

Evaluación de tratamientos pre-germinativos en diferentes sustratos para la germinación de
Acrocomia aculeata, en el municipio de Capitanejo, Santander.

Maira Alejandra Sanabria Tarazona, Michel Dayana Murillo Angarita

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Forestal

Director

Julián Mauricio Botero Londoño

PhD. en Ciencias Agrarias

Universidad Industrial de Santander

Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia

Programa de Ingeniería Forestal

Bucaramanga

2021

Dedicatoria

Maira Alejandra Sanabria Tarazona

A Dios por darme las fuerzas necesarias en los momentos en que más necesité, a mi compañero de vida Christian Domínguez por su apoyo incondicional y acompañamiento permanente, por su paciencia, por su comprensión, por su empeño, para hacer de este sueño una realidad y a mis hijos Valery y Alejandro que sin duda son mi referencia para el presente y para el futuro. A mi Hermana Lorena Sanabria, por brindarme su apoyo incondicional en todo momento, por los consejos sabios y el apoyo que me ha brindado. A mi madre Myriam Tarazona, por su demostrarme su cariño y su apoyo.

A todos ellos, muchas gracias de todo corazón.

Dedicatoria

Michel Dayana Murillo Angarita

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. A mi madre Nelsi Angarita, quien se alegró desde el primer día que empecé mi carrera, y con sus consejos, cariño y dedicación me ayudo en la conquista de este sueño. A mi padre Carlos Murillo, por sus consejos, esfuerzo y tenacidad, por forjar mi carácter y ayudarme a materializar este logro. A mi hermana Karen, por su apoyo incondicional durante toda mi carrera y a mi hermana Vanessa, por demostrarme su amor en cada momento. A mi tía Carmen Angarita, a quien quiero como una madre, por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuesta a escucharme y ayudarme en cualquier momento.

“Aunque supiera que mañana se acaba el mundo, hoy mismo plantaría un árbol.”

MARTIN LUTHER KING.

Agradecimientos

A Dios, por el don preciado de la vida, y la fuerza para continuar alimentando día a día este gran sueño.

A nuestros familiares, quienes se alegraron desde el primer día que empezamos nuestra carrera, y con sus consejos, cariño y dedicación nos ayudaron en la conquista de este sueño.

A nuestros docentes, por el aprendizaje, la paciencia y las anécdotas recibidas. Nuestro cariño y gratitud siempre estará con ustedes.

A nuestro director de tesis Doctor Julián Mauricio Botero Londoño, por su orientación y dirección en la ejecución del proyecto.

A nuestros compañeros, por su amistad, consejo y buenos hábitos que, al pasar el tiempo, se ven desarrollados en este maravilloso título.

Y a cada una de las personas que de una u otra manera son merecedores de nuestra alegría, y nuestro triunfo. Gracias, porque sin sus aportes hubiera sido muy difícil, el caminar por la conquista de este sueño, llamado ingeniero forestal.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	13
1 Objetivos	14
1.1 Objetivo General	14
1.2 Objetivos Específicos.....	14
2 Marco Referencial.....	15
2.1 Marco Teórico.....	15
2.2 Marco Histórico	18
2.3 Marco Conceptual.....	20
2.4 Marco Jurídico	21
3 Metodología	23
3.1 Ubicación	23
3.2 Diseño experimental	24
3.3 Adquisición de las semillas.....	24
3.4 Diseño y adecuación del área de germinación	24
3.5 Tratamientos pre-germinativos	26
3.5.1 Tratamiento pre-germinativo con peróxido de hidrógeno (T-H ₂ O ₂).	26
3.5.2 Tratamiento pre-germinativo con ácido giberélico (T-GA ₃).	26
3.5.3 Tratamiento pre-germinativo con nitrato de potasio (T-KNO ₃).	26
3.5.4 Tratamiento pre-germinativo con agua (T-H ₂ O).	26
3.5.5 Tratamiento pre-germinativo de control (T-Control).	26
3.6 Sustratos para germinación	27
3.6.1 Sustrato para germinación uno (S-1).	27
3.6.2 Sustrato para germinación dos (S-2).	27
3.6.3 Sustrato para germinación tres (S-3).	27
3.6.4 Sustrato para germinación cuatro (S-4).	27
3.6.5 Sustrato para germinación de control (S-control).	27
3.7 Desinfección del sustrato	28

3.8 Llenado de las bolsas	28
3.9 Siembra de las semillas	28
3.10 Riego	28
3.11 Variables a evaluar.....	29
3.11.1 Tiempo de germinación.	29
3.11.2 Porcentaje de germinación.	29
3.11.3 Costo de germinación.	29
3.12 Conformación de la base de datos y análisis estadístico.....	29
4 Resultados	30
4.1 Tiempo de germinación	30
4.1.1 Tiempo de germinación en el sustrato para germinación “uno” con todos los tratamientos pre-germinativos.	30
4.1.2 Tiempo de germinación en el sustrato para germinación “dos” con todos los tratamientos pre-germinativos.	32
4.1.3 Tiempo de germinación en el sustrato para germinación “tres” con todos los tratamientos pre-germinativos.	34
4.1.4 Tiempo de germinación en el sustrato para germinación “cuatro” con todos los tratamientos pre-germinativos.	36
4.1.5 Tiempo de germinación en el sustrato para germinación de “control” con todos los tratamientos pre-germinativos.	38
4.2 Porcentaje de germinación	40
4.3 Costo de germinación	42
5 Discusión.....	44
6 Conclusiones	46
7 Recomendaciones	47
Referencias bibliográficas.....	48
Apéndices.....	51

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Costo de los recursos implementados en el proceso de germinación.	42

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Mapa área de estudio.....	23
Figura 2. Diseño de plantación de un bloque con tratamientos pre-germinativos.....	25
Figura 3. Diseño de plantación de todos los bloques con sustratos para germinación.	25
Figura 4. Tiempo de germinación en el sustrato para germinación “uno” con todos los tratamientos pre-germinativos.	31
Figura 5. Tiempo de germinación en el sustrato para germinación “dos” con todos los tratamientos pre-germinativos.	33
Figura 6. Tiempo de germinación en el sustrato para germinación “tres” con todos los tratamientos pre-germinativos.	35
Figura 7. Tiempo de germinación en el sustrato para germinación “cuatro” con todos los tratamientos pre-germinativos.	37
Figura 8. Tiempo de germinación en el sustrato para germinación de “control” con todos los tratamientos pre-germinativos.	39
Figura 9. Número de semillas germinadas en todos los tratamientos con todos los sustratos.....	40
Figura 10. Número de semillas germinadas en todos los tratamientos con todos los sustratos....	41
Figura 11. Costo de germinación de las semillas germinadas en todos los tratamientos con todos los sustratos.....	43

Lista de Apéndices

	Pág.
Apéndice A. Insumos para la preparación de los sustratos.....	51
Apéndice B. Sustrato para germinación uno.....	51
Apéndice C. Sustrato para germinación dos, tres y cuatro.	52
Apéndice D. Sustrato para germinación de control.	52
Apéndice E. Bolsas para germinación.	53
Apéndice F. Tratamiento pre-germinativo con peróxido de hidrogeno.....	53
Apéndice G. Tratamiento pre-germinativo con ácido giberélico.....	54
Apéndice H. Tratamiento pre-germinativo con nitrato de potasio.	54
Apéndice I. Tratamiento pre-germinativo con agua.	55
Apéndice J. Tratamiento pre-germinativo de control.	55
Apéndice K. Siembra de las semillas.....	56
Apéndice L. Ubicación de las bolsas en el área de germinación.	56
Apéndice M. Área de germinación con diseño experimental.	57
Apéndice N. Conteo de germinaciones.....	57
Apéndice Ñ. Regado de las bolsas para germinación.	58
Apéndice O. Sustrato para germinación uno con los tratamientos.	58
Apéndice P. Sustrato para germinación dos con los tratamientos.	59
Apéndice Q. Sustrato para germinación tres con los tratamientos.	59
Apéndice R. Sustrato para germinación cuatro con los tratamientos.	60
Apéndice S. Sustrato para germinación de control con los tratamientos.....	60

RESUMEN

TITULO: Evaluación de tratamientos pre-germinativos en diferentes sustratos para la germinación de *Acrocomia aculeata*, en el municipio de Capitanejo, Santander¹.

AUTORES: Maira Alejandra Sanabria Tarazona.
Michel Dayana Murillo Angarita².

PALABRAS CLAVE: Latencia, Especie, Arecaceae, Reproducción.

DESCRIPCIÓN:

Debido a la dificultad que presentan algunas especies de la familia Arecaceae para reproducirse de forma natural por medio de la germinación de sus semillas, se genera la necesidad de investigar metodologías que propicien un mejoramiento de dicho problema, por medio de la acción directa de tratamientos que disminuyan la acción de la latencia propia de las semillas, por ende, se planteó mejorar el porcentaje de germinación y el tiempo de germinación de la especie *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. dicha especie perteneciente a la familia Arecaceae, debido a esto se postularon cinco tratamientos pre-germinativos de diferentes índoles, como sumergir las semillas en diferentes soluciones químicas con peróxido de hidrogeno, ácido giberélico, nitrato de potasio, agua y uno de control sin alteración alguna, adicionalmente se utilizaron cinco sustratos para germinación conformados en diferente proporción por diferentes insumos como tierra negra, cascarilla de arroz, cal agrícola, mantillo de bosque, caprinaza, turba y arena de rio, determinando por medio de los resultados obtenidos que las semillas de la especie *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. se ven afectadas significativamente por la acción de los tratamientos pre-germinativos y los sustratos, tanto así que se logró evidenciar como la cantidad de semillas germinadas aumentaba o disminuía por la acción de los sustratos y como el tiempo de germinación se reducía por la acción de los tratamientos pre-germinativos, cabe destacar que la combinación del sustrato con el tratamiento ideal se basó no solo en el rendimiento sino que también en la economía por medio de un análisis de costos de germinación.

¹ Trabajo de Grado

² Instituto de proyección Regional y Educación a Distancia. Programa de Ingeniería Forestal. Director: BOTERO LONDOÑO, Julián Mauricio. PhD. en Ciencias Agrarias.

ABSTRACT

TITLE: Evaluation of pre-germinative treatments in different substrates for the germination of *Acrocomia aculeata*, in the municipality of Capitanejo, Santander³.

AUTHORS: Maira Alejandra Sanabria Tarazona.
Michel Dayana Murillo Angarita⁴.

KEYWORDS: Latency, Species, Arecaceae, Reproduction.

DESCRIPTION:

Due to the difficulty that some species of the Arecaceae family present to reproduce naturally through the germination of their seeds, the need arises to investigate methodologies that promote an improvement of this problem, through the direct action of treatments that decrease the action of the seed's own dormancy, therefore, it was proposed to improve the germination percentage and the germination time of the *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. species, said species belonging to the Arecaceae family, due to this, five pre-germination treatments were postulated of different types, such as immersing the seeds in different chemical solutions with hydrogen peroxide, gibberellic acid, potassium nitrate, water and a control without any alteration, additionally five substrates were used for germination made up in different proportions by different inputs such as black soil, rice husk, agricultural lime, forest mulch, goat za, peat and river sand, determining through the results obtained that the seeds of the *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. species are significantly affected by the action of pre-germination treatments and substrates, so much so that it was possible to show how the amount of Germinated seeds increased or decreased due to the action of the substrates and as the germination time was reduced due to the action of the pre-germination treatments, it should be noted that the combination of the substrate with the ideal treatment was based not only on the yield but also in the economy by means of a germination cost analysis.

³ Bachelor Thesis.

