UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA DE INGENIERÍA INGENIERIA AMBIENTAL

EFECTO DEL ÁCIDO PIROLEÑOSO DE BOLAINA (*Guazuma crinita* Lam.), Y SU EFECTO EN LA GERMINACIÓN DE TAHUARI *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose, EN PUCALLPA

Tesis para optar el Título Profesional de

INGENIERO AMBIENTAL

CRISTIAN PAOLO CORDOVA BARTRA

PUCALLPA – PERÚ

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
COMISIÓN DE GRADOS Y TITULOS

ACTA DE APROBACION DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
N° 226 /2025-CGyT-FCFyA-UNU

En la ciudad de Pucallpa a las 11 horas del dia 22 de mayo del 2025, de acuerdo con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, siendo designados con Memo Múltiple N.º 022-2025-UNU-FCFyA-CGyT conformado por:

Dr. Rubén Darío Manturano Pérez	Presidente
Dr. Gabriel Mercado Jauregui	Miembro
Dr. David León Moreno	Miembro

Se procedió a la evaluación de la sustentación de la tesis denominada: **"EFECTO DEL ÁCIDO PIROLEÑOSO DE BOLAINA (*Guazuma crinita* Lam.), Y SU EFECTO EN LA GERMINACIÓN DE TAHUARI *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose, EN PUCALLPA"**, presentado por el Bachiller **CRISTIAN PAOLO CORDOVA BARTRA**, asesorado por el **Dr. Grober Panduro Pisco**.
habiendo culminado la sustentación por el bachiller, se procedió a la formulación de preguntas por el Jurado Evaluador, las que fueron absueltas por el sustentante en consecuencia la tesis fue **APROBADO POR UNANIMIDAD, recomendando levantar las observaciones indicadas,** quedando expedito para el otorgamiento del **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**, Siendo las 12:35 del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando los miembros del jurado en señal de conformidad.

Dr. Rubén Darío Manturano Pérez
Presidente

Dr. Gabriel Mercado Jauregui
Miembro

Dr. David León Moreno
Miembro

ACTA DE APROBACION DE TESIS

Esta tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales Y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental:

Dr. Ruben Dario, Manturano Pérez ..... Presidente

Dr. Gabriel, Mercado Jauregui ..... Primer Miembro

Dr. David Leon Moreno ..... Segundo Miembro

Dr. Grober, Panduro Pisco ..... Asesor

Bach. Cristian Paolo Córdoba Bartra ..... Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº V/136-2025.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"EFECTO DEL ÁCIDO PIROLEÑOSO DE BOLAINA (Guazuma crinita Lam.), Y SU EFECTO EN LA GERMINACIÓN DE TAHUARI Handroanthus serratifolius (Vahl) S. O. Grose, EN PUCALLPA"

Autor(es)	:	**CORDOVA BARTRA, CRISTIAN PAOLO**
Facultad	:	**CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES**
Escuela	:	**ING. AMBIENTAL**
Asesor(a)	:	**Dr. GROBER PANDURO PISCO**

Presenta un **porcentaje de similitud de 1%**, verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 12/03/2025

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, Arestian Paulo Corclove Rastra

Autor de la tesis titulada "Efecto del Acido Tirolenoso de Polaina (Guazuma crinita Mart) y su efecto en la germinación de Tahuari Handroanthus serratifolius (Vahl) S.O. Grose en Pucallpa"

Sustentada el año 22 de mayo del 2025

Asesor(a): Dr. Grober Pancluro Pisco

Facultad: Ciencias Forestales y Ambientales

Escuela Profesional: Ingeniería Ambiental

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 03 / 06 / 2025

Email: corclove050194@outlook.es Firma: 

Teléfono: 953 197 392 DNI: 71049881

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida, salud e inteligencia para culminar con éxito y venciendo diversos obstáculos durante el largo camino de mi carrera universitaria.

A mi querido padre el Sr. Witle Cordova, por su esfuerzo en brindarme el apoyo incondicional en mi formación profesional, y por ser siempre mi consejero y mi guía que muchas veces necesité, gracias por tu amor y entrega, te amo mucho papito.

A mi amada Madre la Sr. Paquita Bartra por enseñarme a ser un hombre resiliente, guerrero y, sobre todo paciente, es por ti soy lo que soy y me sigo formando, gracias por todo tu amor y entrega, esta tesis es tanto tuya como mía, te amo mucha mamita.

A Mi hija es el mejor regalo que haya podido recibir de parte de Dios. Eres mi mayor tesoro y también la fuente más pura de mi inspiración; por eso quiero agradecerte cada momento de felicidad con el que colmas mi vida. Te doy las gracias, hija mía, por darle sentido a mi vida y permitirme ser cada día

AGRADECIMIENTO

A Dios, fuente de toda sabiduría y fortaleza, por guiarme en cada paso de este proceso. Su amor y apoyo incondicional me han dado la fuerza necesaria para superar los desafíos y llegar hasta aquí. Sin su bendición, este logro no habría sido posible.

A la Universidad Nacional de Ucayali, a sus docentes y personal administrativo de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, con sus experiencias y conocimientos he podido desarrollar mis habilidades a lo largo de este proceso. Mi formación en esta casa de estudios ha sido fundamental para la culminación de este trabajo.

A mi asesora, Dr. Grober, Panduro Pisco no solo por su invaluable orientación académica, sino también por su apoyo constante, paciencia y compromiso en cada etapa de mi vida universitaria, Su experiencia es un ejemplo que me ha permitido crecer profesionalmente como en lo personal. Gracias por su confianza, por sus consejos, y por motivarme a nunca rendirme, Su apoyo ha sido fundamental para que hoy pueda presentar este trabajo, y siempre estaré agradecido por todo lo que me ha enseñado.

Al Dr. Ruben Dario, Manturano Pérez, Dr. Gabriel, Mercado Jauregui, Dr. Noe Clever, Guadalupe Baylon, miembros del comité evaluador de mi tesis. Agradezco profundamente su tiempo, dedicación y el esfuerzo que han invertido en la revisión de mi trabajo. Sus comentarios y sugerencias han sido de gran valor para mejorar este proyecto y llevarlo a un nivel más alto de calidad.

A mis Padres, por haber sido mi soporte cuando más los he necesitado y por siempre haberme impulsado a seguir estudiando.

A mi Srta. Enamorada, Te agradezco por tantas ayudas y tantos aportes no solo para el desarrollo de mi tesis, sino también para mi vida; eres mi inspiración y mi motivación.

Al Ing. Eric Bladimir Graña Sandoval por su apoyo en la parte estadística.

Con profunda gratitud a todos Ustedes.

INDICE GENERAL

Pág.

CARATULA…..……..……..…….... i

APROBACIÓN……..…….. iii

DEDICATORIA…….…… vi

AGRADECIMIENTO…….…….…….. vii

INDICE GENERAL…….……... viii

RESUMEN……..…… x

ABSTRACT……..…….. xi

LISTA DE TABLAS…….……..…… xii

LISTA DE FIGURAS…….…… xv

ANEXOS……..

INTRODUCCION…….……..…… xix

.I. **CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA** ……. **3**

1.1. Descripción y fundamentación del problema ..…….. **3**

1.2. Formulación del problema general y específicos ..……..... 3

1.3. Objetivo general y objetivos específicos……..... 3

1.3.1 Objetivo general …… 4

1.3.2. Objetivo específico…….…… 4

1.4. Hipótesis y/o sistema de hipótesis …….. 5

1.4.1. Hipótesis nula……. 5

1.5. Operacionalización de las variables……. 6

1.6. Justificación e importancia…… 7

II. **CAPITULO II: MARCO TEÓRICO…….…… 9**

2.1. Antecedentes de la investigación …… 9

2.1.1. Internacionales …….. 9

2.1.2. Nacionales…….…… 12

2.2. Bases teóricos……..…… 14

III. **CAPITULO III: METODOLOGÍA**…… 20

3.1 Tipo de investigación ……..……. 20

3.2. Ubicación y duración del estudio 21

3.3. Población y muestra ……..... 21

3.4. Material y equipo …..……. 21

3.5. Variables estudiadas …….. 22

3.6. Diseño experimental …… 26

3.7. Dimensiones del área experimenta …….. 28

IV. **RESULTADOS Y DISCUSIÓN…….....** 29

4.1. Propiedades físicas de la biomasa de bolaina (*Guazuma crinita* Lam.), en la producción de ácido piroleñoso, en Pucallpa……..… 29

4.2. Biometría de las semillas de tahuari.……. 34

4.3. Efecto de cuatro concentraciones de ácidos piroleñosos, en la germinación de tahuari (*Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose)…….. 36

4.4. Efecto de cuatro concentraciones de ácidos piroleñosos, en crecimiento inicial del tahuari…….. 39

V. CONCLUSIONES…….. 59

VI. RECOMENDACIONES ……..... 61

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS ……. 62

ANEXOS……. 72

INDICE DE TABLAS

TABLA 1 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES EN ESTUDIO DE GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE TAHUARI CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ÁCIDO PIROLEÑOSO 5

TABLA 2 ANÁLISIS DE VARIANZA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL..... 35

TABLA 3 DISTRIBUCIÓN DE LAS REPETICIONES Y LOS TRATAMIENTOS EN EL ÁREA EXPERIMENTAL. 36

TABLA 4 PROPIEDADES FÍSICAS DEL ASERRÍN DE GUAZUMA CRINITA (BOLAINA). 37

TABLA 5 DENSIDAD DEL ÁCIDO PIROLEÑOSO DE GUAZUMA CRINITA (BOLAINA). 39

TABLA 6 CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ÁCIDO PIROLEÑOSO DE GUAZUMA CRINITA (BOLAINA). 40

TABLA 7 SOLIDOS TOTALES DEL ÁCIDO PIROLEÑOSO DE GUAZUMA CRINITA (BOLAINA)..... 42

TABLA 8 EVALUACIÓN DE PESO DE SEMILLAS DE HANDROANTHUS SERRATIFOLIUS (TAHUARI). 43

TABLA 9 EVALUACIÓN DEL DIÁMETRO POLAR DE SEMILLAS DE HANDROANTHUS SERRATIFOLIUS (TAHUARI). 44

TABLA 10 EVALUACIÓN DEL DIÁMETRO RADIAL DE SEMILLAS DE HANDROANTHUS SERRATIFOLIUS (TAHUARI). 45

TABLA 11 EVALUACIÓN DE LA GERMINACIÓN DE HANDROANTHUS SERRATIFOLIUS (TAHUARI) DURANTE LOS PRIMEROS 10, 20 30 Y 40 DÍAS Y SU SIGNIFICANCIA SEGÚN LA PRUEBA DE PROMEDIO DE TUKEY. 47

TABLA 12 EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS ÁCIDOS PIROLEÑOSOS EN LA LONGITUD DE RAÍCES DE PLANTAS DE TAHUARI. 51
TABLA 13 EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS ÁCIDOS PIROLEÑOSOS EN LA LONGITUD DE LA PARTE AÉREA DE PLANTAS DE TAHUARI.. 54
TABLA 14 EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS ÁCIDOS PIROLEÑOSOS EN LA ALTURA TOTAL DE PLANTAS DE TAHUARI. 58
TABLA 15 EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS ÁCIDOS PIROLEÑOSOS EN EL NÚMERO DE HOJAS FUNCIONALES EN PLANTAS DE TAHUARI. 61
TABLA 16 EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS ÁCIDOS PIROLEÑOSOS EN EL NÚMERO DE HOJAS JÓVENES EN PLANTAS DE TAHUARI. 63
TABLA 17 EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS ÁCIDOS PIROLEÑOSOS EN EL CONTENIDO DE MATERIA FRESCA DE PLANTAS DE TAHUARI. 66
TABLA 18 EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS ÁCIDOS EN EL CONTENIDO DE MATERIA SECA EN GRAMOS EN PLANTAS DE TAHUARI. 69
TABLA 19 EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS ÁCIDOS EN EL PORCENTAJE DE MATERIA SECA EN PLANTAS DE TAHUARI. 72

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE HIDROPONÍA EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI. 26

FIGURA 2 VARIACIÓN DE LA GERMINACIÓN DE HANDROANTHUS SERRATIFOLIUS (TAHUARI) DURANTE LOS PRIMEROS 10, 20 30 Y 40 DÍAS. 50

FIGURA 3 VARIACIÓN DEL EFECTO DE LOS ÁCIDOS PIROLEÑOSOS EN LA LONGITUD DE RAÍCES DE PLANTAS DE TAHUARI. 53

FIGURA 4 VARIACIÓN DEL EFECTO DE LOS ÁCIDOS PIROLEÑOSOS EN LA LONGITUD DE LA PARTE AÉREA DE PLANTAS DE TAHUARI.. 56

FIGURA 5 VARIACIÓN DEL EFECTO DEL EFECTO DE LOS ÁCIDOS PIROLEÑOSOS EN LA ALTURA TOTAL DE PLANTAS DE TAHUARI. ... 59

FIGURA 6 VARIACIÓN DEL EFECTO DEL EFECTO DE LOS ÁCIDOS PIROLEÑOSOS EN EL NÚMERO DE HOJAS FUNCIONALES EN PLANTAS DE TAHUARI. 61

FIGURA 7 VARIACIÓN DEL EFECTO DEL EFECTO DE LOS ÁCIDOS EN EL NÚMERO DE HOJAS JÓVENES EN PLANTAS DE TAHUARI. 64

FIGURA 8 VARIACIÓN DEL EFECTO DE LOS ÁCIDOS EN EL CONTENIDO DE MATERIA FRESCA DE PLANTAS DE TAHUARI. 67

FIGURA 9 VARIACIÓN DEL EFECTO DEL EFECTO DE LOS ÁCIDOS EN EL CONTENIDO DE MATERIA SECA EN GRAMOS EN PLANTAS DE TAHUARI. 70

FIGURA 10 VARIACIÓN DEL EFECTO DEL EFECTO DE LOS ÁCIDOS EN EL PORCENTAJE DE MATERIA SECA EN PLANTAS DE TAHUARI. 73

INDICE DE ANEXO

ANEXO 1 ANÁLISIS ANVA DEL EFECTO DE LOS ÁCIDOS PIROLEÑOSOS EN LA GERMINACIÓN DE TAHUARI A LOS 10 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA. 90

ANEXO 2 ANÁLISIS ANVA DEL EFECTO DE LOS ÁCIDOS PIROLEÑOSOS EN LA GERMINACIÓN DE TAHUARI A LOS 20 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA. 90

ANEXO 3 ANÁLISIS ANVA DEL EFECTO DE LOS ÁCIDOS PIROLEÑOSOS EN LA GERMINACIÓN DE TAHUARI A LOS 30 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA. 90

ANEXO 4 ANÁLISIS ANVA DEL EFECTO DE LOS ÁCIDOS PIROLEÑOSOS EN LA GERMINACIÓN DE TAHUARI A LOS 40 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA. 91

ANEXO 5 ANÁLISIS ANVA DEL EFECTO DE LOS ÁCIDOS PIROLEÑOSOS EN LA LONGITUD DE RAÍCES DE PLANTAS DE TAHUARI. 91

ANEXO 6 ANÁLISIS ANVA DEL EFECTO DE LOS ÁCIDOS PIROLEÑOSOS EN LA LONGITUD DE LA PARTE AÉREA DE PLANTAS DE TAHUARI. 91

ANEXO 7 ANÁLISIS ANVA DEL EFECTO DE LOS ÁCIDOS PIROLEÑOSOS EN LA ALTURA TOTAL DE PLANTAS DE PLANTAS DE TAHUARI. 92

ANEXO 8 ANÁLISIS ANVA DEL EFECTO DE LOS ÁCIDOS PIROLEÑOSOS EN EL NÚMERO DE HOJAS FUNCIONALES EN PLANTAS DE TAHUARI. 92

ANEXO 9 ANÁLISIS ANVA DEL EFECTO DE LOS ÁCIDOS PIROLEÑOSOS EN EL NÚMERO DE HOJAS JÓVENES EN PLANTAS DE TAHUARI. 92
ANEXO 10 ANÁLISIS ANVA DEL EFECTO DE LOS ÁCIDOS PIROLEÑOSOS EN EL CONTENIDO DE MATERIA FRESCA DE PLANTAS DE TAHUARI. 92
ANEXO 11 ANÁLISIS ANVA DEL EFECTO DE LOS ÁCIDOS PIROLEÑOSOS EN EL CONTENIDO DE MATERIA SECA EN GRAMOS EN PLANTAS DE TAHUARI. 93
ANEXO 12 ANÁLISIS ANVA DEL EFECTO DE LOS ÁCIDOS PIROLEÑOSOS EN EL PORCENTAJE DE MATERIA SECA EN PLANTAS DE TAHUARI. 93
ANEXO 13 RECEPCIÓN DEL ÁREA PARA LA SIEMBRA DE SEMILLAS DE TAHUARI. 94
ANEXO 14 INICIO DE LAS ACTIVIDADES DE ACONDICIONAMIENTO DEL ÁREA DE SIEMBRA DE TAHUARI. 94
ANEXO 15 REMOCIÓN DEL SUSTRATO PARA ELIMINACIÓN DE LAS IMPUREZAS PARA LA SIEMBRA DE TAHUARI. 95
ANEXO 16 DIVISIÓN DEL ÁREA EN TRATAMIENTOS Y REPETICIONES PARA LA SIEMBRA DE TAHUARI. 96
ANEXO 17 ÁREA LISTA PARA APLICACIÓN DE DESINFECTANTE DE SUSTRATO PARA LA SIEMBRA DE SEMILLAS DE TAHUARI. 96
ANEXO 18 INICIO DE LA DESINFECCIÓN DEL ÁREA PARA LA SIEMBRA DE TAHUARI. 97

ANEXO 19 INICIO DE APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS A SEMILLAS DE TAHUARI. 97
ANEXO 20 APLICACIÓN DE TODOS LOS TRATAMIENTOS PARA LA SIEMBRA DE SEMILLAS DE TAHUARI..... 98
ANEXO 21 PREPARACIÓN DE TRATAMIENTOS PARA LA SIEMBRA DE SEMILLAS DE TAHUARI..... 99
ANEXO 22 VISTA GENERAL DE LA APLICACIÓN DE VARIOS TRATAMIENTOS PARA LA SIEMBRA DE TAHUARI. 100
ANEXO 23 VISTA GENERAL DEL ÁREA EXPERIMENTAL CON SUS RESPECTIVOS TRATAMIENTOS Y REPETICIONES. 100
ANEXO 24 VISTA GENERAL DEL LETRERO CON EL TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN. 101
ANEXO 25 VISTA DE PLANTAS DE TAHUARI, DESPUÉS DE GERMINAR. 102
ANEXO 26 EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE CRECIMIENTO EN PLANTAS DE TAHUARI. 102
ANEXO 27 EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FISCOS DE LOS ÁCIDOS PIROLEÑOSOS..... 103
ANEXO 28 VISTA GENERAL DE SEMILLAS DE TAHUARI, SIN GERMINAR. 104

RESUMEN

El estudio titulado "Efecto de ácido piroleñoso de bolaina (*Guazuma crinita* Lam.) y su influencia en la germinación y crecimiento del tahuri (*Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose) en Pucallpa" tuvo como objetivo principal generar ácido piroleñoso a partir de bolaina y examinar su efecto en la germinación y desarrollo del tahuri. Se trabajo con 5 tratamientos con concentraciones de ácidos piroleñosos al 0%, 25%, 50%, 75% y 100%, se utilizó un diseño experimental completamente al azar y la prueba de Tukey para el análisis estadístico, realizando evaluaciones durante 40 días. El aserrín de bolaina presentó una densidad de 400 kg/m³, con una humedad del 47% y un tamaño de partícula de 5 mm, lo que lo convirtió en un material ligero y versátil. Su bajo coeficiente de conductividad térmica lo hizo un buen aislante. El análisis del ácido piroleñoso reveló una densidad promedio de 1.08 g/cm³ y un contenido de humedad del 90.2%, factores cruciales para su estabilidad en aplicaciones agrícolas. Además, el contenido de sólidos totales promedio fue del 9.90%, indicando una composición uniforme y útil en la industria. Los resultados mostraron diferencias significativas en el crecimiento radicular del tahuari. El tratamiento T_1, con agua, logró la mayor longitud promedio de 7.45 cm, mientras que el T_2, con una solución al 25% de ácidos piroleñosos, alcanzó 7.11 cm. A medida que aumentó la concentración, la longitud de las raíces disminuyó, siendo el T_5 (100%) el menos efectivo, con solo 5.65 cm.

Palabras claves: Acido piroleñoso, bolaina, tahuari, germinación y crecimiento.

ABSTRACT

The study titled "Effect of Pyroligneous Acid from Bolaina (*Guazuma crinita* Lam.) and Its Influence on the Germination and Growth of Tahuri (*Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose) in Pucallpa" aimed primarily to generate pyroligneous acid from bolaina and examine its effect on the germination and development of tahuri. Five treatments were used with pyroligneous acid concentrations of 0%, 25%, 50%, 75%, and 100%. A completely randomized experimental design and Tukey's test were utilized for statistical analysis, with evaluations conducted over 40 days. The bolaina sawdust showed a density of 400 kg/m³, with a moisture content of 47% and a particle size of 5 mm, making it a lightweight and versatile material. Its low thermal conductivity coefficient made it a good insulator. The analysis of the pyroligneous acid revealed an average density of 1.08 g/cm³ and a moisture content of 90.2%, crucial factors for its stability in agricultural applications. Additionally, the average total solids content was 9.90%, indicating a uniform composition useful in the industry. The results showed significant differences in the root growth of tahuri. Treatment T1, with water, achieved the highest average length of 7.45 cm, while T2, with a 25% pyroligneous acid solution, reached 7.11 cm. As the concentration increased, the root length decreased, with T5 (100%) being the least effective, at only 5.65 cm.

Keywords: Pyroligneous Acid, Guazuma, Handroanthus, Germination, Growth

INTRODUCCION.

El uso de bioensayos derivados de materiales vegetales ha cobrado relevancia en la agroforestería sostenible debido a sus efectos benéficos sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas. En este contexto, el ácido piroleñoso, un subproducto obtenido de la pirólisis de biomasa, ha demostrado propiedades promotoras del crecimiento vegetal y capacidades fitosanitarias.

La bolaina es una especie nativa de la Amazonía peruana ampliamente utilizada por su rápido crecimiento y adaptabilidad en sistemas agroforestales. Su biomasa ofrece un recurso renovable para la obtención de ácido piroleñoso, el cual contiene compuestos fenólicos y ácidos orgánicos con potencial bioestimulante. Por otro lado, el tahuari es una especie forestal de alto valor ecológico y comercial, cuya propagación eficiente es clave para programas de reforestación y conservación en la Amazonía.

