigación.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN 20

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA 24

2.1 CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN 24

III. METODOLOGÍA Y METODOS 30

3.1 SIITIO DE ESTUDIO 31

3.2 OBTENCIÓN DE MATERIAL 31

3.2.1 Material Vegetal y Sustrato 31

3.2.2 Biocarbón 32

3.2.3 Bolsas de Polietileno 33

3.3 ACONDICIONAMIENTO DE CAMAS ALMACIGUERAS 34

3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL 35

3.5 ANÁLISIS DE SUELO..... 35

3.5.1 pH..... 35

3.5.2 Textura..... 36

3.5.3 Materia Orgánica 36

3.5.4 Nutrientes..... 37

3.5.4.1Nitrógeno total..... 37

3.5.4.2Fósforo disponible 37

3.5.4.3Potasio disponible 37

3.5.4.4Bases intercambiables (Ca, Mg y Na) 38

3.6 VARIABLES EVALUADAS 38

3.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO 39

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 41

V. CONCLUSIONES 78

VI. RECOMENDACIONES 80

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 81

ANEXOS 90

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: ***RENDIMIENTO MÁSICO Y CONTENIDO DE HUMEDAD REMOVIDA EN LA OBTENCIÓN DE BIOCARBÓN*** **.....33**

TABLA 2: ***ANÁLISIS FÍSICO DE LOS SUSTRATOS UTILIZADOS*** **.....43**

TABLA 3: ***ANÁLISIS QUÍMICO DE NUTRIENTES EN LOS SUSTRATOS UTILIZADOS*** **.....45**

TABLA 4: PRUEBA DE KRUSKAL-WALLIS PARA COMPARAR EL TIEMPO DE GERMINACIÓN ENTRE SUSTRATOS 49

TABLA 5: COMPARACIONES MÚLTIPLES ENTRE SUSTRATOS (DUNN TEST CON CORRECCIÓN BONFERRONI) 50

TABLA 6: EFECTOS DEL SUSTRATO Y LA EVALUACIÓN TEMPORAL SOBRE LA ALTURA DE LAS PLÁNTULAS DE *Handroanthus billbergii*.....53

TABLA 7: ALTURA ESTIMADA DE LAS PLÁNTULAS SEGÚN SUSTRATO Y SEMANA DE EVALUACIÓN 54

TABLA 8: COMPARACIONES SIGNIFICATIVAS DE LA ALTURA ESTIMADA ENTRE LOS BIOCARBÓNES Y EL TRATAMIENTO TESTIGO 59

TABLA 9: EFECTOS DEL SUSTRATO, LA EVALUACIÓN TEMPORAL Y SU INTERACCIÓN SOBRE EL DIÁMETRO DEL TALLO DE *Handroanthus billbergii*.....63

TABLA 10: MEDIAS MARGINALES ESTIMADAS DEL DIÁMETRO DEL TALLO SEGÚN SUSTRATO Y SEMANA DE EVALUACIÓN.....65

TABLA 11: COMPARACIÓN DE CADA BIOCARBÓN RESPECTO AL TRATAMIENTO TESTIGO DURANTE LAS 12 SEMANAS 66

TABLA 12: EFECTOS DEL SUSTRATO, LA EVALUACIÓN TEMPORAL Y SU INTERACCIÓN SOBRE EL NÚMERO DE HOJAS DE LAS PLÁNTULAS DE *HANDROANTHUS BILLBERGII* ..69

TABLA 13: MEDIAS MARGINALES ESTIMADAS DEL NÚMERO DE HOJAS POR SUSTRATO Y EVALUACIÓN 71

TABLA 14: COMPARACIONES DE CADA TRATAMIENTO CON BIOCARBÓN RESPECTO AL TESTIGO PARA EL NÚMERO DE HOJAS 74

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: ***HANDROANTHUS BILLBERGII*** **SUBSP. AMPLUS** ***(A. H. GENTRY) S. O. GROSE, PERU, A. H. GENTRY 58180, F.*** **.....24**