⁴ Instituto de proyección Regional y Educación a Distancia. Programa de Ingeniería Forestal. Director: BOTERO LONDOÑO, Julián Mauricio. PhD. en Ciencias Agrarias.

Introducción

De acuerdo al conocimiento actual Colombia es uno de los países más diversos de palmas, debido a la posición geográfica del país en la esquina noroccidental del subcontinente y a la difícil topografía del país, a causa de la ramificación de la cordillera de los Andes (Galeano, Bernal & Figueroa, 2015), cabe resaltar que Colombia cubre 2,1 millones de km² que corresponden al 12% del continente suramericano, allí crecen 250 especies de palmas nativas distribuidas en 42 géneros, que corresponden al 55% de las especies y al 88% de los géneros de palmas de Suramérica (Balsleva, Pedersen, Navarrete & Pintaud, 2015).

La familia Arecaceae es un grupo ecológicamente importante y variado debido a la gran utilidad para la sociedad (Borchsenius & Moraes, 2006), los cultivos de la familia presentan rendimientos excelentes, por la cantidad de aceite que producen se han convertido en fuente principal de ingreso para los productores, incrementando los rangos económicos a nivel mundial; pero con la necesidad de generar procesos germinativos que conlleven a incrementar la cantidad de plantas, la rentabilidad y su producción de la especie *Acrocomia aculeata* (Minelli & Mingorance, 2004).

La extracción de los aceites genera subproductos totalmente aprovechables tales como la producción de aceite biodiesel, ayuda a la dieta de la alimentación animal, la madera, es de larga durabilidad y es utilizada en artesanías, construcciones rurales, las hojas abastecen de fibras textiles para la fabricación de redes, y artes de pesca (hilos de pescar), siendo esta especie una fuente importante a nivel ecológico, económico y cultural (Hernández, 2016). Debido a esto, es fundamental realizar estudios de germinación de semillas en la especie *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. en diferentes sustratos con tratamientos pre-germinativos para conocer y mejorar el porcentaje de germinación, con el fin de contribuir al gran potencial que posee.

1 Objetivos

1.1 Objetivo General

Evaluar tratamientos pre-germinativos en diferentes sustratos para la germinación de *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart, en el municipio de Capitanejo, Santander, Colombia.

1.2 Objetivos Específicos

- Evaluar los tratamientos pre-germinativos en las semillas de *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. de acuerdo al tiempo y la cantidad de germinación de plántulas.
- Analizar diferentes sustratos en la germinación de las semillas de *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. de acuerdo al tiempo y la cantidad de germinaciones de plántulas.
- Definir el valor de producción de las plántulas de *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. en cada tratamiento pre-germinativo y en cada sustrato.

2 Marco Referencial

2.1 Marco Teórico

El género *Acrocomia* se encuentra desde Centro América hasta Bolivia, teniendo una mayor presencia en regiones estacionalmente secas y con bajas altitudes a partir del nivel del mar, dicho genero contiene dos especies, una de las cuales es la especie *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. que precisamente alcanza a los Andes en el Noreste de Colombia (Pérez, 1956).

Según Díaz, Navarro & Ruíz (2018) la familia Arecaceae, se distribuye en las zonas de América tropical y subtropical; ampliamente distribuida desde México hasta Argentina, incluyendo las Antillas, pero ausente en Ecuador y Perú, la especie *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. perteneciente a dicha familia, es nativa de los bosques tropicales, ya que su crecimiento se da en zonas secas desde el nivel del mar hasta los 1300 m. s. n. m.

En Colombia la especie *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. se encuentra distribuida en la Región Caribe, Sur de La Guajira a Sucre y Cesar, Llanos Orientales y Cuenca del Cauca desde Ituango (Antioquia) hasta Toro (Valle del Cauca). Es una especie con fruto comestible debido a la presencia de una pulpa comestible cruda, además se realiza extracción doméstica del aceite de la semilla, se usa para la alimentación de gallinas y cerdos, y para la producción de vino derivado de la savia del tronco (Galeano, Bernal & Figueroa, 2015).

A pesar de sus múltiples usos, el cultivo de *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. (corozo) no ha sido productivo para los agricultores, debido a la dificultad de germinación de las semillas y la falta de estudios en esta área, la mayoría de las palmeras no se propagan vegetativamente y la germinación de las semillas es lenta y heterogénea, ya que la capa protectora (endocarpio) restringe

la absorción de agua, la difusión de oxígeno e impone resistencia mecánica, lo que resulta en problemas de emergencia de las plántulas que se caracterizan por tener latencia física (Ferreira & Gentil, 2006).

La especie *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. es una palma que puede alcanzar los 15 m de altura, tiene espinas, inflorescencias interfoliarias y su fruto es una drupa de textura lisa, sirve como fuente de alimento para el ganado, se adapta a diversas condiciones ecológicas, edafológicas y climáticas, puede tolerar intensas inundaciones estacionales, en rangos altitudinales amplios, con posibles presencias tanto en bosques como en sabanas, es resistente al fuego, a plagas y enfermedades, al laboreo intenso y a los agroquímicos, llegando a considerarse como una especie colonizadora de zonas degradadas (Lozada & Moraes, 2013).

Para Lorenzi (2006) la especie *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. presenta un tallo entre 10 a 15 m de altura y de 20 a 30 cm de diámetro, el tallo tiene una cobertura de espinas de color oscuro, hojas alternas, pinnadas de 4 a 5 m de longitud, tiene aproximadamente 130 folíolos de 30 a 60 cm de largo y 1 a 2 cm de ancho de color lustroso, el envés es verde claro con presencia de espinas en la región central y su copa da un aspecto de corona de plumas.

Respecto a las inflorescencias Henderson, Galeano & Bernal (2019) indican que aparecen entre las hojas, con forma de espádice y una longitud de 80 a 130 cm, siendo decurrentes y cubiertas por una bráctea, de igual forma señalan que en la base de las inflorescencias aparecen flores femeninas y en la parte superior las masculinas, afirmando que las flores son unisexuales.

Según Bandeira (2008) indica que el fruto de la especie *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. es una drupa globosa con diámetro entre 2,5 a 5,0 cm, la cual tiene un pericarpio quebradizo en la madurez y un mesocarpio fibroso, mucilaginoso, azucarado y rico en glicéridos de coloración amarillo-naranja, el endocarpio está fuertemente adherido al mesocarpio, posee una estructura

ósea, es de coloración oscura, tiene un espesor de aproximadamente 3 mm y contiene la almendra oleaginosa comestible, señalando que la fructificación ocurre todo el año y que los frutos maduran entre septiembre y junio.

La especie de *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. posee semillas ortodoxas de germinación lenta con alta latencia, formadas por un endospermo donde el embrión se localiza inmerso en un extremo, el embrión tiene forma cónica y de tamaño pequeño, siendo rico en material nutritivo, cubierto por una masa de tejido córneo o albumen, destacando que la morfología de la semilla es fundamental para el estudio de regeneración de la especie y para el análisis del ciclo vegetativo (Moura, 2008).

Acrocomia aculeata (Jacq.) Lodd. Ex Mart. es una palma heliófita donde su hábitat se encuentra en áreas abiertas a irradiación solar, se adapta a zonas con suelos arenosos y de bajo nivel de agua, se refleja mejor adaptación en suelos bien drenados y profundos, esta especie se conoce vulgarmente como el corozo, además no se reproduce en suelos pesados y mal drenados de naturaleza hidromórfica (Lorenzi, 2006); la especie *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. es resistente al fuego, en algunas regiones ganaderas logra invadir los potreros, por la acción de algunos dispersores de semillas como los cerdos y el ganado, ya que los frutos maduros caen al suelo, cabe resaltar que la especie presenta flores y frutos a lo largo del año (Bernal & Galeano, 2010).

Para González, Hernández Zúñiga & Serrano (2019) en los procesos de la germinación de las semillas del *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. se observó que el ácido giberélico (GA3) presentó efectos positivos, debido a la acción que tiene en las semillas, demostrando que este regulador del crecimiento en las plantas fue eficaz para romper la latencia de las semillas.

Según Rodrigues (2013) la germinación de las semillas de *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. es baja debido a la latencia y, por lo tanto, romper la latencia es importante para producir plántulas a escala comercial, en la primera etapa de germinación se hace la absorción de agua, la cual puede ocurrir de diferentes maneras en los tejidos de las semillas, puesto que el embrión absorbe agua continuamente a mayor velocidad debido al alargamiento y división celular, en contraste con otros tejidos de semillas donde no hay expansión de tejido; la absorción de semillas por inmersión en agua puede dañar a los embriones debido a la rápida absorción y menor difusión de oxígeno (Rodrigues, 2013).

Las semillas de *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. presentan latencia fisiológica no profunda, el cual se ha caracterizado por bloquear la eclosión de la germinación; debido a esto se utilizan diversos tratamientos previos a la germinación para superar la latencia en las semillas de palma, como los tratamientos térmicos pre-inmersión en agua, extracción del opérculo y del endocarpio, incluso tratamientos químicos (Sorol, Hauptenthal & Reckziegel, 2012).

2.2 Marco Histórico

A lo largo de la revisión de literatura se encontró uno de los primeros estudios de investigación realizados en América latina a la especie *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. desarrollado en el país de Brasil al inicio del año de 1983, la organización de la FAO, consultó con unos expertos sobre palmeras poco conocidas, se seleccionó el género *Acrocomia*, particularmente las especies *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. y *Acrocomia totai* Mart. como especies prioritarias y de gran importancia para la producción de aceite; En el año de 1984, países como Colombia, Bolivia, Paraguay y Estados Unidos en compañía con el Centro Nacional de Recursos Genéticos

(CENARGEN) presentaron un codicioso proyecto, demostrando los parámetros para muestrear los esenciales recursos genéticos de las especies de importancia económica del género *Acrocomia* a la Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) (Lleras, 1985).

En Brasil se llevó a cabo un estudio donde compararon el potencial de las dos especies Macauba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart.) y Mbocayá (*Acrocomia totai* Mart.) con las fuentes principales de aceite de palma donde se utilizaba de manera comercial, que eran el Dendé (*Elaeis guineensis*), con un trayectoria de 80 años de cultivo y más de 50 años de mejoramiento genético, con rendimientos productivos para extraer aceite de tres a siete t/ha y la palmera que presentaba el segundo mejor desarrollo, con una producción cercana a dos t/ha de aceite, perteneciente a la especie coco (*Cocos nucifera*), esos promedios fueron comparados con levantamientos hechos en donde se tuvieron en cuenta dos densidades de población, una con 200 individuos de palmas por hectárea, la cual arrojó una productividad de 25000 kg/ha de frutos y 6475 t/ha de aceite y la otra con 150 palmas por hectárea, de la cual se obtuvieron 9600 kg/ha de frutos y una producción de aceite de 1486 t/ha, lo que demostró el estudio fue que las nuevas especies introducidas demostraron ser competitivas y presentar un alto potencial de rendimiento (Wandeck & Justo, 1982).

Según los estudios realizados por Galeano & Bernal (2006) Colombia fue uno de los primeros países en evaluar formalmente bajo los parámetros de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) el estado de conservación de su flora de palma, presentando una evaluación actualizada del estado de conservación de las palmas colombianas, en donde se conoció que la mayoría de las especies ha mejorado sustancialmente; donde se encuentra disponible un folleto de la familia en todo el continente y se evidenció que la exploración de palmeras en el país ha cubierto muchas áreas sobre las cuales no se tenía conocimiento alguno.

Para la provincia de García Rovira en una amplia revisión de literatura, no se lograron encontrar investigaciones científicas veraces y soportadas por revistas científicas indexadas sobre tratamientos pre-germinativos en las semillas de la especie *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. por ende, se observa la oportunidad de investigar su germinación y comportamiento de la misma en la región.