La presente investigación evalúa el efecto del ácido piroleñoso extraído de la biomasa de bolaina (*Guazuma crinita* Lam.) en la germinación y el crecimiento inicial de plántulas de tahuari (*Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose) en la región de Ucayali. Estudios previos han evidenciado que la germinación de semillas puede verse influenciada por la aplicación de ácidos piroleñosos. La aplicación de ácido piroleñoso ha demostrado tener un impacto significativo en la germinación de diversas semillas. En algunos casos, se ha observado que su uso puede mejorar notablemente las tasas de germinación, alcanzando niveles óptimos en ciertas especies. Sin embargo, también se han reportado efectos negativos en otras, donde concentraciones elevadas del ácido pueden afectar la vigorosidad y el desarrollo de las semillas. Esto sugiere que el

ácido piroleñoso puede tener resultados mixtos, dependiendo de la especie y la concentración utilizada.

En este estudio, se evaluaron las propiedades físicas de la biomasa de bolaina para producir ácido piroleñoso y se determinaron los efectos de diferentes concentraciones de este ácido en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de tahuari. La investigación se enfocó en responder a las siguientes preguntas: ¿Cuáles son las propiedades físicas de la biomasa de bolaina para la producción de ácido piroleñoso? ¿Qué efecto tienen cuatro concentraciones de ácido piroleñoso en la germinación de semillas de tahuari? y ¿Cómo influyen estas concentraciones en el crecimiento inicial de las plántulas?

El desarrollo de este estudio proporciona información relevante para optimizar el uso de bioinsumos en la propagación de especies forestales, contribuyendo a estrategias sostenibles de reforestación y restauración ecológica en Ucayali.

CAPITULO I:

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción y fundamentación del problema.

En la Amazonía peruana, muchos pequeños propietarios se dedican a la producción de artículos derivados de la actividad forestal, ya sea para su consumo personal o para la venta, con el objetivo de mejorar sus ingresos y, por ende, sus condiciones de vida Putzel et al., (2013). Sin embargo, las políticas actuales y el marco legal vigente presentan serias dificultades para la comercialización de estos productos, así como para la industrialización de los residuos generados por la madera, como el aserrín (Sears, 2004). Ante la realidad de que el alivio de la pobreza es una prioridad nacional, es fundamental promover oportunidades económicas que no solo beneficien a los pequeños productores, sino que también fortalezcan las actividades productivas llevadas a cabo por poblaciones vulnerables económicamente (Putzel et al., 2014).

La bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Mart.) es una especie de árbol nativo de la Amazonía que se caracteriza por su rápido crecimiento y su alta abundancia natural, especialmente en los claros del bosque. Aunque presenta una baja tolerancia a la competencia, destaca por su notable capacidad de rebrote, lo que la convierte en una opción viable para la reforestación y el aprovechamiento sostenible (IIAP, 2009). Su madera es versátil y se utiliza en diversas aplicaciones, como en carpintería, en la fabricación de utensilios pequeños y en la creación de artesanías, lo que la convierte en un recurso valioso para las comunidades locales (Reynel et al., 2003). Además, se ha encontrado un uso creciente en la industria informal de casas prefabricadas, las

cuales tienen una gran demanda debido al aumento de la población en la región (Cruz, 2018).

Durante la última década en Ucayali, se ha observado un incremento significativo en la generación de residuos de madera de la especie bolaina, especialmente en forma de aserrín. Este aumento ha generado serios problemas de contaminación en las comunidades cercanas a los aserraderos que se dedican al procesamiento de esta especie, ya que los residuos suelen ser quemados o arrastrados por las lluvias hacia quebradas y ríos colindantes. Esta situación plantea la necesidad de encontrar soluciones prácticas y económicas para mitigar el impacto ambiental, y se propone la elaboración de ácidos piroleñosos a partir del aserrín de *Guazuma crinita*, dándole un uso práctico como agente desinfectante de semillas.

La producción de ácido piroleñoso a partir de la bolaina en Pucallpa, Perú, representa una oportunidad considerable para la industrialización local, gracias a sus múltiples aplicaciones en la agricultura y otras industrias. Sin embargo, existe una falta de conocimiento técnico sobre el efecto de este ácido en la germinación de especies forestales nativas, como el tahuari (*Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose), una planta de alto valor ecológico y económico en la región. Esta falta de información limita el potencial de uso del ácido piroleñoso en prácticas de reforestación y conservación.

El problema técnico que se debe abordar es determinar cómo diferentes concentraciones de ácido piroleñoso afectan la tasa de germinación y el crecimiento inicial de las plántulas de tahuari en las condiciones edafoclimáticas de Pucallpa. Específicamente, se necesita entender la influencia del ácido piroleñoso en parámetros críticos como la tasa de germinación, la altura de las plántulas, la biomasa

y el desarrollo radicular. Estos factores son esenciales para evaluar la viabilidad del uso del ácido piroleñoso en la mejora de la germinación y crecimiento de especies nativas.

La carencia de estudios previos sobre esta interacción específica entre el ácido piroleñoso y el tahuari resalta la necesidad de realizar una investigación detallada en este ámbito. Obtener resultados claros podría proporcionar información valiosa para optimizar prácticas relacionadas con la conservación de especies agrícolas y forestales, promoviendo un uso más sostenible y eficiente de los recursos locales. Además, esto podría impulsar la economía regional mediante la valorización de productos derivados de la bolaina, contribuyendo así al desarrollo sostenible y al bienestar de las comunidades locales

1.2. Formulación del problema general y específicos

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto del ácido piroleñoso de bolaina (*Guazuma crinita* Lam) en la germinación de tahuari (*Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose) en Pucallpa?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las propiedades físicas de la biomasa de bolaina (*Guazuma crinita* Lam.), en la producción de ácido piroleñoso, en Pucallpa?
- ¿Cuál es el efecto de cuatro diferentes concentraciones de ácidos piroleñosos, en la germinación de tahuari (*Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose) en Pucallpa?

- ¿Cuál es el efecto de cuatro diferentes concentraciones de ácidos piroleñosos, en el crecimiento inicial de plántulas de tahuari (*Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose) en Pucallpa?

1.3. Objetivo general y objetivos específicos

1.3.1. Objetivo general

Determinar el efecto del ácido piroleñoso de bolaina (*Guazuma crinita* Lam.), en la germinación de tahuari *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose, en Pucallpa.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas de la biomasa de bolaina (*Guazuma crinita* Lam.), en la producción de ácido piroleñoso, en Pucallpa.
- Determinar el efecto de cuatro concentraciones de ácidos piroleñosos, en la germinación de tahuari *(Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose) en Pucallpa.
- Determinar el efecto de cuatro diferentes concentraciones de ácidos piroleñosos, en el crecimiento inicial de plántulas de tahuari (*Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose) en Pucallpa.

1.4. Hipótesis y/o sistema de hipótesis

1.4.1. Hipótesis nula

H_0 = Los ácidos piroleñosos elaborados a partir de bolaina (*Guazuma crinita* Lam.) tienen un efecto significativo en la germinación de tahuari (*Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose) en Pucallpa.

1.5. Operacionalización de las variables

Tabla 1
Operacionalización de las variables en estudio de germinación de semillas de tahuari con diferentes concentraciones de ácido piroleñoso

Variables	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad	Tipo de variable	Escala	Instrumento
VI: Acido piroleñoso de bolaina (*Guazuma crinita* Lam.).	Es un compuesto químico obtenido a partir de la pirólisis de la madera de bolaina.	Rendimiento	Humo liquido obtenido	(%)	Cuantitativa	Razón	Probeta graduada
		Concentraciones	Humo líquido al 25%, 50%, 75% y 100%	(%)	Cuantitativa	Razón	Probeta graduada
		Semilla	Peso de la semilla	g.			Balanza
			Diámetro polar	mm.	Cuantitativa	Razón	Vernier
			Diámetro ecuatorial	mm.			Vernier
Variables intermitentes	Condiciones edafoclimáticas que afectan la investigación	Condiciones ambientales	Temperatura	°C			Termómetro
			Humedad	(%)	Cuantitativa	Razón	Higrómetro
			Precipitación	mm			Pluviómetro
VD: Germinación de semilla de Tahuari (*Handroanthus serratifolius*	Se observa el efecto de la variable independiente. En este caso, se estaría observando cómo varía la germinación	Características fisicoquímicas	Densidad (g/cm³)	(%)	Cuantitativa	Razón	Probeta graduada
			Humedad en (%)				
			Sólidos totales (%)				
		Germinación	Porcentaje de germinación	(%) Sg/Dia	Cuantitativa	Razón	Ficha de evaluación

(Vahl) S. O. Grose),	de las semillas de Tahuari bajo	Crecimiento	Altura de plántula (cm)	Cm			Vernier
			Longitud de raíces en	Cm			Vernier
Crecimiento inicial en vivero	diferentes condiciones de producción de ácido piroleñoso de bolaina.		(cm)	g	Cuantitativa	Razón	Balanza
							Balanza
			Número de Hojas	Und			
			Materia fresca	g			
			Materia seca	g			

1.6. Justificación e importancia

La bolaina blanca (*Guazuma crinita* Lam.), conocida comúnmente como "bolaina", es una especie maderable con características ecológicas naturales que la hacen propicia para el manejo por pequeños agricultores en la región amazónica. La capacidad de la bolaina para colonizar claros en el bosque, incluyendo nuevas purmas, mediante la dispersión por el viento de sus pequeñas cápsulas, la convierte en un recurso valioso para la regeneración forestal y el desarrollo rural (Ruíz, 2014).

La producción de ácido pirolítico a partir de biomasa de bolaina representa una oportunidad para reducir la contaminación causada por los residuos vegetales mal manejados y, al mismo tiempo, aprovechar estos residuos para producir un producto útil para la agricultura (Fellenz, 2011). Aunque se han realizado numerosos estudios sobre la composición del ácido pirolítico obtenido de residuos de madera, hasta la fecha no se ha investigado la extracción y las propiedades físico-químicas del ácido pirolítico obtenido del aserrín de bolaina (Espín, 2020).

El incremento significativo en la producción de bolaina rolliza y aserrada en el departamento de Ucayali, así como su demanda creciente en los sectores de la construcción y la industria de la madera, ha generado un aumento considerable en los residuos de este material en los centros de transformación. Aprovechar estas biomasas para la producción de ácido pirolítico no solo contribuiría al manejo adecuado de los residuos, sino que también ofrecería una alternativa sostenible para la agricultura orgánica, proporcionando una fuente de nutrientes para diferentes cultivos de interés económico, (Revilla, 2015; IIAP, 2009; Espín, 2020).

Además, el ácido pirolítico aplicado a semillas y follaje ha demostrado tener efectos beneficiosos en las plantas, como la repelencia de insectos y la protección contra enfermedades fungosas, mientras que estimula el crecimiento vegetal (López, Martínez, y Rojas, 2007). Estos hallazgos sugieren un potencial significativo para el uso del ácido pirolítico de bolaina en prácticas agrícolas sostenibles y en la mejora de la productividad agrícola en la región de Ucayali.

Investigar el efecto del ácido piroleñoso en la germinación del tahuari podría revelar nuevas formas de mejorar la productividad agrícola y forestal en la región. Si el ácido piroleñoso promueve la germinación y el crecimiento de tahuari, podría utilizarse como una herramienta para la reforestación, la restauración de ecosistemas y la diversificación de cultivos, beneficiando tanto a los pequeños agricultores como al medio ambiente.

La producción de ácido piroleñoso a partir de la bolaina no solo ofrece una forma de valorizar los residuos de la industria maderera, sino que también puede impulsar el desarrollo económico local. Si se demuestra que el ácido piroleñoso mejora la germinación del tahuari, se abrirían nuevas oportunidades para el aprovechamiento integral de la bolaina, generando ingresos adicionales para las comunidades locales y reduciendo la presión sobre los recursos forestales naturales.

CAPITULO II:

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación.

2.1.1. Antecedentes Internacionales

En relación con los ácidos piroleñosos, Orue (2019) señala que su investigación titulada “Calidad fisiológica de semillas de soja (*Glycine max* L.) en diferentes dosis de ácido piroleñoso” tenía como objetivo evaluar cómo diversas concentraciones de ácido piroleñoso afectan la calidad fisiológica de las semillas de soja, específicamente del cultivar Nidera 5909, bajo condiciones controladas en laboratorio. Este estudio utilizó un diseño completamente al azar que incluyó cinco tratamientos y cuatro repeticiones, resultando en un total de 20 unidades experimentales. Las dosis de ácido piroleñoso aplicadas fueron: T_1: 0%, T_2: 25%, T_3: 50%, T_4: 75% y T_5: 100%, y se utilizó un remojo de las semillas durante 10 minutos antes de sembrarlas en papel. Los resultados mostraron que a medida que aumentaba la concentración de ácido piroleñoso, el porcentaje de germinación disminuía. El tratamiento control (T_2) y el T_1 mostraron los mejores resultados con un 76% y 72% de germinación, respectivamente, mientras que el T_5 presentó el porcentaje más bajo con solo un 24%. Este patrón se repitió en la altura de las plántulas, donde T_1 y T_2 alcanzaron alturas de 17.83 cm y 16.68 cm, respectivamente, mientras que el T5 tuvo la menor altura, de 5.28 cm. En cuanto al desarrollo radicular, el T5 mostró solo 3.81 cm, mientras que los tratamientos T_2 y el control alcanzaron 10.51 cm y 10.24 cm, respectivamente. En conclusión, se observó que un aumento en la dosis de ácido piroleñoso resultó en una disminución tanto en el porcentaje de germinación como en el desarrollo radicular y aéreo de las plantas.

En relación con este tema, Cuesta (2019) señala que la valorización del serrín a través de la pirólisis permite la obtención de vinagre de madera. Este estudio se propuso analizar el rendimiento, la composición y las propiedades de las fracciones sólida, líquida y gaseosa generadas en los procesos de pirólisis convencional, rápida y flash, considerando factores como la temperatura, la velocidad de calefacción y el tiempo de residencia. La investigación destaca la importancia de los ácidos piroleñosos, que producen un líquido con propiedades insecticidas, bactericidas y fungicidas. Aunque la pirólisis rápida ofrece un mayor rendimiento, la convencional resulta más económica. Elementos como el tamaño de partícula, el contenido de volátiles y el tipo de madera influyen en el proceso. Los hongos de pudrición y las termitas son los principales agentes perjudiciales para la madera. Se concluye que el líquido de pirólisis es eficaz como tratamiento para la germinación de semillas de plantas y también actúa como preventivo y curativo. Además, sería beneficioso realizar estudios específicos utilizando la materia prima de la empresa para optimizar su aplicación.

Además, Espín (2020), en su estudio “Evaluación de las propiedades físico-químicas del aceite pirolítico a partir de biomasas sometidas al proceso de pirólisis convencional”, tuvo como meta analizar y caracterizar la producción de aceites pirolíticos derivados de tres biomasas a través de la pirólisis convencional. Se llevó a cabo una investigación tanto descriptiva como experimental. La obtención de aceites pirolíticos se realizó utilizando un reactor artesanal y biomasas como Neem, caña guadua y tamo de arroz, manteniendo temperaturas entre 300 y 600 °C para asegurar un goteo constante del ácido

pirolítico. Se recolectó un promedio de 1 L en una hora y media. Las propiedades físicas de los aceites fueron similares, destacando el aceite de Neem por su pH más cercano a la neutralidad. Este mostró el contenido más alto de nitrógeno (2.75%), mientras que el tamo de arroz tuvo el mayor nivel de fósforo. Los ácidos obtenidos tienen potencial como fertilizantes para aplicaciones agrícolas. La caracterización del ácido pirolítico de las tres biomasas indicó que el tamo de arroz comienza a quemarse en 10 minutos, mientras que Neem y caña guadua requieren 15 y 17 minutos, respectivamente. Aunque los ácidos presentan características similares, el de Neem resalta por su mayor contenido de N (2.70%) y un pH de 5.82, mientras que el de caña guadua tiene más B (21 ppm).

En su estudio titulado “Pirólisis autotérmica en lecho fluidizado de aserrín de algarrobo”, Suárez (2010) se propuso evaluar la conversión del aserrín de algarrobo en líquidos, carbón y gas bajo condiciones autotérmicas en un reactor de lecho fluidizado. Esta investigación fue de carácter experimental y utilizó un pirolizador que incluía un soplador, termómetros, una columna de fluidización y condensadores. Para iniciar el proceso, se emplearon carbón vegetal y diésel, alcanzando temperaturas de hasta 850 ºC. La biomasa se alimentó a una tasa de 10 kg/h, manteniendo temperaturas entre 400 ºC y 800 ºC durante una hora, y se midieron los productos obtenidos: líquidos, carbón y gases. El análisis de la pirólisis oxidativa reveló que un aumento en el factor de aire incrementa la combustión. Se identificaron dos zonas en el reactor: el lecho denso, con una temperatura de 699 ºC, y la zona de separación libre, donde la temperatura fue de 145 ºC. El rendimiento de líquidos aumentó del 3.33% al 21,84% al reducir el factor de aire, mientras que el rendimiento de gas creció de 77.36% a 87.87%

con un mayor flujo de aire. Los líquidos obtenidos poseen propiedades útiles como desinfectantes, similares al alquitrán de hulla. En resumen, la pirólisis del aserrín de algarrobo en un reactor de lecho fluidizado permite obtener líquidos piroleñosos sin necesidad de calentamiento externo, logrando un rendimiento del 21.84% con un factor de aire de 0,6, en un proceso controlado que minimiza los riesgos de contaminación.

En este contexto, Navas (2003) llevó a cabo una “Evaluación preliminar de la eficacia fungicida y antitermítica del líquido piroleñoso”. Su objetivo fue evaluar, desarrollar y caracterizar un fungicida y antitermita basado en este líquido. La investigación fue de carácter experimental y se centró en analizar la efectividad del líquido piroleñoso, un preservante comercial obtenido a partir de la carbonización de maderas locales. Se recolectaron hongos pudridores en Turrialba, los cuales fueron aislados en medios de cultivo estériles con antibióticos. La toxicidad del líquido se evaluó in vitro utilizando la prueba del agar, y se realizaron ensayos in vivo con maderas expuestas a termitas durante 40 días a 27 ºC. Los resultados evidenciaron la efectividad del líquido piroleñoso contra hongos y termitas, resaltando sus propiedades preservantes. Las pruebas in vitro confirmaron la toxicidad del líquido frente a hongos como *Coriolopsis polizona* y *Fomitella supina* (3% de concentración), así como *Pycnoporus sanguineus* y *Trametes villosa* (4%). Sin embargo, los ensayos in vivo no validaron estos hallazgos debido a problemas de contaminación. A pesar de ello, el líquido demostró ser eficaz en la protección de la madera contra termitas.

2.1.2. Nacional.

Por otro lado, Pelinco et al. (2020), en su tesis titulada “Efecto del ácido piroleñoso en la germinación de sandía, cocona y cacao en el distrito de San

Gabán, Carabaya", se propuso evaluar el impacto del ácido piroleñoso y determinar la dosis óptima para la germinación de semillas de *Citrullus lanatus* (sandía), *Solanum sessiliflorum* (cocona) y *Theobroma cacao* (cacao). Este estudio experimental incluyó 9 tratamientos más un testigo, con tres repeticiones para cada uno. Los resultados indicaron que el ácido piroleñoso no tuvo un efecto significativo en la germinación de sandía, pero sí mostró eficacia en cocona y cacao, alcanzando porcentajes de germinación del 96.70% y 100%, respectivamente. Mientras que las dosis de ácido no impactaron la germinación de sandía, se observó que 10 ml mejoraron la germinación en cocona y cacao; sin embargo, dosis más altas resultaron tóxicas. La baja variabilidad en los resultados sugiere una alta precisión en los experimentos, destacando la capacidad de los compuestos orgánicos presentes en el ácido piroleñoso para inducir la germinación en las especies estudiadas.

Catacora et al. (2019) publicaron un artículo titulado "Caracterización de los componentes químicos del ácido piroleñoso obtenido de tres especies forestales con fines agrícolas en San Gabán, Puno (Perú)". El objetivo fue analizar los componentes químicos y principios activos del ácido piroleñoso derivado de bambú leñoso (*Guadua sarcocarpa*), pisonay (*Erythrina ulei*) y cetico (*Cecropia sciadophylla*), utilizando un horno piloto para la destilación seca de madera. Se aplicó un Diseño de Bloque Completo al Azar (DBCA) para el análisis de subproductos. Los resultados del ANVA revelaron diferencias significativas en el rendimiento de ácido piroleñoso entre las especies (P-valor < 0.05), siendo más alto en bambú y cetico (22.7 L) comparado con pisonay (17.9 L). En cuanto al biocarbón, el bambú mostró el mayor rendimiento (27 kg), sin diferencias

significativas entre las especies. En términos porcentuales, el bambú representó el 50% de biocarbón y el 42% de ácido piroleñoso. Se identificaron compuestos químicos importantes en el ácido piroleñoso de cada especie, destacando que el bambú leñoso y el cetico tuvieron el mayor rendimiento de ácido piroleñoso, mientras que el pisonay presentó el menor. Además, el bambú también mostró el mejor rendimiento en biocarbón y alquitrán liviano.

López (2001), en su tesis titulada “Obtención y Evaluación del Líquido Piroleñoso a Partir de Residuos de Madera Aserrada en el CIEFOR Puerto Almendras”, se enfocó en investigar las propiedades físicas y químicas del líquido piroleñoso obtenido de residuos de madera con diferentes niveles de densidad: baja, media y alta. Para llevar a cabo este estudio, se utilizó el método de destilación seca, una técnica eficaz para extraer compuestos volátiles de la madera. Los hallazgos indicaron que las especies de madera de alta densidad produjeron los mayores rendimientos de ácido piroleñoso y alquitrán, alcanzando un 25.33% y 14.76% respectivamente a una temperatura de destilación de 450 °C. Por otro lado, el análisis de las especies de baja y media densidad reveló que el ácido acético fue el componente predominante, con rendimientos de 6.82% y 5.80% a la misma temperatura. Además, se constató que el agua y otros subproductos también contribuyeron significativamente a los rendimientos generales en todos los ensayos realizados. Estos resultados subrayan la importancia de la densidad de la madera en la producción de líquidos piroleñosos, lo que puede tener implicaciones relevantes para su uso en aplicaciones industriales y agrícolas. La investigación proporciona una base

sólida para futuras exploraciones sobre la optimización de procesos de destilación y la valorización de residuos de madera.

Por ejemplo, Ruelas et al., (2020) menciona que la aplicación de 10 ml mejoró la germinación de semillas de cocona y cacao, alcanzando hasta un 100% de tasa de germinación; sin embargo, tuvo un efecto negativo en las semillas de sandía. De manera similar, Gastl Filho et al. (2017) reportaron efectos mixtos en la germinación de semillas de pepino, donde concentraciones más altas impactaron negativamente en la vigorosidad.