FIGURA 2: ***MEDIDAS DE BOLSAS DE VIVERO A UTILIZAR*** **.....34**

FIGURA 3: ***TRIÁNGULO DE TEXTURA DE SUELOS*** **.....36**

FIGURA 4: PORCENTAJE DE GERMINACIÓN DE ***HANDROANTHUS BILLBERGII*** **SEGÚN TIPO DE SUSTRATO 46**

FIGURA 5: PORCENTAJE DE SUPERVIVENCIA DE ***HANDROANTHUS BILLBERGII*** **SEGÚN TIPO DE SUSTRATO.....47**

FIGURA 6: CURVAS DE GERMINACIÓN ACUMULADA DE ***HANDROANTHUS BILLBERGII*** **SEGÚN EL TIPO DE SUSTRATO.....52**

FIGURA 7: ***TRAYECTORIA TEMPORAL DE LA ALTURA ESTIMADA DE LAS PLÁNTULAS DE HANDROANTHUS BILLBERGII BAJO DIFERENTES SUSTRATOS DURANTE 12 SEMANAS DE EVALUACIÓN*** **.....62**

FIGURA 8: ***TRAYECTORIA DEL DIÁMETRO DEL TALLO DURANTE LAS 12 SEMANAS DE EVALUACIÓN*** **.....68**

FIGURA 9: TRAYECTORIA DEL NÚMERO ESTIMADO DE HOJAS DE LAS PLÁNTULAS DE ***HANDROANTHUS BILLBERGII*** **SEGÚN EL SUSTRATO DURANTE LAS 12 SEMANAS DE EVALUACIÓN 77**

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: ÁRBOLES SEMILLEROS DE LA ESPECIE GUAYACÁN *Handroanthus billbergii*..90

ANEXO 2: A) CORTE DEL RAQUIS DE PLÁTANO. B) RAQUIS DE PLÁTANOS CORTADOS 91

ANEXO 3: A) LAVADO DE LOS RAQUIS DE PLÁTANO CORTADOS. B) PESAJE DE LOS RAQUIS DE PLÁTANO CORTADOS.....91

ANEXO 4: A-B) RECOLECCIÓN DE RAQUIS DE PLÁTANO. C-D-E) PREPARACIÓN DEL RAQUIS PARA EL SECADO.....92

ANEXO 5: A) RAQUIS DE PLÁTANO EN ESTUFA. B) RAQUIS DE PLÁTANO EN ESTUFA. C) RAQUIS DE PLÁTANO EN ESTUFA.....92

ANEXO 6: SITIO DE ESTUDIO.....93

ANEXO 7: MAPA TEMÁTICO DE UBICACIÓN DEL VIVERO FORESTAL - UNTUMBES.....94

ANEXO 8: MAPA DE TOPOGRÁFICO DE UBICACIÓN DE LOS GUAYACANES.....95

ANEXO 9: A-B-C) RECOLECCIÓN DE CÁSCARA DE CACAO. D) LAVADO DE CÁSCARA DE CACAO CON AGUA DESTILADA. E) PREPARACIÓN DE LA CÁSCARA DE CACAO PARA EL SECADO.....96

ANEXO 10: A) PESAJE DE MUESTRA DE CASCARILLA DE ARROZ. B) PREPARACIÓN DE MUESTRAS DE CASCARILLA DE ARROZ EN BANDEJA DE ALUMINIO. C) MUESTRA DE BIOCARBÓN DE CASCARILLA DE ARROZ. 96

ANEXO 11: A) FORMOL USADO EN EL ACONDICIONAMIENTO DE LA CAMA ALMACIGUERA. B) PREPARACIÓN DE ACONDICIONAMIENTO DE LA CAMA ALMACIGUERA. 98

ANEXO 12: A) OBTENCIÓN DE SUSTRATO. B) TAMIZADO DE SUSTRATO. C) SUSTRATO LISTO PARA LLENO DE FUNDAS DE POLIETILENO.....98

ANEXO 13: EQUIPO DE PIRÓLISIS.....100

ANEXO 14: FICHA DE INFORME DE ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELO TESTIGO.....101