2.3 Marco Conceptual

Bráctea: hoja que nace del pedúnculo de las flores de ciertas plantas, y suele diferir de la hoja verdadera por la forma, la consistencia y el color.

Cal: sustancia alcalina constituida por óxido de calcio, de color blanco o blanco grisáceo, que al contacto del agua se hidrata o se apaga, con desprendimiento de calor, y mezclada con arena forma la argamasa o mortero.

Endocarpio: capa interna de las tres que forman el pericarpio de los frutos, que puede ser consistencia leñosa, como el hueso del melocotón.

Espádice: inflorescencia en forma de espiga, con eje carnoso, y casi siempre envuelta en una espata.

Estipe: tallo sin ramas terminado en un penacho de hojas; como el de la palmera.

Grava: mezcla de piedra lisa y pequeña, arena y a veces arcilla que se encuentra en las orillas y cauces de los ríos y arroyos.

Heliófita: especie vegetal que requiere épocas muy soleadas.

Hidromórfica: perteneciente a suelos entre dos zonas caracterizados por un exceso de humedad permanente por lluvias, nieve o nivel freático muy cercano a la superficie.

Latencia: es el estado que impide la germinación de las semillas, en condiciones ideales se suelo, agua y luz.

Mesocarpio: capa intermedia de las tres que forman el pericarpio de los frutos, como la parte carnosa del durazno o melocotón.

Oleaginoso: Aceitoso.

Pericarpio: parte exterior de los frutos de las plantas, que cubre las semillas.

Sustrato: es la superficie en la que vive un animal o una planta, que está formada tanto por factores bióticos como abióticos.

Tratamiento pre-germinativo: son todos aquellos procedimientos necesarios para romper la latencia de las semillas, esto es, el estado en que se encuentran algunas tal que, estando vivas, no son capaces de germinar sino hasta que las condiciones del medio sean las adecuadas para ello.

2.4 Marco Jurídico

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Decreto 2811 (1974). Por medio de la cual se expide el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. (Congreso de Colombia, 1974).

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Decreto 1608 (31, julio, 1978). Por el cual se reglamenta el código nacional de los recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente. (Congreso de Colombia, 1978).

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 29 (27, febrero, 1990). Por la cual se dictan disposiciones para el fomento de la investigación científica y el desarrollo tecnológico y se otorgan facultades extraordinarias (Congreso de Colombia, 1990).

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 99 (22, diciembre, 1993). “Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones” (Congreso de Colombia, 1993).

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 101 (23, diciembre, 1993). Ley General de Desarrollo Agropecuario y Pesquero. (Congreso de Colombia, 1993).

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 139 (22, junio, 1994). Por la cual se crea el certificado de incentivo forestal y se dictan otras disposiciones. Bogotá D.C. 1994.

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 165 (09, noviembre, 1994). Por medio de la cual se aprueba el "Convenio sobre la Diversidad Biológica", hecho en Río de Janeiro el 5 de junio de 1992. (Congreso de Colombia, 1994).

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 939 (31, diciembre, 2004). “Por medio de la cual se subsanan los vicios de procedimiento en que incurrió en el trámite de la Ley 818 de 2003 y se estimula la producción y comercialización de biocombustibles de origen vegetal o animal para uso en Motores diésel y se dictan otras disposiciones.” (Congreso de Colombia, 2004).

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Resolución 970 (11, marzo, 2010). Por medio de la cual se establecen los requisitos para la producción, acondicionamiento, importación, exportación, almacenamiento, comercialización y/o uso de semillas para siembra en el país, su control y se dictan otras disposiciones. (Congreso de Colombia, 2010).

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 1518 (13, abril, 2012). Por medio de la cual se aprueba el “Convenio Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales”, del 2 de diciembre de 1961, revisado en Ginebra el 10 de noviembre de 1972, el 23 de octubre de 1978 y el 19 de marzo de 1991. (Congreso de Colombia, 2012).

3 Metodología

3.1 Ubicación

La presente investigación se llevó a cabo en el casco urbano del municipio de Capitanejo, Santander, en un área de 30 m². Capitanejo, tiene una precipitación anual de 938 mm, está localizado a los 6° 32' de latitud Norte y 72° 42' de longitud Oeste del meridiano de Greenwich, su relieve es montañoso, con alturas que van desde 1000 a 2200 m s. n. m., su clima presenta pisos térmicos correspondientes a las alturas de los 1000 a 2400 m s. n. m., con una temperatura media anual de 26 °C (IDEAM, 2020).

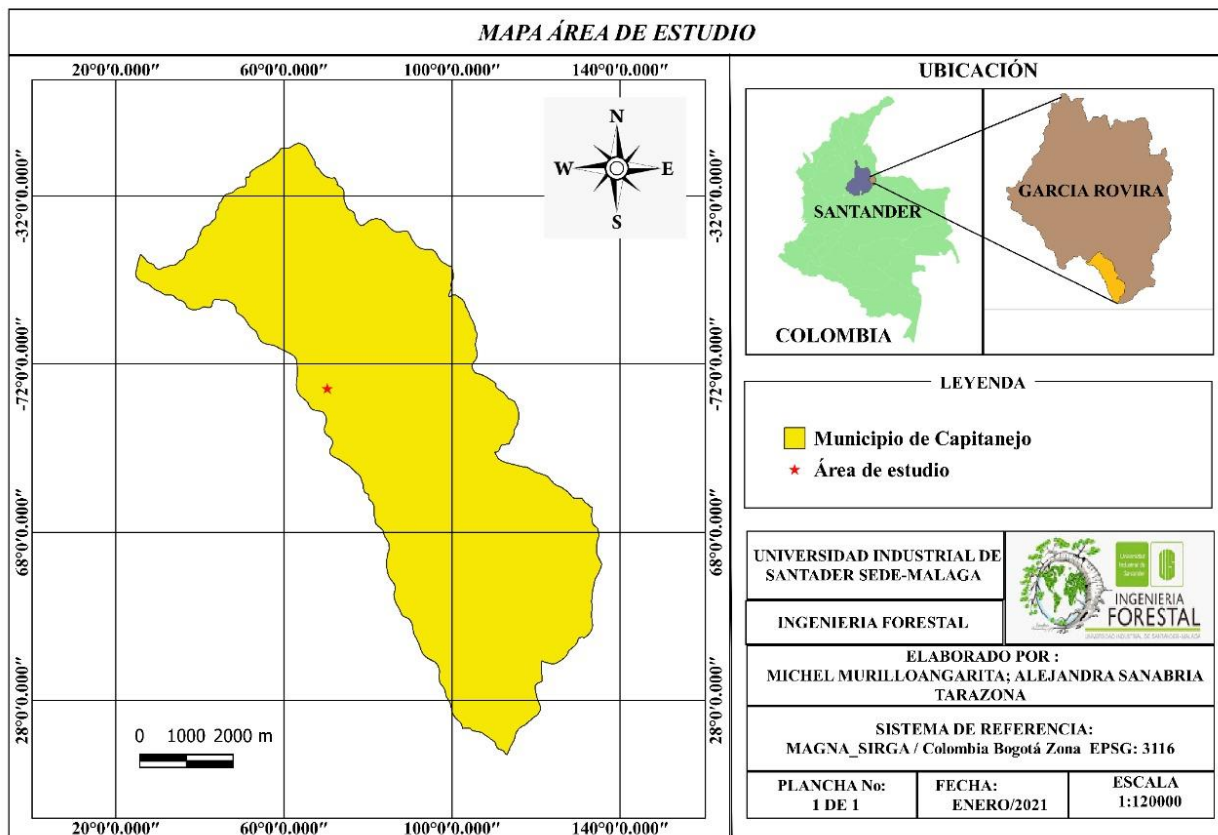


Figura 1. Mapa área de estudio.

3.2 Diseño experimental

La presente investigación tuvo un diseño de bloques completos al azar, implementando cinco tratamientos pre-germinativos y cinco sustratos sólidos en 200 semillas, de las cuales ocho semillas pertenecieron a una repetición del tratamiento pre-germinativo, en cuatro repeticiones, por ende, 40 semillas por tratamiento pre-germinativo.

3.3 Adquisición de las semillas

Todas las semillas fueron adquiridas en una casa comercializadora certificada para la venta de las mismas (El Semillero), con la finalidad de trabajar con el mismo porcentaje de germinación en todas las semillas.

3.4 Diseño y adecuación del área de germinación

El diseño experimental se conformó por cinco bloques, con subdivisiones de 44 cm de ancha por 44 cm de larga, cada bloque tuvo cinco columnas y cuatro filas de subdivisiones (Figura 2), delimitando sus áreas con hilo de nylon, para un total de 10 subdivisiones en total, cada bloque tuvo un sustrato especial y en él se ubicaron aleatoriamente las semillas procesadas con los tratamientos pre-germinativos.

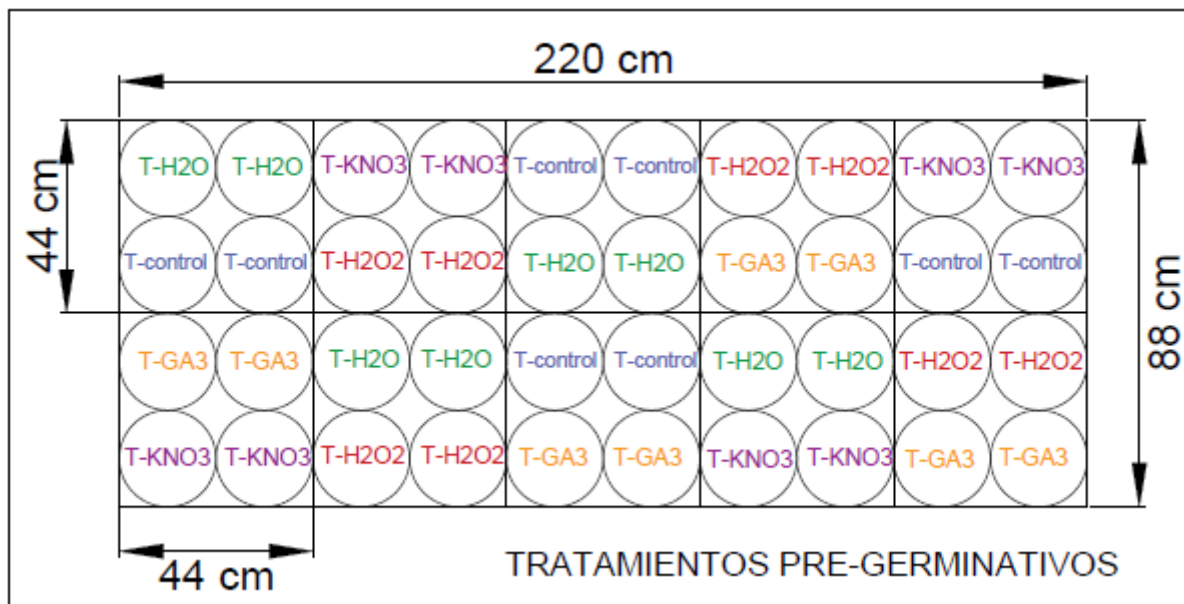


Figura 2. Diseño de plantación de un bloque con tratamientos pre-germinativos.

En el área de germinación se ubicaron 200 bolsas de plástico para germinación (Figura 3), cada bolsa tuvo dimensiones de 22 cm de alta por 22 cm de ancha, la distribución de los bloques se realizó aleatoriamente, con la finalidad de que todos los sustratos pudiesen tener la misma posibilidad de ubicación dentro de área de germinación.

