

PROPAGACIÓN *EX SITU* DEL HOBO *Spondias mombin* L (*Plantas: Anacardiaceae*),
ESPECIE AMENAZADA DE LA ORINOQUIA COMO ESTRATEGIA DE
CONSERVACIÓN



LAURA DANIELA FIGUEROA

DAYRA ALEJANDRA SERNA MORA



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL

VILLAVICENCIO

2022

PROPAGACIÓN *EX SITU* DEL HOBO *Spondias mombin* L (*Plantas: Anacardiaceae*),
ESPECIE AMENAZADA DE LA ORINOQUIA COMO ESTRATEGIA DE
CONSERVACIÓN

LAURA DANIELA FIGUEROA

DAYRA ALEJANDRA SERNA MORA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de Ingeniero Ambiental

Asesor

RODRIGO ISAAC VELOSA CAICEDO

BIOLOGO, M.Sc Recursos de Vida Silvestre

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

VILLAVICENCIO

2022

Autoridades Académicas

P. JOSÉ GABRIEL MESA ANGUELO, O. P.

Rector General

P. EDUARDO GONZÁLEZ GIL, O.P

Vicerrector Académico General

P. JOSÉ ANTONIO BALAGUERA CEPEDA, O. P.

Rector Sede Villavicencio

P. RODRIGO GARCÍA JARA, O.P.

Vicerrector Académico Sede Villavicencio

MG. JULIETH ANDREA SIERRA TOBÓN

Secretaria de División Sede Villavicencio

WILLIAM PEÑARANDA ZÁRATE

Decano de la Facultad de Ingeniería Ambiental

Nota De Aceptación

WILLIAM PEÑARANDA ZÁRATE

Decano de la Facultad de Ingeniería Ambiental

RODRIGO ISAAC VELOSA CAICEDO

Director trabajo de grado

DIEGO ANDREY CORTÉS NARANJO

Jurado

ALBERTO CORTES SANTOS

Jurado

Villavicencio, 01 de Julio de 2022

Dedicatoria

A Dios, a toda mi familia, mi mamá,
mi madrina, allegados y docentes de la universidad,
pero en especial a, mi abuela Miryam Figueroa, mi esposo Cesar Riveros
y mis dos hijos Montserrat Riveros F. y Gabriel Riveros F. porque son mi fortaleza
y a quien debo todo lo que soy y me han motivado a culminar este proceso,
el esfuerzo y la dedicación por sacarme adelante, mil gracias.

Laura Figueroa

A Dios, mis padres, toda mi familia, mis profesores y mi novio,
por su apoyo, su confianza y su amor,
gracias por ayudarme a cumplir cada uno de mis objetivos
y por ayudarme a crecer como persona y profesional en todo este camino.

Dayra Serna

Agradecimientos

En primer lugar, queremos dar gracias a Dios por permitirnos lograr esta meta, a nuestros padres y familiares por brindarnos los mejores valores en educación, respeto y apoyo incondicional para poder convertirnos en ingenieras ambientales.

De igual forma, agradecemos a cada uno de nuestros docentes por ser guías en este proceso durante los años de formación profesional, a la empresa Bosques, Suelos y Aguas BSA por la oportunidad de ejecutar el trabajo de grado en sus instalaciones, por su tiempo y confianza; de manera especial a nuestro director biólogo M.Sc Rodrigo Isaac Velosa Caicedo por ser incondicional en cada momento de este proceso, aportándonos conocimientos y confiando en nosotras en todo el desarrollo de nuestro trabajo de grado.

Contenido

	Pág.
Resumen	12
Abstract.....	14
1. Introducción	16
2. Objetivos	19
2.1 General.....	19
2.2 Específicos	19
3. Justificación.....	20
4. Alcance.....	22
5. Antecedentes	24
6. Marco de referencia.....	27
6.1 Marco teórico	27
6.2 Marco conceptual.....	29
6.3 Marco legal	30
7. Metodología	33
7.1 Fase 1: Determinar la viabilidad de las semillas de <i>Spondias mombin</i> por medio de pruebas de tinción en laboratorio de microbiología para su posterior propagación en el vivero.	34
7.1.1 Búsqueda de fuentes semilleras de la especie seleccionada.	34
7.1.2 Características o variables morfológicas de las semillas.....	35
7.1.3 Prueba de Viabilidad de la semilla.	35
7.1.4 Contenido de humedad de la semilla.....	36
7.2 Fase 2: Determinar la capacidad de germinación de <i>S. mombin</i> a través de un ensayo con cinco tratamientos pre germinativos.	36
7.2.1 Tratamientos pre germinativos.....	36
7.2.2 Germinación.	37
7.3 Fase 3: Generar lineamientos para un protocolo de propagación ex situ de la especie <i>Spondias mombin</i>	38
8. Resultados y Análisis	39
8.1 Fuentes semilleras.....	39
8.2 Morfometría de las semillas.....	44
8.3 Prueba de viabilidad de la semilla	48

8.4	Contenido de humedad	49
8.5	Tratamientos pre germinativos y germinación	52
9.	Discusión.....	55
10.	Conclusiones.....	58
11.	Recomendaciones	59
12.	Referencias bibliográficas	60
Anexos.....		66

Índice de figuras

	Pág.
Figura 1. Zonificación del centro de propagación de especies forestales tropicales (BSA, Esquema General de producción vegetal, 2020)	23
Figura 2. Cantidad de artículos científicos publicados por año en la base de datos Scopus con las palabras clave. Adaptado de “Scopus”	25
Figura 3. Esquema metodológico según las fases del proyecto.	33
Figura 4. Distribución de 13 fuentes semilleras de la especie <i>Spondias mombin</i>	40
Figura 5. Dendograma de similitud de los valores ponderados de las variables fenotípicas y fitosanitarias utilizadas para la valoración de plantas madre como fuentes semilleras.....	43
Figura 6. Distribución de frecuencias de variables morfométricas (Longitud, ancho, espesor) y peso de semillas discriminadas por categorías de clase para dos sitios de procedencia (Villavicencio y Guamal)	47
Figura 7. Fotos de semillas de <i>Spondias mombin</i> por procedencia A: Villavicencio; B: Guamal.	48
Figura 8. Fotografías de semillas de <i>Spondias mombin</i> A: teñidas (viable) B: no teñidas (Inviable) después de la aplicación de la solución de tinción 2,3,5 trifenil 2H tetrazolio....	49
Figura 9. Porcentaje de humedad y promedio en 5 repeticiones de 50 semillas para dos procedencias de la especie <i>Spondias mombin</i>	51
Figura 10. Comparación de índices de germinación de la especie <i>Spondias mombin</i> por tratamiento pre germinativo y dos sitios de procedencia	54
Figura 11. Árbol de <i>Spondias mombin</i> A: Villavicencio y B: Restrepo - Cumaral	70
Figura 12. Partes del árbol de <i>Spondias mombin</i> C: Hojas D: Corteza	73
Figura 13. Recolección manual de semillas de <i>Spondias mombin</i>	74

Índice de tablas

	Pág.
Tabla 1. Clasificación de los arboles evaluados (BSA, Protocolo Seleccin de fuentes semilleras , 2021).....	35
Tabla 2. <i>Distribución de 13 individuos registrados como fuentes semilleras en este estudio</i>	39
Tabla 3. Promedio de la altura total, altura comercial y diámetro a la altura del pecho de las fuentes semilleras de <i>Spondias mombin</i> registradas en el estudio.....	41
Tabla 4. Variación de la temperatura, precipitación y humedad en los sitios de registro de fuentes semilleras	42
Tabla 5. <i>Valores promedio, mínimo, máximo, coeficiente de variación CV, desviación estándar DE de la longitud, ancho, espesor y peso de 200 semillas de Spondias mombin en dos sitios de recolección (V: Villavicencio; G: Guamal)</i>	44
Tabla 6. Análisis de varianza de la longitud semilla	45
Tabla 7. Análisis de varianza del ancho de semilla	45
Tabla 8. Análisis de varianza del espesor de semilla.....	46
Tabla 9. Análisis de varianza del peso de semilla	46
Tabla 10. Porcentaje de viabilidad de semillas de <i>Spondias mombin</i> después de la prueba tinción con la solución 2,3,5 trifenil 2H Tetrazolio para semillas procedentes de dos sitios	48
Tabla 11. Variación del ancho (cm), peso húmedo (gr) y peso seco (gr) de semillas de <i>Spondias mombin</i> , en Villavicencio y Guamal	50
Tabla 12. Prueba T-student de los dos (2) sitios de recolección registrados.....	52
Tabla 13. Índice de germinación por procedencia según tratamiento pre germinativo de la semilla <i>Spondias mombin</i>	52
Tabla 14. Numero de semillas germinadas y velocidad de germinación en 5 tratamientos pre germinativos de la especie <i>Spondias mombin</i> durante un monitoreo de 30 días.	53

Índice de Anexos

	Pág.
Anexo 1. Formato para la selección de árboles semilleros	66
Anexo 2. Protocolo de propagación de <i>Spondias mombin</i>	70

Resumen

Spondias mombin es una especie que tiene importancia comercial, principalmente en cuanto a su uso como madera procesada, incrementado su valor maderable, ocasionando deforestación y afectaciones en el ambiente como la pérdida de recursos alimenticios para la fauna, ya que constituyen un elemento importante en la dieta de gran parte de los frugívoros y omnívoros especialmente los mamíferos; siendo este un aporte en la conservación y prevención de la erosión del suelo y la regulación del ciclo del agua.

Este proyecto tuvo como intención la búsqueda de métodos adecuados de propagación *ex situ* del árbol conocido como Hobo *Spondias mombin*, especie vulnerable de la Orinoquía Colombiana, y que presenta grandes retos para su conservación dada la fuerte y prolongada latencia de las semillas (entre 160 - 490 días) que dificulta su propagación *ex situ*. En este estudio se implementaron técnicas que permitieron evaluar la viabilidad del embrión de las semillas e iniciar un proceso de monitoreo para evaluar la efectividad de tratamientos pregerminativos como medio para romper la prolongada latencia de las semillas. Se desarrollaron tres (3) fases las cuales son fase 1. Determinar la viabilidad de las semillas de *Spondias mombin* por medio de pruebas de tinción en laboratorio de microbiología para su posterior propagación en el vivero, fase 2. Determinar la capacidad de germinación de *Spondias mombin* a través de un ensayo con cinco tratamientos pre germinativos, fase 3. Generar lineamientos para un protocolo de propagación *ex situ* de la especie *Spondias mombin* que incluyeron la búsqueda de fuentes semilleras en Villavicencio y municipios cercanos, la toma de datos dasométricos de las plantas madre, la realización de pruebas de viabilidad embrionaria con la prueba de tinción con tetrazolio, la determinación del contenido de humedad de las semillas, y el montaje de tratamientos pre germinativos para determinar su efecto sobre el porcentaje de germinación y la velocidad de germinación de las semillas. En cuanto a los resultados se obtuvieron 13 individuos de *Spondias mombin* registrados como fuentes semilleras. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los promedios de las variables dasométricas y el peso (ANOVA) en muestras de semillas procedentes de Villavicencio y Guamal. La viabilidad de las semillas según la prueba de tinción con tetrazolio fue baja, con un 0,6% de semillas viables en Villavicencio y para Guamal con 2%. No se encontraron diferencias significativas en los contenidos de humedad de semillas de las 2 procedencias. En cuanto a la germinación de

las semillas, esta fue extremadamente baja con una emergencia del 0,0024 del total de semillas tratadas con los diferentes métodos pre germinativos aplicados, para un periodo de monitoreo de solo 60 días. Se discute la interacción entre la morfometría de las semillas, la viabilidad del embrión y la viabilidad de las semillas reportada para un periodo de 60 días. Se recomienda continuar con el proceso de monitoreo de los tratamientos pregerminativos por un periodo de al menos 1 año, para evaluar el efecto de los mismos en todo el espectro de germinación reportado para la especie con un índice de germinación de 0,0024 del total de semillas tratadas en los diferentes tratamientos pregerminativos. La combinación de resultados previos bibliográficos con los datos de este estudio, permitieron definir un protocolo de manejo de la especie en vivero con miras a su propagación masiva *ex situ*.

Palabras clave: Propagación sexual, *Spondias mombin*, germinación, tratamientos pre germinativos, centro de propagación y conservación.

Abstract

Spondias mombin is a species of commercial importance, mainly for its use as processed wood, increasing its timber value, causing deforestation and environmental impacts such as the loss of food resources for wildlife, as it is an important element in the diet of most of the frugivores and omnivores, especially mammals; this is a contribution to the conservation and prevention of soil erosion and regulation of the water cycle.

The intention of this project was to search for adequate methods of *ex situ* propagation of the tree known as Hobbo -*Spondias mombin*, a vulnerable species from the Colombian Orinoquía, and which presents great challenges for its conservation given the strong and prolonged dormancy of the seeds (between 160 -490 days) that hinders its propagation *ex situ*. In this study, techniques were implemented that allowed evaluating the viability of the seed embryo and starting a monitoring process to evaluate the effectiveness of pregerminative treatments as a means to break the prolonged dormancy of the seeds. Three (3) phases were developed that included the search for seed sources in Villavicencio and nearby municipalities, the collection of dasometric data from the mother plants, the performance of embryonic viability tests with the tetrazolium staining test, the determination of the content of seed moisture, and the assembly of pre-germination treatments to determine their effect on the germination percentage and the speed of seed germination. Regarding the results, 13 individuals of *Spondias mombin* registered as seed sources were obtained. No statistically significant differences were found between the means of the dasometric variables and the weight (ANOVA) in seed samples from Villavicencio and Guamal. The viability of the seeds according to the tetrazolium staining test was low, with 0.6% of viable seeds in Villavicencio and 2% for Guamal. No significant differences were found in the moisture content of seeds from the 2 provenances. Regarding the germination of the seeds, this was extremely low with an emergence of 0.0024 of the total number of seeds treated with the different pre-germination methods applied, for a monitoring period of only 60 days. The interaction between seed morphometry, embryo viability and seed viability reported for a period of 60 days is discussed. It is recommended to continue with the monitoring process of pre-germination treatments for a period of at least 1 year, to evaluate their effect on the entire spectrum of germination reported for the species. The combination of previous

bibliographic results with the data of this study, allowed to define a management protocol for the species in the nursery with a view to its massive *ex situ* propagation.