ANEXO 15: FICHA DE INFORME DE ANÁLISIS QUÍMICO 2 DE SUELO TESTIGO 102

ANEXO 16: FICHA DE INFORME DE ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELO CON BIOCARBÓN DE RAQUIS DE PLÁTANO 103

ANEXO 17: FICHA DE INFORME DE ANÁLISIS QUÍMICO 2 DE SUELO CON BIOCARBÓN DE RAQUIS DE PLÁTANO..... 104

ANEXO 18: FICHA DE INFORME DE ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELO CON BIOCARBÓN DE CÁSCARA DE CACAO..... 105

ANEXO 19: FICHA DE INFORME DE ANÁLISIS QUÍMICO 2 DE SUELO CON BIOCARBÓN DE CÁSCARA DE CACAO..... 106

ANEXO 20: FICHA DE INFORME DE ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELO CON BIOCARBÓN DE CASCARILLA DE ARROZ 107

ANEXO 21: FICHA DE INFORME DE ANÁLISIS QUÍMICO 2 DE SUELO CON BIOCARBÓN DE CASCARILLA DE ARROZ 108

RESUMEN

El guayacán *Handroanthus billbergii* es una especie característica de los bosques estacionalmente secos, cuya propagación en viveros es una alternativa a su restauración, replantación y preservación. El objetivo del estudio fue evaluar la respuesta de germinación, supervivencia y crecimiento inicial de plántulas de *Handroanthus billbergii* establecidas en sustratos con incorporación de biocarbón con biocarbón, bajo condiciones de vivero. Se evaluaron cuatro tratamientos: T1, testigo; T2, biocarbón de raquis de plátano; T3, biocarbón de cáscara de cacao; y T4, biocarbón de cascarilla de arroz incorporados al 5% mediante un diseño completamente al azar con 100 unidades experimentales por tratamiento. Se evaluó la germinación, supervivencia, altura, diámetro del tallo y número de hojas durante 12 semanas. La germinación fue del 98-100% y la supervivencia del 97-98%. El tiempo de germinación mostró diferencias significativas entre tratamientos ($\chi^2 = 11.177$; $p = 0.0108$), destacando la diferencia entre cáscara de arroz y control (p corregido = 0.0096). La altura, diámetro y número de hojas mostraron efectos significativos del sustrato, tiempo e interacción ($p < 0,001$). Finalmente, las cáscaras de cacao tuvieron la mayor altura (8,03 cm) y número de hojas (15,52), mientras que las cascarillas de arroz tuvieron el mayor diámetro (2,39 mm). Se concluyó que la respuesta de las plántulas fue diferenciada por la variable evaluada, destacando las cáscaras de cacao para altura y producción de hojas, y las cascarillas de arroz para tiempo de germinación y diámetro de tallo.

Palabras clave: *Handroanthus billbergii*, sustratos con incorporación de biocarbón, germinación y vivero.

ABSTRACT

The guayacán *Handroanthus billbergii* is a species characteristic of seasonally dry forests, and its propagation in nurseries is an alternative to its restoration, replanting, and preservation. The objective of this study was to evaluate the germination, survival, and initial growth response of *Handroanthus billbergii* seedlings established in substrates with biochar incorporated under nursery conditions. Four treatments were evaluated: T1, control; T2, banana rachis biochar; T3, cacao husk biochar; and T4, rice husk biochar, incorporated at 5%, using a completely randomized design with 100 experimental units per treatment. Germination, survival, height, stem diameter, and number of leaves were evaluated over 12 weeks. Germination was 98–100%, and survival was 97–98%. Germination time showed significant differences between treatments ($\chi^2 = 11.177$; $p = 0.0108$), with a notable difference between rice hulls and the control (adjusted $p = 0.0096$). Height, diameter, and number of leaves showed significant effects of substrate, time, and interaction ($p < 0.001$). Finally, cocoa hulls had the greatest height (8.03 cm) and number of leaves (15.52), while rice hulls had the greatest diameter (2.39 mm). It was concluded that seedling response differed depending on the evaluated variable, with cocoa hulls showing the greatest height and leaf production, and rice hulls showing the greatest germination time and stem diameter.

Keywords: *Handroanthus billbergii,* substrates with biochar incorporation, germination and nursery.