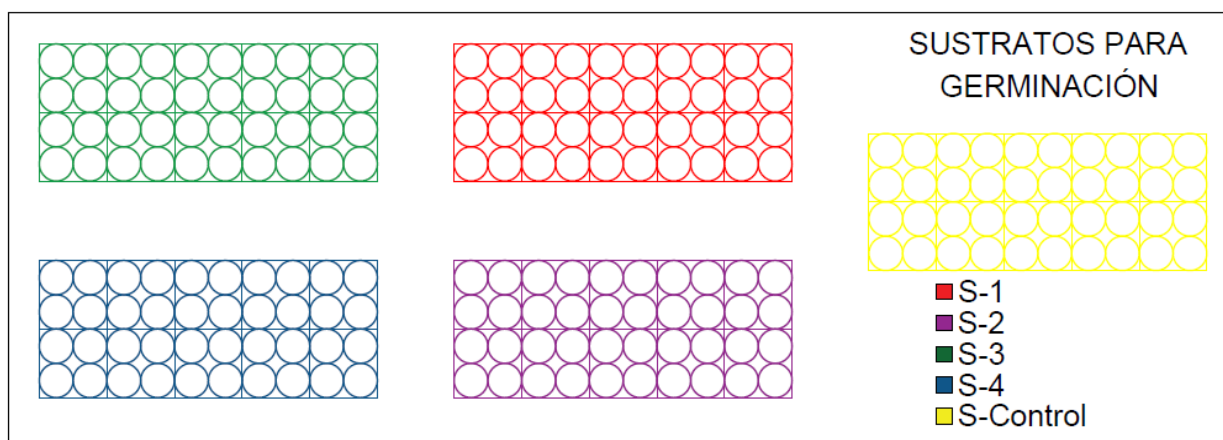


Figura 3. Diseño de plantación de todos los bloques con sustratos para germinación.

3.5 Tratamientos pre-germinativos

3.5.1 Tratamiento pre-germinativo con peróxido de hidrógeno (T-H₂O₂). Las cuarenta semillas tratadas con este tratamiento, fueron sumergidas por 24 hr previas a la siembra en una solución de peróxido de hidrogeno (solute) y agua (solvente) con una concentración de 0,3%.

3.5.2 Tratamiento pre-germinativo con ácido giberélico (T-GA₃). Las cuarenta semillas tratadas con este tratamiento, fueron sumergidas por 24 hr previas a la siembra en una solución de ácido giberélico (solute) y agua (solvente) con una concentración del 1%.

3.5.3 Tratamiento pre-germinativo con nitrato de potasio (T-KNO₃). Las cuarenta semillas tratadas con este tratamiento, fueron sumergidas por 24 hr previas a la siembra en una solución de nitrato de potasio (solute) y agua (solvente) con una concentración de 0,02%.

3.5.4 Tratamiento pre-germinativo con agua (T-H₂O). Las cuarenta semillas tratadas con este tratamiento, fueron sumergidas por 24 hr previas a la siembra en agua a temperatura ambiente.

3.5.5 Tratamiento pre-germinativo de control (T-Control). Las cuarenta semillas de este tratamiento fueron sembradas directamente sin recibir ningún tratamiento pre-germinativo.

3.6 Sustratos para germinación

3.6.1 Sustrato para germinación uno (S-1). El sustrato estuvo compuesto por 75 % de tierra negra, 23% de cascarilla de arroz y 2% de cal agrícola; garantizando homogeneidad en la distribución de los elementos dentro de la mezcla.

3.6.2 Sustrato para germinación dos (S-2). El sustrato estuvo compuesto por 50 % de tierra negra, 25% de mantillo de bosque, 23% de cascarilla de arroz y 2% de cal agrícola (Ca-P-S); garantizando homogeneidad en la distribución de los elementos dentro de la mezcla.

3.6.3 Sustrato para germinación tres (S-3). El sustrato estuvo compuesto por 45 % de tierra negra, 25% de mantillo de bosque, 20% de cascarilla de arroz y 10% de caprinaza; garantizando homogeneidad en la distribución de los elementos dentro de la mezcla.

3.6.4 Sustrato para germinación cuatro (S-4). El sustrato estuvo compuesto por 50 % de tierra negra, 20% de turba, 20% de cascarilla de arroz y 10% de caprinaza; garantizando homogeneidad en la distribución de los elementos dentro de la mezcla.

3.6.5 Sustrato para germinación de control (S-control). El sustrato estuvo compuesto por arena de río.

3.7 Desinfección del sustrato

La desinfección se realizó con Mertec 500, aplicando 10 cm³ por cada 2 l de agua, dejando actuar la aplicación de la solución por 24 hr en el sustrato.

3.8 Llenado de las bolsas

Las bolsas se llenaron en su totalidad con cada sustrato, compactando para evitar espacios porosos que afecten la germinación de las semillas.

3.9 Siembra de las semillas

Después de la aplicación de los tratamientos pre-germinativos en las semillas, se sembraron a 1 cm centímetro de profundidad, en el centro de la bolsa llena en cada sustrato.

3.10 Riego

El sustrato permaneció húmedo durante toda la investigación, el riego se realizó a tempranas horas de la mañana (5 am) y de la tarde (6 pm).

3.11 Variables a evaluar

3.11.1 Tiempo de germinación. La medición de esta variable se realizó con chequeos diarios a todas las bolsas, registrando el día en el que se presentaron germinaciones y la cantidad.

3.11.2 Porcentaje de germinación. Se realizó el cálculo del porcentaje de germinación, con el conteo de las semillas germinadas al finalizar el experimento y las semillas sembradas, con la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de germinación} = \frac{\text{Semillas germinadas}}{\text{Semillas sembradas}} * 100$$

3.11.3 Costo de germinación. Se realizó un análisis completo de los gastos en materiales, insumos y semillas por cada tratamiento pre-germinativo con cada sustrato, para determinar el costo unitario.

3.12 Conformación de la base de datos y análisis estadístico

Se utilizó el software Microsoft Excel (2016) para registrar los datos de las variables y generar la base de datos, que fue analizada estadísticamente con el software Advanced Analytics (SAS), con la prueba de rasgos múltiples de Duncan con una significancia menor o igual al 0,05 ($P < 0,05$).

4 Resultados

4.1 Tiempo de germinación

El tiempo de germinación se midió a partir de la primera germinación en todos los sustratos con tratamientos pre-germinativos, pero cabe aclarar que antes de que se presentara la primera germinación habían transcurrido 132 días desde la siembra de las semillas.

4.1.1 Tiempo de germinación en el sustrato para germinación “uno” con todos los tratamientos pre-germinativos. El tratamiento pre-germinativo T-GA₃ fue el primero en presentar germinaciones (Figura 4), pero sin presentar diferencias significativas ($P > 0,05$); encontrando diferencias significativas ($P < 0,05$) a partir del día 13 de presentadas las primeras germinaciones, dando como resultado una diferencia significativa ($P < 0,05$) del tratamiento T-GA₃, respecto a los otros tratamientos T-H₂O₂, T-KNO₃, T-H₂O y T-Control.

Se evidenció que el día 17 los tratamientos T-GA₃ y T-KNO₃ no presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre ellos, pero respecto a los tratamientos T-H₂O₂, T-H₂O y T-Control se evidenciaron diferencias significativas ($P < 0,05$).

Finalmente, el día 40 de presentadas las primeras germinaciones el tratamiento T-GA₃ presentó los mejores resultados respecto al tiempo de germinación, observando diferencias significativas ($P < 0,05$) respecto a todos los tratamientos, evidenciando que los tratamientos T-KNO₃, T-H₂O y T-Control no presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre sí, pero todos los tratamientos pre-germinativos presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) con el tratamiento T-H₂O₂ ya que dicho tratamiento no presentó ninguna germinación.

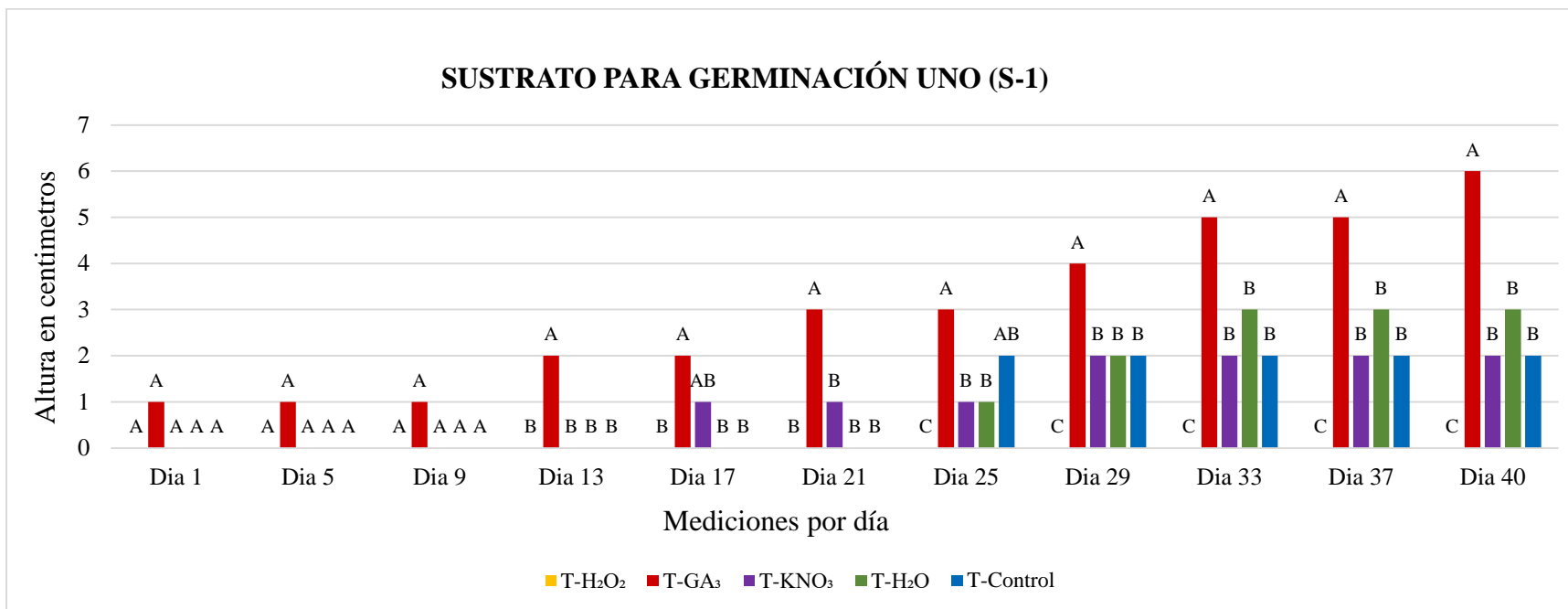


Figura 4. Tiempo de germinación en el sustrato para germinación “uno” con todos los tratamientos pre-germinativos.

4.1.2 Tiempo de germinación en el sustrato para germinación “dos” con todos los tratamientos pre-germinativos. Inicialmente no se evidenciaron germinaciones en ningún tratamiento pre-germinativo (Figura 5), por lo tanto no se presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre ellos; El día 13 se presentaron las primeras germinaciones el tratamiento pre-germinativo T-GA₃ fue el primero en presentar germinaciones, pero sin presentar diferencias significativas ($P > 0,05$) con los demás tratamientos pre-germinativos, pero encontrando diferencias significativas ($P < 0,05$) con todos los tratamientos pre-germinativos T-H₂O₂, T-KNO₃, T-H₂O y T-Control a partir del día 17.

Durante los días 25 y 29 los tratamientos T-GA₃ y T-KNO₃ no presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre sí, pero respecto a los tratamientos T-H₂O₂, T-H₂O y T-Control se evidenciaron diferencias significativas ($P < 0,05$).