Keywords: Sexual propagation, *Spondias mombin*, germination, pre-germination treatments, propagation and conservation center.

1. Introducción

En Colombia se encuentran distribuidas 22.840 especies de plantas, de las cuales 794 (28.8%) se encuentran en alguna categoría de riesgo de extinción debido principalmente a problemas asociados con la fragmentación del hábitat derivada de la creciente deforestación de las áreas naturales (Humboldt I. d., 2017). De un total de 441 especies de plantas forestales reportadas en alguna categoría de riesgo a nivel nacional (Cárdenas & Salinas, 2007) 73 (17%) de ellas, incluido el Hobo *Spondias mombin*, han sido priorizadas para la conservación en la región de la Orinoquía Colombiana. La fragmentación de los hábitats sumada al tráfico ilegal, la ampliación de la frontera agrícola y ganadera, el monocultivo, el leñateo, el cambio climático, el desconocimiento de la estructura de las poblaciones naturales incluyendo la propagación *ex situ*, el déficit financiero para la producción rural y la aplicación de políticas ambientales equivocadas por parte de entidades públicas y privadas, han sido establecidas como causas directas e indirectas de la disminución de las poblaciones de plantas silvestres en la Orinoquía (Red Nacional de Jardines botánicos de Colombia, 2013)

Spondias mombin es una especie que se distribuye naturalmente por todo el trópico americano, desde México hasta el norte de Perú y Brasil; su distribución alcanza los 1500 m.s.n.m en áreas de clima cálido húmedo, y ha sido naturalizada extensamente en África y Asia (Arce Romero, Monterroso Rivas, Gómez Díaz, & Cruz León, 2017). En Colombia se le ha registrado en los departamentos de Meta, Guaviare, Antioquia, Atlántico, Casanare, Chocó, Córdoba, Cundinamarca, La Guajira, Huila, Nariño, Santander, Tolima, Llanura del Caribe, Pacífico, Valle del río Cauca, y Valle del río Magdalena (Universidad EIA, 2018). El Hobo se caracteriza por sus hojas imparipinnadas con más de nueve folíolos, la corteza es profundamente fisurada y de color blancuzco, los frutos son de drupas carnosas de color amarillo, de aproximadamente 2 a 2.5 cm de grueso y de 3 a 4 cm de largo y que contiene una pepita de cerca de 2.5 cm de largo con semillas múltiples y sabor ácido; son dispersados al ser consumidos por monos aulladores y también por aves y murciélagos (Francis, 1992), consumidos en mercados locales (Morales Mora, 2020). Los árboles de Hobo en bosques naturales y en áreas abiertas producen muchos frutos que se consumen frescos o que se utilizan para elaborar jaleas y bebidas por las comunidades locales; en fases juveniles pueden ser utilizados como forraje y su madera, que, al ser liviana, se utiliza para elaborar molduras, paneles prensados, entrepaños, cajas y postes para cercas (Francis, 1992). La propagación se

realiza por medio de semillas, cuya germinación alcanzó hasta un 71% entre los 18-25 días según un estudio en Perú, debiendo ser trasplantada a los 221 días después de la germinación (Villacrés, y otros, 2010). También se propaga vegetativamente al colocar estacas de las ramas entre 50-100 cm de largo en suelo húmedo; de hecho, esta forma de propagación ha sido muy utilizada para el establecimiento de cercas vivas de la especie. Aunque el Hobo no se encuentra incluido en el Libro Rojo de especies de plantas amenazadas de Colombia (Humboldt I. d., 2021), la disminución de sus poblaciones particularmente en la región de la Orinoquía y en las cercanías de la ciudad de Villavicencio (R. Velosa, com. pers.), hacen que los estudios de propagación de esta especie como una forma de conservación, sea de interés para las ciencias ecológicas y ambientales.

La conservación *ex situ* tiene como finalidad el mantenimiento de poblaciones viables de especies que son por lo general vulnerables a procesos de extinción o cuyos hábitats naturales han sido fuertemente alterados por acciones antrópicas (Engelmann, et.al, 2015). Esta estrategia de conservación implica entre otros el desarrollo de métodos de propagación *ex situ*, las cuales permiten recuperar una especie, favoreciendo su preservación y/o protección para su posterior reintegración a su hábitat natural mediante acciones de reforestación o de restauración ecológica. Dada la declinación de las poblaciones del Hobo en ambientes naturales y su prevalencia, también en bajas cantidades, en áreas abiertas muy disturbadas (márgenes de carreteras y caminos, cercos en potreros, áreas de explotación maderera, pozos petroleros), hace que la propagación *ex situ* de esta especie sea una necesidad.

Estudios enfocados a determinar la eficacia de la germinación de las semillas y al empleo experimental de diversos tratamientos pre germinativos para estimularla, configuran una solución a la realidad de los ecosistemas de la región, dado que la producción en vivero relaciona una mejora a la reforestación o restauración ecológica posterior. El mejoramiento de los procesos para la producción de material vegetal, incluyendo el de *Spondias mombin* propuesto en este estudio, genera un valor agregado a las estrategias de conservación y recuperación de especies forestales vulnerables a extinción y de sus hábitats naturales. La propagación *ex situ* de especies vulnerables abarca un campo de las ciencias ambientales del país y de la región, siendo un instrumento para dar solución a las necesidades específicas del departamento del Meta, en términos de la deficiencia en los viveros de especies vegetales

nativas promisorias que contribuyan a suplir las demandas de plantas para reforestación y restauración ecológica de ecosistemas y paisajes.

Esta investigación, que parte de la aplicación de un diseño experimental robusto como ejercicio de la ingeniería ambiental, incluyó el estudio de la variación de las características morfométricas, del contenido de humedad, de la viabilidad y del porcentaje de germinación de las semillas de la especie *Spondias mombin*, a partir de ensayos experimentales con cinco (5) tratamientos pre germinativos en el laboratorio de microbiología de la Universidad Santo Tomas y en el vivero de la Empresa Bosques, Suelos y Aguas. Esta empresa, localizada en Villavicencio, realizó el apoyo logístico y financiero del presente proyecto durante seis (6) meses, como parte de la implementación del macroproyecto “Centro de Propagación de Especies Forestales Tropicales” presentado de manera conjunta por la empresa Bosques, Suelos, Aguas y la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Santo Tomás Sede de Villavicencio, a la Convocatoria MinCiencias-Sena-Innova 2021

2. Objetivos

2.1 General

Evaluar la capacidad reproductiva y la germinación *ex situ* de la especie *Spondias mombin* por medio de pruebas de viabilidad y ensayos experimentales pre germinativos como contribución a la generación de un protocolo de propagación.

2.2 Específicos

- Determinar la viabilidad de las semillas de *Spondias mombin* por medio de pruebas de tinción en laboratorio de microbiología para su posterior propagación en el vivero.
- Establecer la capacidad de germinación *ex situ* de *Spondias mombin* por medio del uso de cinco (5) tratamientos pre germinativos con el fin de poner a prueba diferentes combinaciones mecánicas de escarificación de la semilla.
- Generar lineamientos para un protocolo de propagación *ex situ* de la especie *Spondias mombin*

3. Justificación

Spondias mombin es una especie originaria de América tropical de la familia Anacardiaceae que se extiende desde México hasta Perú y Brasil; es un árbol de tamaño medio que alcanza alturas hasta de 25 m, el fruto es una drupa de 3-4 cm de longitud con un meso carpo pétreo y un exocarpo carnoso, el número de semillas varía entre 600 – 700/kg pero las viables son mínimas, su propagación es sexual y asexual, el fruto es comestible y la madera se utiliza en ebanistería, es una especie útil para control de erosión y conservación de suelos; no se encuentra registrada en alguna categoría de riesgo de extinción en Colombia, pero según evidencias sus poblaciones han disminuido en la región de la Orinoquía (Pizano, y otros, 2014) (Cárdenas & Salinas, 2007).

Las semillas de especies amenazadas son fuente inmediata de germoplasma de gran importancia en el desarrollo de procesos de conservación lo mismo que para procesos de innovación y transferencia tecnológica (Pence, y otros, 2020). Sin embargo, el poco conocimiento sobre las técnicas necesarias para el manejo de especies *ex situ*, dificulta la producción de material vegetal para proyectos de conservación, rehabilitación, restauración ecológica y de biotecnología (Vásquez Morales & Ramírez Marcial, 2019)

La mayoría de las especies de plantas amenazadas de extinción tienen porcentajes bajos de germinación debido a diversos tipos de latencia del embrión (morfológica, física, química, mecánica, fisiológica) (Bacca Acosta, Burbano Martinez, & Moreno Muñoz, 2020). Para eliminar la latencia, se pueden aplicar diferentes tratamientos pre germinativos (Vásquez Morales & Ramírez Marcial, 2019). En este estudio se puso a prueba varios tratamientos pre germinativos para determinar su eficiencia en la germinación de las semillas. Esto permitió avanzar en el conocimiento sobre estrategias efectivas de propagación *ex situ* de la especie incluida. De igual manera, se mejora la eficiencia en la planificación y gestión ambiental de las instituciones ya que se podrían replicar los protocolos de propagación y manejo de las especies hacia las comunidades, principalmente de aquellas que generan su subsistencia a partir del uso de plantas principalmente maderables.

Los tratamientos pre germinativos a ensayar, pueden incrementar el potencial de germinación de la especie amenazada lo cual podrá llevar a la producción de un gran número de plántulas para su incorporación en los programas de conservación y restauración de las

entidades. De la misma manera los ejecutores de proyectos de reforestación, rehabilitación y restauración ecológica no utilizan especies amenazadas en sus proyectos, dadas las dificultades para la consecución de material vegetal en los viveros. Este proyecto permitió mejorar los procesos para la producción de material vegetal de *Spondias mombin* generando un valor agregado en las estrategias de conservación y recuperación de especies amenazadas y de sus hábitats naturales.

Este proyecto forma parte de la línea de investigación en biodiversidad y conservación de la facultad de ingeniería ambiental y contribuye a su desarrollo y a la gestión de alianzas interinstitucionales con entidades y empresas interesadas en la propagación de especies forestales tropicales de la región de la Orinoquia.

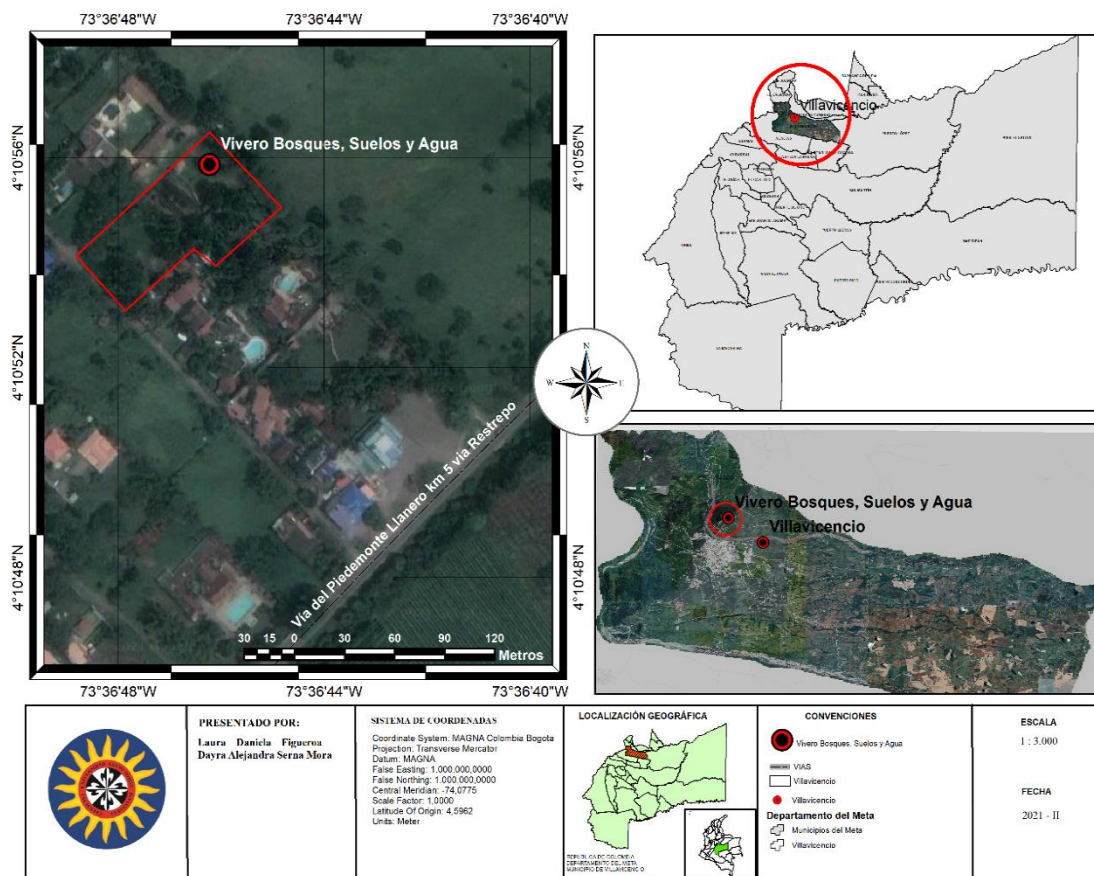
4. Alcance

Este estudio se llevó a cabo en el centro de propagación de especies forestales tropicales (CPEFT) de la empresa Bosques, Suelos y Aguas Ltda (BSA) en la vereda Vanguardia, del municipio de Villavicencio, en el kilómetro 5 vía a Restrepo, detrás del hotel San Sebastián, el cual se encuentra certificado por el ICA, mediante resolución 00009821 de 07/06/2022. El predio cuenta con una extensión de 5000 m²; la zona se caracteriza por presentar una temperatura promedio anual de 25.5 °C, precipitación promedio anual de 4.327mm y una humedad relativa que oscila entre 67 y 83% (IDEAM, 2022). El CPEFT cuenta con infraestructura para su proceso: (i) zona administrativa, (ii) zona de germinación, (iii) zona de embolsado y crecimiento, (iv) zona de almacenamiento, (v) zona de compostaje y (vi) zona de cargue y descargue, teniendo como objetivo la producción de material vegetal para proyectos de reforestación protectora, productora, restauración ecológica y conservación, de acuerdo con los estándares de calidad exigidos por la normatividad vigente y con los criterios técnicos definidos para cada proyecto y/o cliente (Bosques, suelos y Aguas, 2020).