2.1.3. Locales

Sobre este tema Abad (2022) menciona que la “Aplicación de Biochar a partir de biomasa residual de Bolaina blanca (*Guazuma Crinita* C. martius) en el suelo agrícola para mejorar la producción del tomate regional (*Costoluto Fiorentino*) distrito de Yarinacocha, Ucayali 2019 al 2020”. Tuvo como objetivo medir la cantidad de biochar obtenida de biomasa residual de bolaina blanca (*Guazuma crinita* Mart), mediante la pirólisis rápida. La investigación concluye que el biochar obtenido de residuos de bolaina blanca, a través de pirólisis, tiene un pH neutro (7.74) y alta materia orgánica (95.67%), lo que mejora la retención de nutrientes en el suelo. Se utilizaron 80 kg de biomasa para obtener 2 kg de biochar, aumentando la materia orgánica en los tratamientos. El tratamiento con mayor aplicación de biochar mostró el mejor rendimiento en vigor de planta y producción, evidenciando que la pirólisis de residuos de bolaina es beneficiosa en agricultura.

2.2. Bases teóricos

2.2.1. La bolaina

La bolaina es un árbol que puede alcanzar entre 20 y 78 cm de diámetro y una altura total de 13 a 29 metros. Su tronco es recto y cilíndrico, presenta pequeñas aletas en la base y tiene una copa globosa irregular. La corteza externa es lisa o ligeramente agrietada, con tonalidades que varían desde marrón claro hasta grisáceo, mientras que la corteza interna es fibrosa y muestra un tejido reticulado de color amarillo claro que se oxida rápidamente a marrón. Sus hojas son simples, alternas y dispuestas en forma dística. Las ramas terminales son circulares y presentan una pubescencia ferruginosa en las partes superiores. Los frutos son cápsulas globosas, y las flores son pequeñas, de entre 7 y 11 mm de longitud, con un color rosado (Revilla, 2015).

La floración y fructificación ocurren anualmente, la diseminación de las semillas alcanza su máxima intensidad en los meses de septiembre y octubre. La dispersión de los frutos es efectuada por viento (Toledo, 1999). Esto significa que hay una sincronización con el período de apertura de las chacras, así como con el inicio del período de mayor precipitación de la Amazonía, lo cual favorece el establecimiento de su regeneración natural. Los frutos son secos, dehiscentes, la semilla varía de 1 a 2 mm de longitud y 1 mm de diámetro, cada kilo de semillas contiene en promedio 859 000 semillas, se han observado fructificaciones desde el segundo año, haciéndola una especie predilecta para programas de mejoramiento genético, Reynel et al. (2003), afirma que con abundante luz y agua, el poder germinativo se incrementa en un 60 a 70%, entre los 5 y 9 días, además indica que la germinación puede llegar a 90% con semilla fresca (Revilla, 2015).

La floración y fructificación de esta especie se producen anualmente, alcanzando su pico en la dispersión de semillas durante los meses de septiembre y octubre. Este proceso de dispersión se realiza principalmente a través del viento (Toledo 1999). Se espera que este fenómeno coincida con la apertura de la finca y el inicio de la temporada de lluvias en la Amazonía, lo que favorece la regeneración natural de la planta. Los frutos son secos y presentan grietas, mientras que las semillas tienen un tamaño que varía entre 1 y 2 mm de longitud y 1 mm de diámetro. Cada kilogramo de estas semillas contiene aproximadamente 860.000 unidades. Los efectos de la siembra se empiezan a notar a partir del segundo año, lo que la convierte en una opción preferida para los programas de mejoramiento genético. Según Reynel et al. (2003), bajo condiciones adecuadas de luz y agua, la tasa de germinación puede oscilar entre el 60% y el 70% en un período de 5 a 9 días. Además, se ha demostrado que las semillas frescas pueden alcanzar una tasa de germinación del 90% (Revilla 2015).

2.2.1.1. Propiedades físico mecánicas de la madera de bolaina blanca

Según Arostegui (1974), el árbol de bolaina blanca se caracteriza por ser una madera ligera, que muestra contracciones lineales moderadas y una contracción volumétrica constante. En términos de resistencia mecánica, se clasifica en el umbral entre la categoría baja y la media (Revilla 2015).

a. Propiedades Físicas

- Densidad básica 0.41 g/cm3.
- Contracción tangencial 5.50%

- Contracción radial 3.50%
- Contracción volumétrica 10.75%
- Relación T/R 1.60

b. Propiedades Mecánicas

- Módulo de elasticidad en flexión 97.860 kg/cm2
- Módulo de rotura en flexión 507.00 kg/cm2
- Compresión paralela (RM) 270.60 kg/cm2
- Compresión perpendicular (ELP) 50.91 kg/cm2
- Corte paralelo a las fibras 50.59 kg/cm2
- Dureza en los lados 303.43 kg/cm2
- Tenacidad (resistencia al choque) 0.98 kg-m

2.2.1.2. Fabricación de madera de bolaina blanca en Ucayali

Los datos estadísticos de la última década sobre la producción de bolaina blanca en el departamento de Ucayali indican un notable aumento en la producción de madera rolliza, que pasó de 84.00 m³ en el año 2000 a 34,173.46 m³ en 2010 (Revilla 2015).

Según Revilla (2015), la madera aserrada de la bolaina blanca ha logrado una notable aceptación en los mercados regional y nacional. En el departamento de Ucayali, su demanda ha experimentado un impresionante aumento del 450% en los últimos cuatro años, pasando de 20,000 a 110,000 m³ al año. Sin embargo, aún es necesario asegurar que su explotación sea sostenible a largo plazo y que satisfaga las exigencias de calidad de los consumidores (Toledo, 1999). El mercado se compone principalmente de los re-aserraderos ubicados en Pucallpa y Lima, que abastecen a los consumidores finales, con un enfoque

especial en Lima. La bolaina se utiliza cada vez más en Lima para la construcción, especialmente en la fabricación de paneles de madera para casas prefabricadas, ofreciendo precios competitivos y una alta demanda en áreas populares. Además, presenta oportunidades para ingresar al mercado internacional como madera seca y cepillada, destinada a embalajes, muebles y molduras (CODESU, 2000). Actualmente, su versatilidad se refleja en una amplia gama de usos, que van desde la construcción urbana hasta la fabricación de cajonería rústica y fina (para exportación agroindustrial), carpintería de puertas y ventanas, mondadientes, palitos de chupete, moldurados, baja lenguas, palitos de fósforo y juguetes (IIAP, 2007). De todo el volumen anteriormente mencionado el 35% a más se convierte en residuos de bolaina, donde también se encuentra el aserrín (Revilla 2015).

2.2.1.3. El aserrín

De acuerdo con Arce y Disglide (2013), el aserrín generado por la industria primaria de la madera es comúnmente considerado un desecho en muchos países. Este material, al ser desechado en el medio ambiente, se convierte en una importante fuente de contaminación, afectando tanto las aguas superficiales como las comunidades que se encuentran en las cercanías de los aserraderos. Sin embargo, lo que se clasifica erróneamente como "residuo" en realidad representa una valiosa materia prima en naciones desarrolladas, donde se han identificado más de 12 productos que pueden elaborarse a partir de él (Concepción, 2016). En su investigación, Arce y Disglide (2013) llevan a cabo un estudio exhaustivo sobre las posibilidades del aserrín producido en Guayaquil, proponiéndolo como un recurso esencial para la fabricación de una variedad de productos. Este enfoque no solo tiene como objetivo mitigar el impacto ambiental

negativo asociado con la industria forestal, sino también incrementar el valor añadido de esta industria. Para ello, se analizaron aspectos clave como la granulometría, el contenido de humedad y el nivel de resina presente en el aserrín. Estos parámetros son fundamentales para diseñar un flujo de producción óptimo que maximice la eficiencia en la utilización del aserrín y promueva prácticas más sostenibles en la industria maderera (Concepción, 2016). Además, la valorización del aserrín podría abrir nuevas oportunidades económicas, no solo para los productores de madera, sino también para las comunidades locales, al generar empleos en la transformación de este material en productos útiles y comercializables. Esto contribuiría a un modelo de desarrollo más sostenible, donde los residuos se convierten en recursos, beneficiando tanto al medio ambiente como a la economía local (Concepción, 2016).

2.2.2. El tahuari

Según Reynel et al. (2003) esta especie se distingue por su tronco cilíndrico, su corteza externa agrietada y una corteza interna que se puede desprender en láminas delgadas con un suave sabor dulce. También se caracteriza por sus hojas compuestas, digitadas y opuestas, que son glabras o casi glabras, así como por sus llamativas flores amarillas. Su distribución abarca desde Colombia, Venezuela y las Guayanas hasta Brasil, Ecuador, Perú y Bolivia, habitando principalmente en bosques húmedos a subhúmedos, en altitudes por debajo de los 1000 metros sobre el nivel del mar (Flores, 2014).

Taxonomía del tahuari

La taxonomía es la siguiente (Catálogo de la vida, 2024).

Reino: Plantae

Filo: Tracheophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Lamiales Bromhead

Familia: Bignoniaceae Juss.

Género: *Handroanthus* Mattos

Especie: *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose

2.2.2.1. Fenología polinización y dispersión

Reynel et al. (2003) señalan que la floración de esta especie ocurre durante la estación seca, principalmente en agosto, seguida rápidamente por la maduración de los frutos. El árbol pierde sus hojas antes de la floración, la cual es breve y sincrónica. Se ha observado que el *Handroanthus serratifolia* posee nectarios o glándulas extraflorales en los peciolos y brácteas, cuya función parece ser atraer hormigas que podrían proteger las flores y los frutos. Finalmente, las semillas son dispersadas por el viento (anemófilas) (Flores, 2014).

2.2.2.2. Propagación por semillas

Reynel et al. (2003) señalan que esta especie genera alrededor de 3,000 semillas por kilogramo, y que la propagación a través de semillas es altamente efectiva. En lo que respecta a la especie congenérica centroamericana *T. pentaphylla*, se informa que produce dos cosechas anuales de semillas, las cuales alcanzan su madurez aproximadamente dos meses después de la

floración. Para la recolección, los frutos se obtienen del árbol justo antes de que se abran, y las semillas se limpian manualmente y se secan al sol (Flores, 2014).

2.2.2.3. Porcentaje de germinación

Salazar (1997) proporciona datos sobre el porcentaje de germinación para varias especies centroamericanas. Para *Handroanthus serratifolia*, la germinación es del 70-80%; para *Tabebuia rosea*, del 25 a 55%; para *T. donnell-smithii*, del 60% con semillas frescas y del 15% con semillas 15 días después de la cosecha; y para *Handroanthus guayacan*, del 70% con semillas frescas y del 15% con semillas a los 15 días de cosechadas. La germinación comienza aproximadamente a los 15 días después de la siembra, mientras que en la especie congenérica centroamericana *T. pentaphylla*, la germinación inicia entre los 12 y 14 días (Flores, 2014).

2.2.3. Los ácidos piroleñosos

Según Pelinco et al. (2020), el ácido piroleñoso, comúnmente denominado vinagre de madera, es un líquido acuoso que se produce como subproducto durante la pirolisis de biomasa en el proceso de fabricación de carbón. Este líquido se obtiene a través de la condensación del humo generado durante la pirolisis, un proceso que se lleva a cabo a temperaturas que oscilan entre 450 y 600 °C. El ácido piroleñoso se distingue por su aroma ahumado característico, y su color puede variar desde un amarillo claro hasta un marrón oscuro, dependiendo de las condiciones de producción y de la materia prima utilizada (Theapparat, Chandumpai y Faroongsarng, 2018).

Este aceite biológico se origina de la pirolisis de diversas especies madereras, resultando de la descomposición de biomasa en condiciones controladas y favorables (Mohan et al., 2007). Muchos países promueven el uso de recursos naturales renovables como una fuente de tecnologías limpias, implementando estas medidas para mitigar los efectos del cambio climático y los riesgos para la salud (Grewal, Abbey y Gunupuru, 2018). Asimismo, hay un creciente interés en la búsqueda y aplicación de tecnologías para la obtención de productos energéticos y químicos orgánicos, como el ácido piroleñoso, destacando la pirolisis de la biomasa forestal. Por ello, es crucial investigar alternativas innovadoras para la producción de productos orgánicos que aseguren un uso eficiente de los recursos forestales y la conservación del medio ambiente, dado que en el proceso de pirolisis ocurren reacciones complejas que favorecen la obtención de productos orgánicos con múltiples aplicaciones (Santos et al., 2018). En el contexto de la pirolisis, los productos resultantes pueden ser separados mediante la destilación de los líquidos condensados, como el ácido piroleñoso y el alquitrán (De Lima et al., 2019). El ácido piroleñoso, en particular, está compuesto principalmente por un 80% a 90% de agua y entre un 10% y un 20% de compuestos orgánicos, que incluyen más de 200 componentes químicos diferentes. Entre estos, destacan los ácidos orgánicos, como el ácido acético, así como compuestos fenólicos, alcanos, alcoholes y ésteres, los cuales tienen diversas aplicaciones industriales y agrícolas (Jun, Tohru y Takeshi, 2004). Numerosos estudios internacionales han documentado la producción de ácido piroleñoso a partir de residuos maderables, lo que resalta su potencial como un recurso valioso. Por ejemplo, Ming Lei et al. (2018) encontraron que diferentes concentraciones de ácido piroleñoso diluido no

presentaron diferencias significativas en las tasas de germinación de semillas de pepino en comparación con el grupo de control ($P > 0.05$). Sin embargo, se observó que la adición de vinagre piroleñoso diluido a una concentración de 10,000 veces resultó en un aumento notable en la longitud de la raíz y la biomasa seca del pepino, incrementándose en un 20.9% y un 5.92%, respectivamente (Pelinco et al., 2020). Estos hallazgos sugieren que, aunque el ácido piroleñoso diluido en bajas concentraciones no afecta significativamente la germinación de las semillas, su uso en concentraciones más altas puede mejorar el crecimiento inicial de las plántulas. Esto abre nuevas oportunidades para la utilización de subproductos de la pirolisis en la agricultura, promoviendo prácticas más sostenibles y eficaces en el manejo de cultivos. Además, la investigación continua en este campo podría contribuir al desarrollo de estrategias innovadoras para el aprovechamiento de residuos maderables, beneficiando tanto al medio ambiente como a la economía local (De Lima et al., 2019).

CAPÍTULO III:

METODOLOGÍA

2.3. Tipo de investigación

La investigación es de tipo aplicada ya que se utiliza conocimiento practico y establecido, es experimental porque implica la manipulación de variables, como la concentración de ácido piroleñoso, en condiciones controladas para observar sus efectos en la germinación de las semillas.

Utiliza un enfoque sistemático y riguroso para recopilar datos, que incluye la comparación de grupos tratados y no tratados, asegurando la validez y fiabilidad de los resultados. En conjunto, este estudio representa una valiosa contribución al desarrollo sostenible y a la conservación de especies forestales en la región de Ucayali.

2.4. Ubicación y duración del estudio

El estudio de investigación se llevó a cabo en el módulo de hidroponía de la Universidad Nacional de Ucayali, ubicado en el kilómetro 6 de la carretera Federico Basadre, en la región de Ucayali, provincia de Coronel Portillo, distrito de Callería, en la ciudad de Pucallpa.

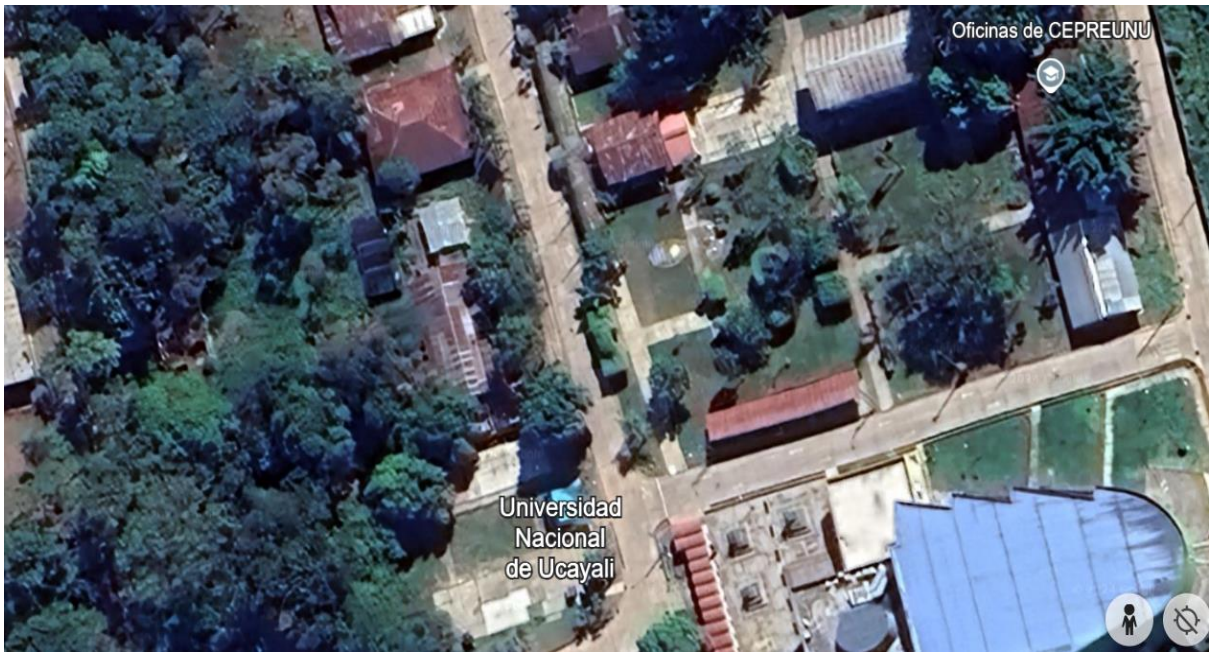
Este entorno proporciona un contexto ideal para la investigación, ya que la universidad cuenta con instalaciones modernas y equipos especializados que facilitan el desarrollo de técnicas de cultivo innovadoras.

Las coordenadas geográficas del lugar son aproximadamente 8° 23' 37" de latitud sur y 74° 34' 4" de longitud oeste, situándose a una altitud de aproximadamente 154 metros sobre el nivel del mar.

La investigación tuvo una duración de 4 meses que inició en el mes de Julio y terminó en el mes de Octubre, donde el primer mes se realizó el uso de un horno para la quemado del aserrín de bolaina, la recolección de residuos de bolaina y la producción de ácidos piroleñosos, y durante los últimos 3 meses la preparación de la cama de germinación y la aplicación de los tratamientos en estudio.

Figura 1

Ubicación geográfica de hidroponía en la Universidad Nacional de Ucayali.



2.5. Población y tamaño de muestra

2.5.1. Población

La población seleccionada para este estudio estuvo compuesta por un kilogramo de semillas de tahuari, lo que representó aproximadamente 3,300 semillas viables. Estas semillas fueron utilizadas durante el experimento para realizar el análisis y las evaluaciones pertinentes.

2.5.2. Muestra

Las muestras estuvieron compuestas por 500 semillas, a partir de las cuales se obtuvieron los 5 tratamientos, con cada repetición conformada por 100 semillas. Se llevaron a cabo un total de 4 repeticiones, sumando un total de 2000 semillas en el experimento. Estas semillas fueron recolectadas de la parte superior, media e inferior del saco de 1 kilogramo para garantizar una representación adecuada de la población total.

2.6. Materiales y equipo

2.6.1. Materiales

Los materiales utilizados incluyeron baldes de plástico de 4 y 20 litros, una regadora de 10 litros, pipetas lápiz, plumones, etiquetas, una gigantografía, un cuaderno de campo, , regla y arena. Además, se emplearon insumos como semillas de tahuari e hipoclorito de sodio para los tratamientos experimentales.

2.6.2. Equipos

En cuanto a los equipos, se dispuso de una balanza de precisión, una balanza analítica, un vernier, una cámara fotográfica y una estufa, los cuales fueron esenciales para las mediciones y el registro de datos durante el desarrollo del experimento.

2.7. Variables estudiadas

2.7.1. Variable independiente.

X1: Acido piroleñoso obtenido del aserrín de bolaina.

Tratamientos.

T_1: Semillas de tahuari con agua por 60 minutos.

T_2: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 25% por 60 minutos.

T_3: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 50% por 60 minutos.

T_4: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 75% por 60 minutos.

T_5: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 100% por 60 minutos.

2.7.2. Variable dependiente.

Y1: Germinación de semilla de tahuari.

Y2: Crecimiento inicial de plántulas de tahuari.

2.7.2.1. Descripción de las variables independiente en estudio

Para llevo acabo el estudio sobre la germinación de semillas de tahuari con diferentes concentraciones de ácidos piroleñosos, se preparó el ácido piroleñoso siguiendo los pasos detallados a continuación:

- **Preparación del Ácido Piroleñoso**

Obtención del Material Vegetal:

Se recolectó madera seca de calidad adecuada, asegurando que estuviera libre de humedad excesiva y contaminantes (Catacora, 2019).

Pirólisis:

La madera se sometió a un proceso de pirólisis. Este proceso se realizó en un horno especial, en ausencia de oxígeno, a una temperatura controlada de aproximadamente 500 grados Celsius. Durante la pirólisis, la madera se descompuso térmicamente, liberando gases y vapores (Catacora, 2019).

Condensación del Humo:

Los gases y vapores generados durante la pirólisis se canalizaron a través de un sistema de enfriamiento. Estos vapores se condensaron en forma de líquido, conocido como humo líquido o ácido piroleñoso. Se recolectó el humo líquido en un recipiente de 1000 mililitro para su posterior procesamiento (Cuesta, 2019).

Porcentaje de humo líquido obtenido:

Este indicador midió la eficiencia de la producción de ácido piroleñoso. Se calcula como el porcentaje del humo líquido extraído en relación con la cantidad de materia prima utilizada, durante un

periodo den 6 horas, el humo liquido se midió en litros (Cuesta, 2019).

Humo líquido al 25%, 50%, 75%, 100%:

Estas concentraciones reflejan la cantidad de ácido piroleñoso presente en el tratamiento aplicado a las semillas. Para preparar cada concentración, se mezcló el humo líquido con agua destilada, creando soluciones diluidas que varían desde un 25% hasta un 100% de concentración de humo líquido. Por ejemplo, para la solución al 25%, se utilizó una parte de humo líquido y tres partes de agua, mientras que para la solución al 50%, se mezclaron partes iguales de humo líquido y agua. Este proceso de dilución permitió evaluar el efecto del ácido piroleñoso en las semillas de manera controlada.

- **Características físicas.**

Densidad en (g/cm³):

Este indicador midió la masa por unidad de volumen del humo líquido, proporcionando información sobre su concentración y consistencia, se utilizó una balanza analítica, una probeta graduada, picnómetro, y estufa (fisher isotemp serie 300).

Humedad en (%):

Este indicador midió el contenido de agua presente en el humo líquido. Es crucial para entender la composición del ácido

piroleñoso y su potencial efecto en la germinación de las semillas, se utilizó una balanza analítica, una placa Petri, estufa (fisher isotemp serie 300), y un deshidratador.