Finalmente, el día 40 se presentaron las primeras germinaciones los tratamientos T-GA₃ y T-KNO₃ presentaron los mejores resultados estadísticamente, ya que no presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$) respecto al tiempo de germinación, cabe aclarar que el tratamiento T-GA₃ presentó diferencias significativas con todos los demás tratamientos T-H₂O₂, T-H₂O y T-Control y el tratamiento T-KNO₃ no presentó diferencias significativas ($P > 0,05$) con los tratamientos T-H₂O y T-Control, pero si presentó diferencias significativas con el tratamiento T-H₂O₂, ya que este último tratamiento no presentó ninguna germinación.

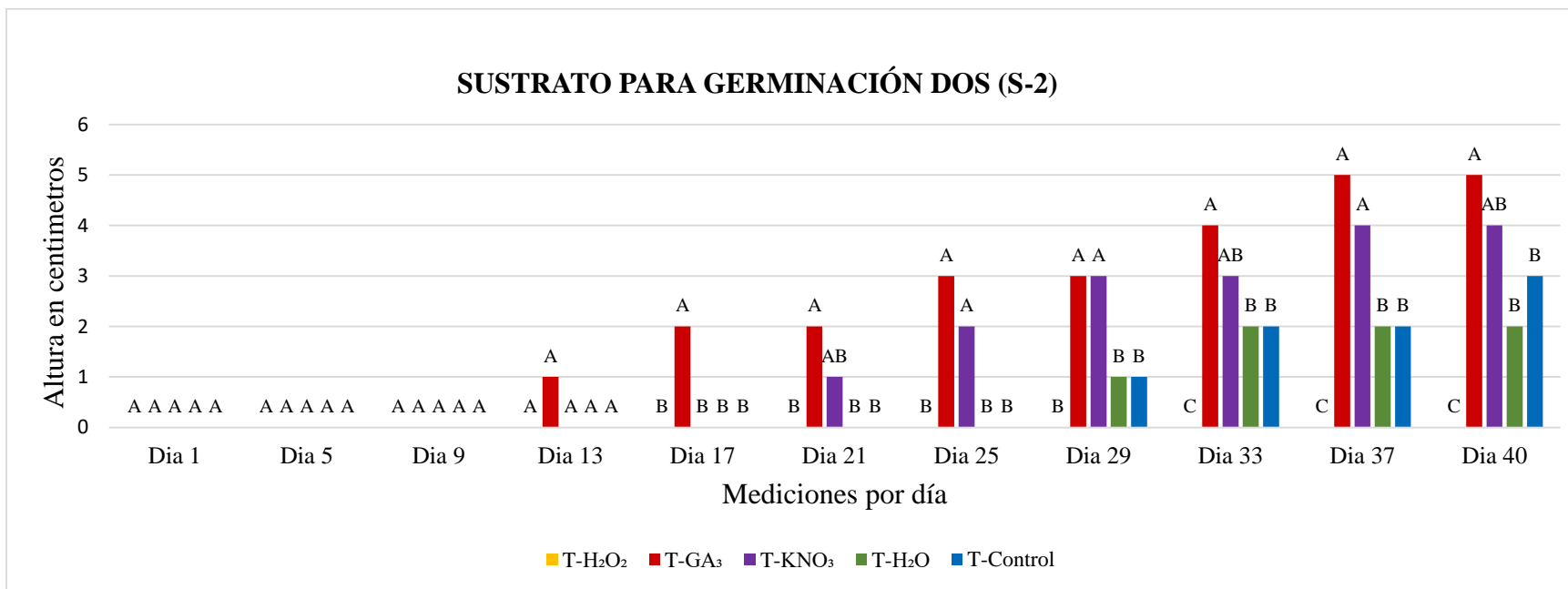


Figura 5. Tiempo de germinación en el sustrato para germinación “dos” con todos los tratamientos pre-germinativos.

4.1.3 Tiempo de germinación en el sustrato para germinación “tres” con todos los tratamientos pre-germinativos. El tratamiento pre-germinativo T-GA₃ fue el primero en presentar germinaciones (Figura 6), pero sin presentar diferencias significativas ($P > 0,05$); encontrando diferencias significativas ($P < 0,05$) a partir del día 9 de presentadas las primeras germinaciones, dando como resultado una diferencia significativa ($P < 0,05$) del tratamiento T-GA₃, respecto a los demás tratamientos T-H₂O₂, T-KNO₃, T-H₂O y T-Control.

Se evidencio que el día 17 los tratamientos T-GA₃ y T-H₂O no presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre ellos, pero si se presentaron con los tratamientos T-KNO₃ y T-Control quienes no presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre sí, adicionalmente todos los tratamientos presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) con el tratamiento T-H₂O₂.

Finalmente, el día 40 de presentadas las primeras germinaciones el tratamiento T-GA₃ presentó los mejores resultados respecto al tiempo de germinación, observando diferencias significativas ($P < 0,05$) respecto a todos los tratamientos, evidenciando que el tratamiento T-H₂O no presentó diferencias significativas ($P > 0,05$) con los tratamientos T-Control y T-KNO₃, aclarando que entre los tratamientos T-Control y T-KNO₃ si se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$), todos los tratamientos pre-germinativos presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) con el tratamiento T-H₂O₂, cabe resaltar que este tratamiento pre-germinativo logro presentar germinaciones en el sustrato para germinación tres, ya que en los demás sustratos evaluados no presentó ninguna germinación.

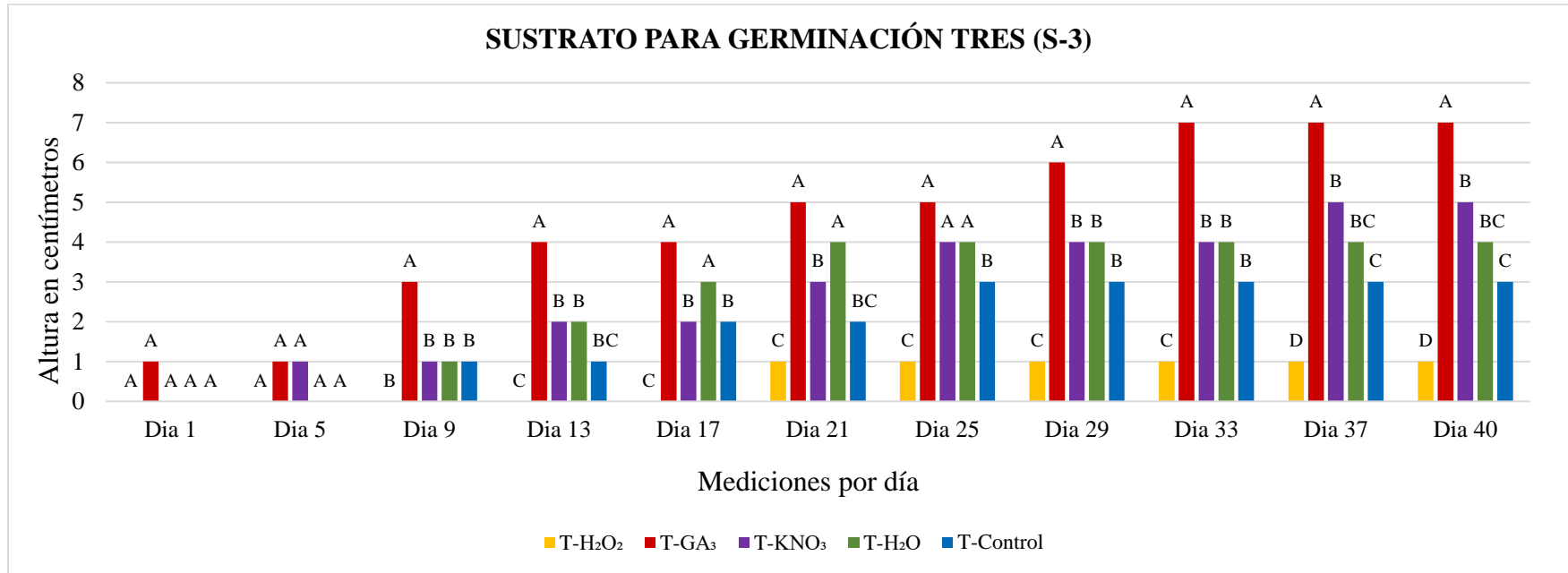


Figura 6. Tiempo de germinación en el sustrato para germinación “tres” con todos los tratamientos pre-germinativos.

4.1.4 Tiempo de germinación en el sustrato para germinación “cuatro” con todos los tratamientos pre-germinativos. El tratamiento pre-germinativo T-GA₃ fue el primero en presentar germinaciones (Figura 7) presentando diferencias significativas ($P < 0,05$) en el día 5 de presentadas las primeras germinaciones, dando como resultado una diferencia significativa ($P < 0,05$) del tratamiento T-GA₃, respecto a los demás tratamientos T-H₂O₂, T-KNO₃, T-H₂O y T-Control.

Se evidencio que el día 21 los tratamientos T-GA₃ y T-KNO₃ no presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre sí, pero si se presentaron con los tratamientos T-H₂O₂, T-H₂O y T-Control, de los cuales los tratamientos T-H₂O₂ y T-Control no presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre sí.

Finalmente, el día 40 de presentadas las primeras germinaciones el tratamiento T-GA₃ presentó los mejores resultados respecto al tiempo de germinación, observando diferencias significativas ($P < 0,05$) respecto a todos los tratamientos, evidenciando que el tratamiento T-KNO₃ Y T-H₂O no presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre sí, pero si con los demás tratamientos pre-germinativos, los tratamientos T-Control y T-H₂O₂ no presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre sí, a pesar que el tratamiento T-H₂O₂ no presentara ninguna germinación.

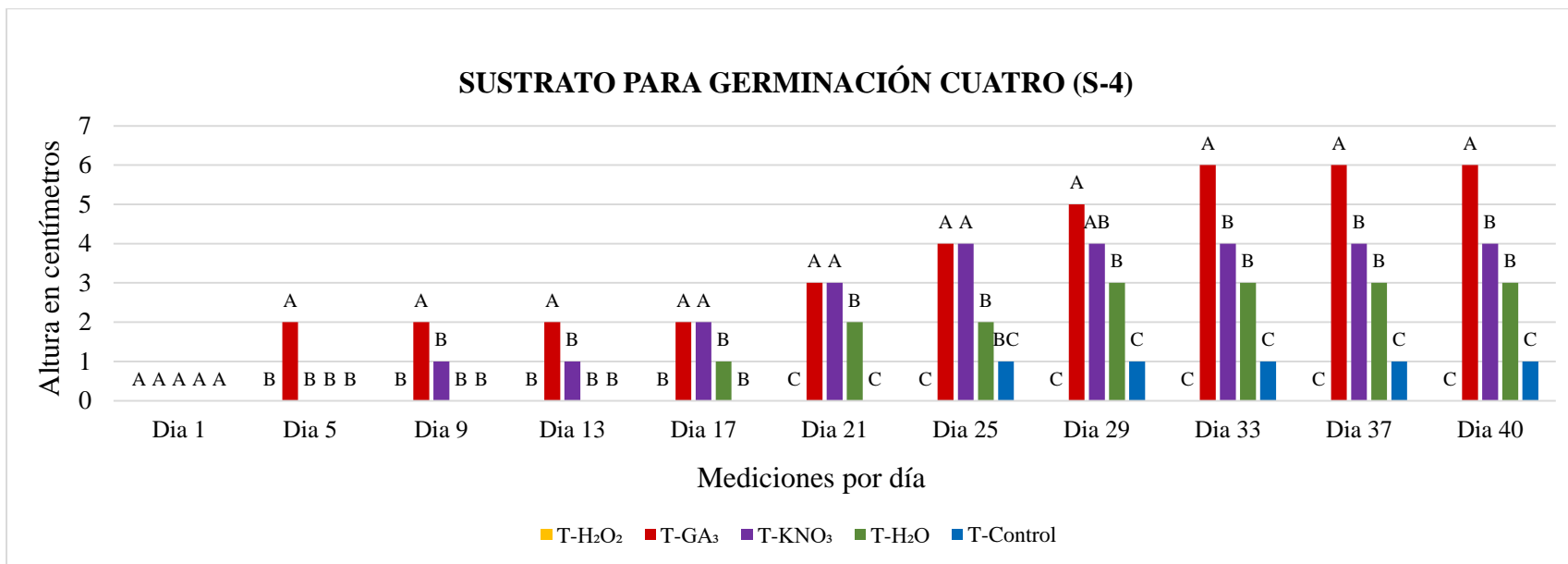


Figura 7. Tiempo de germinación en el sustrato para germinación “cuatro” con todos los tratamientos pre-germinativos.