Una parte del estudio se desarrolló en la Universidad Santo Tomas, ubicada en la vía Puerto López del municipio de Villavicencio, en la Carrera 22 con calle 1a, se caracteriza por presentar una temperatura promedio de anual de 25,5 °C, precipitación promedio anual 4 327mm y una humedad relativa que oscila entre 67 y 83% (IDEAM, 2022); en el laboratorio de microbiología se llevaron a cabo diferentes actividades como fueron la identificación de las características morfométricas de las semillas, prueba de viabilidad con la solución de tinción 2,3,5 trifenil 2H tetrazolio, contenido de humedad y algunos tratamientos pre germinativos.

Figura 1.

Localización del centro de propagación de especies forestales tropicales (CPEFT) de la empresa bosques, suelos y aguas. Fuente autores.



5. Antecedentes

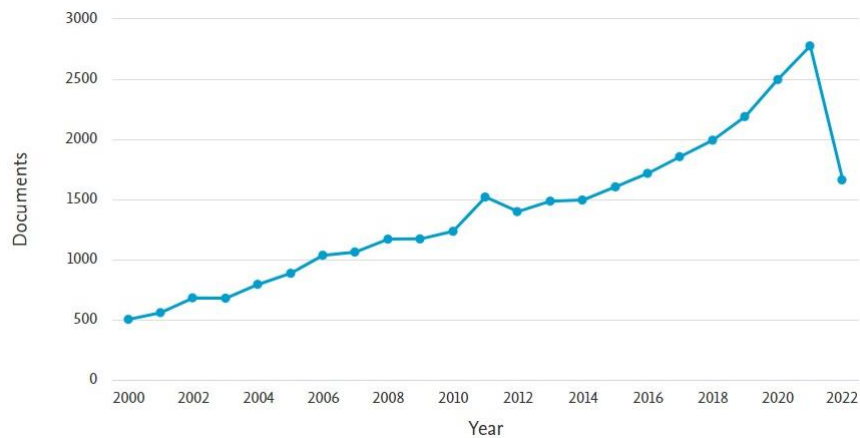
Un programa de restauración ecológica debe iniciar por el conocimiento de los métodos germinativos, desarrollo de las especies, el conocimiento del ecosistema de referencia, el escenario a intervenir y las acciones necesarias para llegar al establecimiento de una restauración efectiva (Barrera Cataño & Ríos Alzate, 2002). Es importante que se realice la identificación de métodos adecuados de propagación *ex situ*.

Con el propósito de determinar la tendencia en las publicaciones de artículos acerca de la propagación *ex situ* de plantas amenazadas como estrategia de conservación ecológica, se realizó la vigilancia tecnológica. Con base en la búsqueda de indicadores cuantitativos de la producción científica acerca de (“*ex situ* germination” “germination methods” “forest seeds” “plants in danger of extinction”), obtenidos de la base de datos de Scopus (Elsevier, b.v. 2021), Scisearch Direct. A partir del comando de búsqueda (palabras clave) empleado para la realización de la vigilancia tecnológica, se obtuvo como resultado un registro de 33.616 artículos científicos publicados a nivel mundial correspondientes a las palabras de búsqueda.

En la Figura 2, se presenta la dinámica científica de la producción de artículos relacionados con el tema de estudio durante el primer periodo del 2000 al 2022, utilizando los cuatro (4) descriptores. En esta se puede apreciar que la máxima cantidad alcanzada en publicaciones fue en el periodo 2020, donde se publicaron 31.976 artículos.

Figura 2.

Cantidad de artículos científicos publicados por año en la base de datos Scopus con las palabras clave. Adaptado de “Scopus”



Posteriormente, se presenta un ranking de los 10 principales países con mayor número de publicaciones o artículos científicos divulgados en torno al comando de búsqueda; Estados Unidos (6779), China (4001), Brasil (3466), India (2038), Reino Unido (1724), Canadá (1602), Japón (1564), Australia (1489), Alemania (1489) y España (1375). En Colombia se presenta 240 aportes científicos en relación a las cuatro (4) palabras utilizadas como método de búsqueda; Teniendo en cuenta la problemática planteada y la alta tasa de deforestación presentada durante la última década se logra identificar que se requiere mayor investigación que logre aportar información base para la región de la Orinoquia, las sabanas latinoamericanas y las áreas de transición entre Orinoquia y Amazonia.

Teniendo en cuenta los diferentes métodos de propagación que se han desarrollado en las diferentes investigaciones es importante destacar que la propagación por vía sexual de las plantas es el principal método ya que permite tener una mayor variabilidad genética, mayor adaptabilidad ya que cuenta con características fisiológicas, genotípicas y fenotípicas de las fuentes semilleras, además los procesos de polinización se evitan en gran medida la endogamia de la especie.

A medida de se han identificado otras formas de propagación se vinculó la propagación por métodos vegetativos, los cuales cuentan con la misma información de la planta madre, donde se busca que esta cumpla con las características genotípicas y fenotípicas de la especie seleccionada, entre los diferentes métodos de propagación se

encuentran: (i) tubérculos de raíz, (ii) tubérculos de tallo, (iii) bulbo, (iv) estolón, (v) cormo, (vi) esquejes o estacas, (vii) acodos, (viii) injertos y (ix) micro propagación o cultivo in vitro.

Estos métodos tienen tratamientos pre germinativos para estimular la germinación de semilla o la generación de raíces, que han permitido encontrar alternativas cuando la viabilidad de la semilla es baja o lenta germinación donde la propagación vegetativa se caracteriza por reducir tiempo de desarrollo de las plantas y reducir los tiempos entre las fases de vivero y trasplante en campo; sin embargo, el método de propagación más usado y recomendado es por semilla ya que permite tener mayor variabilidad genética evitando de esta manera generar individuos con la misma información y reduciendo en el futuro la susceptibilidad a patógenos ambientales.

6. Marco de referencia

6.1 Marco teórico

Dada la disminución de las poblaciones de plantas vulnerables a extinción, la implementación de prácticas de germinación de semillas y de técnicas de producción de plántulas son necesarias para propagar y conservar especies de plantas nativas y en general de la biodiversidad asociada a los bosques. Por consiguiente, es fundamental conocer los mecanismos asociados a la germinación de semillas y sus relaciones con los tratamientos pre germinativos requeridos para potencializar la germinación. El establecimiento y mejoramiento de los protocolos de germinación de semillas de especies vulnerables como el Hobo, permitirá potenciar su producción masiva en vivero, lo cual repercutirá en el mediano y largo plazo en el establecimiento de medidas de conservación y restauración ecológica adecuadas de las especies.

De acuerdo con Varela & Arana (2011) y Correa (1974) los mecanismos que intervienen en la germinación son producto de la interacción entre factores ambientales y fisiológicos los cuales afectan el embrión; estos factores deben ser adecuados para cada especie ya que son diferentes y son determinados por factores hereditarios y las condiciones en las que se formó la semilla. Entre los factores más importantes que afectan el proceso de germinación están el agua, gases, temperatura y luz, los cuales interactúan entre sí (Barbado, y otros, 2021)

Diferentes estudios han determinado que la exposición a la luz de semillas de diferentes especies de plantas pioneras, incrementan su adaptabilidad (vigor y velocidad de germinación) y el desarrollo de las plántulas (longitud de raíces primarias y de la parte aérea) (Vargas, Duque, & Torres, 2015; Barbado, y otros, 2021) Otros estudios como los de (Escobar, Zuluaga, & Osorio, 2002) relacionan tratamientos pre germinativos y germinación exitosos tales como la inmersión de la semilla en agua en tiempos que van desde las 24 horas hasta los 8 días a temperatura ambiente; posteriormente las semillas se pasan a un sustrato húmedo con el fin de tener el embrión hidratado e iniciar el proceso de germinación con eficiencias entre el 60% y el 100% de germinación. Otro método usado en semillas con cubiertas impermeables es colocando las semillas en agua caliente (75 a 100°C) y dejando enfriar el agua gradualmente en las siguientes 12 horas (Escobar, Zuluaga, & Osorio, 2002).

Para las semillas que tienen una consistencia dura se requiere escarificar la semilla con lija hasta que pierda su brillo y se hidratan hasta por 10 días; otro método con agua caliente es hacer uso de cambios bruscos de temperatura donde se sumergen las semillas por cortos periodos de tiempo en agua caliente y una vez se saca se sumerge en agua a temperatura ambiente; también se hace uso de la quema con un pirograbador de madera por un costado y el opuesto al micrópilo (abertura natural de la semilla) y posteriormente se hidrata por un periodo de 10 días (Gómez & Toro, 2008)

Para la germinación es importante tener un sustrato adecuado que permita a la planta cubrir sus exigencias nutritivas y de soporte, y aunque en el mercado se consiguen diferentes mezclas en diferentes porcentajes de suelo, turba, arena, compost, vermiculita, perlita, fibra de coco, etc., no existe un sustrato ideal; sin embargo, en términos generales el sustrato debe tener las siguientes características: i) facilidad de manipulación, ii) estabilidad a través del tiempo y posibilidad de reutilización, iii) características físicas en tamaño de partículas, porosidad y retención de humedad, iv) características químicas, v) características biológicas (Roveda, Díaz, Tamayo, & Navas, 2008).

En los estudios tradicionales con semillas, se ha determinado el porcentaje y la velocidad de germinación bajo ciertas condiciones; por ejemplo, en intervalos de temperatura, en presencia o ausencia de luz y sin restricción de humedad para obtener la germinación máxima. Además, con frecuencia se refieren a especies cultivadas o que representan un potencial económico para las personas (Long, y otros, 2014). Las pruebas de viabilidad de las semillas, la tasa de germinación y la duración del proceso de germinación se utilizan como referentes del potencial fisiológico de las semillas (González, y otros, 2020) También el tamaño y el peso de las semillas que tienen una relación estrecha con el contenido de nutrientes, han sido usados como referentes de la capacidad fisiológica de las semillas; esta última en general es un atributo que forma parte de la estrategia de las especies para que sus semillas puedan sobrevivir y perdurar en el tiempo; estas estrategias son variables de acuerdo a la especie (González, y otros, 2020)

6.2 Marco conceptual

Un aspecto clave en el desarrollo de estrategias de conservación de la biodiversidad (plantas) es el establecimiento de protocolos adecuados de propagación *ex situ* de las especies, ya que estos permiten potenciar el proceso de producción de plántulas en los viveros como materia prima para la reforestación o restauración ecológica de los ecosistemas. Estos protocolos apoyan a los programas de conservación *in situ*, asegurando a largo plazo la propagación de especies raras y en peligro o vulnerables a procesos de extinción (Comunidad Andina (CAN), 2001)

La propagación *ex situ* incluye una diversidad de métodos que incluyen entre otras pruebas para determinar la viabilidad de las semillas y la aplicación de diversos tratamientos pre germinativos. La viabilidad de semillas hace referencia a la capacidad de germinar y de originar plántulas normales en condiciones ambientales favorables. Las normas ISTA (Asociación Internacional de Análisis de Semillas) aceptan tres métodos rápidos de evaluación de la viabilidad de las semillas: exhibición del embrión, ensayo topográfico de tetrazolium y el método de rayos X (Perez Garcia & Pita Villamil, 2007).

Uno de los principales problemas para establecer plantas en vivero, especialmente árboles forestales, es la latencia de las semillas, que en condiciones naturales asegura la supervivencia de las especies en situaciones desfavorables (Sanabria, R. Silva, Oliveros, & Barrios, 2001), (Baskin & Baskin, 2004) clasifican a la dormancia en: fisiológica, regulada por la temperatura; morfológica, se presenta por el subdesarrollo del embrión; morfofisiológica, cuando existe efecto de los dos tipos de dormancia anteriormente citadas; física, presente cuando existen capas impermeables al agua; y combinada, cuando una semilla presenta todos los tipos de latencia citados. La latencia física puede generarse por la semipermeabilidad de la cubierta de la semilla, conocida como imbibición tegumentaria, y participan en su regulación el ácido abscísico y las giberelinas (Herrera, Alízaga, Guevara, & Jiménez, 2006). La latencia morfológica o embrionaria, en ocasiones se supera con exposición a enfriamiento en húmedo (Hartmann, 2014), donde las semillas pueden germinar en un rango más estrecho de condiciones ambientales (Herrera, Alízaga, Guevara, & Jiménez, 2006). El uso de tratamientos para romper la latencia tegumentaria provoca que las semillas presenten buena respuesta al tiempo y un porcentaje de germinación remojándolas durante 24 horas a temperatura ambiente, lo cual podría deberse a una imbibición más rápida

que la que se obtendría en el sustrato humedecido (William, 1991). Para mejorar el intercambio de oxígeno y humedad entre el embrión y el medio ambiente, es necesario debilitar la cubierta tegumentaria, para ello se pueden aplicar tratamientos mecánicos como: incisiones en la cubierta de la semilla, tratamientos con calor o debilitamiento de la cubierta con el uso de papel lija o arena gruesa (Oliveira, 2007). También es común realizar escarificación con tratamientos químicos, las sustancias más utilizadas son los ácidos sulfúrico y clorhídrico concentrado; este mecanismo genera un proceso de aireación exotérmica, por lo cual es necesario dejarlas que se enfríen antes de otros tratamientos (William, 1991)

También se ha establecido que el diámetro de la semilla influye en características de la germinación; según (Maranon & Grubb, 1993) semillas pequeñas presentan mayor germinación, lo que indican una correlación negativa entre el tamaño de la semilla y la tasa de crecimiento relativo, posiblemente debido a que semillas de menor diámetro poseen células más pequeñas, con menor contenido de ADN y presentan menor tiempo de división. No obstante, otros estudios indican que semillas más grandes tienen mayor resistencia a condiciones adversas y presentan mejores porcentajes de germinación (Galindo, López Ríos, & Rodríguez Trejo, 2008), características que difieren para cada especie, por lo cual es importante clasificar las semillas según su tamaño e identificar las características de germinación de cada especie.