Sólidos totales (%):

Este indicador midió la cantidad de materiales sólidos presentes en el humo líquido, lo cual puede influir en sus propiedades y en la eficacia del tratamiento de germinación, se utilizó una placa Petri, balanza analítica, y un deshidratador.

- **Caracterización Biométrica de la Semilla:**

- **Peso de la Semilla:**

Descripción:

El peso de la semilla es una medida fundamental que indica la masa de una sola semilla. Es un indicador importante de la calidad y viabilidad de la semilla.

Unidad de Medida: Gramos (g)

Metodología:

Se pesaron individualmente las semillas utilizando una balanza analítica de alta precisión. Se anotaron los pesos de una muestra representativa de 100 semillas para calcular el promedio y la desviación estándar del peso de las semillas en el estudio.

- **Diámetro Polar:**

Descripción:

El diámetro polar de la semilla es la medida de longitud que se extiende desde el extremo de la semilla hasta el extremo opuesto, a lo largo de su eje más largo.

Unidad de Medida: Milímetros (mm).

Metodología:

Se utilizo un calibre vernier, se midió el diámetro polar de cada semilla. Se realizaron mediciones en una muestra representativa de 100 semillas para determinar el promedio y la variabilidad del diámetro polar.

- **Diámetro Ecuatorial:**

Descripción:

El diámetro ecuatorial de la semilla es la medida de longitud que se extiende a través de la semilla en su parte más ancha, perpendicular al diámetro polar.

Unidad de Medida: Milímetros (mm).

Metodología:

Se midió el diámetro ecuatorial de las semillas utilizando un calibre vernier. Las mediciones se realizaron en una muestra

representativa de 100 semillas y se registraron para calcular el promedio y la variabilidad del diámetro ecuatorial.

- **Porcentaje de Germinación**

Descripción:

El porcentaje de germinación indicó la proporción de semillas que germinen exitosamente en relación al total de semillas sembradas. Este indicador será crucial para evaluar la efectividad de los tratamientos aplicados a las semillas.

Unidad de Medida: Porcentaje (%).

Metodología:

Preparación de Semillas:

Se seleccionó 500 semillas de tahuari de calidad similar, 400 semillas fueron sometidas por 60 min. a tratamientos con diferentes concentraciones de ácido piroleñoso; posteriormente las semillas fueron trasladadas a las camas de germinación para las evaluaciones intermitentes de 10 días.

Cálculo del Porcentaje de Germinación:

Porcentaje de Germinación = (Número total de semillas sembradas / Número de semillas germinadas) × 100.

- **Altura de Plántula**

La altura de la plántula se midió desde la base del tallo hasta la punta de la hoja más alta. Este indicador fue utilizado para

evaluar el crecimiento vertical de las plántulas, se evaluó un promedio de 10 plantas por repetición, esta evaluación se realizó el último día de evaluación.

- **Longitud de Raíces**

La longitud de las raíces se midió la longitud de la raíz principal desde la base hasta la punta. Este indicador ayudo a evaluar el desarrollo del sistema radicular de las plántulas. Se evaluó un promedio de 10 plantas por repetición, esta evaluación se realizó el último día de evaluación.

- **Materia fresca en (g):**

Se midió la cantidad de materia fresca en gramos (g) utilizando una balanza de precisión. Las plántulas fueron cosechadas al final del período de crecimiento y se pesaron inmediatamente después de ser retiradas del sustrato, asegurando que se registrara el peso total antes de cualquier tratamiento adicional.

- **Materia seca en (g):**

Para determinar la materia seca, las plántulas fueron colocadas en un horno de secado a 70 °C durante 48 horas. Posteriormente, se pesaron nuevamente utilizando la misma balanza de precisión. Este procedimiento permitió calcular la proporción de materia seca en relación a la materia fresca.

2.8. Diseño experimental

En el presente trabajo de investigación se utilizó el diseño completamente al azar, con 5 tratamientos y 4 repeticiones. Cada repetición estuvo compuesta por 100 semillas de tahuari, teniendo un total de 20 unidades experimentales. Para los promedios, se empleó la prueba de Tukey al 5% de significancia para cada variable estudiada.

Modelo Estadístico.

Yij = U + Ti + Eij

Yij = Cualquier observación en estudio.

U = Media general.

Ti = Efecto del i – esimo tratamiento en estudio.

Eij = Error o residual.

Esquema del Análisis de varianza

Tabla 2

Análisis de varianza del trabajo experimental

Fuentes de variabilidad	Grados de libertad
Tratamientos	4
Error	15
Total	19

Parcela experimental: Hidroponía de la Universidad Nacional de Ucayali, la cama tuvo una dimensión de 4 metros por 1.2 metros de ancho.

Característica de la parcela experimental:

Número de tratamiento: 5

Número de repeticiones / tratamientos: 4

Número de semillas / unidad experimental: 100

Número total de semillas: 2000.

Número de unidades experimentales: 20

Los resultados obtenidos son el promedio de las unidades experimentales por tratamiento.

2.9. Dimensiones del área experimental.

Los cinco tratamientos se asignaron de manera aleatoria a las tres repeticiones.

Tabla 3

Distribución de las repeticiones y los tratamientos en el área experimental.

Repeticiones	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**T5**
Repetición 1	T1 R1	T2 R1	T3 R1	T4 R1	T5 R1
Repetición 2	T1 R2	T2 R2	T3 R2	T4 R2	T5 R2
Repetición 3	T1 R3	T2 R3	T3 R3	T4 R3	T5 R3
Repetición 4	T1 R4	T2 R4	T3 R4	T4 R4	T5 R4

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION.

4.1 Propiedades físicas de la biomasa de bolaina (*Guazuma crinita* Lam.), en la producción de ácido piroleñoso, en Pucallpa.

4.1.1 Propiedades físicas del aserrín de bolaina

Algunas propiedades físicas del aserrín de *Guazuma crinita* (bolaina) es la siguiente.

Tabla 4

Propiedades físicas del aserrín de Guazuma crinita (bolaina).

N°	Propiedad	Descripción
1	**Densidad**	400 kg/m³
2	**Humedad**	47%
3	**Tamaño de Partícula**	5 mm
4	**Color**	Blanco a marrón claro
5	**Textura**	Fina y homogénea
6	**Comportamiento Térmico**	Bajo coeficiente de conductividad térmica

La Tabla anterior presenta las propiedades físicas del aserrín de *Guazuma crinita* (bolaina), destacando características clave que son fundamentales para su uso en diversas aplicaciones. La densidad del aserrín es de 400 kg/m³, lo que indica que es un material relativamente ligero, facilitando su manipulación y transporte. Con un contenido de humedad del 47%, es crucial considerar este factor al almacenar y utilizar el aserrín, ya que un alto contenido de agua puede afectar su calidad y durabilidad. Además, el tamaño de partícula, que alcanza hasta 5 mm, sugiere que el aserrín puede ser utilizado en aplicaciones donde se requiere una mayor estructura, mientras que su color, que varía de blanco a marrón claro, refleja la variabilidad natural del material.

En cuanto a la textura, el aserrín presenta una consistencia fina y homogénea, lo que lo hace adecuado para la fabricación de productos que requieren uniformidad, como tableros aglomerados. Otro aspecto importante es su comportamiento térmico, que se caracteriza por un bajo coeficiente de conductividad térmica, lo que lo convierte en un buen aislante. Estas propiedades combinadas hacen que el aserrín de bolaina sea un material versátil y valioso en la construcción, la agricultura y la industria, abriendo un amplio espectro de posibilidades para su utilización. Las propiedades físicas de la madera y el aserrín de *Guazuma crinita*. Los estudios han analizado diversas características, incluyendo la densidad, el contenido de humedad y el tamaño de las partículas. La densidad básica de la madera de *G. crinita* varía según la altura y la edad del árbol, oscilando entre 430 y 680 kg/m³ (Chavesta et al., 2022). Además, el contenido de humedad, la contracción volumétrica y otras propiedades físicas pueden ser estimadas mediante espectroscopia de infrarrojo cercano (Chavesta et al., 2019). En aplicaciones de compuestos de madera y plástico, el tamaño de las partículas de *G. crinita* influye en las propiedades de tracción, mientras que la proporción de madera a plástico afecta las características físicas (Córdova Contreras et al., 2020). Aunque no se centra exclusivamente en *G. crinita*, la investigación sobre el aserrín de pino como sustrato hidropónico revela que las propiedades físicas, como la porosidad, la retención de agua y la capacidad de aireación, experimentan variaciones a lo largo de múltiples ciclos de cultivo, siendo la capacidad de aireación la que presenta la mayor fluctuación (Pineda-Pineda et al., 2012). Estos hallazgos ofrecen información valiosa sobre los posibles usos y limitaciones de la madera y el aserrín de *G. crinita* en diversas aplicaciones, destacando su potencial en la industria y la agricultura.

4.1.2 Propiedades físicas del ácido piroleñoso

4.1.2.1 Densidad del acido piroleñoso obtenido de aserrín de bolaina

Tabla 5

Densidad del ácido piroleñoso de Guazuma crinita (bolaina).

N°	Muestra	Densidad en (g/cm³).
1	Muestra 1	1.08
2	Muestra 2	1.09
3	Muestra 3	1.08
4	Muestra 4	1.07
Promedio		1.08

La tabla presenta los resultados de la densidad del ácido piroleñoso extraído de *Guazuma crinita*, conocido comúnmente como bolaina. Se analizaron cuatro muestras, cuyos valores de densidad en gramos por centímetro cúbico (g/cm³) fueron 1.08 para la primera muestra, 1.09 para la segunda, 1.08 para la tercera y 1.07 para la cuarta. A pesar de las ligeras variaciones en las mediciones, la densidad promedio se establece en 1.08 g/cm³, lo que indica una notable consistencia en los resultados. Estos datos son significativos, ya que la densidad del ácido piroleñoso puede influir en su comportamiento y aplicaciones en diferentes campos, como la química y la industria. La uniformidad en las densidades sugiere que el proceso de extracción y la calidad del material son estables, lo que es crucial para su utilización en productos derivados.

La densidad del ácido piroleñoso, un subproducto de la pirólisis de biomasa, es una característica esencial para sus aplicaciones en la agricultura.

Este ácido puede extraerse de diversas fuentes vegetales, como el pasto kikuyu (*Pennisetum clandestinum* L.), y presenta beneficios potenciales tanto para el crecimiento de las plantas como para la salud animal (Burbano-Salas, 2018). La densidad, que se expresa comúnmente entre 1 y 1.3 g/cm³, es una propiedad física fundamental que se define como la relación entre la masa y el volumen (Vicente, 2023). Esta propiedad está influenciada por factores como la temperatura, la presión y los cambios de estado. La determinación de la densidad de partículas es crucial para el estudio de la hidrodinámica de la biomasa en lechos móviles (Saldarriaga et al., 2014). En el caso de los materiales maderables, la densidad básica se considera una medida práctica, calculada como la relación entre el peso seco en horno y el volumen verde. Esta propiedad tiene un impacto significativo en diversos aspectos de la producción de pulpa y papel, incluyendo la adquisición de madera, el procesamiento y las características del producto final con densidades promedio de 1.3 g/cm^3 (Edmundo et al., 1971).

4.1.2.2 Humedad del ácido piroleñoso obtenido de aserrín de bolaina

Tabla 6

Contenido de humedad del ácido piroleñoso de Guazuma crinita (bolaina).

N°	Muestra	Humedad en (%).
1	Muestra 1	90.2
2	Muestra 2	90.1
3	Muestra 3	90.2
4	Muestra 4	90.3
	Promedio	90.2

El contenido de humedad del ácido piroleñoso obtenido de *Guazuma crinita*, conocido como bolaina, se analizó a través de cuatro muestras, cuyos resultados mostraron una alta retención de agua. Las muestras presentaron valores de humedad del 90.2%, 90.1%, 90.2% y 90.3%, lo que da como resultado un promedio de 90.2%. Esta consistencia en los datos indica un proceso de extracción uniforme, pero también sugiere que el ácido piroleñoso tiene un contenido de humedad significativamente alto, lo que podría influir en su estabilidad y eficacia en aplicaciones agrícolas y químicas. La elevada humedad puede afectar el almacenamiento y la calidad del producto, haciendo necesario un manejo cuidadoso para maximizar sus beneficios. La investigación sobre el contenido de humedad abarca diversas aplicaciones en los campos agrícola y químico. En los frutos de huacle en Chile, el contenido de humedad sigue una curva normal durante su desarrollo, alcanzando un pico del 92.5% antes de disminuir a un 85.5% en el momento de la cosecha (Olguín et al., 2024). En las semillas de vitabosa, un aumento en el contenido de humedad del 10% al 22% afecta significativamente propiedades físicas como las dimensiones y el coeficiente de fricción estática en diferentes superficies (Barahona & Torres, 2011). En cuanto a los compuestos químicos, los cristales de ácido dodecamolibdofosfórico y dodecatungstofosfórico contienen 29 moléculas de agua por unidad de fórmula y se mantienen estables dentro de rangos específicos de humedad y temperatura (Nakamura et al., 1980). El ácido piroleñoso, obtenido de biomasa como el pasto kikuyu (*Pennisetum clandestinum* L.), presenta propiedades similares al ácido derivado del bambú y puede favorecer el crecimiento de raíces en las plantas, así como mejorar la digestibilidad de nutrientes en animales de granja (Burbano-Salas, 2018). Estos

estudios subrayan la importancia del contenido de humedad en diversos campos, desde la agricultura hasta la investigación química.

4.1.2.3 Solidos totales del ácido piroleñoso obtenido de aserrín de bolaina

Tabla 7

Solidos totales del ácido piroleñoso de Guazuma crinita (bolaina).

N°	Muestra	Sólidos totales en (%).
1	Muestra 1	9.86
2	Muestra 2	9.94
3	Muestra 3	9.85
4	Muestra 4	9.95
	Promedio	9.90

El análisis de los sólidos totales del ácido piroleñoso obtenido de *Guazuma crinita*, conocido como bolaina, reveló resultados consistentes en cuatro muestras diferentes. Los porcentajes de sólidos totales fueron de 9.86%, 9.94%, 9.85% y 9.95%, lo que da como resultado un promedio de 9.90%. Este contenido relativamente estable de sólidos totales sugiere una composición uniforme del ácido piroleñoso, lo que es relevante para su calidad y potencial uso en aplicaciones agrícolas e industriales. La consistencia en los resultados también indica un proceso de extracción controlado, lo que puede ser beneficioso para maximizar la eficacia del producto en diversas aplicaciones. El ácido piroleñoso, obtenido a través de la pirólisis de biomasa, tiene diversas aplicaciones en la agricultura. Puede producirse a partir de diferentes fuentes vegetales, como el pasto kikuyu (*Pennisetum clandestinum* L) y el bagazo de caña de azúcar con solidos totales de 9 a 12% (Burbano-Salas, 2018; Cutiño et

al., 2009). Su composición se basa principalmente en metoxifenoles, fenoles y ácidos carboxílicos, junto con cantidades menores de alcoholes, cetonas y aldehídos (Souza et al., 2012). Las propiedades del ácido piroleñoso son similares a las de los derivados del bambú, lo que sugiere que podría favorecer el crecimiento de raíces en las plantas y mejorar la digestibilidad de nutrientes en animales de granja con un contenido d esolidos de 10% (Burbano-Salas, 2018). Además, el proceso de extracción puede influir significativamente en la cantidad total de compuestos polifenólicos obtenidos, como se demuestra en un estudio sobre *Piper aduncum* L. Factores como la relación sólida/líquido, el tiempo y la temperatura afectan la eficiencia de extracción, siendo la extracción asistida por ultrasonido un método eficaz (Luna-Fox et al., 2023). Estos hallazgos resaltan el potencial del ácido piroleñoso en aplicaciones agrícolas e industriales en relación a sus propiedades.

4.2 Biometría de las semillas de tahuari

4.2.1 Peso de la semilla de tahuari

Tabla 8

Evaluación de peso de semillas de Handroanthus serratifolius (tahuari).

N°	Muestra	Peso de semillas en (g).
1	Muestra 1	0.00462
2	Muestra 2	0.00468
3	Muestra 3	0.00463
4	Muestra 4	0.00467
Promedio		0.00465

La evaluación del peso promedio de 100 semillas de *Handroanthus serratifolius*, comúnmente conocida como Tahuari, se llevó a cabo mediante el análisis de cuatro muestras, cuyos pesos fueron 0.00462 g, 0.00468 g, 0.00463

g y 0.00467 g. Estos resultados reflejan una notable consistencia en el peso de las semillas, con un promedio de 0.00465 g. Esta uniformidad es significativa, ya que sugiere que las semillas de tahuari tienen características morfológicas similares, lo que es esencial para su uso en programas de restauración ecológica y reforestación. La información obtenida puede ser fundamental para optimizar las prácticas de siembra y manejo de esta especie en proyectos de sostenibilidad ambiental, contribuyendo a la biodiversidad y a la recuperación de ecosistemas degradados. En otra investigación las semillas de *Handroanthus serratifolius* (*tahuari*), presentaron un peso promedio de 0.0050 gramos en promedio (Cornejo, 2018).

4.2.2 Diámetro polar de semilla de tahuari

Tabla 9

Evaluación del diámetro polar de semillas de Handroanthus serratifolius (tahuari).

N°	Muestra	Diámetro polar en (mm).
1	Muestra 1	0.11
2	Muestra 2	0.12
3	Muestra 3	0.13
4	Muestra 4	0.12
	Promedio	0.12

La Tabla 9 presenta la evaluación del diámetro polar de las semillas de *Handroanthus serratifolius*, comúnmente conocido como tahuari. En este análisis, se registraron cuatro muestras, cuyas medidas fueron: 0.11 mm para la primera muestra, 0.12 mm para la segunda, 0.13 mm para la tercera y 0.12 mm para la cuarta. Estas mediciones revelan una ligera variabilidad en el diámetro

polar de las semillas, con un rango que oscila entre 0.11 mm y 0.13 mm. Al calcular el promedio, se obtuvo un valor de 0.12 mm, lo que indica una consistencia en el tamaño de las semillas dentro de esta especie. Este dato es relevante para entender las características morfológicas de las semillas de tahuari, lo que puede influir en su germinación y desarrollo posterior. Además, estos resultados pueden ser útiles para futuras investigaciones sobre la variabilidad genética y la adaptabilidad de esta especie en diferentes condiciones ambientales. En el caso específico de las semillas de tahuari, se observó un diámetro promedio de 0.10 mm, lo cual se alinea con los promedios reportados por Flores (2014). Este hallazgo sugiere que el tamaño de las semillas puede influir en su rendimiento, ya que un diámetro adecuado puede ser indicativo de una mayor viabilidad y vigor en el proceso de germinación.

4.2.3 Diámetro radial de semilla de tahuari

Tabla 10

Evaluación del diámetro radial de semillas de Handroanthus serratifolius (tahuari).

N°	Muestra	Diámetro radial en (mm).
1	Muestra 1	0.074
2	Muestra 2	0.072
3	Muestra 3	0.075
4	Muestra 4	0.076
	Promedio	0.074

La evaluación del diámetro radial de las semillas de *Handroanthus serratifolius* (tahuari) se llevó a cabo analizando cuatro muestras, cuyos diámetros fueron medidos en milímetros. Los resultados mostraron que la Muestra 1 presentó un diámetro radial de 0.074 mm, la Muestra 2 tuvo 0.072

mm, la Muestra 3 alcanzó 0.075 mm, y la Muestra 4 mostró un diámetro de 0.076 mm. Al calcular el promedio de los diámetros radiales, se obtuvo un valor de 0.074 mm, lo que indica una variabilidad mínima entre las muestras y sugiere una consistencia en las características morfológicas de las semillas analizadas. En otra investigación, en el caso específico de las semillas de tahuari, se observó un diámetro radial promedio de 0.08 mm, lo cual se alinea con los promedios anteriormente reportados (Flores, 2014).

4.3 Efecto de cuatro concentraciones de ácidos piroleñosos, en la germinación de tahuari (*Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose).

4.3.1 Evaluación del efecto de los ácidos piroleñosos en la germinación de tahuari durante los primeros 10, 20 30 y 40 días.

Los resultados del análisis de varianza (ANVA) sobre el efecto de los ácidos piroleñosos en la germinación de las semillas de *Handroanthus serratifolius* (tahuari) se presentan en cuatro anexos correspondientes a diferentes períodos de observación: 10, 20, 30 y 40 días después de la siembra. En el Anexo 1, se observó que, a los 10 días, los tratamientos mostraron un valor de suma de cuadrados (SC) de 2812.00, con un promedio cuadrático (CM) de 230.49 y un valor de probabilidad (Pr>F) de 0.000, indicando una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos. El coeficiente de determinación (R^2) fue de 97.15, lo que sugiere que el modelo explica una gran parte de la variabilidad en los datos, mientras que el coeficiente de variación (C.V.) fue de 1.75%, indicando una baja variabilidad relativa en las mediciones.

A medida que avanzaron los días, los resultados se hicieron aún más significativos. En el Anexo 2, a los 20 días, la suma de cuadrados de los

tratamientos aumentó a 4146.30, con un CM de 393.64 y un R^2 de 98.32, reflejando una mejora en la germinación. El Anexo 3, correspondiente a los 30 días, mostró un notable incremento en la SC, alcanzando 11805.3, con un CM de 485.15 y un R^2 de 98.64. Finalmente, en el Anexo 4, a los 40 días, la SC se elevó a 16450.7, con un CM de 2039.34 y un R^2 de 98.67, confirmando la tendencia de que los ácidos piroleñosos tienen un efecto positivo y significativo en la germinación de las semillas de tahuari a lo largo del tiempo. Estos resultados resaltan la importancia de los tratamientos aplicados y su potencial para optimizar la germinación en condiciones controladas.

Tabla 11

Evaluación de la germinación de Handroanthus serratifolius (tahuari) durante los primeros 10, 20 30 y 40 días y su significancia según la prueba de promedio de Tukey.