4.1.5 Tiempo de germinación en el sustrato para germinación de “control” con todos los tratamientos pre-germinativos. El tratamiento pre-germinativo T-GA₃ fue el primero en presentar germinaciones (Figura 8) presentando diferencias significativas ($P < 0,05$) en el día 25 de presentadas las primeras germinaciones, dando como resultado una diferencia significativa ($P < 0,05$) del tratamiento T-GA₃, respecto a los demás tratamientos T-H₂O₂, T-KNO₃, T-H₂O y T-Control.

Las diferencias significativas ($P < 0,05$) mencionadas anteriormente se mantuvieron hasta el día 40, puesto que los demás tratamientos pre-germinativos no presentaron ninguna germinación, evidenciando que el tratamiento T-GA₃, fue el que mejores resultados presentó respecto al tiempo de germinación.

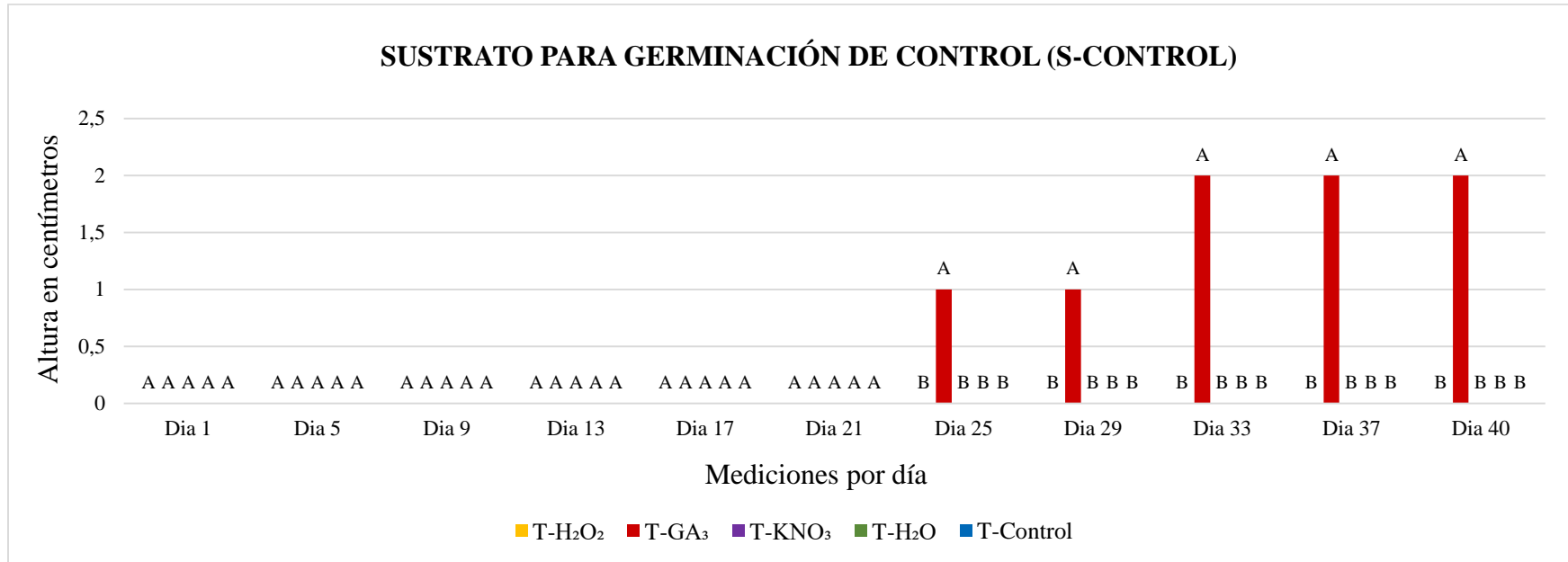


Figura 8. Tiempo de germinación en el sustrato para germinación de “control” con todos los tratamientos pre-germinativos.

4.2 Porcentaje de germinación

El tratamiento T-GA₃ fue el que presentó en todos los sustratos el mayor número de semillas germinadas (Figura 9), adicionalmente en el sustrato para germinación tres presentó el mejor rendimiento del T-GA₃ respecto al número de semillas germinadas, cabe resaltar que en el único sustrato en el que el T-GA₃ no presentó diferencias significativas ($P > 0,05$) con todos los tratamientos fue en el sustrato para germinación dos, debido a que el tratamiento T-GA₃ y el T-KNO₃ presentaron números similares en la cantidad de semillas germinadas cinco y cuatro respectivamente.

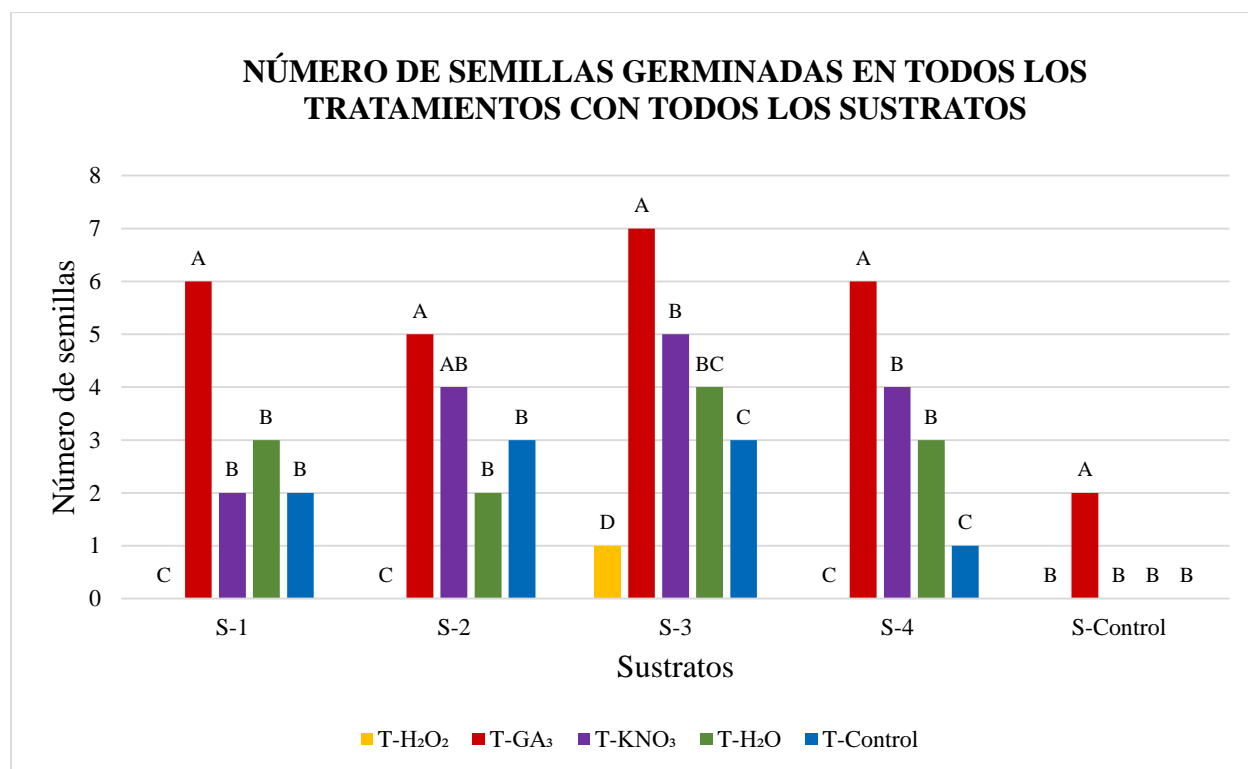


Figura 9. Número de semillas germinadas en todos los tratamientos con todos los sustratos.

Respecto al porcentaje de germinación (Figura 10) el tratamiento T-GA₃ obtuvo un 87,5% en el sustrato para germinación tres, siendo el mayor valor registrado en todas las combinaciones de tratamientos pre-germinativos y sustratos para germinación, adicionalmente el T-GA₃ registro el mismo porcentaje de germinación (75%) en dos sustratos para germinación (S-1 y S-4), por otra parte en el sustrato para germinación de control, el único tratamiento pre-germinativo que obtuvo germinaciones fue el T-GA₃, aclarando que el número de germinación alcanzo el 25% siendo el menor valor registrado.

El tratamiento pre-germinativo que registro el segundo mayor valor registrado fue el T-KNO₃ en el sustrato para germinación tres, logrando destacar que el sustrato para germinación tres, pudo aumentar los rendimientos de los tratamientos pre-germinativos, puesto que, en los demás sustratos, el tratamiento T-KNO₃ presentó los valores más elevados después del tratamiento T-GA₃.

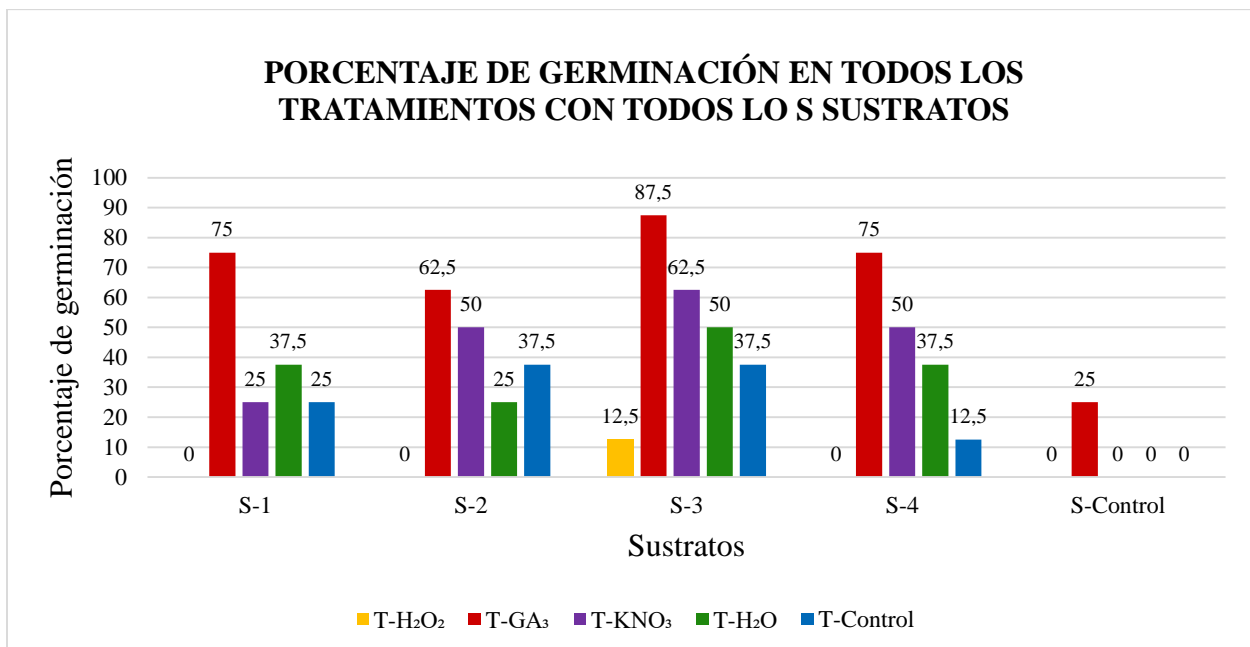


Figura 10. Número de semillas germinadas en todos los tratamientos con todos los sustratos.