6.3 Marco legal

Resolución ICA 780006 de 2020. Artículo 4. Establece los requisitos para el registro ante el ICA de los viveros y/o huertos básicos productores y comercializadores de material vegetal de propagación y/o plantas vivas, el cual se puede realizar ante la gerencia seccional del ICA o la oficina de la jurisdicción. Esta resolución aplica para el establecimiento del vivero de la empresa Bosques, Suelos y Aguas.

Resolución 1912 de 2017. Por la cual el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible establece el listado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana continental y marino costera que se encuentran en el territorio nacional, y se dictan otras disposiciones. *Spondias mombin* se encuentra en categoría de conservación global como Preocupación Menor (Least Concern), pero a nivel nacional no

ha sido registrada en alguna categoría de riesgo o preriesgo (Humboldt I. d., 2017). Esta resolución no ha sido revisada en la actualidad, por lo que no ha sido considerada todavía la incorporación de especies como *Spondias mombin* que tiene altas afectaciones de su hábitat natural, para así poder desplegar los mecanismos necesarios de conservación de esta especie.

Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos. 2012. El objetivo de esta política es el de “Promover la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus servicios ecosistémicos de manera que se mantenga y se mejore la resiliencia de los sistemas socioecológicos, a escalas nacional, regional, local y transfronterizo, considerando escenarios de cambio y a través de la acción conjunta, coordinada y concertada del estado, el sector productivo y la sociedad civil”. Esta política articula los esfuerzos para la propagación *ex situ* de *Spondias mombin*.

Estrategia Nacional para la prevención y control del tráfico ilegal de especies silvestres. 2012. Directriz nacional que permite poner en marcha un esquema de cooperación intra e interinstitucional entre los institutos de investigación, las autoridades ambientales, la academia, las ONG, UAESPNN, ministerios y entidades internacionales, que adelantan esfuerzos a favor de la protección de la biodiversidad colombiana. Los esfuerzos de propagación *ex situ* de *Spondias mombin* con fines de reforestación y restauración ecológica están articulados a esta estrategia.

Programa Nacional de Biocomercio Sostenible (2014 - 2024). Estrategia que busca aprovechar las ventajas comparativas del país en cuanto a su biodiversidad, para facilitar la construcción colectiva de negocios sostenibles que sean competitivos y que propendan por la equidad y la justicia social. Los esfuerzos de propagación *ex situ* de *Spondias mombin* con fines de reforestación y restauración ecológica están articulados a este programa de largo plazo que promueve el desarrollo de proyectos de biocomercio sostenible.

DOCUMENTO CONPES 3700. 2011. Política para el desarrollo comercial de la biotecnología a partir del uso sostenible de la Biodiversidad. Crear las condiciones económicas, técnicas, institucionales y legales que permitan atraer recursos públicos y privados para el desarrollo de empresas y productos comerciales basados en el uso sostenible de la biodiversidad, específicamente de los recursos biológicos, genéticos y sus derivados. Los esfuerzos de propagación *ex situ* de *Spondias mombin* con fines de reforestación y

restauración ecológica están articulados a este programa de largo plazo que promueve el desarrollo de proyectos de biocomercio sostenible.

Estrategia Nacional para la conservación de las plantas -2010. Presenta una síntesis en los avances en el tema y una propuesta de agenda con acciones y prioridades de conocimiento, conservación y gestión de plantas en el país, y a los compromisos asumidos con el CDB en lo referente a la Estrategia Mundial para la Conservación de las Especies Vegetales. Aun cuando esta estrategia incluye la elaboración de Planes de Manejo de especies en alguna categoría de riesgo o vulnerabilidad a extinción, todavía no se han generado Planes de manejo nacional o regional del Hobo *Spondias mombin*.

Ley 30/2006. De semillas y plantas de vivero y de recursos fitogenéticos. Esta ley tiene por objeto establecer el régimen jurídico aplicable a la producción destinada a la comercialización y a la comercialización de las semillas y plantas de vivero, regular las condiciones de conservación y utilización de los recursos fitogenéticos y determinar el procedimiento de inscripción de las variedades comerciales en el correspondiente registro.

Resolución 0068 de 2002: Por la cual el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible establece el procedimiento para los permisos de estudio con fines de investigación científica en diversidad biológica. Esta resolución aplica para los procesos de investigación sobre todo in situ con especies de flora.

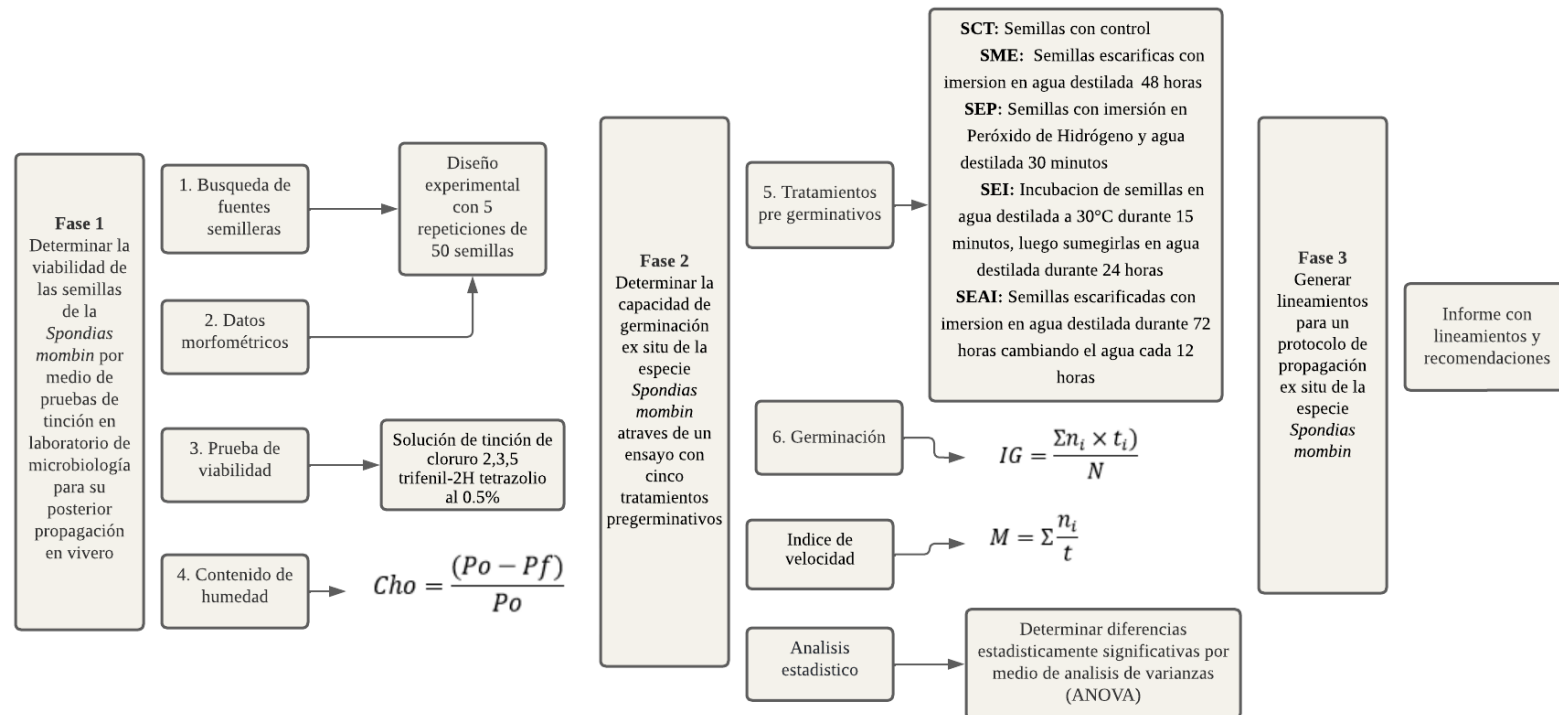
Ley 165 de 1994 Artículo 8. Por medio de la cual se “rehabilitará y restaurará ecosistemas degradados y promoverá la recuperación de especies amenazadas, entre otras cosas mediante la elaboración y la aplicación de planes y otras estrategias de ordenación”.

7. Metodología

En la Figura 3 se ilustran las actividades planteadas en cada una de las tres 3 fases del proyecto de propagación ex situ del Hobo *Spondias mombin* L. (Plantas: Anacardiaceae) especie amenazada de la Orinoquia como estrategia de conservación.

Figura 3.

Esquema metodológico según las fases del proyecto.



7.1 Fase 1: Determinar la viabilidad de las semillas de *Spondias mombin* por medio de pruebas de tinción en laboratorio de microbiología para su posterior propagación en el vivero.

7.1.1 Búsqueda de fuentes semilleras de la especie seleccionada.

A través de información secundaria disponible en la web y personas conocedoras de la especie en la región se realizarán búsquedas exploratorias de las fuentes semilleras en los municipios de Villavicencio, Restrepo y Guamal en el departamento del Meta. Una vez ubicados los árboles de *Spondias mombin* que serán fuente semillera se procede a identificar y georreferenciar los individuos, se registran parámetros fenotípicos y fitosanitarios, variables como la altura total y comercial del árbol en metros a través de estimación visual, la circunferencia a la altura de pecho (CAP) medido a los 1.3 m del nivel del suelo con cinta métrica y el diámetro de copa medición tomada en diámetro Norte-Sur (D1) y diámetro Oriente- Occidente (D2), a partir de la mediciones se estimó la cobertura de copa de cada individuo, siguiendo a la formula (Dietz & Kuyah, 2011)

$$AC = \left(\frac{D1 * D2}{4} \right) * \pi$$

Donde:

AC= Área de copa (m²),

D1= Diámetro N-S,

D2=Diámetro E-W y $\pi= 3,142$

La empresa BSA (Bosques, suelos y agua), establece en su protocolo para la marcación e identificación de fuentes semilleras la clasificación de los ejemplares en base a ciertas características establecidas en clases Tabla 1

Tabla 1.*Clasificación de los arboles evaluados (Bosques, Suelos y Aguas, 2021)*

Clasificación	Descripción	Clase
Excelente (27-31 puntos)	Árboles excelentes: Dominantes o codominantes, rectos, sin bifurcaciones de ramas más delgadas y horizontales que el promedio, sano y vigoroso. Observación: Se conservan como árbol semillero.	1
Buena (19-26 puntos)	Arboles buenos: Dominantes o codominantes sin bifurcaciones, con buenas sinuosidades leves en el fuste o malas características de ramificación Observación: Se puede conservar como arboles semilleros, cuando no hay suficientes de la clase anterior.	2
Regular (<19 puntos)	Arboles inaceptables: Árboles suprimidos o enfermos, con defectos importantes en fuste o las copas. Observación: Se eliminan del rodal o lote	3

Se utiliza el software past para la realización de un dendograma que permita agrupar los valores de las variables fenotípicas y fitosanitarias con el fin de hallar similitud de los individuos de *Spondias mombin*.

7.1.2 Características o variables morfométricas de las semillas.

Para la medición de las variables morfométricas de las semillas de *Spondias mombin* se tomará una muestra aleatoria de 50 semillas donde se determinará la longitud, ancho y espesor con el pie de rey en centímetros (cm), para el espesor se realizó un giro a la semilla de 90° con el fin de establecer el valor de esta variable y para determinar el peso de las semillas se empleará una balanza Lexus modelo Houston 22T linealidad < 0,01%fs y se utilizaran 5 repeticiones de 50 semillas, una vez tomadas las medidas se realizaron anovas y promedios de variables estadísticas asociadas a las dimensiones de un grupo de 200 semillas provenientes de dos sitios de recolección, realizando.

7.1.3 Prueba de Viabilidad de la semilla.

Se establecerá un muestreo aleatorio de 50 semillas con 5 repeticiones. Las semillas serán colocadas en recipientes de vidrio herméticos y serán humedecidas durante un periodo de 24 horas, al cabo de las cuales se realizará un corte longitudinal de la testa con un escalpelo con el objeto de exponer al embrión. Las semillas serán inmediatamente tratadas con una

solución de tinción de cloruro 2,3,5 trifenil-2H tetrazolio (al 0.5% en un buffer de fosfato con pH=7) y colocadas en un horno de secado a una temperatura de 30°C durante 24 horas en completa oscuridad (Baskin & Baskin, 2004). Con un estereoscopio se observarán las semillas de cada repetición y se clasificarán de acuerdo con la coloración del embrión, las que estén completamente rojas indicarían semillas viables (teñidas) y las que tengan teñido parcial o sin color indicarían que no son viables.

7.1.4 Contenido de humedad de la semilla.

Para establecer el contenido de humedad de las semillas se usarán 5 repeticiones de 50 semillas. De acuerdo al tamaño, se introducirán en un crisol de porcelana con tapa y se colocarán en un horno de secado durante 18 horas a 100°C.

Para determinar el contenido de humedad se empleará la fórmula de la ecuación 1:

$$\%Cho = \frac{(Po - Pf)}{Po}$$

Ecuación 1. Contenido de Humedad

Donde:

%Cho= Contenido de humedad inicial

Po= Peso inicial o peso en húmedo

Pf= Peso final o peso seco

7.2 Fase 2: Determinar la capacidad de germinación de *S. mombin* a través de un ensayo con cinco tratamientos pre germinativos.