Tratamientos	**Germinación en (%)**			
	10	**20**	**30**	**40**
T_1: Semillas de tahuari con agua por 60 minutos.	33.75a	43.50a	72.25a	84.5a
T_2: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 25% por 60 minutos.	23b	26.25b	30.50b	33.75b
T_3: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 50% por 60 minutos.	18c	19c	20.75c	22.25c
T_4: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 75% por 60 minutos	5.5d	8.25d	10d	10.75d
T_5: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 100% por 60 minutos.	1e	2.5e	3.25e	3.5e

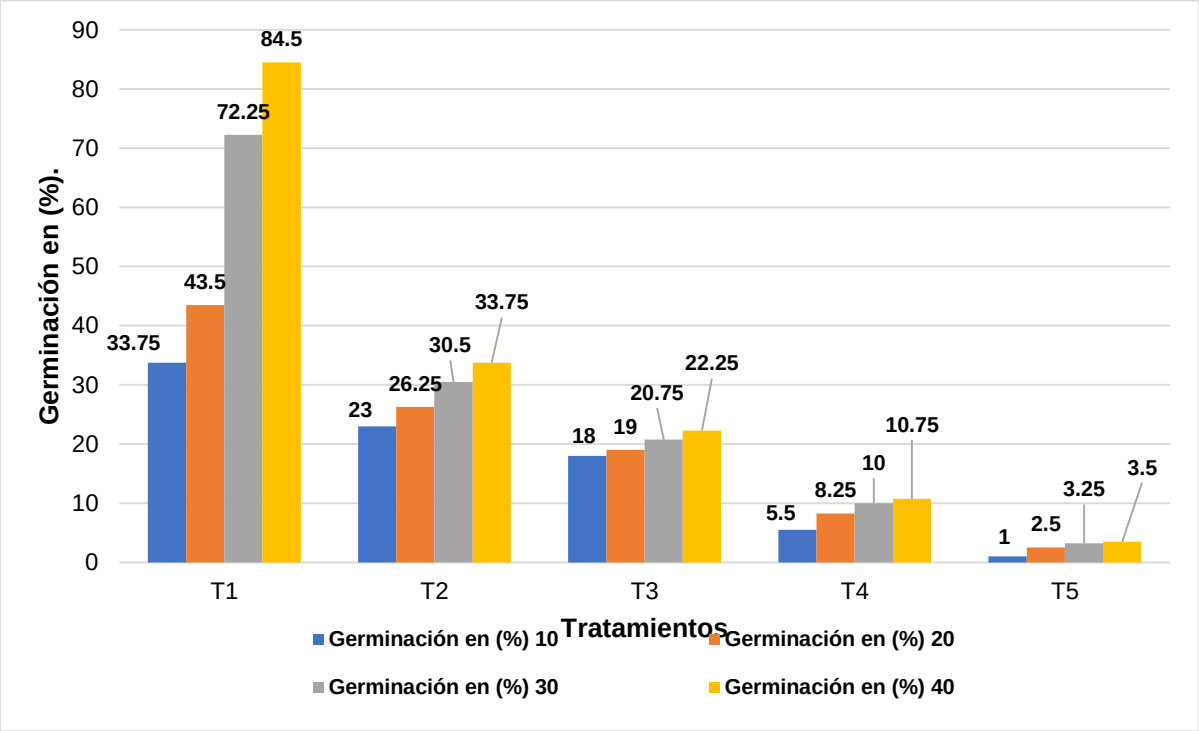
La evaluación de la germinación de *Handroanthus serratifolius* (tahuari) a lo largo de 10, 20, 30 y 40 días reveló diferencias significativas entre los tratamientos aplicados, respaldadas por la prueba de promedio de Tukey. El tratamiento T_1, que consistió en la inmersión de semillas en agua durante 60 minutos, demostró ser el más efectivo, presentando los mayores porcentajes de

germinación en todos los intervalos evaluados. A los 10 días, se registró un 33.75% de germinación, cifra que aumentó progresivamente hasta alcanzar un notable 84.5% al día 40. Este patrón evidencia que la adecuada hidratación es crucial para activar los procesos metabólicos necesarios para la germinación, lo que sugiere que el tratamiento con agua favorece la viabilidad de las semillas de tahuari.

Por otro lado, los tratamientos que incluyeron ácidos piroleñosos en diferentes concentraciones mostraron reducciones significativas en la germinación a medida que aumentaba la concentración del ácido. El tratamiento T_2, que utilizó una concentración del 25%, logró un 33.75% de germinación al día 40, mientras que T_3, con un 50%, solo alcanzó un 22.25%. Los tratamientos con mayores concentraciones de ácidos piroleñosos, como T_4 (75%) y T_5 (100%), presentaron los resultados más bajos, con porcentajes finales de germinación de 10.75% y 3.5%, respectivamente. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en todas las etapas de evaluación, confirmando el efecto negativo de los ácidos piroleñosos a concentraciones elevadas sobre la viabilidad y capacidad germinativa de las semillas. Los hallazgos sugieren que, mientras que el uso de agua como tratamiento previo favorece una germinación óptima, los ácidos piroleñosos pueden tener un efecto fitotóxico cuando se emplean en concentraciones superiores al 25% (Batista, 2024). El tratamiento T_1 se destacó como la mejor alternativa para promover la germinación de *Handroanthus serratifolius*, lo que tiene importantes implicaciones para su manejo y conservación en programas de reforestación. La investigación sobre la germinación de semillas ha examinado diversos tratamientos para mejorar este proceso. Los tratamientos ácidos han mostrado

resultados variados, dependiendo de la especie y la concentración utilizada. Por ejemplo, el ácido piroleñoso en una dosis de 10 ml mejoró la germinación de semillas de cocona y cacao, alcanzando tasas de germinación de hasta el 100%, mientras que afectó negativamente a las semillas de sandía (Ruelas et al., 2020). Por otro lado, el ácido salicílico mostró efectos adversos en la vitalidad de las semillas de pepino a medida que aumentaba su concentración, aunque también promovió la reorganización de las membranas celulares (Filho et al., 2017). En el caso del ácido giberélico, una concentración de 250 mg/l resultó en una tasa de germinación del 87% para las semillas de *Jaltomata procumbens* (Saldívar-Iglesias et al., 2009). Además, la temperatura desempeña un papel crucial en la germinación, con híbridos de girasol que presentan dinámicas de germinación distintas a diferentes temperaturas. Curiosamente, las semillas con menores proporciones de ácido linoleico/oleico mostraron una mejor capacidad de germinación a temperaturas inferiores a 10°C (Paoloni & Hernández, 1998). Estos hallazgos subrayan la importancia de optimizar tanto los tratamientos como las condiciones ambientales para favorecer la germinación de diversas especies.

Figura 2
Variación de la germinación de Handroanthus serratifolius (tahuari) durante los primeros 10, 20 30 y 40 días.



4.4 Efecto de cuatro concentraciones de ácidos piroleñosos, en crecimiento inicial del tahuari

4.4.1 Efecto de los ácidos piroleñosos en la longitud de raíces de plantas de tahuari.

El Anexo 5 presenta un análisis de varianza (ANVA) que evalúa el efecto de los ácidos piroleñosos en la longitud de las raíces de las plantas de *Handroanthus serratifolius* (tahuari). Los resultados indican que los tratamientos aplicados tienen un impacto significativo en el crecimiento radicular, con un valor F de 17.81 y un valor p (Pr>F) de 0.000, lo que confirma la existencia de diferencias significativas entre los grupos tratados. La suma de cuadrados para los tratamientos es de 8.417, lo que refleja la variabilidad explicada por los diferentes niveles de ácidos piroleñosos utilizados.

Además, el modelo muestra un buen ajuste, con un R^2 de 82.60%, lo que sugiere que el 82.60% de la variabilidad en la longitud de las raíces puede ser atribuida a los tratamientos aplicados. El coeficiente de variación (C.V.) es bajo, con un 3.44%, indicando que la variabilidad relativa de los datos es pequeña en comparación con la media. Estos hallazgos resaltan la importancia de los ácidos piroleñosos en el desarrollo de las raíces de las plantas de tahuari, lo que puede tener implicaciones significativas para su manejo y cultivo en programas de reforestación.

Tabla 12

Evaluación del efecto de los ácidos piroleñosos en la longitud de raíces de plantas de tahuari.

Tratamientos	Longitud de raíces en (cm).	Significancia
T_1: Semillas de tahuari con agua por 60 minutos.	7.45	a
T_2: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 25% por 60 minutos.	7.11	b
T_3: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 50% por 60 minutos.	6.53	bc
T_4: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 75% por 60 minutos	6.11	c
T_5: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 100% por 60 minutos.	5.65	d

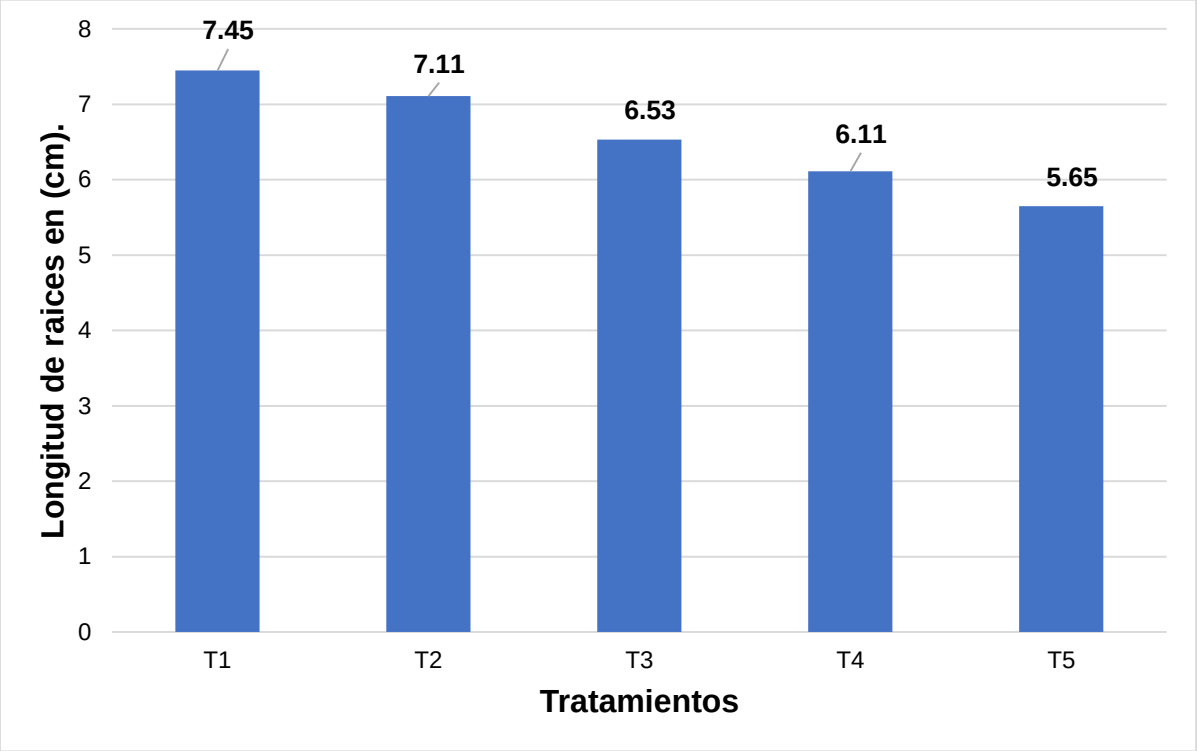
La evaluación del efecto de los ácidos piroleñosos en la longitud de las raíces de las plantas de *Handroanthus serratifolius* (tahuari) revela diferencias significativas en el crecimiento radicular entre los distintos tratamientos. El tratamiento T_1, que consistió en sumergir las semillas en agua durante 60 minutos, mostró la mayor longitud de raíces, con un promedio de 7.45 cm, seguido por el T_2, que utilizó una solución de ácidos piroleñosos al 25%, con 7.11

cm. A medida que aumentó la concentración de ácidos piroleñosos, se observó una disminución en la longitud de las raíces, alcanzando solo 5.65 cm en el T_5, que utilizó una solución al 100%.

Según el análisis de Tukey, los tratamientos se agrupan en diferentes categorías de significancia. El tratamiento T_1 se clasifica como el más efectivo (grupo a), mientras que los tratamientos T_2 y T_3 son considerados menos efectivos (grupos b y bc, respectivamente). Los tratamientos T_4 y T_5 muestran un rendimiento aún menor, siendo clasificados en los grupos c y d. Esta tendencia indica que el uso de altas concentraciones de ácidos piroleñosos tiene un efecto negativo en el crecimiento de las raíces, sugiriendo que la concentración óptima para fomentar el desarrollo radicular se encuentra en niveles más bajos. Sobre esto Ruelas y Pinazo (2020) menciona que el uso de altas concentraciones ácidos piroleñosos afecta significativas la germinación y el crecimiento en plantas de cacao.

Figura 3

Variación del efecto de los ácidos piroleñosos en la longitud de raíces de plantas de tahuari.



La investigación sobre el crecimiento de raíces de plantas forestales en condiciones de vivero ha mostrado resultados variados según las especies y los factores ambientales. En un estudio de seis especies de arbustos, se observó que los ácidos piroleñosos afectaban más la acumulación de biomasa y la extensión longitudinal del sistema radicular con raíces de 12 centímetros (Berne, 1992). En plántulas de *Pinus hartwegii*, se encontraron diferencias significativas en altura, diámetro y longitud de raíces de 9 centímetros entre procedencias, lo que probablemente se deba a la adaptación local más que a patrones geográficos (Meza et al., 2019). La inoculación con bacterias fijadoras de nitrógeno, especialmente *Azotobacter chroococcum*, estimuló el crecimiento longitudinal de raíces en 8.6 centímetros y la nutrición nitrogenada en plántulas de *Pinus patula* (Orozco & Martínez, 2009). En un gradiente sucesional de selva

tropical, la biomasa de raíces finas, el índice de área de raíces y la densidad de longitud de raíces disminuyeron con la profundidad del suelo y se correlacionaron con cambios en las propiedades físicas del suelo (Rodríguez & Aguilar, 2004).

4.4.2 Efecto de los ácidos piroleñosos en la longitud de la parte aérea de plantas de tahuari.

El Anexo 6 presenta un análisis de varianza (ANVA) que evalúa el efecto de los ácidos piroleñosos en la longitud de la parte aérea de las plantas de tahuari. Los resultados indican que los tratamientos aplicados tuvieron un impacto significativo, con un valor de F de 69.7280 y un p-valor de 0.000, lo que sugiere que las diferencias observadas son estadísticamente significativas. La suma de cuadrados (SC) para los tratamientos fue de 17.4320, mientras que el error tuvo una SC de solo 0.0306, lo que resalta la efectividad de los tratamientos en comparación con la variabilidad natural. El análisis total mostró un R^2 de 98.84%, lo que indica que el modelo explica casi toda la variabilidad en la longitud de la parte aérea, y un coeficiente de variación (C.V.) de 17.48%, sugiriendo una variabilidad moderada en los datos.

Tabla 13

Evaluación del efecto de los ácidos piroleñosos en la longitud de la parte aérea de plantas de tahuari.

Tratamientos	Longitud de parte aérea en (cm).	Significancia
T_1: Semillas de tahuari con agua por 60 minutos.	7.42	a
T_2: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 25% por 60 minutos.	6.67	b
T_3: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 50% por 60 minutos.	4.01	c

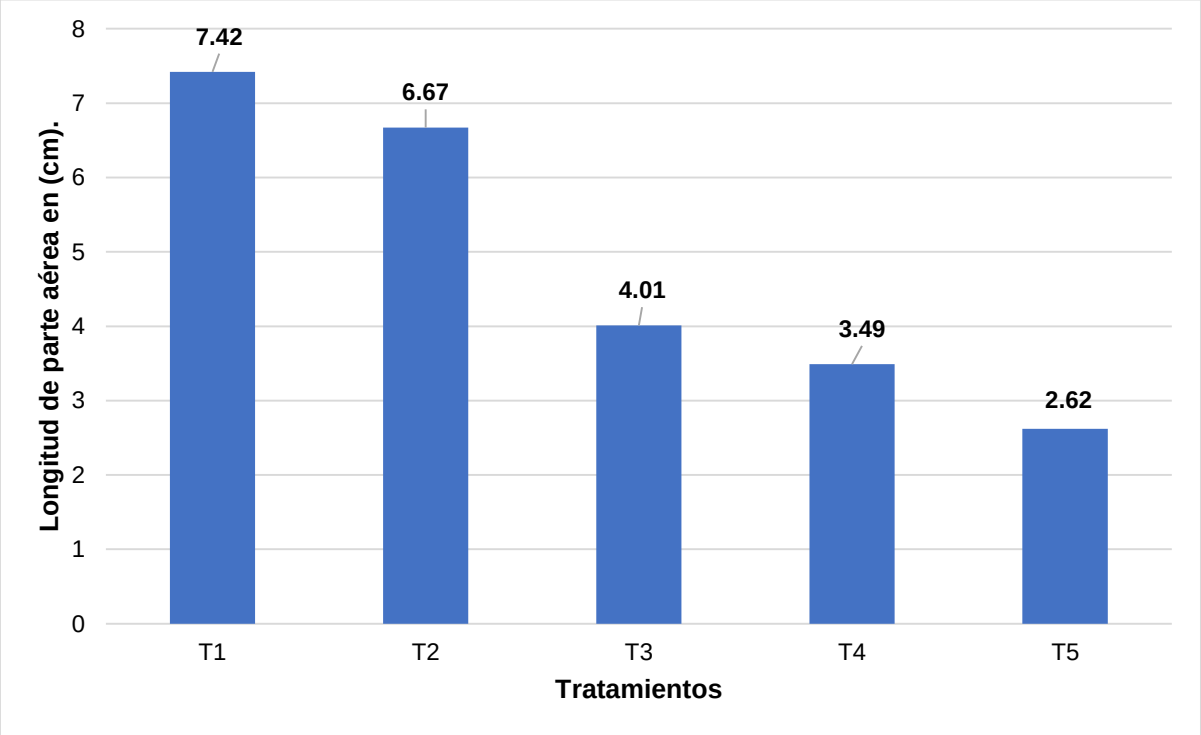
T_4: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 75% por 60 minutos	3.49	d
T_5: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 100% por 60 minutos.	2.62	e

La evaluación del efecto de los ácidos piroleñosos en la longitud de la parte aérea de las plantas de tahuari revela resultados significativos en función de los tratamientos aplicados. El tratamiento T_1, que consistió en semillas de tahuari con agua durante 60 minutos, mostró la mayor longitud de parte aérea, alcanzando 7.42 cm. En contraste, el T_2, que utilizó ácidos piroleñosos al 25%, presentó una longitud de 6.67 cm, lo que indica una reducción notable en comparación con el T_1. Los tratamientos T_3 y T_4, que emplearon ácidos piroleñosos al 50% y al 75%, respectivamente, mostraron longitudes de 4.01 cm y 3.49 cm, evidenciando una disminución progresiva a medida que aumentaba la concentración de los ácidos. Finalmente, el tratamiento T_5, con ácidos piroleñosos al 100%, resultó en la menor longitud de 2.62 cm. La significancia de los resultados está indicada por las letras asignadas, donde las diferencias entre tratamientos son estadísticamente significativas, sugiriendo que el uso de ácidos piroleñosos afecta negativamente el crecimiento de la parte aérea a altas concentraciones. La investigación sobre la calidad de las plantas en viveros forestales en México revela estándares variables en diferentes regiones. Estudios realizados en Colima, Jalisco, Michoacán y Oaxaca evaluaron parámetros morfológicos y fisiológicos de las plántulas, incluyendo altura del tallo de 18 centímetros, diámetro del cuello de la raíz, biomasa y contenido de nutrientes (Gutiérrez & Flores, 2019; Rueda Sánchez et al., 2018; Flores et al., 2018; Paz Paz et al., 2023). La altura de plántulas presentó altura 21 centímetros, con algunos viveros produciendo plántulas que cumplían o superaban los

estándares recomendados (Flores et al., 2018; Paz Paz et al., 2023). Sin embargo, Los tratamientos de fertilización influenciaron significativamente la calidad de las plantas y su posterior supervivencia en campo (Paz Paz et al., 2023). A pesar de los esfuerzos para mejorar la calidad de las plántulas, las bajas tasas de supervivencia en proyectos de reforestación siguen siendo una preocupación, con un estudio que reportó solo un 47% de supervivencia después de 12 meses. Estos hallazgos subrayan la necesidad de continuar la investigación y mejorar las prácticas en los viveros para aumentar el éxito de la reforestación en México.

Figura 4

Variación del efecto de los ácidos piroleñosos en la longitud de la parte aérea de plantas de tahuari.



4.4.3 Efecto de los ácidos piroleñosos en la altura total de plantas de tahuari.

El Anexo 7 presenta un análisis ANVA que investiga el impacto de los ácidos piroleñosos en la altura total de las plantas de tahuari. Se realizaron cuatro tratamientos, con una suma total de cuadrados (SC) de 218.53 y un valor de p (Pr>F) de 0.000, lo que indica diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos aplicados. La variabilidad asociada al error es de 2.119, sugiriendo que la dispersión dentro de los grupos tratados es mínima en comparación con la variabilidad total observada, lo cual es favorable para la interpretación de los resultados.

El modelo presenta un R^2 de 97.86, lo que indica que el 97.86% de la variabilidad en la altura de las plantas se explica por los factores analizados, reflejando un ajuste altamente efectivo. Además, el Coeficiente de Variación (C.V.) de 3.76% sugiere una alta precisión en las mediciones realizadas. Estos hallazgos son relevantes para el manejo sostenible de los cultivos de tahuari, ya que evidencian el potencial de los ácidos piroleñosos como un insumo que podría optimizar el crecimiento vegetal, contribuyendo a prácticas agrícolas más eficientes y sostenibles.

Tabla 14

Evaluación del efecto de los ácidos piroleñosos en la altura total de plantas de tahuari.

Tratamientos	Altura total en (cm).	Significancia
T_2: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 25% por 60 minutos.	14.52	a
T_1: Semillas de tahuari con agua por 60 minutos.	14.12	a
T_3: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 50% por 60 minutos.	10.53	b
T_4: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 75% por 60 minutos	9.61	c
T_5: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 100% por 60 minutos.	8.27	d

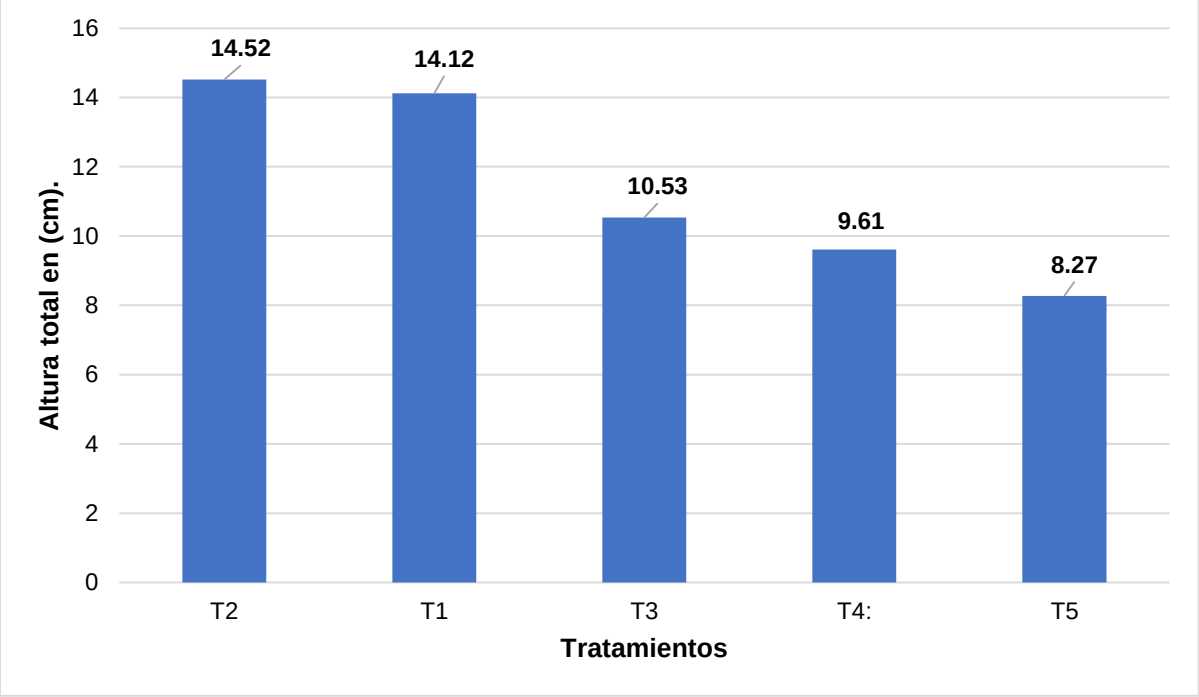
La tabla presenta una evaluación del efecto de los ácidos piroleñosos en la altura total de las plantas de tahuari, mostrando los resultados de diferentes tratamientos aplicados. En el tratamiento T_2, donde se utilizaron semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 25% durante 60 minutos, se registró la mayor altura total, alcanzando 14.52 cm. Este tratamiento se considera el más efectivo, indicando que una concentración moderada de ácidos piroleñosos favorece el crecimiento.