4.3 Costo de germinación

Las metodologías de germinación evaluadas en la presente investigación, necesitaron de la implementación de algunos recursos (Tabla 1), los cuales se tuvieron en cuenta para calcular el costo de germinación por semilla (Figura 11), en cada tratamiento pre-germinativo con cada sustrato, destacando que ni el más económico 620 pesos (T-Control con S-Control) ni el más costoso 1021,5 pesos (T-KNO₃ con S-4) fueron los de mejores rendimientos; el de mejor rendimiento respecto al tiempo y germinaciones tuvo un costo de 810,8 pesos por semilla (T-GA₃ con S-3), claramente representando un costo promedio dentro de las posibles combinaciones de tratamientos pre-germinativos y sustratos evaluadas.

Tabla 1.

Costo de los recursos implementados en el proceso de germinación.

Ítem	Cantidad	Unidad	Costo/Unidad	Costo/Ítem
Semillas	1	Paquetes	72.000	72.000
Bolsas para vivero	4	Paquetes	3.000	12.000
Tierra	1	1/4 bulto	5.000	5.000
Peróxido de hidrógeno	1	120 mL	4.500	4.500
Ácido giberélico	1	10 gr	10.000	10.000
Nitrato de potasio	1	250 gr	10.000	10.000
Cascarilla de arroz	1	1/2 bulto	9.000	9.000
Turba	1	1/4 bulto	25.000	25.000
Cal agrícola	1	1/4 bulto	5.000	5.000
Caprinaza	1	bulto	8.000	8.000
Arena de río	1	1/4 bulto	4.000	4.000
Mantillo de bosque	1	bulto	8.000	8.000

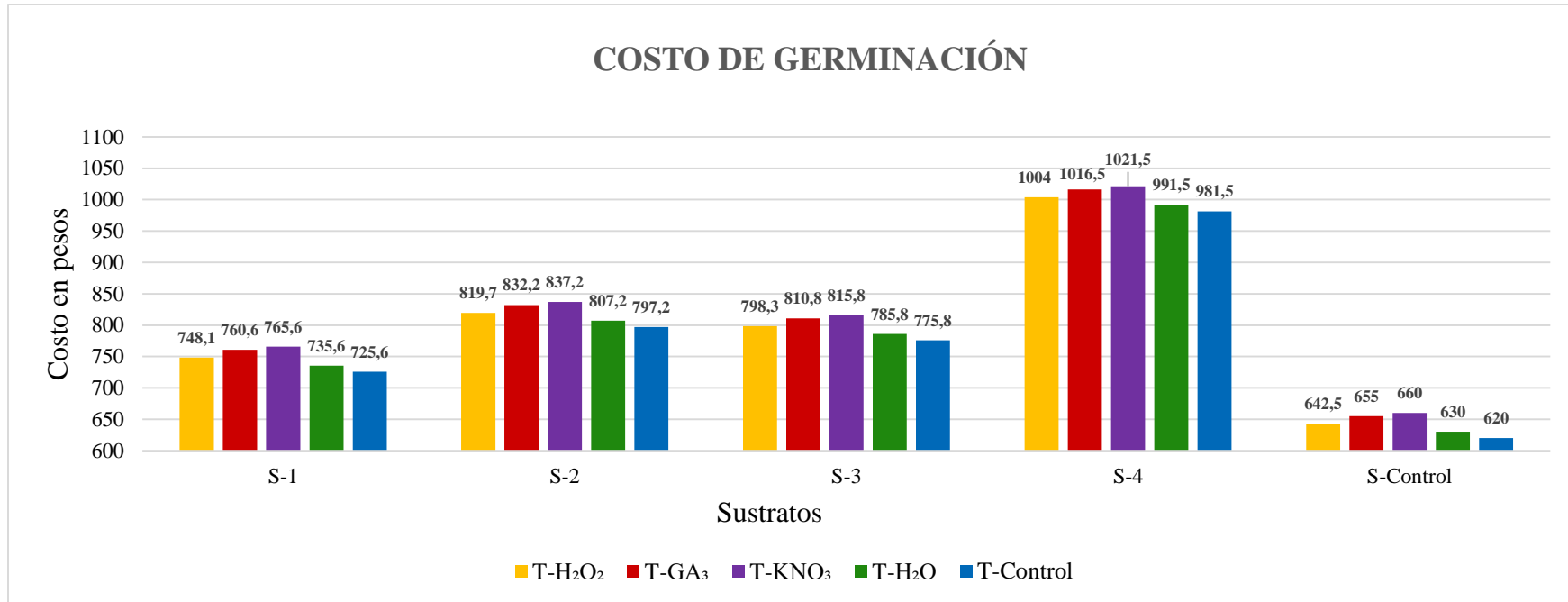


Figura 11. Costo de germinación de las semillas germinadas en todos los tratamientos con todos los sustratos.

5 Discusión

Según los estudios realizados por Sorol, Haupenthal & Reckziegel (2012), la germinación de las semillas de *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. pueden superar la latencia de las semillas y aumentar el porcentaje de germinación, si las mismas se tratan con tratamientos pre-germinativos, los autores mencionan tratamientos con inmersiones en agua, escarificaciones e inclusive acciones de productos químicos, la presente tesis de grado logra demostrar que los tratamientos pre-germinativos si mejoran el porcentaje de germinación, algo que los autores no mencionan es en que consisten las metodologías de los tratamientos mencionados, debido a esto la presente investigación logró determinar que el tratamiento pre-germinativo con ácido giberélico T-GA₃ es el de los mejores resultados para la presente tesis de grado, respecto al porcentaje de germinación.

Para Rodrigues (2013) las semillas de la especie *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. presentan una dificultad elevada en comparación con otras especies, puesto que la latencia de dichas semillas disminuye la germinación de las mismas, inclusive al punto de no presentar ninguna germinación, por consiguiente, Rodrigues (2013) menciona que se deben de evaluar algunos sustratos para germinación que permitan aumentar la cantidad de semillas germinadas, la presente tesis de grado logró ratificar lo mencionado por el autor, puesto que en definitiva los sustratos alteran la cantidad de semillas que logran germinar, puesto que el sustrato que mejores resultados presentó consistía en una mezcla de 45 % de tierra negra, 25% de mantillo de bosque, 20% de cascarilla de arroz y 10% de caprinaza, permitiendo no solo mantener la humedad ideal para las semillas de la especie, sino que también propiciar un ambiente lleno de nutrientes que le permitieran a las semillas desarrollarse en menor tiempo.

Los autores González, Hernández, Zúñiga & Serrano (2019) lograron determinar que el ácido giberélico (GA₃) puede romper la latencia de las semillas de múltiples especies de la familia Arecaceae, cabe mencionar que en la investigación no se evaluó la especie *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. pero la presente tesis de grado evaluó dicho tratamiento pre-germinativo, en el cual se evidenciaron los mejores resultados, cabe destacar que adicionalmente se evaluaron diferentes sustratos en conjunto con dicho tratamiento pre-germinativo, llegando a concluir que el tratamiento pre-germinativo se vio alterado en diferente medida por cada sustrato, algo que puede incidir es la recomendación de los autores González, Hernández, Zúñiga & Serrano (2019), quienes proponen evaluar el tratamiento en diferentes condiciones, puesto que no siempre presenta buenos resultados en algunos ambientes como los de poca retención de humedad.

Moura (2008) afirma que las semillas de la especie *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. presentan gran dificultad en los procesos de germinación natural, es decir con la siembra directa de las semillas sin realizar ningún proceso previo, por consiguiente, el autor en su investigación le realizó un lijado las semillas, especificando que sí mejoró la germinación de las semillas, logrando que germinaran en un 79%, pero el trabajo empleado en dicha acción es sumamente laborioso, puesto que lijar semilla por semilla consume tiempo y mano de obra, la presente tesis de grado teniendo en cuenta lo postulado por Moura (2008), evito la implementación del lijado de las semillas, pero aun así los resultados de los tratamientos pre-germinativos y los sustratos empleados en la presente tesis de grado lograron llegar a un 87,5% de germinación, aclarando que si bien se adiciono el factor del sustrato, se pudo evitar el lijado de las semillas con un aumento en el porcentaje de germinación significativo.

6 Conclusiones

Los tratamientos pre-germinativos evaluados en las semillas de *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. alteraron significativamente el tiempo y la cantidad de semillas germinadas, puesto que a lo largo de la investigación se pudo determinar que el tratamiento pre-germinativo T-GA₃ fue el que mejores resultados presentó en todos los sustratos, llegando a presentar hasta un 87,5% de porcentaje de germinación, adicionalmente cabe resaltar que el tratamiento T-GA₃ presentó germinaciones en el sustrato de control, en donde ningún otro tratamiento pre-germinativo presentó germinaciones.

El tiempo y la cantidad de germinaciones en las semillas de *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. se alteraron por la acción de los sustratos, puesto que en los resultados se evidencio como en los diferentes sustratos los tratamientos pre-germinativos presentaban germinaciones diferentes, por consiguiente, se logró determinar que el sustrato para germinación tres fue el que logró mejores resultados, ya que todos los tratamientos pre-germinativos presentaron la mayor cantidad de germinaciones en él, adicionalmente el sustrato para germinación tres fue el único en el que el tratamiento T-H₂O₂ logró presentar germinaciones.

El valor de producción de las plántulas en etapa de germinación de la especie *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. para la presente investigación oscilo entre los 620 pesos y los 1021,5; aclarando que la mejor combinación por términos de rendimientos económicos, respecto al tiempo y la cantidad de germinaciones fue la del tratamiento T-GA₃ en conjunto con el sustrato para germinación tres, ya que no solo presentaron los mejores resultados en las variables mencionadas anteriormente, sino que también tuvo un costo intermedio representando un ahorro significativo de recursos económicos con resultados ideales.

7 Recomendaciones

Para las futuras investigaciones se recomienda la búsqueda de alternativas que logren mejorar la germinación de las especies que como el *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. presentan dificultad germinativa por la alta latencia genética con la que cuentan las semillas, adicionalmente las investigaciones se deben basar en análisis económicos que pueden determinar la implementación en campo de los resultados obtenidos, puesto que existen algunos métodos que, por los altos costos de aplicación, bien sea en insumos o infraestructuras no se pueden implementar en múltiples empresas.

Se le hace un llamado a las empresas dedicadas a la venta de las semillas certificadas, que patrocinen las investigaciones, que puedan mejorar la germinación de las especies vegetales, dichos patrocinios pueden ser por medio del suministro de las semillas, puesto que podrían complementar la venta de las semillas, por medio de la sugerencia del uso de algunos tratamientos pre-germinativos con sustratos, que propicien mejores porcentajes de germinación a costos alcanzables.

Para los estudiantes de ingeniería forestal o carreras afines, se sugiere que se investiguen los tratamientos pre-germinativos y los sustratos, por medio de metodologías actualizadas, puesto que en la actualidad muchas de las investigaciones de la mayoría de especies se presentan en literaturas antiguas, debido a esto se deben de actualizar, por medio de la corroboración de los métodos ya funcionales o del descubrimiento de algún método con mejores resultados.