7.2.1 Tratamientos pre germinativos.

Para evaluar la capacidad germinativa de la especie se procede a realizar un ensayo de germinación donde se realizarán los siguientes tratamientos:

- T1: Semillas con testa o control.
- T2: Las semillas se escarifican y posteriormente se colocan en agua destilada durante 48 horas.
- T3: Las semillas se sumergen en una solución de Peróxido de Hidrógeno (H₂O₂) y agua destilada durante 30 minutos; luego se lavan con agua destilada.
- T4: Las semillas se incuban en agua destilada a 30°C durante 15 minutos; luego se sumergen en agua destilada a temperatura ambiente durante 24 horas.
- T5: Las semillas se escarifican y se colocan en agua destilada durante 72 horas, realizando cambio de agua cada 12 horas.

7.2.2 Germinación.

Esta actividad se desarrollará una vez se hayan aplicado los tratamientos pre germinativos correspondientes en las instalaciones del centro de propagación de especies forestales tropicales (CPEFT) el cual se encuentra localizado en la vereda Vanguardia, del municipio de Villavicencio, en el kilómetro 5 vía a Restrepo, sobre las coordenadas geográficas 4°10'55.8" N y 73°36'46.4" O. La zona se caracteriza por presentar una temperatura promedio anual de 25.5°C, un promedio de lluvia total anual de 4,327mm y una humedad relativa anual que oscila entre 67 y 83% (IDEAM, 2022). Se establecerá un ensayo de germinación en bloques completamente al azar con 5 repeticiones y un grupo de 250 semillas por tratamiento pre germinativo para un total de 1250 semillas por procedencia, se registrará diariamente la emergencia o surgimiento de la radícula indicando germinación por al menos 60 días, luego se analizará el índice y la velocidad de germinación acuerdo a la ecuación del índice de germinación y velocidad de germinación

$$IG = \frac{\sum n_i \times t_i}{N}$$

Ecuación 2. Índice de Germinación

Donde:

IG = Índice de Germinación

n_i= Número de Semillas germinadas

t_i= Número de días después de la siembra

N= Total de semillas sembradas

$$M = \sum \frac{n_i}{t}$$

Ecuación 3. Velocidad de Germinación

Donde:

M = Velocidad de Germinación.

ni = Número de Semillas germinadas

t = Tiempo de germinación desde la siembra hasta la germinación de la última semilla.

7.3 Fase 3: Generar lineamientos para un protocolo de propagación *ex situ* de la especie *Spondias mombin*

A partir de las pruebas de viabilidad y de los resultados de los tratamientos pre germinativos que se implementen, se generaran lineamientos con recomendaciones para la elaboración de un protocolo de propagación *ex situ* de la especie considerada.

8. Resultados y Análisis

De acuerdo a las actividades planteadas en el presente documento se obtuvieron los siguientes resultados:

8.1 Fuentes semilleras

En el departamento del Meta en los municipios de Restrepo, Villavicencio y Guamal se localizaron 13 individuos de la especie *Spondias mombin* L (Hobo) los cuales fueron evaluados como fuentes semilleras teniendo en cuenta algunas características específicas como: i) Ubicación, pendiente del terreno, ii) forma de la copa, iii) fenología del árbol y iv) estado fitosanitario del árbol. En la Tabla 2, se condensa la distribución de las plantas madre registradas en este estudio (con datos de biotopo ocupado, ubicación, latitud, longitud y altitud).

Tabla 2.

Distribución de 13 individuos registrados como fuentes semilleras en este estudio.

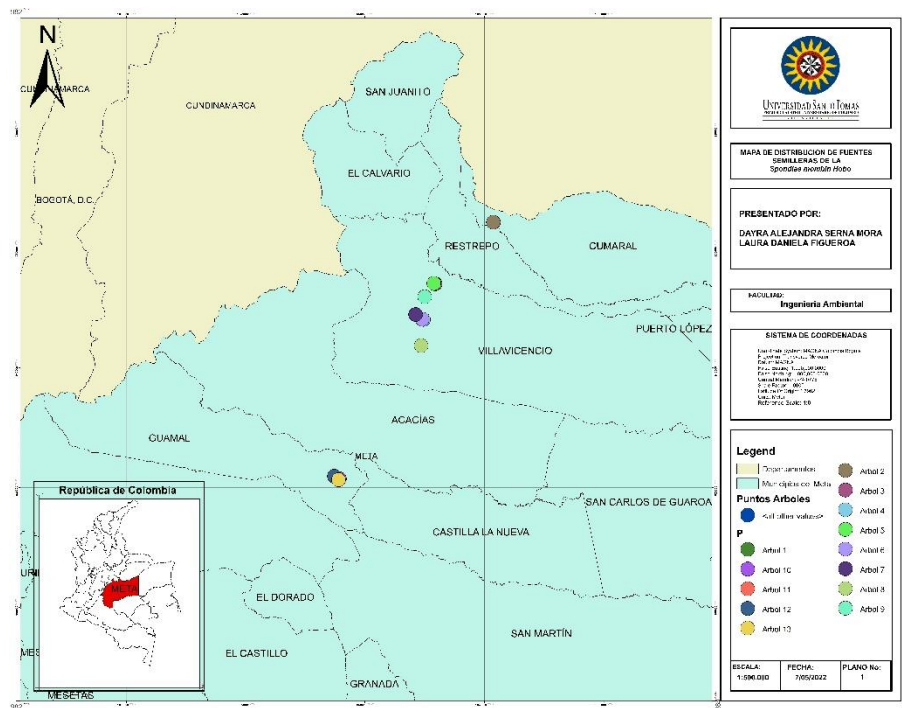
Individuo	Municipio	Biotopo Ocupado	Latitud	Longitud	Altitud
Sm-H1	Restrepo	Borde de carretera secundaria, en potrero arbolado	4°16'26.13"N	73°31'24.72"O	570 m.s.n.m
Sm-H2	Restrepo	Borde de carretera secundaria, en potrero arbolado	4°16'25.84"N	73°31'24.96"O	570 m.s.n.m
Sm-H3	Villavicencio	Relicto de bosque, al interior del CC Primavera Urbana	4°10'50.97"N	73°36'41.50"O	467 m.s.n.m
Sm-H4	Villavicencio	Borde de carretera secundaria, en potrero arbolado	4°07'36.58"N	73°37'45.28"O	467 m.s.n.m
Sm-H5	Villavicencio	Borde de carretera secundaria, en potrero arbolado	4°10'53.66"N	73°36'48.17"O	467 m.s.n.m
Sm-H6	Villavicencio	Borde de carretera secundaria, en potrero arbolado	4°07'38.16"N	73°37'52.14"O	467 m.s.n.m
Sm-H7	Villavicencio	Borde de carretera principal, en potrero arbolado	4°08'3.75"N	73°38'27.51"O	467 m.s.n.m

Tabla 2. Continuación

Individuo	Municipio	Biotopo Ocupado	Latitud	Longitud	Altitud
<i>Continuación de la tabla 2</i>					
Sm-H8	Villavicencio	Borde de carretera principal, en potrero arbolado.	4°05'14.64"N	73°37'57.37"O	467 m.s.n.m
Sm-H9	Villavicencio	Predio privado parte de cerca viva	4°09'40.37"N	73°37'38.11"O	467 m.s.n.m
Sm-H10	Guamal	Borde de carretera secundaria, en potrero arbolado	3°53'10.14"N	73°45'22.07"O	525 m.s.n.m
Sm-H11	Guamal	Borde de carretera secundaria, en potrero arbolado.	3°53'4.41"N	73°45'26.76"O	525 m.s.n.m
Sm-H12	Guamal	Borde de carretera secundaria, en potrero arbolado	3°53'23.79"N	73°45'49.10"O	525 m.s.n.m
Sm-H13	Guamal	Borde de carretera secundaria, en potrero arbolado.	3°53'4.28"N	73°45'26.71"O	525 m.s.n.m

Los árboles adultos registrados como fuentes semilleras se distribuyeron en un rango altitudinal entre 467 y 570 msnm. El 54% de los individuos se encontraron en la ciudad de Villavicencio, el 31% en el municipio de Guamal y el 15% en el municipio de Restrepo. La mayor parte de los arboles registrados se encontraron como individuos aislados cercanos a los bordes de carreteras secundarias en remanentes de potreros arbolados

Figura 4.
Distribución de 13 fuentes semilleras de la especie Spondias mombin



En la [Tabla 3](#) se presentan los datos promedios de los parámetros dasométricos evaluados en cada localización de los individuos de *Spondias mombin* fuentes de semilla.

Tabla 3.
Promedio de la altura total, altura comercial y diámetro a la altura del pecho de las fuentes semilleras de Spondias mombin registradas en el estudio.

Procedencia de la fuente semillera	Nº Individuos	Altura total promedio (m)	Altura comercial promedio (m)	Diámetro a la altura del pecho promedio (cm)
Restrepo	2	33,00	9,00	70,03
Villavicencio	7	18,14	8,86	58,21
Guamal	4	20,00	11,00	60,64

De los árboles registrados los del municipio de Restrepo son los que tienen valores más altos en altura total y DAP, esto está relacionado con árboles maduros con una altura total promedio de 33m y un DAP promedio de 70,03 cm. Esto nos indica que estos individuos han sido preservados y han conservado las características de la especie en la zona, en cuanto al parámetro de altura comercial este varía de acuerdo a las prácticas culturales desarrolladas por los productores agropecuarios.

Al comparar los datos de Restrepo y Guamal, se evidencia que este último tiene una altura comercial mayor con un promedio de 11 m; esto se puede relacionar con las practicas que se realizaban en el municipio hace más de 30 años, donde el cultivo de café y cacao era la base productiva del municipio y por esa condición se realizaban podas a los árboles que acompañaban bajo arreglos agroforestales en estos cultivos (Guamal, 2020).

Por otro lado, la vocación en el municipio de Restrepo en ese mismo periodo de tiempo siempre se enfocó en potreros para ganadería, donde estas especies probablemente hacían parte de cercas vivas y no fueron talados ya se practicaba la ganadería con potrero limpio sin árboles (Restrepo, 2020).

En la Tabla 4 se registraron algunas variables climatológicas asociadas a los sitios de distribución de las fuentes semilleras registradas.

Tabla 4.

Variación de la temperatura, precipitación y humedad en los sitios de registro de fuentes semilleras.

Variables	Villavicencio	Guamal	Restrepo-Cumalar
Temperatura promedio anual	25,6°C	25,6°C	25.8°C
Precipitación anual	4384 mm	4146 mm	4537 mm
Altitud	467 msnm	525 msnm	434 msnm
Humedad relativa promedio	77%	75%	77%

Fuente: (IDEAM, 2022).

De acuerdo a las diferencias en los valores de temperatura, precipitación y humedad relativa registrados en la Tabla 4 y su relación con la distribución de fuentes semilleras en los tres (3) sitios de registro, se aprecia que no hay diferencia en las variables climáticas medidas en relación con la distribución de los árboles de *Spondias mombin*. Lo anterior denota la plasticidad de la especie para ocupar hábitats transformados en microclimas diferentes a escala de cada municipio incluido.

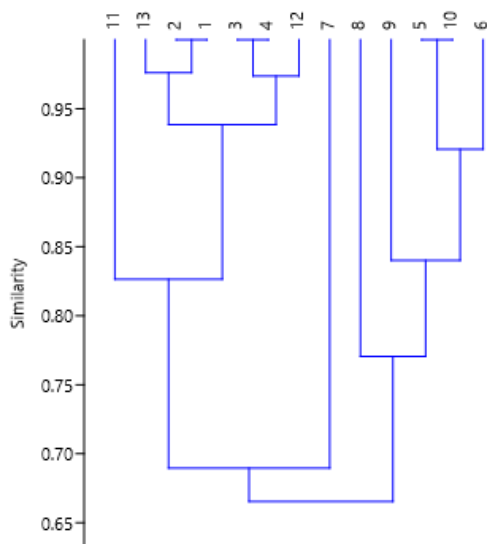
Los resultados de la valoración de los parámetros dasométricos, fenotípicos y fitosanitarios empleados para determinar la calidad de la fuente semillera, permitieron establecer que todos los individuos se encontraron en excelente condición (referenciada como Clase 1, de acuerdo a la sumatoria de los valores ponderados registrados para su uso como fuente semillera Anexo 1.

De acuerdo a los resultados del Anexo 1 cada una de las fuentes semilleras está representada por arboles de fuste recto, sin bifurcaciones en sus ramas, sanos y vigorosos lo cual los convierte en elementos adecuados para el uso como fuente semilleras.

Se realizó un dendrograma Figura 5 para agrupar de acuerdo a la similitud, los valores ponderados de las variables fenotípicas y fitosanitarias usadas para calificar la calidad de las fuentes semilleras de *Spondias mombin*.

Figura 5.

Dendrograma de similitud de los valores ponderados de las variables fenotípicas y fitosanitarias utilizadas para la valoración de plantas madre como fuentes semilleras



Como se puede observar en la Figura 5 el dendrograma se compone de tres (3) conglomerados, así: un primer conglomerado con los individuos 1, 2, 3, 4, 11, 12 y 13; el segundo conglomerado con los individuos 5, 6, 8, 9 y 10, y un último conglomerado con solo

el individuo 7; este último se diferencia de los demás por la forma del fuste y copa del árbol. También se debe destacar que la similitud o diferencia entre los tres (3) conglomerados es superior al 65%.

8.2 Morfometría de las semillas

La Tabla 5 muestra los valores promedios de las variables morfométricas en un grupo de 200 semillas provenientes de dos sitios de recolección. Las características morfométricas de *Spondias mombin* presentaron en promedio $2,28 \pm 0,22$ cm de longitud para Villavicencio, $2,69 \pm 0,26$ cm para Guamal; de ancho $1,19 \pm 0,15$ cm para Villavicencio y $1,33 \pm 0,22$ cm para Guamal; de espesor $1,05 \pm 0,15$ cm para Villavicencio y $1,15 \pm 0,18$ cm para Guamal y su peso estuvo en $1,37 \pm 0,30$ gr en Villavicencio y $1,63 \pm 0,33$ gr para Guamal.