En contraste, el tratamiento T_1, que consistió en semillas de tahuari sumergidas en agua durante 60 minutos, mostró una altura total de 14.12 cm, lo que sugiere que el agua también tiene un efecto positivo, aunque inferior al del T_2. Los tratamientos T_3, T_4 y T_5, que utilizaron concentraciones más altas de ácidos piroleñosos (50%, 75% y 100% respectivamente), resultaron en alturas significativamente menores, con 10.53 cm, 9.61 cm y 8.27 cm, y se clasifican como menos efectivos, evidenciando que el uso excesivo de ácidos piroleñosos puede ser perjudicial para el crecimiento de las plantas. La significancia asociada

a cada tratamiento, indicada por letras (a, b, c, d), refuerza estas diferencias, destacando la importancia de la concentración en la respuesta de las plantas. Estos promedios son inferiores a la altura total en plántulas de *Hymenaea courbaril* revelan diferencias significativas entre los tratamientos aplicados. El sustrato de tierra negra (1) mostró el mayor promedio de altura, alcanzando 40.67 cm, seguido por el tratamiento con peat moss (1), que alcanzó 36.10 cm, y el aserrín (mango) + arena de río (2:1) con 35.53 cm. En contraste, los tratamientos con aserrín (mango) + peat moss (2:1) y tierra negra + peat moss + aserrín (mango) (1:1:1) presentaron alturas de 32.03 cm y 35.95 cm, respectivamente (Domínguez-Liévano & Espinosa-Zaragoza, 2021).

Figura 5

Variación del efecto del efecto de los ácidos piroleñosos en la altura total de plantas de tahuari.



4.4.4 Efecto de los ácidos piroleñosos en el número de hojas funcionales en plantas de tahuari.

El Anexo 8 presenta un análisis ANVA que evalúa el efecto de los ácidos piroleñosos en el número de hojas funcionales en plantas de tahuari. Los resultados indican que el análisis se realizó con un total de 20 observaciones (19 grados de libertad), donde se identificaron 4 tratamientos. La suma de cuadrados (SC) total fue de 37.338, de la cual 36.192 corresponde a los tratamientos, lo que refleja una variabilidad significativa atribuible a las diferencias entre estos.

El cuadrado medio (CM) para los tratamientos fue de 9.04812, resultando en un valor de F (FC) de 118.47, lo que indica un efecto altamente significativo de los tratamientos sobre el número de hojas funcionales, con un valor de p (Pr>F) de 0.000. Esto sugiere que hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos tratados.

Además, el modelo presenta un R^2 de 96.93, lo que indica que el 96.93% de la variabilidad en el número de hojas funcionales se explica por los tratamientos aplicados, lo que implica un ajuste muy bueno del modelo. El Coeficiente de Variación (C.V.) es de 2.76%, lo que refuerza la precisión y confiabilidad de los resultados obtenidos. Estos hallazgos subrayan la relevancia de los ácidos piroleñosos en el crecimiento y desarrollo de las plantas de tahuari.

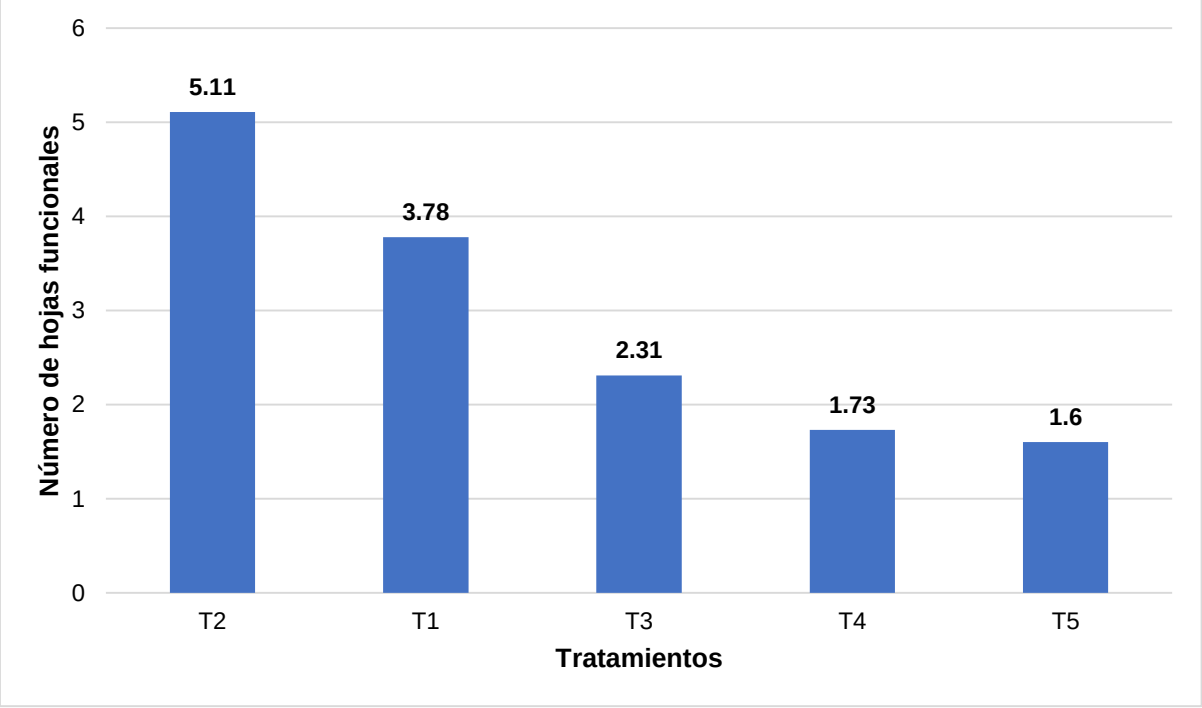
Tabla 15

Evaluación del efecto de los ácidos piroleñosos en el número de hojas funcionales en plantas de tahuari.

Tratamientos	Número de hojas funcionales	Significancia
T_2: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 25% por 60 minutos.	5.11	a
T_1: Semillas de tahuari con agua por 60 minutos.	3.78	b
T_3: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 50% por 60 minutos.	2.31	c
T_4: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 75% por 60 minutos	1.73	cd
T_5: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 100% por 60 minutos.	1.6	d

Figura 6

Variación del efecto del efecto de los ácidos piroleñosos en el número de hojas funcionales en plantas de tahuari.



La evaluación del efecto de los ácidos piroleñosos en el número de hojas funcionales en plantas de tahuari revela resultados significativos en función de la concentración utilizada. El tratamiento T_2, que consistió en la aplicación de

ácidos piroleñosos al 25% durante 60 minutos, mostró el mayor promedio con 5.11 hojas funcionales, destacándose como el más efectivo. En contraste, el tratamiento T_1, que utilizó agua, resultó en un promedio de 3.78 hojas, evidenciando un efecto positivo, aunque inferior al del T_2. A medida que se incrementó la concentración de los ácidos, como en T_3 (50%) y T_4 (75%), se observaron promedios decrecientes de hojas, alcanzando 2.31 y 1.73, respectivamente. El tratamiento T_5, que empleó ácidos piroleñosos al 100%, presentó el promedio más bajo con solo 1.60 hojas funcionales. Estos resultados sugieren que, si bien una dosis moderada de ácidos piroleñosos puede favorecer el crecimiento de las plantas, concentraciones más altas resultan perjudiciales. La tendencia observada resalta la necesidad de optimizar el uso de estos ácidos en prácticas agrícolas, enfatizando la importancia de encontrar un equilibrio que maximice el desarrollo de las plántulas de tahuari sin comprometer su salud. Al evaluar tres fuentes de fertilización en la producción de plantones de *Eucalyptus saligna* Smith, el determinó que el promedio de hojas fue de 4 hojas por planta (Guerrero, 2023).

4.4.5 Efecto de los ácidos piroleñosos en el número de hojas jóvenes en plantas de tahuari.

El Anexo 9 presenta un análisis ANVA que evalúa el efecto de los ácidos piroleñosos en el número de hojas jóvenes en plantas de tahuari. En este análisis, se utilizaron un total de 20 observaciones (19 grados de libertad), donde se identificaron 4 tratamientos. La suma de cuadrados (SC) total fue de 12.7317, de la cual 12.2933 corresponde a los tratamientos, lo que indica una variabilidad significativa atribuible a las diferencias entre estos.

Tabla 16

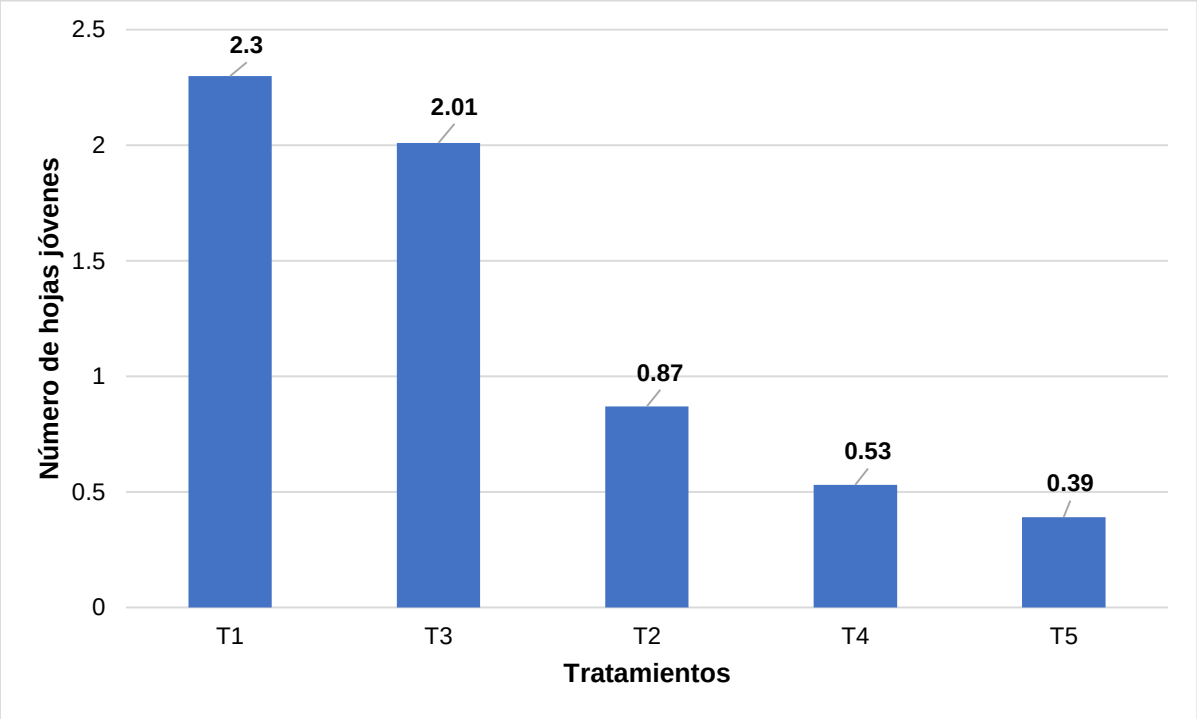
Evaluación del efecto de los ácidos piroleñosos en el número de hojas jóvenes en plantas de tahuari.

Tratamientos	Número de hojas jóvenes	Significancia
T_1: Semillas de tahuari con agua por 60 minutos.	2.3	a
T_3: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 50% por 60 minutos.	2.01	ab
T_2: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 25% por 60 minutos.	0.87	b
T_4: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 75% por 60 minutos	0.53	bc
T_5: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 100% por 60 minutos.	0.39	c

El cuadrado medio (CM) para los tratamientos fue de 3.07332, resultando en un valor de F (FC) de 105.15, lo que sugiere un efecto altamente significativo de los tratamientos sobre el número de hojas jóvenes, con un valor de p (Pr>F) de 0.000. Esto implica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos tratados. Además, el modelo presenta un R^2 de 93.88, indicando que el 93.88% de la variabilidad en el número de hojas jóvenes se explica por los tratamientos aplicados, lo que refleja un buen ajuste del modelo. El Coeficiente de Variación (C.V.) es de 17.09%, lo que sugiere una variabilidad moderada en los datos, destacando la relevancia de los ácidos piroleñosos en el desarrollo de las hojas jóvenes en las plantas de tahuari.

Figura 7

Variación del efecto del efecto de los ácidos en el número de hojas jóvenes en plantas de tahuari.



La tabla 16 presenta los resultados de la evaluación del efecto de los ácidos piroleñosos en el número de hojas jóvenes en plantas de tahuari, junto con su significancia según el test de Tukey. El tratamiento T_1, que consistió en sumergir las semillas en agua durante 60 minutos, mostró el mayor promedio con 2.3 hojas jóvenes, siendo clasificado con la letra a, lo que indica que es significativamente superior a los demás tratamientos.

En la figura 7 el tratamiento T_3, que utilizó ácidos piroleñosos al 50%, presentó un promedio de 2.01 hojas y fue clasificado como ab, lo que sugiere que es similar al T_1, pero significativamente mejor que los tratamientos T_2 y T_4. El tratamiento T_2, con ácidos piroleñosos al 25%, mostró un promedio de 0.87 hojas (clasificación b), mientras que T_4 (75%) y T5 (100%) tuvieron promedios de 0.53 y 0.39 hojas, respectivamente, ambos clasificados como bc y c,

indicando que son significativamente inferiores a T_1 y T_3; todos los tratamientos menos el T1 fueron sumergidos por 60 min en acido piroleñoso. En resumen, los resultados reflejan que el uso de agua es el más efectivo para promover el desarrollo de hojas jóvenes, mientras que el aumento en la concentración de ácidos piroleñosos tiene un efecto negativo en el crecimiento. Al evaluar tres fuentes de fertilización en la producción de plantones de *Eucalyptus saligna* Smith, el determinó que el promedio de hojas jóvenes fue de 2 hojas por planta (Guerrero, 2023).

4.4.6 Efecto de los ácidos piroleñosos en el contenido de materia fresca de plantas de tahuari.

El Anexo 10 presenta un análisis ANVA que evalúa el efecto de los ácidos piroleñosos en el contenido de materia fresca de plantas de tahuari. En este análisis, se trabajó con un total de 20 observaciones (19 grados de libertad), donde se identificaron 4 tratamientos. La suma total de cuadrados (SC) fue de 0.09290, de la cual 0.08215 corresponde a los tratamientos, lo que indica una variabilidad significativa atribuible a las diferencias entre estos.

El cuadrado medio (CM) para los tratamientos fue de 0.020537, resultando en un valor de F (FC) de 28.66, lo que sugiere un efecto altamente significativo de los tratamientos sobre el contenido de materia fresca, con un valor de p (Pr>F) de 0.000. Esto implica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos tratados. Además, el modelo presenta un R^2 de 88.43, lo que indica que el 88.43% de la variabilidad en el contenido de materia fresca se explica por los tratamientos aplicados, reflejando un buen ajuste del

modelo. El Coeficiente de Variación (C.V.) es de 2.68%, lo que sugiere una baja variabilidad en los datos, destacando así la relevancia de los ácidos piroleñosos en el desarrollo de la materia fresca en las plantas de tahuari.

Tabla 17

Evaluación del efecto de los ácidos piroleñosos en el contenido de materia fresca de plantas de tahuari.

Tratamientos	Materia fresca en (g).	Significancia
T_2: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 25% por 60 minutos.	0.42	a
T_3: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 50% por 60 minutos.	0.37	a
T_1: Semillas de tahuari con agua por 60 minutos.	0.29	b
T_4: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 75% por 60 minutos	0.27	b
T_5: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 100% por 60 minutos.	0.26	b

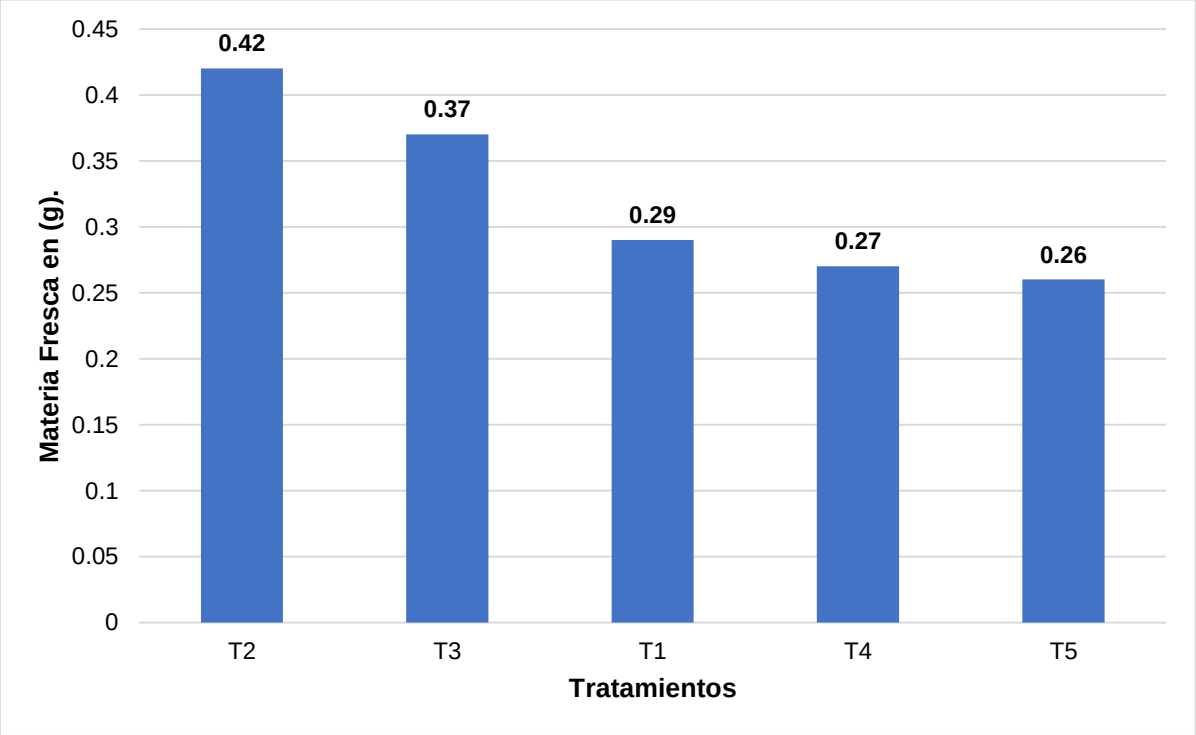
La tabla presenta los resultados de la evaluación del efecto de los ácidos piroleñosos en el contenido de materia fresca de plantas de tahuari. El tratamiento T_2, que consistió en sumergir las semillas en ácidos piroleñosos al 25% durante 60 minutos, mostró el mayor contenido de materia fresca con 0.42 g, siendo clasificado con la letra a, lo que indica que es significativamente superior a los demás tratamientos.

El tratamiento T_3, que utilizó ácidos piroleñosos al 50% por 60 minutos, tuvo un contenido de 0.37 g, también clasificado como a, lo que sugiere que es similar al T_2, pero superior al resto de los tratamientos. Por otro lado, el

tratamiento T_1, que consistió en agua, presentó un contenido de 0.29 g y fue clasificado como b, indicando que es significativamente inferior a T_2 y T_3. Los tratamientos T_4 (75%) y T_5 (100%) mostraron contenidos de 0.27 g y 0.26 g, respectivamente, ambos clasificados como b, lo que significa que son significativamente inferiores a T_2 y T_3, pero similares entre sí. Los resultados indican que los ácidos piroleñosos al 25% y al 50% son los más efectivos para promover el contenido de materia fresca en las plantas de tahuari, mientras que las concentraciones más altas y el agua resultan menos efectivas.

Figura 8

Variación del efecto de los ácidos en el contenido de materia fresca de plantas de tahuari.



Las investigaciones sobre el crecimiento de plántulas en viveros han abordado diversos factores que influyen en el desarrollo de las plantas. Por ejemplo, la aplicación de ácido giberélico ha demostrado aumentar significativamente la altura de las plántulas de tomate, así como el diámetro del

tallo, el número de hojas y el peso fresco con 12 gramos (Martínez et al., 2013). En el caso de la papaya, un tratamiento con ácido giberélico a 1.0 mM no solo mejoró la germinación de las semillas, sino que también favoreció el crecimiento de las plántulas con un peso superior a los 55 gramos (Andrade-Rodríguez et al., 2008). La composición del sustrato es otro factor crucial en este proceso. Se ha observado que los sustratos que contienen vermicompost promueven un crecimiento más robusto en las plántulas de cedro con 8 gramos (Andrade-Rodríguez et al., 2008). Asimismo, en plantas de Capirona, la aplicación de vermicompost incrementó tanto los pesos frescos como secos de las hojas y raíces, siendo las dosis más altas las que produjeron los mayores aumentos pesos con 6 gramos de peso (Uribe-Lorío et al., 2014). En el caso de caoba, la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares (HMA) al 25% y 35% del peso del cormo en sustrato con humus resultó en mejoras significativas en la supervivencia de las plántulas, así como en la altura, el diámetro del pseudotallo, el número de hojas y el área foliar (Vivas-Cedeño et al., 2018).