Referencias bibliográficas

- Balsleva, H., Pedersen, D., Navarreteb, H., & Pintaudc, J. (2015). 1. Diversidad y abundancia de palmas.
- Bandeira, F. (2008). Cultivo in vitro e embriogênese somática de embriões zigóticos de macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq). Loddiges).
- Bernal, R., & Galeano, G.(2010). Palmas de Colombia.
- Bogotá, D.C, Congreso de Colombia Ley 99 22 de Diciembre de 1993, Diario Oficial No. 41.146 (1993).
- Bogotá D.C, Congreso de Colombia Ley 842 09 de Octubre de 2003, Diario Oficial No. 45.340 (2003).
- Bogotá, D.C, Congreso de Colombia Ley 29 27 de Febrero de 1990, Diario Oficial No. 39.205 (1990).
- Bogotá D.C, Congreso de Colombia Ley 960 28 de Junio de 2005, Diario Oficial No. 45.954 (2005).
- Bogotá D.C, Congreso de Colombia Ley 1196 05 de Junio de 2008, Diario Oficial No. 47.011 (2008).
- Bogotá D.C, Congreso de Colombia Decreto 1608 31 de Julio de 1978, Diario Oficial No. 40.279 (1978).
- Bogotá D.C, Congreso de Colombia Decreto 2811 19 de Julio de 1974, Diario Oficial No. 39.386 (1974).
- Bogotá D.C, Congreso de Colombia Ley 139 21 de Junio de 1994, Diario Oficial No. 42.290 (1994).
- Bogotá D.C, Congreso de Colombia Ley 1286 23 de Enero de 2009, Diario Oficial No. 47.580 (2009).
- Bogotá D.C, Congreso de Colombia Ley 939 31 de Diciembre de 2004, Diario Oficial No. 44.973 (2004).
- Borchsenius, F. & Moraes, M. (2006). Diversidad y usos de palmeras andinas (Arecaceae). Botánica económica de los Andes Centrales, 412-433.

- Díaz, M., Navarro, R., & Ruíz, F.(2018). Morfoanatomía de embriones de *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.(Arecaceae). Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente, 24(1), 91-100.
- Ferreira, S. & Gentil, D. (2006). Extração, embebição e germinação de sementes de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*). Acta Amazonica, 36(2), 141-145.
- Galeano, G., Bernal, R., & Figueroa, Y. (2015). Plan de conservación, manejo y uso sostenible de las palmas de Colombia. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Universidad Nacional de Colombia, 27-38.
- Galeano, G., & Bernal, R. (2006). Peligro de palmas colombianas (Arecaceae): cambio a lo largo de 18 años. Botanical Journal of the Linnean Society , Volumen 151, Número 1., 55-163.
- González, I. M., Hernández, G. V., Zúñiga, K. S., & Serrano, E. A. (2019). Optimización de un protocolo de cultivo in vitro de embriones de Coyol (*Acrocomia aculeata*). Tecnología en Marcha, 32(4), 30-35.
- Henderson, A., Galeano, G., & Bernal, R. (2019). Guía de campo para las palmeras de las Américas (Vol. 5390). Princeton University Press.
- Hernández, A. (2016). La palma corajo, un recurso natural para la producción sostenible de aceite. . Cultivos tropicales, 37 (4), 13-33.
- Lleras, E. (1985). *Acrocomia*, um genero com grande potencial. línea]. En: Palmeiras uteis da America Tropical, Ed. Centro Nacional de Recursos Geneticos, Brasilia, Brazil, 3-5.
- Lorenzi, G. (2006). *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart. Arecaceae: bases para o extrativismo sustentável. Curitiba, PR.
- Lozada, S., & Moraes, M. (2013). Estructura poblacional del totaí (*Acrocomia aculeata*, Arecaceae) según presencia de ganado en localidades de Beni y Santa Cruz (Bolivia). Ecología en Bolivia, 48(2), 72-86.
- Minelli, F., & Mingorance F. (2004). El cultivo de la palma africana en el Chocó: legalidad ambiental, territorial y derechos humanos.
- Pérez, E. (1956). Plantas útiles de Colombia.
- Rodrigues, A. O. (2013). Captación de agua y tratamientos de pre-germinación en semillas de palma guacamaya (*Acrocomia aculeata* - Arecaceae).Journal of Seed Science, 35 (1).95-105.
- Sorol, C. B., Haupenthal, D. I., & Reckziegel, M. E. (2012). Caracterización de la germinación, la plántula y el crecimiento inicial de *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart. ROJASIANA Vol. 11 (1-2), 21-30.

Wandeck, F., & Justo, P. (1982). A macaúba, fonte energética e insumo industrial: sua significação econômica no Brasil. In [línea]. Simposio sobre o Cerrado, Brasilia, Brazil (Vol. 4).

Apéndices

Apéndice A. Insumos para la preparación de los sustratos.



Apéndice B. Sustrato para germinación uno.



Apéndice C. Sustrato para germinación dos, tres y cuatro.



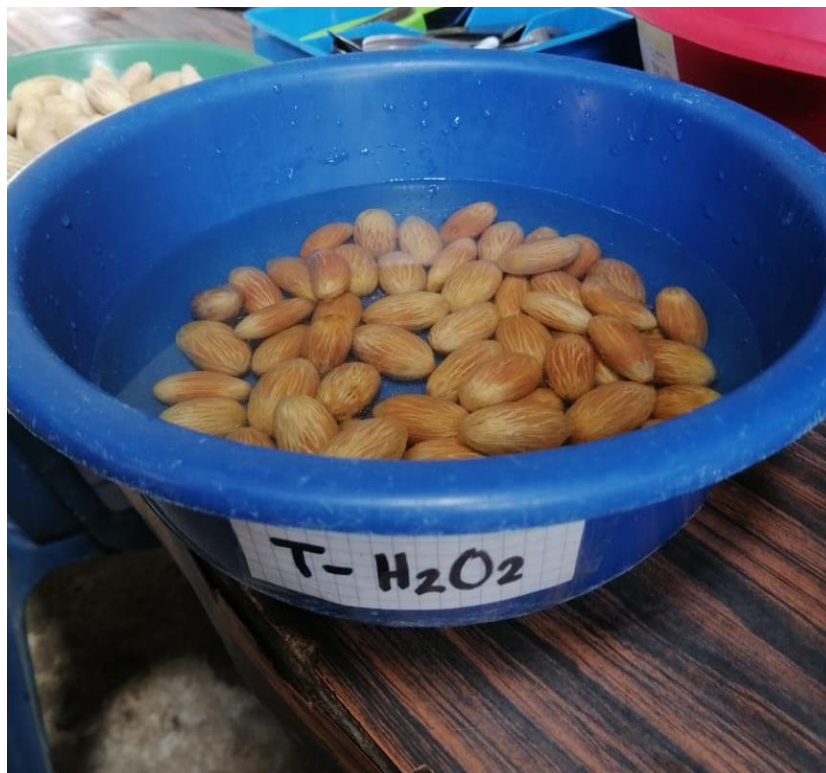
Apéndice D. Sustrato para germinación de control.



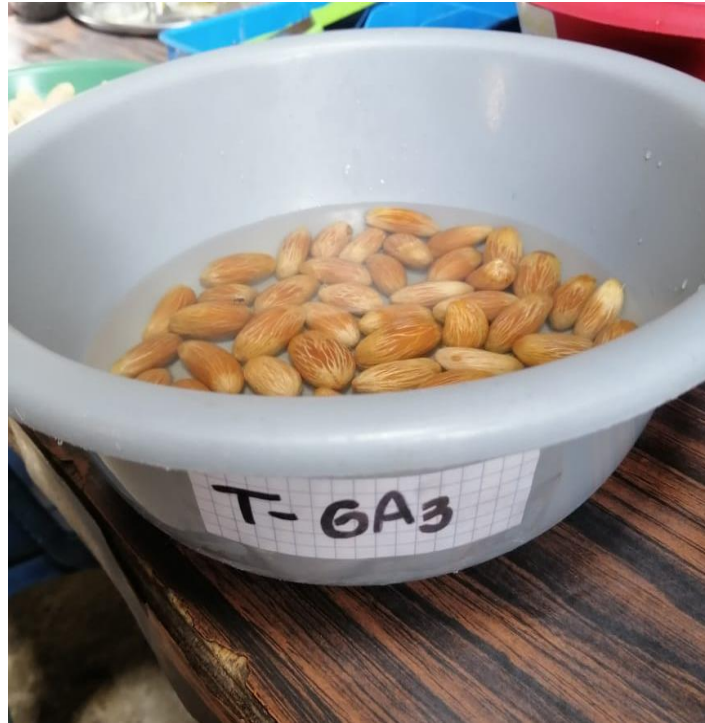
Apéndice E. Bolsas para germinación.



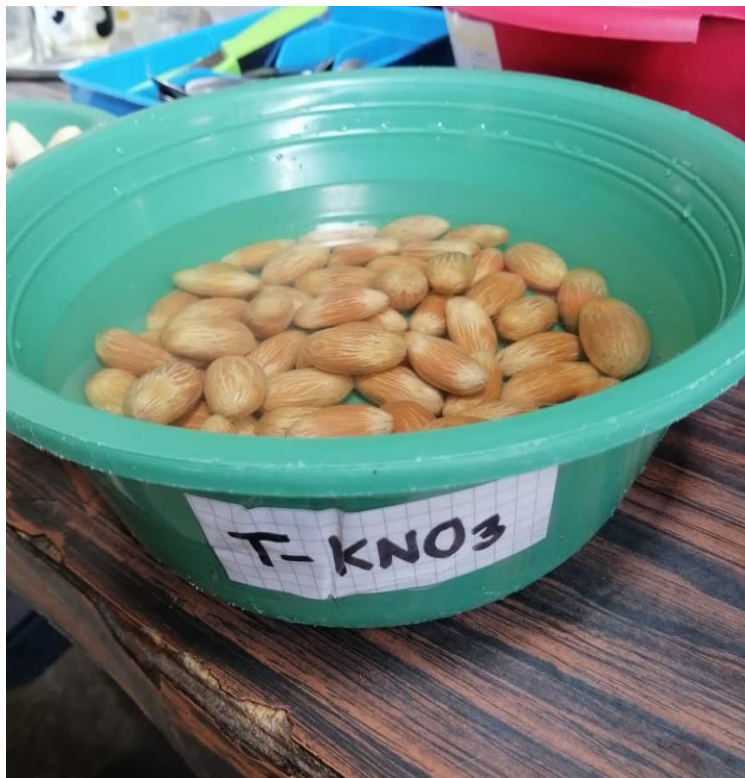
Apéndice F. Tratamiento pre-germinativo con peróxido de hidrogeno.



Apéndice G. Tratamiento pre-germinativo con ácido giberélico.



Apéndice H. Tratamiento pre-germinativo con nitrato de potasio.



Apéndice I. Tratamiento pre-germinativo con agua.



Apéndice J. Tratamiento pre-germinativo de control.



Apéndice K. Siembra de las semillas.



Apéndice L. Ubicación de las bolsas en el área de germinación.



Apéndice M. Área de germinación con diseño experimental.



Apéndice N. Conteo de germinaciones.



Apéndice Ñ. Regado de las bolsas para germinación.



Apéndice O. Sustrato para germinación uno con los tratamientos.



Apéndice P. Sustrato para germinación dos con los tratamientos.



Apéndice Q. Sustrato para germinación tres con los tratamientos.



Apéndice R. Sustrato para germinación cuatro con los tratamientos.



Apéndice S. Sustrato para germinación de control con los tratamientos.