Tabla 5.

Valores promedio, mínimo, máximo, coeficiente de variación CV, desviación estándar DE de la longitud, ancho, espesor y peso de 200 semillas de Spondias mombin en dos sitios de recolección (V: Villavicencio; G: Guamal)

Variables	Media		Mín.		Máx.		CV		DE	
	V	G	V	G	V	G	V	G	V	G
Longitud (cm)	2,28	2,69	1,4	1,19	2,8	3,2	9,61	9,78	0,22	0,26
Ancho (cm)	1,18	1,33	0,8	1,0	1,5	2,6	12,28	16,67	0,15	0,22
Espesor (cm)	1,05	1,15	0,8	0,8	1,5	1,80	13,83	15,46	0,15	0,18
Peso (gr)	1,37	1,63	0,8	0,95	2,31	2,66	22,04	20,0	0,30	0,33

De acuerdo a las Tabla 6-9 si se encuentran diferencias estadísticamente significativas en las variables de longitud, ancho, espesor y peso en grupos de 100 semillas de acuerdo a la procedencia (Villavicencio y Guamal) (ANOVA, $F=139.5$, $g.l=1$, $p \leq 0.00001$ para longitud) (ANOVA, $F= 29.0$, $g.l=1$, $p \leq 0.00001$ para ancho; ANOVA, $F= 16.6$, $g.l=1$, $p \leq 0.00001$ para espesor; ANOVA, $F= 32.9$; $g.l=1$, $p \leq 0.00001$ para peso).

Tabla 6.*Análisis de varianza de la longitud semilla*

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Villavicencio	100	228,1	2,281	0,04801919		
Guamal	100	268,5	2,685	0,06896465		

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	8,16	1	8,16	139,52	1,0234E-24	3,88
Dentro de los grupos	11,58	198	0,058			
Total	19,74	199				

Tabla 7.*Análisis de varianza del ancho de semilla*

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Villavicencio	100	118,8	1,188	0,02126869		
Guamal	100	133,1	1,331	0,04923131		

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1,02	1	1,02	29,00	2,0338E-07	3,88
Dentro de los grupos	6,97	198	0,03			
Total	8,00	199				

Tabla 8.*Análisis de varianza del espesor de semilla*

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Villavicencio	100	105,25	1,0525	0,02118056
Guamal	100	114,6	1,146	0,03139798

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,43	1	0,43	16,62	6,5879E-05	3,88
Dentro de los grupos	5,20	198	0,026			
Total	5,64	199				

Tabla 9.*Análisis de varianza del peso de semilla*

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Villavicencio	99	135,64	1,37010101	0,09188264
Guamal	99	161,12	1,62747475	0,10735172

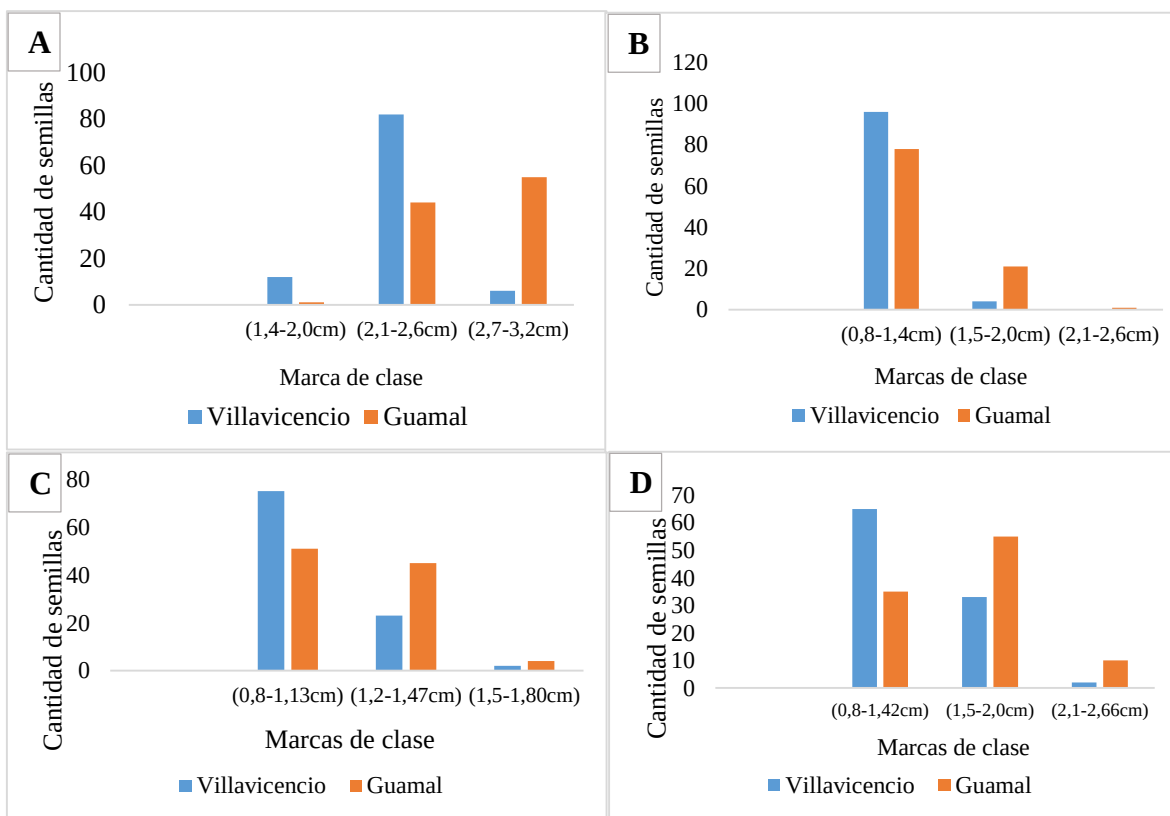
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	3,27	1	3,27	32,91	3,6068E-08	3,88
Dentro de los grupos	19,52	196	0,09			
Total	22,80	197				

Autores 2022

La Figura 6 presenta la distribución de frecuencia donde se toman los valores máximos y mínimos para cada variable evaluada: longitud (cm), ancho (cm), espesor (cm) y peso (gr), teniendo en cuenta la muestra total de doscientas (200) semillas entre las dos procedencias, evidenciando como la semilla tiende genéticamente a ser su morfometría.

Figura 6.

Distribución de frecuencias de variables morfométricas (Longitud, ancho, espesor) y peso de semillas discriminadas por categorías de clase para dos sitios de procedencia (Villavicencio y Guamal)



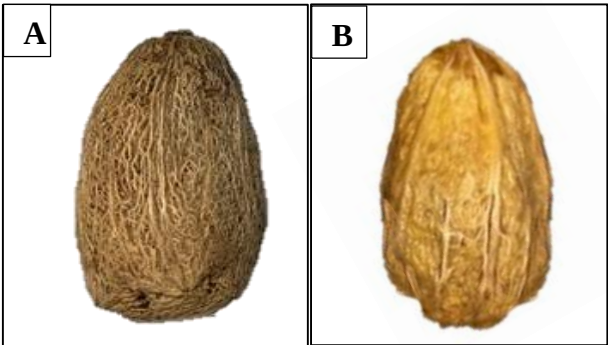
Nota: A: Longitud; B: Ancho; C: Espesor y D: Peso

En la Figura 6A que representa la longitud de las semillas se evidencia una mayor agrupación de semillas en el rango (2,1 – 2,6 cm); de igual manera para el ancho (B) se evidencia una mayor agrupación de semillas en el rango más bajo que va desde (0,8 – 1,42 cm), el espesor (C) presenta mayor agrupación en el rango más bajo que va (0,8 – 1,13 cm).

Esto indica que las semillas tienden a ser pequeñas a diferencia del peso donde se evidencia que la semilla de Villavicencio tiende a ser menos pesada agrupándose en un rango medio (2,1 – 2,6 cm) en comparación con la semilla de Guamal que tiene una mayor agrupación en (2,7 – 3,2 cm) siendo este el mayor peso.

Figura 7.

Fotos de semillas de Spondias mombin por procedencia A: Villavicencio; B: Guamal.



De acuerdo a la [Figura 7](#) que presenta la morfología de las semillas todas presentan forma piramidal u ovoide, alargadas y gruesas en la parte inferior; la testa se caracteriza por ser dura y seca de tonalidades amarilla y café, cada semilla presenta un pomo de (4 carpelos) el cual tiene un mesocarpo pétreo y fibroso, “hueso” y un exocarpo carnososo. La extracción del embrión es difícil, el primer paso consiste en escarificar el exocarpo para exponerlo.

8.3 Prueba de viabilidad de la semilla

La Tabla 10 muestra los resultados de la viabilidad de las semillas en función de la tinción del embrión después de la aplicación de una solución de tinción 2,3,5 trifenil 2H tetrazolio; y al momento de verificar con el estereoscopio la coloración del embrión. Para semillas viables se evidencio que parte de la semilla se tiñe con un tono rojizo claro para una concentración de 1% de la solución Figura 8

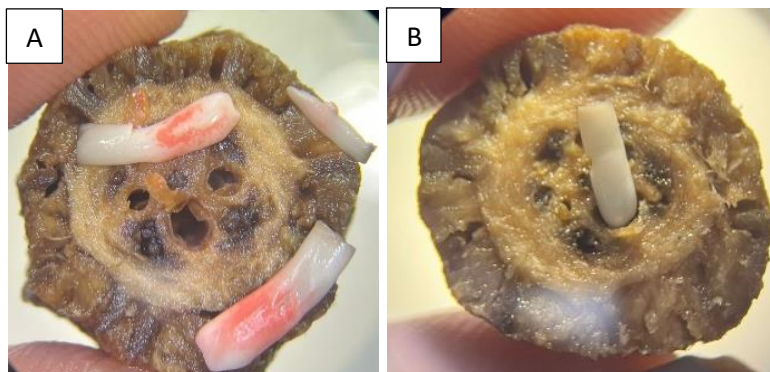
Tabla 10.

Porcentaje de viabilidad de semillas de Spondias mombin después de la prueba tinción con la solución 2,3,5 trifenil 2H Tetrazolio para semillas procedentes de dos sitios

Procedencia de la semilla	Numero de semillas	Numero de semillas viables	Porcentaje de viabilidad (%)
Villavicencio	250	15	0,6
Guamal	250	50	2

Figura 8.

Fotografías de semillas de Spondias mombin A: teñidas (viable) B: no teñidas (Inviable) después de la aplicación de la solución de tinción 2,3,5 trifenil 2H tetrazolio



De los resultados obtenidos se concluyó que la viabilidad de las semillas para las dos procedencias (Villavicencio y Guamal) es baja, siendo ligeramente mayor 2% en Guamal en comparación con Villavicencio 0,6%.

8.4 Contenido de humedad

El contenido de humedad es una variable de importancia para la evaluación realizada ya que de ella depende el estado de madurez del fruto, germinación y viabilidad de la semilla, en la Tabla 11 se puede ver los resultados de las características medidas en las dos procedencias.

Tabla 11.

Variación del ancho (cm), peso húmedo (gr) y peso seco (gr) de semillas de Spondias mombin, en Villavicencio y Guamal

Variable	Villavicencio			Guamal		
	Prom	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Prom	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Espesor cm x 100 semillas	1,05 ^a	0,146	13,83	1,15 ^a	0,18	15,46
Peso húmedo gr x grupos de 50 semillas	48,88	5,85	0,12	44,37	1,39	0,03
Peso seco gr x grupos de 50 semillas	38,29	0,84	0,02	40,18	3,67	0,09

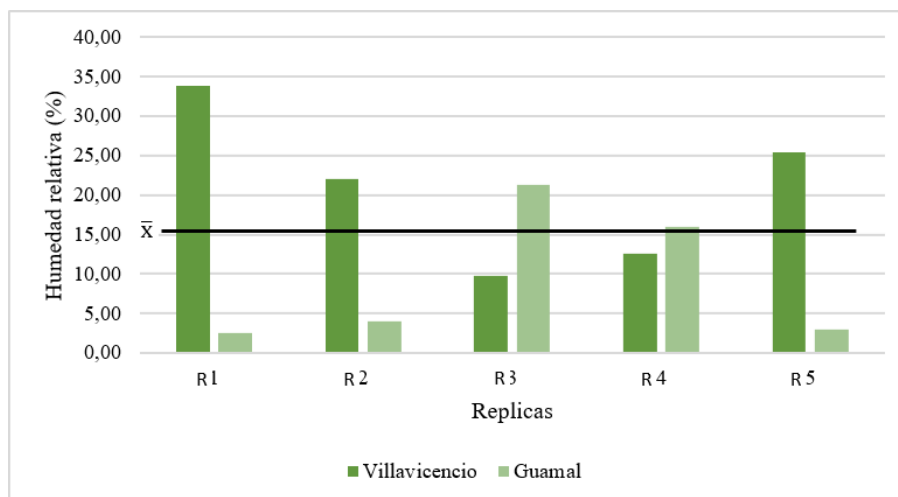
Nota: (El espesor fue determinado en grupos de 100 semillas/sitio; el peso húmedo y peso seco fue determinado para 5 repeticiones por grupos de 50 semillas; se registra el valor promedio de las repeticiones. ^a Se encontraron diferencias significativas entre los promedios (ANOVA, Kruskal-Wallis = 14,28, p= 0,0001)).

Como se puede observar en los datos analizados se encuentran diferencias significativas entre el ancho de las semillas recolectadas en Villavicencio y Guamal, esto indica que las poblaciones son asimétricas, por esto se realiza el test de Kruskal- Wallis confirmando que los valores medios evaluados entre los grupos de los dos sitios comparados tienen diferencias altas.

La Figura 9 muestra el porcentaje de humedad para cinco (5) repeticiones por grupos de 50 semillas de la especie *Spondias mombin* en dos procedencias (Villavicencio y Guamal) y el promedio de la humedad relativa.