4.4.7 Efecto de los Ácidos Piroleñosos en el contenido de materia seca en gramos en Plantas de Tahuari.

El análisis ANVA realizado para evaluar el efecto de los ácidos piroleñosos en el contenido de materia seca en gramos en plantas de tahuari muestra resultados significativos. Se analizaron cuatro tratamientos, y los datos revelan una suma de cuadrados de 0.006982 para los tratamientos y 0.000794 para el error, con un valor de F calculado de 32.98. Este alto valor de F indica una variabilidad considerable entre los tratamientos, mientras que el valor p asociado

es de 0.000, lo que sugiere que los efectos observados son altamente significativos.

Tabla 18

Evaluación del efecto de los ácidos en el contenido de materia seca en gramos en Plantas de Tahuari.

Tratamientos	Materia seca en (g).	Significancia
T_2: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 25% por 60 minutos.	0.11	a
T_1: Semillas de tahuari con agua por 60 minutos.	0.09	b
T_3: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 50% por 60 minutos.	0.09	b
T_4: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 75% por 60 minutos	0.07	c
T_5: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 100% por 60 minutos.	0.06	c

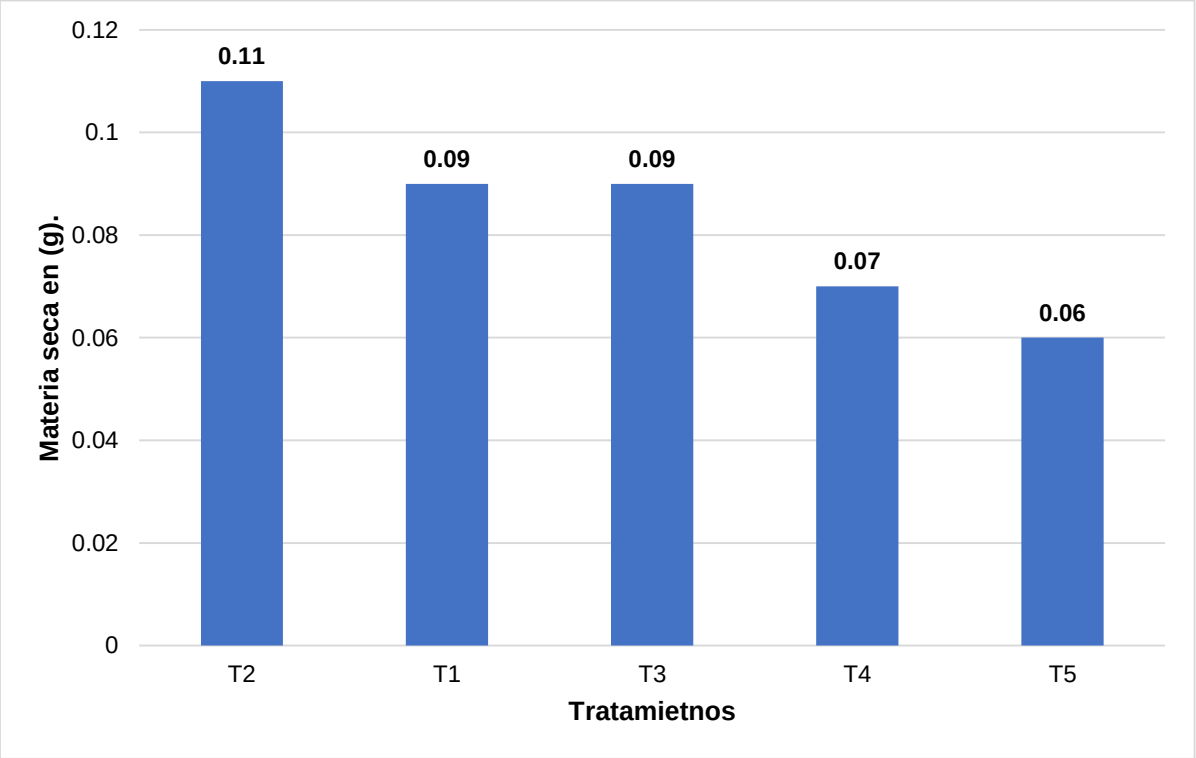
Además, el coeficiente de determinación (R^2) es del 81.85%, lo que implica que más del 81% de la variabilidad en el contenido de materia seca puede ser explicada por los tratamientos aplicados. El coeficiente de variación (C.V.) es de 7.27%, indicando una baja variabilidad en los datos y reflejando la consistencia de los resultados. En conjunto, estos hallazgos destacan la importancia de los ácidos piroleñosos en la mejora del desarrollo de las plantas de tahuari, sugiriendo que su aplicación puede ser beneficiosa para optimizar el crecimiento y la producción de materia seca en estas especies

La evaluación del efecto de los ácidos piroleñosos en el contenido de materia seca en gramos en plantas de tahuari revela diferencias significativas entre los tratamientos aplicados. El tratamiento T_2, que consistió en sumergir semillas de tahuari en ácidos piroleñosos al 25% durante 60 minutos, obtuvo el

mayor contenido de materia seca, alcanzando un valor de 0.11 g. Este tratamiento se clasifica con la letra "a", indicando que es significativamente superior a los demás tratamientos.

Figura 9

Variación del efecto del efecto de los ácidos en el contenido de materia seca en gramos en Plantas de Tahuari.



Por otro lado, los tratamientos T_1 (semillas con agua), T_3 (ácidos piroleñosos al 50%), T_4 (ácidos piroleñosos al 75%) y T5 (ácidos piroleñosos al 100%) mostraron contenidos de materia seca de 0.09 g, 0.09 g, 0.07 g y 0.06 g, respectivamente. Estos tratamientos están clasificados con las letras "b" y "c", lo que indica que no presentan diferencias significativas entre sí, pero son significativamente inferiores al tratamiento T_2. En resumen, los resultados sugieren que el uso de ácidos piroleñosos al 25% es el más efectivo para incrementar el contenido de materia seca en las semillas de tahuari, mientras

que concentraciones más altas parecen tener un efecto negativo en el desarrollo de la materia seca.

La producción de materia seca y la calidad de las plántulas de pino y eucalipto en viveros. Se observó que *Eucalyptus dunnii* y *E. benthamii* presentaron incrementos cuadráticos en la producción total de masa seca y en la eficiencia del uso de fósforo al aumentar las dosis de este nutriente, siendo *E. dunnii* la especie más eficiente (Stahl et al., 2013). En rodales maduros, *E. globulus* acumuló entre 142 y 426 Mg ha^{-1} de biomasa, mientras que *Pinus pinaster* logró entre 203 y 438 Mg ha^{-1} (González et al., 2005). En un estudio en vivero, las plántulas de *Pinus michoacana*, *P. ayacahuite* y *Cupressus lindleyi* mostraron características de alta calidad, evaluadas a través de índices morfológicos y fisiológicos (Flores et al., 2018). Se probaron diferentes mezclas de sustratos que incluían corteza de pino y aserrín para la producción de plántulas de *P. montezumae*; algunas de estas mezclas produjeron plantas con calidad comparable a las cultivadas en sustratos de turba, alcanzando 4 gramos de materia seca (Hernández-Zárate et al., 2014).

4.4.8 Efecto de los Ácidos Piroleñosos en el porcentaje de materia seca en plantas de Tahuari.

El Anexo 12 presenta un análisis de varianza (ANVA) que evalúa el impacto de los ácidos piroleñosos en el porcentaje de materia seca en plantas de Tahuari. Se identificaron dos fuentes de variación: los tratamientos, que tuvieron 4 grados de libertad y una suma de cuadrados de 123.6, y el error, con 15 grados de libertad y una suma de cuadrados de 107.6. El cuadrado medio de los tratamientos fue de 30.896, mientras que el del error fue de 7.173. El valor F

calculado fue de 4.31, y el valor p asociado (Pr>F) fue de 0.000, lo que indica que existe una diferencia estadísticamente significativa en el porcentaje de materia seca entre los diferentes tratamientos aplicados.

Además, el coeficiente de determinación (R^2) fue del 63.46%, lo que sugiere que más de la mitad de la variabilidad en el porcentaje de materia seca puede ser explicada por los tratamientos. El coeficiente de variación (C.V.) se situó en 16.78%, lo que indica una moderada dispersión en los datos. Estos resultados sugieren que la aplicación de ácidos piroleñosos podría ser una estrategia efectiva para mejorar la producción de materia seca en las plantas de Tahuari, destacando la relevancia de este enfoque en la investigación agroforestal.

Tabla 19

Evaluación del efecto de los ácidos en el porcentaje de materia seca en plantas de Tahuari.

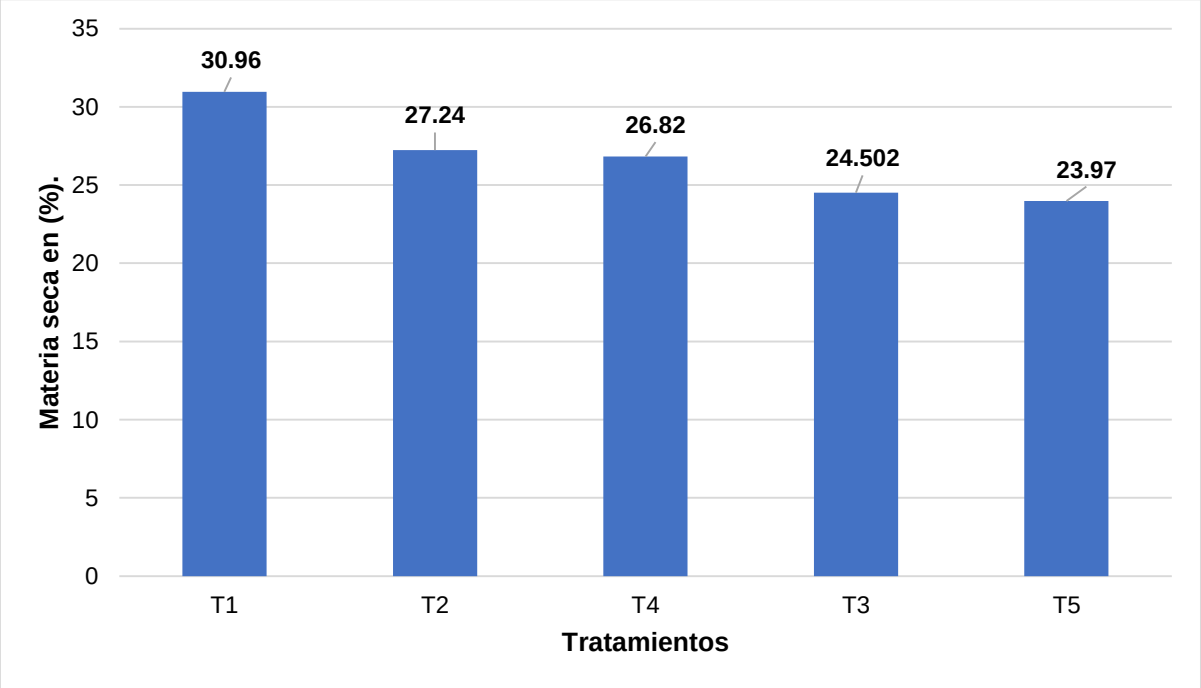
Tratamientos	Materia seca en (%).	Significancia
T_1: Semillas de tahuari con agua por 60 minutos.	30.96	a
T_2: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 25% por 60 minutos.	27.24	ab
T_4: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 75% por 60 minutos	26.82	ab
T_3: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 50% por 60 minutos.	24.502	b
T_5: Semillas de tahuari con ácidos piroleñosos al 100% por 60 minutos.	23.97	b

La evaluación del efecto de los ácidos piroleñosos en el porcentaje de materia seca en semillas de Tahuari muestra que el tratamiento con agua (T_1) obtuvo el mayor porcentaje de materia seca, alcanzando un 30.96%. Los

tratamientos con ácidos piroleñosos al 25% (T_2) y al 75% (T_4) presentaron porcentajes de 27.24% y 26.82% respectivamente, indicando que estos tratamientos son estadísticamente similares al tratamiento con agua. En contraste, los tratamientos con ácidos al 50% (T_3) y al 100% (T_5) mostraron un porcentaje de materia seca significativamente más bajo, con 24.50% y 23.97%, lo que sugiere una disminución en la efectividad de estos tratamientos.

Figura 10

Variación del efecto del efecto de los ácidos en el porcentaje de materia seca en plantas de Tahuari.



Según el análisis de significancia de Tukey, los tratamientos T_1, T_2 y T_4 comparten letras similares ("a" y "ab"), lo que indica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre ellos. Sin embargo, los tratamientos T_3 y T_5, clasificados con la letra "b", presentan una reducción significativa en el porcentaje de materia seca en comparación con los otros tratamientos. Esto sugiere que el uso de ácidos piroleñosos, especialmente en concentraciones

más altas, tiene un efecto adverso en la producción de materia seca en las plantas de Tahuari, destacando la importancia de elegir adecuadamente las concentraciones de estos ácidos para optimizar el crecimiento de las plantas. El peso seco de las plántulas de *Hymenaea courbaril* se convierte en porcentaje para evaluar su biomasa. En el tratamiento A, el peso seco del tallo representa aproximadamente 43.43% del peso fresco, el peso seco de la hoja es 34.29%, y el peso seco de la raíz alcanza 45.53%. Estos porcentajes indican cómo los sustratos afectan el crecimiento y la salud de las plantas en condiciones de cultivo (Domínguez-Liévano, & Espinosa-Zaragoza, 2021).

CONCLUSIONES.

- Los datos obtenidos demostraron que el ácido piroleñoso de bolaina (*Guazuma crinita* Lam.), tiene un efecto significativo inverso en la germinación de tahuari *Handroanthus serratifolius*.

- En relación a las propiedades físicas de la biomasa de bolaina (*Guazuma crinita* Lam.), en la producción de ácido piroleñoso en Pucallpa, se pudo determinar que el aserrín de bolaina presenta características favorables, como una densidad adecuada y un contenido de humedad favorable, tamaño de partícula, color y textura para la obtención de ácido piroleñoso con una densidad, humedad y solidos totales dentro de los parámetros establecidos.

- En cuanto al efecto de cuatro concentraciones de ácidos piroleñosos, en la germinación de tahuari *Handroanthus serratifolius*, se pudo determinar que el T_1 (Semillas remojadas con agua durante 60 minutos), fue el más efectivo, resaltando la importancia de una adecuada hidratación para activar los procesos metabólicos esenciales para la germinación. En contraste, las diferentes concentraciones de ácidos piroleñosos tuvieron un impacto negativo en la germinación, mostrando que a medida que aumentaba la concentración, la capacidad de las semillas para germinar disminuía significativamente.

- Al evaluar el efecto de cuatro diferentes concentraciones de ácidos piroleñosos, en el crecimiento inicial de plántulas de tahuari

(*Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose), se pudo determinar que el T_1 (Semillas remojadas con agua durante 60 minutos), fue el más efectivos en términos de longitud de raíces, altura total y número de hojas funcionales, destacando la importancia de la hidratación adecuada. A medida que aumentaba la concentración de ácidos piroleñosos, se observó una disminución significativa en el crecimiento de las raíces y la parte aérea, indicando que concentraciones elevadas son perjudiciales. En particular, el T_2 (con ácidos al 25%), mostró resultados favorables en comparación con las concentraciones más altas, sugiriendo que una dosis moderada puede promover un mejor desarrollo de plantas en vivero.

RECOMENDACIONES.

- Es recomendable priorizar el tratamiento T_1 (remojo de semillas en agua durante 60 minutos) como método efectivo para la germinación de tahuari, resaltando la importancia de una adecuada hidratación previa. Se aconseja evitar concentraciones elevadas de ácidos piroleñosos, ya que pueden afectar negativamente la germinación, reduciendo la viabilidad de las semillas.

- En el crecimiento inicial de plántulas de tahuari, se recomienda continuar utilizando el tratamiento T_1 (remojo en agua durante 60 minutos) para favorecer el desarrollo de raíces, altura total y hojas funcionales. Además, se sugiere evaluar el uso moderado de ácidos piroleñosos, como el T_2 (25%), en prácticas de vivero para promover un crecimiento balanceado.

- Finalmente, para evaluar la eficiencia de los ácidos piroleñosos, se sugiere llevar a cabo diversos ensayos utilizando diferentes especies forestales. Es importante que estos ensayos se realicen durante un período igual o superior a 40 días para obtener resultados más precisos y representativos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Abad Carbajal, E. (2022). Aplicación de Biochar a partir de biomasa residual de Bolaina blanca (*Guazuma Crinita* C. martius) en el suelo agrícola para mejorar la producción del tomate regional (*Costoluto Fiorentino*) distrito de Yarinacocha, Ucayali 2019-2020. URI: https://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/3375

Andrade-Rodríguez, M., Ayala-Hernández, JJ, Alia-Tejacal, I., Rodríguez-Mendoza, H., Acosta-Durán, CM, & López-Martínez (2008). Efecto de promotores de la germinación y sustratos en el desarrollo de plántulas de papayo. Revista De La Facultad De Agronomía De La Universidad Del Zulia, 25 , 617-635. Identificación del corpus: 67814196.

Arce, D. D. D. S., & Disglide, D. (2013). Proyecto de Creación de una Fábrica de Briquetas de Aserrín en Santa Rosa del Aguaray. Santa Rosa del Araguay.

Aróstegui, A., 1974. Estudio tecnológico de las maderas del Perú" (zona Pucallpa). Vol. 1. Características y usos de las maderas de 145 especies del país. U.N.A.L.M. Lima, Perú. 483 p.

Barahona, Á.F., & Torres, ID (2011). Efecto del Contenido de Humedad sobre Propiedades Físicas de la Semilla de Vitabosa (Mucuna deeringiana). Revista Facultad Nacional de Agronomía, 64 , 5961-5971. Identificación del corpus: 82824443.

Batista, E. L. (2024). El ácido piroleñoso, características y posibles usos en la agricultura. Cultivos Tropicales, 45(3), 1-6.

Berne, R.P. (1992). Avaluació de sis espècies arbustives per a la seva utilització en la recuperació de zones àrides degradades: estudi del creixement i de les relacions hídriques en condicions experimentals. Identificación del corpus: 90359427.

Burbano-Salas, D. (2018). Uso del Kikuyo (Pennisetum Clandestinum L), residuo de la poda de áreas verdes para la obtención de ácido piroleñoso con fines agropecuarios. Ciencia Digital. DOI:10.33262/cienciadigital.v3i3.4..884.

Catacora, M. (2019). Caracterización de los componentes químicos del ácido piroleñoso obtenido de 3 especies forestales, con fines agrícolas en san gaban, Puno (Perú). ISSN 2310-3485. Latindex. Folio-24383

Catálogo de la vida 2024. Tahuari *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose. Grose, S. O. (2007). In: Syst. Bot. 32(3): 666. Encontrado en https://www.catalogueoflife.org/data/taxon/99M93.

Chavesta, M., Montenegro, R., Romero, J., Tomazello-Filho, M., Carneiro, M.E., & Nisgoski, S. (2022). Colorimetría y densitometría en madera de *Guazuma crinita*. Maderas. Ciencia y tecnología. Documento de la investigación: 10.4067/s0718-221x2022000100432.

Chavesta, M., Montenegro, R., Tomazello-Filho, M., Carnerio, M. y Nisgoski, S. (2019). Propiedades físicas de *Guazuma crinita* por métodos convencionales y espectroscopia de infrarrojo cercano. Maderas. Ciencia y tecnología. Documento de la investigación: 10.4067/S0718-221X2019005000408.

CODESU (Consorcio para el desarrollo Sostenible de Ucayali). 2000. Análisis de la cadena agroindustrial de productos amazónicos. Proyecto de Desarrollo de Agroempresas Rurales, CIAT. Lima, Perú.

Córdova Contreras, AR, Cárdenas Oscanoa, AJ, & Gonzáles Mora, HE (2020). Caracterización física y mecánica de compuestos de *Guazuma crinita* Mart. una base de polipropileno virgen. Nombre del artículo:10.29298/rmcf.v11i57.621.

Cornejo Badillo, V. R. (2018). Propagación vegetativa de tres especies forestales potenciales para la recuperación de áreas degradadas en la región Ucayali. https://hdl.handle.net/20.500.12996/3747.

Cruz Ambicho, M. A. (2018). Morfometría, germinación y estimación de constantes de emergencia en semillas de bolaina blanca (*guazuma crinita* c. mart.) para la producción de plantones en Tingo María.

Cuesta, E. (2019). En su investigación valorización de serrín mediante pirólisis: obtención de vinagre de madera. Universidad de Cantabria. Para acceder al Título de graduado en ingeniería en tecnologías industriales.

Cutiño, EM, Medina, MP, Ortega, GG, Guilarte, YB, & Campo, AD (2009). CROMATOGRAMAS GRAM-SCHMIDT DEL ÁCIDO PIROLEÑOSO OBTENIDO EN LA PIROLISIS DE DIFERENTES BIOMASAS VEGETALES. Identificación del corpus: 99089598.

Díaz, M. (2006). Obtención y polimerización del alquitrán de pirólisis de aserrín de pino en cama fluidizada. Revista Cubana de Química, vol. XVIII, núm. 1, 2006, pp. 127-130. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba.

Domínguez-Liévano, A., & Espinosa-Zaragoza, S. (2021). Evaluación de sustratos alternativos en la germinación y crecimiento inicial de Hymenaea courbaril L. en condiciones de vivero. Revista Forestal del Perú, 36(1), 107-117. DOI: http://dx.doi.org/10.21704/rfp.v1i36.1707.

Edmundo, C., Foelkel, B., Brasil, M.A., Ernesto, L., & Barrichelo, G. (1971). MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE BÁSICA DE CAVACOS PARA CONÍFERAS E FOLHOSAS. Corpus ID: 170695825.

Espín Espín, H. D. (2020). Evaluación de las propiedades físico-químicas del aceite pirolítico a partir de biomasas sometidos al proceso de pirólisis convencional (Bachelor's thesis, Quevedo: Ecuador).

Filho, JG, Bonetti, LL, Araujo, RD, Santi, SL, Nascimento, VA y Vilarinho, MS (2017). ÁCIDO SALICÍLICO E POTENCIAL GERMINATIVO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE PEPINO. Identificación del corpus: 188723176.

Flores Lozano, L. V. (2014). Biomasa de plantas de Tahuari (Tabebuia serratifolia (Vahl) Nicholson) como resultado de la interacción sustrato-humedad del suelo, en fase de vivero.

Flores Lozano, L. V. (2014). Biomasa de plantas de Tahuari (Tabebuia serratifolia (Vahl) Nicholson) como resultado de la interacción sustrato-humedad del suelo, en fase de vivero.

Flores, H.J., Reyes, J.T., Ávalos, V.M., Magaña, J.J., Ramos, J.H., & Quijada, G.E. (2018). Calidad de planta en el vivero forestal La Dieta, Municipio Zitácuro, Michoacán. DOI:10.29298/RMCF.V6I27.282.

González, J.Á., Murias, MA, Merino, A., & Soalleiro, RR (2005). Estimación de la biomasa arbórea de Eucalyptus globulus y Pinus pinaster en Galicia. Documento de la investigación: 10.15304/RR.ID5337.

Grewal, A.; Abbey, L.; Gunupuru, L. (2018). Production, prospects and potential application of pyroligneous acid in agriculture. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. 135, 152–159. https://doi.org/10.1016/j.jaap.2018.09.008.

Guerrero Irene, F. J. (2023). Evaluación de tres fuentes de fertilización en la producción de plantones de Eucalyptus saligna Smith, en la etapa de vivero, Jaén–Cajamarca. https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/517.

Gutiérrez, G.O., & Flores, J.M. (2019). DIAGNOSTICO DE LA CALIDAD DE PLANTA EN LOS VIVEROS FORESTALES DEL ESTADO DE COLIMA. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. DOI:10.29298/RMCF.V1I2.641.

Hernández-Zárate, L., Aldrete, A., Ordaz-Chaparro, VM, López-Upton, J., & López-López, MA (2014). Crecimiento de Pinus montezumae Cordero. en vivero influenciado por diferentes mezclas de sustratos. Agrociencia, 48 , 627-637. Identificación del corpus: 84010970.

IIAP, 2007. Evaluación Económica de Parcelas de Regeneración Natural y Plantaciones de Bolaina Blanca “*Guazuma Crinita*”, en el Departamento de Ucayali; Documento de Trabajo, Iquitos-Perú, 52 pag.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONIA PERUANA (IIAP). 2009. Evaluación económica de parcelas de regeneración natural y

plantaciones de bolaina blanca (*Guazuma crinita*) en el Departamento de Ucayali. Iquitos, Perú. 54 p. (Avances económicos N° 11).

López, J. 2001. Obtención y Evaluación del Liquido Piroleñosos de los Residuos de Madera Aserrada en el CIEFOR Puerto Almendras". Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Facultad de Ingeniería Forestal.

López, O., Martínez, H., y Rojas, R. (2007). Uso del humo líquido (ácido piroleñoso) en el manejo de plagas insectiles del cultivo de chiltomo (Capsicum annuum) campus agropecuario UNAN-León 2006-2007. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León. León-Nicaragua. 42 p.

Luna-Fox, S.B., Rodríguez-Almeida, N.N., Dahua-Gualinga, R.D., Peñafiel-Bonilla, N.J., & Radice, M. (2023). Influencia de las Condiciones de Extracción sobre los Compuestos Polifenólicos Totales del Piper Aduncum L. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar. DOI:10.37811/cl_rcm.v7i5.7996.

Martínez, L.D., Mendoza, J.O., Valenzuela, C.M., Serrano, A.P., & Olarte, J.S. (2013). EFECTO DE LAS GIBERELINAS SOBRE EL CRECIMIENTO Y CALIDAD DE PLÁNTULAS DE TOMATE. DOI:10.18633/BT.V15I3.159.

Meza, H.M., Guzmán, M.O., López, S.F., Morfín, F.C., Grandizo, D.Y., Lara, M.D., & Martínez, F.N. (2019). CRECIMIENTO INICIAL EN PLÁNTULAS DE 12 PROCEDENCIAS DE Pinus hartwegii Lindl. BAJO CONDICIONES DE VIVERO. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. DOI:10.29298/RMCF.V2I5.584

Ming, L.; Bingjie, Liu.; Xiao, W. (2018). Effect of adding wood vinegar on cucumber (Cucumis sativus L) seed germination IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 128 doi :10.1088/1755-1315/128/1/012186

Mohan, D.; Pittman, C.; Bricka, M.; Smith, F.; Yancey, B.; Mohammad, J.; Gong, H. (2007). Sorption of arsenic, cadmium, and lead by chars produced from fast pyrolysis of wood and bark during bio-oil production. Journal of Colloid and Interface Science, 310(1), 57–73. https://doi.org/10.1016/j.jcis.2007.01.020

Nakamura, O., Ogino, I., y Kodama, T. (1980). Contenido de agua y rangos de humedad de los cristales de ácido dodecamolibdofosfórico y ácido dodecatungstofosfórico. Materials Research Bulletin, 15 , 1049-1054.

Navas, S. (2003). Evaluación fungicida y antitermítica preliminar del líquido piroleñoso. Revista Tecnología en Marcha, 16(3), ág-12.

Olguín, JQ, Ruíz, AM, Mayoral, LE, & Patlán, EE (2024). Comportamiento del contenido de humedad en frutos de chile huacle, cultivado en invernadero. Revista Brasileña de Investigaciones Animales y Ambientales.

Orozco-Jaramillo, C., & Martínez-Nieto, P. (2009). Evaluación de la inoculación con microorganismos fijadores de nitrógeno asimbióticos aislados de la rizósfera de Pinus patula en Colombia. Bosque (valdivia), 30 , 70-77. DOI: 10.4067/S0717-92002009000200002.

Orue, V. (2019). calidad fisiológica de semillas de soja (glycine max l.) en diferentes dosis con ácido piroleñoso.

Paoloni, PJ y Hernández, LF (1998). Germinación y emergencia de cuatro híbridos de girasol ("helianthus annuus" L.) con diferente contenido lipídico y en relación con la temperatura. Identificación del corpus: 161406247.

Paz Paz, M., Rodríguez Trejo, DA, Villanueva Morales, A., & Borja-de la Rosa, MA (2023). Fertilización, calidad de planta y supervivencia en campo de Pinus spp. en Ixtlán de Juárez, Oaxaca. Revista Mexicana de Ciencias Forestales . DOI: 10.29298/rmcf.v14i76.1324.

Pelinco Ruelas, E., Quispe Salazar, N. F., & Catacora Pinazo, M. (2020). Efecto del ácido Piroleñoso en la germinación de Sandía, Cocona y Cacao en el Distrito de San Gabán, Carabaya. Puriq, 2(3), 233–246. https://doi.org/10.37073/puriq.2.3.105

Pineda-Pineda, J., Castillo, F.S., Ramírez-Arias, A., Castillo-González, A.M., Valdés-Aguilar, L.A., & Moreno-Pérez, E.D. (2012). Aserrín de pino como sustrato hidropónico. I: Variación en características físicas durante cinco ciclos de cultivo. Corpus ID: 161669085.

Putzel, L., Cronkleton, P., Larson, A., Pinedo-Vásquez, M., Salazar, O., & Sears, R. (2013). Producción y comercialización de bolaina (*Guazuma crinita*), una especie amazónica de rápido crecimiento. Boletín Brief, (25), 6.

Putzel, L., Cronkleton, P., Larson, A., Pinedo-Vásquez, M., Salazar, O., & Sears, R. (2014). Producción y comercialización de bolaina (*Guazuma crinita*), una especie amazónica de rápido crecimiento: Un llamado a la adopción de un marco de políticas que apoye los medios de vida (Vol. 25). CIFOR.

RAMOS, A.E., DOMÍNGUEZ, G. 2016. Selección de árboles de bolaina blanca (*Guazuma crinita* Mart.) como candidatos a árboles "Plus" para ensayos de rejuvenecimiento y brotación. Ecol. Apl., Lima. 15(2):115- 123 p.

Revilla Chávez, J. M. (2015). Viabilidad económica de plantaciones demostrativas de bolaina blanca (*Guazuma crinita* Mart.) en la cuenca del río Aguaytía Ucayali-Perú.

Reynel C.; Pennington T.; Penington T. D.; FLORES C.; DAZA A., 2003. Árboles Útiles de la Amazonía Peruana y sus Usos.509p

Rodríguez, C.J., & Aguilar, D.A. (2004). Distribución de la biomasa y densidad de raíces finas en una gradiente sucesional de bosques en la Zona Norte de Costa Rica. Identificación del corpus: 128116511.

Rueda Sánchez, A., Benavides Solorio, J.D., Prieto-Ruíz, J.Á., Sáenz Reyez, J.T., Orozco-Gutiérrez, G., & Molina Castañeda, A. (2018). CALIDAD DE PLANTA PRODUCIDA EN LOS VIVEROS FORESTALES DE JALISCO. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. DOI:10.29298/rmcf.v3i14.475.

Ruelas, E.P., Salazar, N.F., & Pinazo, M.C. (2020). Efecto del ácido Piroleñoso en la germinación de Sandía, Cocona y Cacao en el Distrito de San Gabán, Carabaya. DOI:10.37073/puriq.2.3.105.

Salazar, R. 1997. Tabebuia rosea (Bertol) DC. nota técnica sobre manejo de semillas forestales, CA TI E. Costa Rica. No. 8. 2 p.

Saldarriaga, JF, Pablos, AG, Aguayo, AT, Aguado, RG, & Olazar, M. (2014). DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE PARTÍCULA MEDIANTE

POROSIMETRÍA DE MERCURIO PARA EL ESTUDIO FLUIDODINÁMICO DE BIOMASA EN LECHOS MÓVILES. Avances en Ciencias e Ingeniería, 5 , 63-71.

Saldívar-Iglesias, P., Laguna-Cerda, A., Gutiérrez-Rodríguez, F., & Domínguez-Galindo, M. (2009). Ácido giberélico en la Germinación de semillas de Jaltomata procumbens (Cav.) JL Gentry. Agronomía Mesoamericana, 21 , 327-331. Documento de la investigación: 10.15517/AM.V21I2.4895.

Santos, A., Cristaldo, P., Araújo, A., Melo, C., Lima, A., Santana, E., Bacci, L. (2018). Apis mellifera (Insecta: Hymenoptera) in the target of neonicotinoids: A oneway ticket? Bioinsecticides can be an alternative. Ecotoxicology and Environmental Safety.

Sears RR y Pinedo-Vásquez M. 2004. Axing the trees, growing the forest: Smallholder timber production on the Amazon Várzea. En Zarin DJ, Alavalapati JRR, Putz FE y Schmink M, eds. Working Forests in the Neotropics: Conservation through Sustainable Management? Nueva York: Columbia University Press.

Souza, JB, Ré-Poppi, N., & Raposo, JL (2012). Caracterización del ácido piroleñoso utilizado en agricultura mediante cromatografía de gases-espectrometría de masas. Journal of the Brazilian Chemical Society, 23 , 610-617. DOI: 10.1590/S0103-50532012000400005.

Stahl, J., Ernani, P.R., Gatiboni, L.C., Chaves, D.M., & Neves, C.U. (2013). Produção de massa seca e eficiência nutricional de clones de Eucalyptus dunnii e Eucalyptus benthamii em função da adição de doses de fósforo ao solo. Ciencia Florestal, 23, 287-295. DOI:10.5902/198050989275.

Suárez, J. (2010). Pirólisis autotérmico en lecho fluidizado de aserrín de algarrobo. Centro de Investigación de Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), Santiago de Cuba

Theapparat, Y., Chandumpai, A., & Faroongsarng, D. (2018). Physicochemistry and Utilization of Wood Vinegar from Carbonization of Tropical Biomass Waste. Tropical Forests, 163-183. doi:http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.77380.

Toledo E. 1999, Estudio sobre certificación de semillas de árboles y potencial de mercado de productos agroforestales. Informe de avance elaborado a solicitud de ICRAF/WINROCK. 80 p.

Uribe-Lorío, L., Castro-Barquero, L., Arauz-Cavallini, F., Henríquez-Henríquez, C., & Blanco-Meneses, M. (2014). Efecto del vermicompost en plantas de pimiento inoculadas con Phytophthora capcisi. Agronomía Mesoamericana, 25 , 243-253. Documento de la investigación: 10.15517/AM.V25I2.15427.

Vicente, Y. (2023). Mezclas y Densidades. Con-Ciencia Serrana Boletín Científico de la Escuela Preparatoria Ixtlahuaco. DOI: 10.29057/ixtlahuaco.v5i10.11318.

Vivas-Cedeño, JS, Lazo-Roger, Y., González-Ramírez, I., & Robles-García, JO (2018). Hongos micorrizicos arbusculares en el cultivo de plátano en viveros. Dominio de las Ciencias. Documento de la investigación: 10.23857/dc.v4i3.790

ANEXOS

Anexo 1

Análisis ANVA del efecto de los ácidos piroleñosos en la germinación de tahuari a los 10 días después de la siembra.

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	4	2812.00	703.000	230.49	0.000
Error	15	45.75	3.050		
Total	19	2857.75			

R^2 = 97.15; C.V. = 1.75%

Anexo 2

Análisis ANVA del efecto de los ácidos piroleñosos en la germinación de tahuari a los 20 días después de la siembra.

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	4	4146.30	1036.58	393.64	0.000
Error	15	39.50	2.63		
Total	19	4185.80			

R^2 = 98.32; C.V. = 1.62%

Anexo 3

Análisis ANVA del efecto de los ácidos piroleñosos en la germinación de tahuari a los 30 días después de la siembra.

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	4	11805.3	2951.33	485.15	0.000
Error	15	91.3	6.08		
Total	19	11896.6			

R^2 = 98.64; C.V. = 2.47%

Anexo 4

Análisis ANVA del efecto de los ácidos piroleñosos en la germinación de tahuari a los 40 días después de la siembra.

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	4	16450.7	4112.67	2039.34	0.000
Error	15	30.3	2.02		
Total	19	16480.9			

R^2 = 98.67; C.V. = 1.42%

Anexo 5

Análisis ANVA del efecto de los ácidos piroleñosos en la longitud de raíces de plantas de tahuari.

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	4	8.417	2.1042	17.81	0.000
Error	15	1.772	0.1182		
Total	19	10.189			

R^2 = 82.60; C.V. = 3.44%

Anexo 6

Análisis ANVA del efecto de los ácidos piroleñosos en la longitud de la parte aérea de plantas de tahuari.

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	4	69.7280	17.4320	570.12	0.000
Error	15	0.4586	0.0306		
Total	19	70.1867			

R^2 = 98.84; C.V. = 17.48%

Anexo 7

Análisis ANVA del efecto de los ácidos piroleñosos en la altura total de plantas de plantas de tahuari.

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	4	123.459	30.8647	218.53	0.000
Error	15	2.119	0.1412		
Total	19	125.577			

R^2 = 97.86; C.V. = 3.76%

Anexo 8 Análisis ANVA del efecto de los ácidos piroleñosos en el número de hojas funcionales en plantas de tahuari.

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	4	36.192	9.04812	118.47	0.000
Error	15	1.146	0.07638		
Total	19	37.338			

R^2 = 96.93; C.V. = 2.76%

Anexo 9

Análisis ANVA del efecto de los ácidos piroleñosos en el número de hojas jóvenes en plantas de tahuari.

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	4	12.2933	3.07332	105.15	0.000
Error	15	0.4384	0.02923		
Total	19	12.7317			

R^2 = 93.88; C.V. = 17.09%

Anexo 10

Análisis ANVA del efecto de los ácidos piroleñosos en el contenido de materia fresca de plantas de tahuari.

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	4	0.08215	0.020537	28.66	0.000

Error	15	0.01075	0.000717
Total	19	0.09290	

R^2 = 88.43; C.V. = 2.68%

Anexo 11

Análisis ANVA del efecto de los ácidos piroleñosos en el contenido de materia seca en gramos en Plantas de Tahuari.

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	4	0.006982	0.001745	32.98	0.000
Error	15	0.000794	0.000053		
Total	19	0.007775			

R^2 = 81.85; C.V. = 7.27%

Anexo 12

Análisis ANVA del efecto de los ácidos piroleñosos en el porcentaje de materia seca en plantas de Tahuari.

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	4	123.6	30.896	4.31	0.000
Error	15	107.6	7.173		
Total	19	231.2			

R^2 = 63.46; C.V. = 16.78%

Anexo 13

Recepción del área para la siembra de semillas de tahuari.



Anexo 14

Inicio de las actividades de acondicionamiento del área de siembra de tahuari.



Anexo 15

Remoción del sustrato para eliminación de las impurezas para la siembra de tahuari.



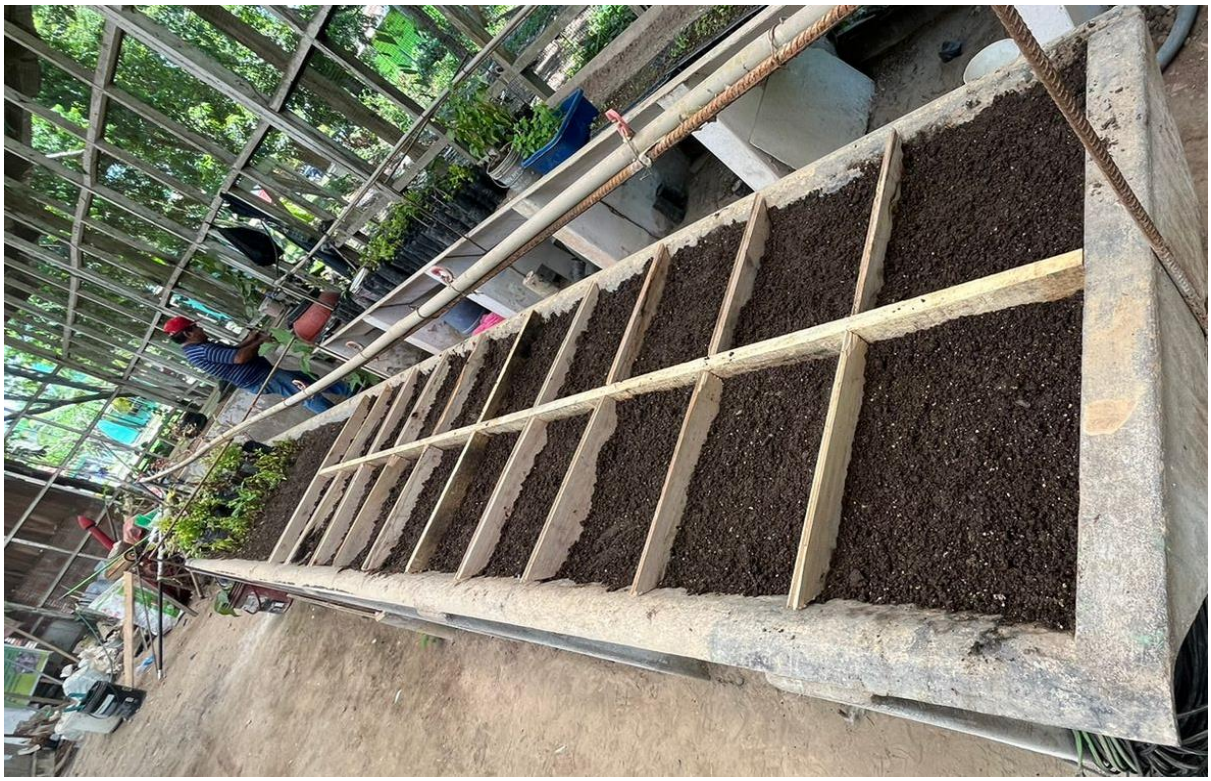
Anexo 16

División del área en tratamientos y repeticiones para la siembra de tahuari.



Anexo 17

Área lista para aplicación de desinfectante de sustrato para la siembra de semillas de tahuari.



Anexo 18

Inicio de la desinfección del área para la siembra de tahuari.



Anexo 19

Inicio de aplicación de tratamientos a semillas de tahuari.



Anexo 20

Aplicación de todos los tratamientos para la siembra de semillas de tahuari.



Anexo 21

Preparación de tratamientos para la siembra de semillas de tahuari.



Anexo 22

Vista general de la aplicación de varios tratamientos para la siembra de tahuari.



Anexo 23

Vista general del área experimental con sus respectivos tratamientos y repeticiones.



Anexo 24

Vista general del letrero con el título del trabajo de investigación.



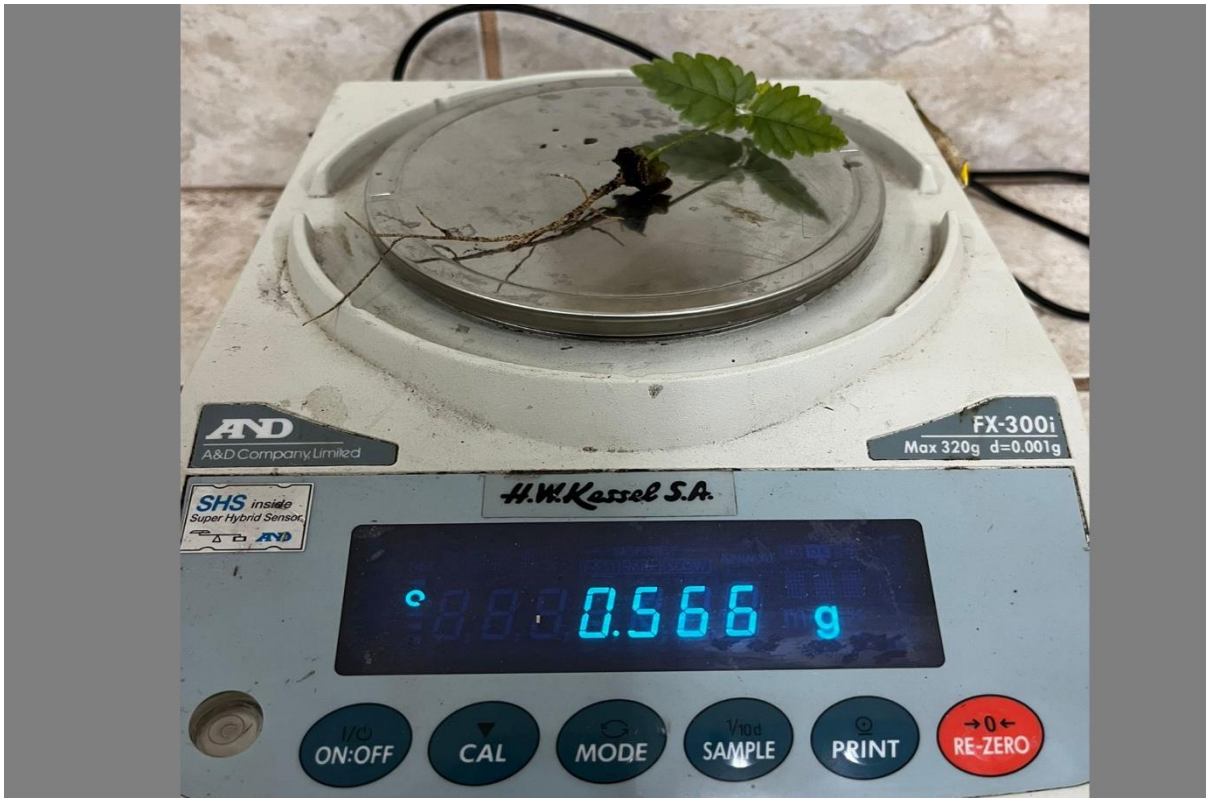
Anexo 25

Vista de plantas de tahuari, después de germinar.



Anexo 26

Evaluación de parámetros de crecimiento en plantas de tahuari.



Anexo 27

Evaluación de parámetros fiscos de los ácidos piroleñosos.



Anexo 28

Vista general de semillas de tahuari, sin germinar.