Figura 9.

*Porcentaje de humedad y promedio en 5 repeticiones de 50 semillas para dos procedencias de la especie *Spondias mombin**



En la Figura 9 se pueden observar los resultados obtenidos en las 5 repeticiones donde se evidencia que la humedad en las semillas provenientes de Villavicencio que tiene un valor medio de 20,73 superior a los 9,37 que tienen las semillas de Guamal, indicando que las semillas en cuanto al contenido de humedad son diferentes entre sí, y confirmado los resultados obtenidos en el análisis de varianza donde las dos (2) localizaciones presentan diferencias significativas.

A pesar de las diferencias entre los valores promedios de contenido de humedad presentados en la Tabla 12, no hay diferencia estadísticamente significativa en los valores reportados para Villavicencio y Guamal, donde la prueba T-Student indica que tienen correlación negativa perfecta, es decir están asociadas en sentido inverso ($t=-1,4$; $gl = 4$, $p = 0,11$)

Tabla 12.*Prueba T-student de los dos (2) sitios de recolección registrados*

	Villavicencio	Guamal
Media	20,73700379	9,371725928
Varianza	95,21367146	75,6917012
Observaciones	5	5
Coeficiente de correlación de Pearson	-0,913403325	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	1,407548884	
P(T<=t) una cola	0,116010338	
Valor crítico de t (una cola)	2,131846786	
P(T<=t) dos colas	0,232020675	
Valor crítico de t (dos colas)	2,776445105	

8.5 Tratamientos pre germinativos y germinación

En la Tabla 13, se evidencia el índice de germinación correspondiente a cada procedencia según el tratamiento pre germinativo empleado.

Tabla 13.

*Índice de germinación por procedencia según tratamiento pre germinativo de la semilla *Spondias mombin*.*

Procedencia	T1	T2	T3	T4	T5
Villavicencio	0,084	0	0	0	0,092
Guamal	0,096	0,1	0	0	0,232

La Tabla 14 presenta información en cuanto a la germinación de las semillas, esta fue extremadamente baja con una emergencia del 0,0024% del total de semillas tratadas con los diferentes métodos pre germinativos aplicados con un total de 6 semillas de las 2500 sembradas para las dos (2) procedencias, de este el total el tratamiento 5 corresponde al 50% de semillas germinadas con 3 emergencias, el tratamiento 2 con el 17% con una (1)

emergencia y el tratamiento 1 con el 33% con dos (2) emergencias, en cuanto a los tratamientos 3 y 4 que corresponden a tratamiento de peróxido de hidrogeno e incubación en agua destilada respectivamente no presentaron emergencia las semillas durante el periodo de monitoreo.

Durante los 60 días de monitoreo se presentaron índices extremadamente bajos, con índice de germinación donde se relacionan el número de semillas y días de emergencia después de la siembra bajos donde el T5 con valor 0,166, T1 con 0,09 y T2 con 0,046 donde comprueba los resultados anteriores, en cuanto a la velocidad de germinación da valores bajos indicando y comprobando la baja germinación presentada durante el tiempo de monitoreo.

Tabla 14.

Numero de semillas germinadas y velocidad de germinación en 5 tratamientos pre germinativos de la especie Spondias mombin durante un monitoreo de 60 días.

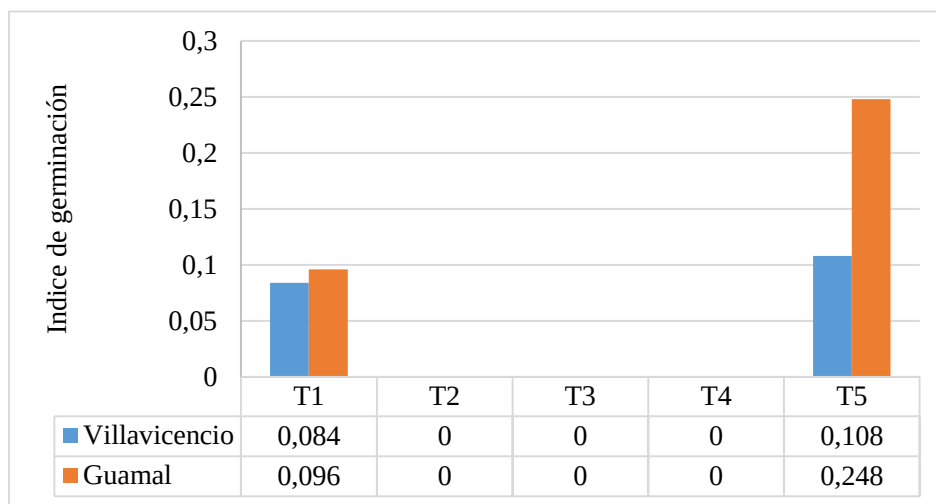
	T1	T2	T3	T4	T5
N° semillas germinadas	2	1	0	0	3
N° semillas no germinadas	498	499	500	500	497
Indice de germinación	0,09	0,046	0	0	0,166
Velocidad de germinación	0,089	0,043	0	0	0,109

Es importante destacar que estos datos corresponden a 60 días de monitoreo de la emergencia de plántulas, estos datos son parciales dado que la emergencia reportada en diferentes estudios va desde 160 días hasta los 489 días.

La [Figura 10](#) muestra el índice de germinación de semillas de *Spondias mombin* por tratamientos pre germinativos y por sitios de recolección (Villavicencio y Guamal)

Figura 10.

*Comparación de índices de germinación de la especie *Spondias mombin* por tratamiento pre germinativo y dos sitios de procedencia*



En la Figura 10 se pudo observar que los tratamientos pre germinativos T1: testigo y el T5: Tratamiento de 72 horas con cambio de agua cada 12 horas fueron en los que se generó emergencia, teniendo como mejor resultado el tratamiento cinco (5), aunque los resultados son bajos respecto a la cantidad de semilla sembradas a las cuales se les realizó los tratamientos pre germinativos, el resultado confirma el mantenimiento de la latencia para un periodo de monitoreo de 60 días.

9. Discusión

Stevenson, Castellanos, & Orrontia (1997) presentaron un análisis sobre las diferencias morfológicas de las semillas de *Spondias mombin* evaluando variables tales como ancho, largo y peso obteniendo una gran similitud con los resultados de este estudio. De acuerdo a los resultados de este estudio se evidencia que la mayor similitud se encontró en el largo de la semilla con un promedio de 2,28 cm en comparación con el valor reportado para el Parque Natural Tinigua con un promedio de 2,29 cm. Respecto a las variables del ancho y peso, no se presentó una gran similitud debido posiblemente a las diferentes condiciones ambientales de los sitios. En este estudio las semillas de *Spondias mombin* registradas en el municipio de Guamal y Villavicencio presentaron promedios diferentes entre ellas; sin embargo, al compararse con los valores reportados por el PNN Tinigua (Stevenson, Castellanos, & Orrontia, 1997) se muestra una variación morfológica en cuanto al ancho y peso; siendo más anchas y pesadas las semillas de *Spondias mombin* del Parque Nacional Natural Tinigua, con un ancho promedio de 1,56 cm y un peso de 1,88 gr en comparación con el ancho y el peso para Villavicencio con valores de 1,18 cm y 1,37 gr respectivamente, y para el municipio de Guamal con valores reportados de 1,33 cm para el ancho y un peso de 1,63 gr.

La viabilidad de las semillas en este estudio, establecida mediante la prueba de tinción con tetrazolio es baja (0,6% - 2%) tanto para semillas procedentes de Villavicencio como de Guamal. La interacción entre el bajo peso, ancho de la semilla y la baja viabilidad del embrión, aparentemente es un reflejo de la latencia morfofisiológica donde las semillas con menor ancho y peso presentan mayor latencia o dominancia del embrión; esta interacción también ha sido reportada en estudios de germinación con otras especies de plantas (Abril Saltos, Ruiz Vásquez, Alonso Lazo, & Cabrera Murillo, 2017)

El peso y ancho de las semillas de *Spondias mombin* también puede influir en la cubierta protectora de la semilla (epispermo o cubierta seminal), donde las semillas de menor peso pueden presentar mayor masa de la cubierta seminal. Esto podría relacionarse con una mayor resistencia a los tratamientos germinativos como la escarificación mecánica que busca debilitar la capa o cubierta protectora y facilitar la emergencia del embrión. Ésta interacción también ha sido reportada en ensayos de germinación con otras especies (Sanchez, Muñoz, Cuesta, & Torres, 2002)

El porcentaje de humedad en base húmeda de semillas de *Spondias mombin* fue relativamente bajo después de ser sometidas al secado en el horno (21,6% y 9,4% para las muestras procedentes de Villavicencio y Guamal respectivamente); estos valores pudieron ser bajos debido probablemente al tiempo transcurrido entre el lavado y la puesta en el horno de las semillas, ya que permitió a la semilla perder más humedad de la esperada. Esto fue demorado ya que, para poder hacer las pruebas de humedad, se debía tener el total de las semillas de las dos (2) localidades, que para el caso de Guamal se tardó debido a la dificultad en conseguir las fuentes semilleras. Esto contrasta con los altos valores de contenido de agua en semillas de Hobo reportados por otros autores, de 45,2% y 46% (Martins, Silva, Duriga, & Vieira., 2019).

Mediante la prueba de tinción con tetrazolio para determinar la viabilidad de las semillas, los embriones de las semillas de *Spondias mombin* tuvieron una coloración rojo claro no homogénea y los embriones inviables registraron ausencia de coloración. Esta prueba ha sido aplicada en diferentes estudios de germinación en plantas (Mancipe Murillo, Calderon Hernandez, & Pérez Martinez, 2018) en especies como *Puya* sp. nov. aff. *horrida* (Bromeliaceae); *E. grandiflora* (Asteraceae); *P. prostrata* (Ericaceae); *H. prostratum* (Hypericaceae); *U. myricoides* (Myrtaceae); *H. goudotiana* (Rosaceae); *X. spiculifera* (Salicaceae); *C. buxifolium* (Solanaceae) registrando coloración rosa oscura para las semillas viables; de igual manera la ausencia de coloración para las inviables. El procedimiento realizado para la evaluación de viabilidad en el estudio de (Mancipe Murillo, Calderon Hernandez, & Pérez Martinez, 2018), varió respecto a este estudio en cuanto al tiempo de exposición del embrión a la solución de tetrazolio, con una diferencia de seis (6) horas a 30°C; en ese estudio se registró una alta viabilidad con un porcentaje de 76%, variando el porcentaje entre cada especie considerada. En el presente estudio se obtuvieron porcentajes bajos de viabilidad, los cuales fueron de solo 0,6% de semillas viables para semillas con procedencia del municipio de Villavicencio y 2% para para semillas provenientes del municipio de Guamal.

Dado que el monitoreo de la emergencia de plántulas posteriores a la aplicación de los tratamientos pregerminativos fue de solo 60 días, no se evidenciaron efectos concluyentes de los tratamientos sobre las tasas de germinación, y en algunos casos no hubo respuesta a los tratamientos. En este estudio la germinación de las semillas posterior a la aplicación de

los tratamientos pregerminativos, dio inicio, a una tasa muy baja, en el día 20 posterior a la siembra. Esto sugiere, para este estudio, que el inicio del rompimiento de la latencia es a los 20 días posteriores a la siembra; sin embargo, el comportamiento total debe ser monitoreado durante un periodo de tiempo mayor para obtener resultados más concluyentes.

En ensayos experimentales con diferentes tratamientos pregerminativos, (Fadimu, Idowu, & Ipinlaye, 2014) encontraron que la germinación de *Spondias mombin* aumentaba con el aumento del período de remojo de 15min. a 25min en soluciones de ácidos concentrados al 60% (H₂SO₄, HNO₃ y HCl) excepto con HCl a los 25min. Los aumentos de la germinación de semillas a través del remojo previo durante 25 minutos en 60% conc. de H₂SO₄ sugieren que la latencia de las semillas en *S. mombin* se debe principalmente a los inhibidores químicos y a la cubierta dura de la semilla que hace que el endocarpio duro y corchoso sea impermeable al agua y gases necesarios para el proceso de germinación (Fadimu, Idowu O, & Ipinlaye, 2014)

Martins, Silva, Duriga, & Vieira., (2019) indican que el inicio de la germinación en *S. mombin* puede ser desde los primeros 160 días hasta los 844 días después de la siembra; este estudio fue evaluado por un periodo de tiempo de 60 días, ya que el propuesto en la metodología fue insuficiente para el estudio, lo que indica que se debe seguir un monitoreo durante aproximadamente 365 o hasta la emergencia de la mayoría de las plántulas.

10. Conclusiones

- La interacción entre el bajo peso y ancho de la semilla del Hobo y la baja viabilidad del embrión aparentemente es un reflejo de la latencia morfofisiológica, donde las semillas con menor ancho y peso presentan mayor latencia o dormancia del embrión.
- Durante un periodo de monitoreo de 60 días, no se encontraron evidencias de un efecto significativo de los tratamientos pre germinativos aplicados sobre el índice de germinación y la velocidad de germinación de las semillas de Hobo dado que el índice de germinación fue de 0.0024 del total de las semillas.
- En este estudio y con un monitoreo de 60 días, los tratamientos con emergencia de plántulas corresponden a los realizados con escarificación. Los tratamientos de imbibición con peróxido de hidrógeno y agua destilada no mostraron ningún resultado con respecto a la velocidad y porcentaje de germinación.

11. Recomendaciones

- Se requiere realizar monitoreo por mayor espacio de tiempo en la germinación de *Spondias mombin* con el fin de determinar si los tratamientos pre germinativos son efectivos.
- Se recomienda establecer el montaje en condiciones controladas de temperatura y humedad, para identificar si estas influyen en acelerar el proceso de germinación.
- Se puede incluir un análisis que contenga los parámetros morfométricos para establecer una relación con la germinación.
- Para futuros estudios se considera necesario la evaluación de sustratos diferentes como la fibra de coco, sustrato de pino o sustrato de arena con cascarilla de arroz.

12. Referencias bibliográficas

- Abril Saltos, R., Ruiz Vásquez, T., Alonso Lazo, J., & Cabrera Murillo, G. (2017). Germination, seed diameter and pregerminative treatments in species with different purposes of use. *Agonomia mesoamericana*, Vol. 28, núm 3, 703-717. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/26205/30338>
- Arce Romero, A., Monterroso Rivas, A., Gómez Díaz, J., & Cruz León, A. (2017). Mexican plums (*Spondias* spp.): their current distribution and potential distribution under climate change scenarios for Mexico. *Chapingo Serie Horticultura*, Vol. 23(1), 5-19. <http://www.redalyc.org/pdf/609/60949768001.pdf>
- Bacca Acosta, P., Burbano Martinez, D., & Moreno Muñoz, A. (2020). Evaluation of pregermination treatments on four native species of the high andean forest. *Revista de ciencias Agrícolas*, Vol. 37(1), 80-89. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcia/v37n1/2256-2273-rcia-37-01-80.pdf>
- Barbado, N., Bevilacqua, M., Pereira, P., Rúbio, F., De Oliveira, R., & Klosowski, E. S. (1 de Octubre de 2021). Effects of altitude on seeds germination and luminosity levels on the vegetative development of *Schinus terebinthifolius* Raddi. *Floresta*, 51(4), 830-839. doi:<https://doi.org/10.5380/rf.v51i4.73306>
- Barrera Cataño, J., & Ríos Alzate, H. (2002). Acercamiento a la ecología de la restauración. En E. P. Arbelaez, *Perez Arbelaezia* (págs. ISSN 0120-7717). Bogota D.C: Jardin Botanico de Bogota Jose Celestino Mutis. <https://perezarbelaezia.jbb.gov.co/index.php/pa/article/view/88>
- Baskin, J., & Baskin, C. (2004). A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*, 14(1), 1-16. <https://doi.org/10.1079/SSR2003150>
- Bosques, suelos y Aguas. (2020). *Esquema General de producción vegetal*. Villavicencio: BSA.
- Bosques, Suelos y Aguas. (2021). *Protocolo Seleccin de fuentes semilleras*. Villavicencio: BSA.
- Cárdenas, D., & Salinas, N. (2007). *Libro rojo de plantas de Colombia, volumen 4. Especies maderables amenazadas: Primera parte*. Bogota D.C: Insitituto Amazonico de

- investigaciones científicos SINCHI.
https://sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/LR_MADERABLES.pdf
 Comunidad Andina (CAN). (2001). *Estrategia regional de biodiversidad para los países del tropico andino*. Lima: Walter H. Wust.
<https://www.cbd.int/doc/nbsap/rbsap/comunidad-andina-rbsap.pdf>
- Correa, J. (1974). *Fisiología, bioquímica y conservación - El proceso de la germinación*. Bogotá D.C., Colombia: Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal.
 Obtenido de
https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/30666/28230_18365.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Dietz, J., & Kuyah, S. (2011). *Allometric Equation Evaluation Guidance Document*. Obtenido de Allometric Equation Evaluation Guidance Document:
https://www.academia.edu/40482901/Allometric_Equation_Evaluation_Guidance_Document
- Engelmann, et al. (2015). *Introducción a la conservación ex situ de los recursos genéticos vegetales*. Mexico: Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD).
https://www.researchgate.net/publication/280638600_Introduccion_a_la_conservacion_ex_situ_de_los_recursos_geneticos_vegetales
- Escobar, C., Zuluaga, J., & Osorio, V. (2002). *Manual Técnicas de Propagación de Especies Vegetales Leñosas Promisorias Para el Piedemonte de Caqueta*. Florencia, Caqueta, Colombia: Corpoica, Regional 10. Obtenido de
https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13450/42418_46306.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Fadium, O. Y., Idowu O, T. H., & Ipinlaye, S. J. (2014). Studies on the Dormancy and Germination of Stony Fruits of Hog plum (*Spondias mombin*) in Response to Different Pre-Soaking Seed Treatments. *International Research Journal of Biological Sciences* , 57 - 62. <http://www.isca.in/IJBS/Archive/v3/i6/9.ISCA-IRJBS-2013-319.php>

- Francis, J. K. (1992). *Spondias mombin* L. Hogplum. Anacardiáceas. Familia de anacardos. *Servicio Forestal del USDA*, 488-490. <https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/30365>
- Galindo, T., López Ríos, D., & Rodríguez Trejo, G. (2008). Efecto del tamaño y color de la semilla en la germinación de *Cecropia obtusifolia* Bertol (Cecropiaceae). *Agrociencia*, Vol. 42, Núm 5, 585-593. <https://www.redalyc.org/pdf/302/30211234010.pdf>
- Gómez, M., & Toro, J. (2008). *Manejo de las Semillas y la Propagación de Diez Especies Forestales del Bosque Seco Tropical*. Medellín, Antioquia, Colombia: Corantioquia, 72 pag. doi:ISSN 2011-4087 <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/1106>
- González, V., Hernández, A., Valdez, E., Álvarez Quiroz, N., Martínez Moreno, D., & Rivas, S. (2020). Germinación de semillas de seis árboles maderables de un bosque tropical deciduo en Puebla, México. *Agrociencia*, Vol. 54, núm 2, 227240. <https://agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/1903>
- Guamal, A. d. (31 de Agosto de 2020). *Alcaldía de Guamal*. Obtenido de Nuestro Municipio: www.guamal-meta.gov.co/municipio/nuestro-municipio
- Hartmann, H. F. (2014). *Hartmann and Kester's plant propagation: principles and practices*. California: HortScience 53(5).
- Herrera, J., Alízaga, R., Guevara, E., & Jiménez, V. (2006). *Germinación y crecimiento de la planta*. Costa Rica: Universidad de costa Rica. <https://www.redalyc.org/journal/437/43752453014/html/>
- Humboldt, I. d. (Septiembre de 2017). *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*. Obtenido de Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt: <http://www.humboldt.org.co/es/boletines-ycomunicados/item/1087-biodiversidad-colombiana-numero-tener-en-cuenta>
- Instituto de Investigación de Recursos Biologicos Alexander von Humboldt. (Septiembre de 2021). *Instituto de Investigación de Recursos Biologicos Alexander von Humboldt*: <http://www.humboldt.org.co/es/>

- Instituto de hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (14 de Mayo de 2022). Clima. <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-yclima/clima>
- Long, R., Gorecki, M., Renton, M., Scott, J., Colville, L., & Goggin, D. (2014). The ecophysiology of seed persistence: a mechanistic view of the journey to germination or demise. *Biological Reviews* 90(1), 31-59.
- Mancipe Murillo, C., Calderon Hernandez, M., & Pérez Martinez, L. (2018). Evaluación de viabilidad de semillas de 17 especies tropicales altoandinas por la prueba de germinación y la prueba de tetrazolio. *Revistas UNAL*, 366-382. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/68251>
- Maranon, T., & Grubb, P. (1993). Physiological basis and ecological Significance of the seed size and relative growth rate relationship in mediterranean annuals. *Functional Ecology*, Vol. 7, Núm 5., 591-599. <https://digital.csic.es/handle/10261/54804>
- Martins, C. C., Silva, G. Z., Duriga, L. D., & Vieira., R. D. (2019). Pregerminative treatments of wellow mombin (*Spondias mombin* L.) seeds. *Ciencia forestal*, 363-370. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XS2021046210>
- Monterroza Navarro, F. (2003). *Revisión general de los apsectos botanicos y productivos de Spondias mombin (Jobo)*. [Trabajo de grado, Universidad del Sucre]. Repositorio. <https://repositorio.unisucra.edu.co/handle/001/828?show=full>.
- Morales Mora, G. (2020). *Plan de manejo y conservacion del caracoli (Anacardium excelsum (Bertero ex Kunth) Skeels) en la jurisdicción CAR*. Bogota D.C. Obtenido de <https://www.car.gov.co/uploads/files/60633f469980b.pdf>
- Oliveira, J. E. (2007). Evaluación de un método de escarificación mecánica en la germinación de semillas de leguminosas pratenses. *Sociedad española para el estudio de los Pastos*, Vol. 37, Núm 2., 179-191. <http://polired.upm.es/index.php/pastos/article/view/1336>
- Pence, V., Ballesteros, D., Walters, C., Reed, B., Philpott, M., Dixon, K., . . . Vanhove, A. (2020). Cryobiotechnologies: Tools for expanding long-term ex situ conservation to all plant species. *Conservación Biológica* Vol. 250, 108736. <https://doi-org.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/10.1016/j.biocon.2020.108736>

- Perez Garcia, F., & Pita Villamil, J. (2007). *Viabilidad, Rigor, Longevidad y conservación de semillas*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. <https://www.coiaclc.es/wp-content/uploads/2016/05/Viabilidad.pdf>
- Pizano, C., González, R., González, M., Castro-Lima, F., López, R., Rodríguez, N., . . . Toro, J. (2014). Las plantas de los bosques secos de Colombia. *El bosque seco tropical de Colombia*, 48-93. https://www.researchgate.net/profile/Roy-Gonzalez-M/publication/283307704_Las_plantas_de_los_bosques_secos_de_Colombia/links/5707840908aed73c854b76f4/Las-plantas-de-los-bosques-secos-de-Colombia.pdf
- Red Nacional de Jardines botánicos de Colombia. (2013). *Información general de la Red Nacional de Jardines botánicos de Colombia*. <https://www.jardinesbotanicosdecolombia.org/>
- Restrepo, A. d. (28 de Octubre de 2020). *Nuestro municipio: Restrepo*. <http://www.restrepo-meta.gov.co/tema/informacion-adicional>
- Román, F., Liones, R. d., Sautu, A., Deago, J., & Hall, J. S. (2012). *Guía para la propagación de 120 especies de árboles nativos de panama y el neotropico*. Panama: Environmental Leadership and Training Initiative. https://www.researchgate.net/publication/259871359_Guia_para_la_Propagacion_de_120_Especies_de_Arboles_Nativos_de_Panama_y_el_Neotropico
- Roveda, G., Díaz, C., Tamayo, A., & Navas, G. (2008). *Sustratos y solarización*. Corpoica. <https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/35931/35909.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sanabria, R. Silva, M., Oliveros, & Barrios, H. (2001). Escarificación química y térmica de semillas subterráneas de *Centrosema rotundifolium*. *Bioagro*, Vol.13, núm 3, 117124. <https://www.redalyc.org/pdf/857/85713305.pdf>
- Sanchez, J., Muñoz, B., Cuesta, Y., & Torres, Y. (2002). Correlación entre el tamaño de la semilla, la dormancia, la germinación y el vigor de las plantulas de *Calophyllum pinetorum*. *Revista Jardin Botanico.Naionalc*, 75-84. <https://www.jstor.org/stable/42597150>
- Stevenson, P. R., Castellanos, M. C., & Orrontia, J. C. (1997). Dispersión Diferencial de Semillas De hobos (*Spondias* spp) por micos churucos (*Iagothrix lagothricha*) y su

- relación con la morfología de los frutos. *Universitas scientiarum*, Vol. 4(2), 135-144.
<https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/scientarium/article/view/4906>
- Universidad EIA. (2018). *Catalogo de arboles urbanos de colombia*. Obtenido de Catalogo de arboles urbanos de colombia:
<https://catalogoarbolesurbanos.eia.edu.co/technicalsheet>
- Varela, S., & Arana, V. (2011). *Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos*. Bariloche: Silvicultura en vivero.
https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_latencia.pdf
- Vargas, J. A., Duque, O. L., & Torres, A. M. (2015). Germinación de semillas de cuatro especies arbóreas del bosque seco tropical del Valle del Cauca, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, Vol.63, 249-261. doi:<https://doi.org/10.1551u/rbt.v63i1.14123>
- Vásquez Morales, S., & Ramírez Marcial, N. (2019). Seed germination and population structure of two endangered tree species: *Magnolia perezfarrerae* and *magnolia sharpii*. *Botanical Sciences*, 2-12. <https://www.scielo.org.mx/pdf/bs/v97n1/2007-4476-bs-97-01-2.pdf>
- Villacrés, J., Silva Gratelly, P., Varela, F., Guerra Teixeira, A., Baldales Pezo, C., Vasquez Perez, W., & Davila Paredes, D. (2010). Propagación botánica de *Spondias mombin* ubos, *Croton lechleri* sangre de grado y *Annona muricata* guanabana en diversos sustratos, San Juan Bautista, Loreto, Peru. *Herbarium Amazonese*, 109-118.
<https://revistas.unapiquitos.edu.pe/ojs-2.4.8-5/index.php/Conocimientoamazonico/article/view/14/80>
- William, R. (1991). *Guía para la manipulación de semillas forestales*. Roma: Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO.
<https://www.fao.org/3/ad232s/ad232s00.htm>

Anexos

Anexo 1.

Formato para la selección de árboles semilleros

FORMATO PARA LA SELECCIÓN DE ÁRBOLES SEMILLEROS														
CONDICIONES DEL SITIO	ZONA DE VIDA - T°	Bosque humedo tropical												
	ASNM	467 msnm												
	TIPO DE SUELO													
PARÁMETROS DASOMÉTRICOS A EVALUAR		ÁRBO L 1	ÁRB OL2	ÁRBO L3	ÁRBO L4	ÁRBO L5	ÁRBO L6	ÁRB OL7	ÁRB OL8	ÁRB OL9	ÁRBO L10	ÁRBO L11	ÁRBOL 12	ÁRB OL1 3
ESPECIE Y DATOS DASOMÉTRICOS	ESPECIE (Nombre común)	Hobo	Hobo	Hobo	Hobo	Hobo	Hobo	Hobo	Hobo	Hobo	Hobo	Hobo	Hobo	Hobo
	ALTURA TOTAL ESTIMADA (en metros)	30	36	20	15	12	20	18	25	17	19	16	27	18
	ALTURA COMERCIAL (en metros)	12	6	8	6	3	10	8	18	9	10	7	15	12
	DAP (en centímetros)	63,66	76,4	63,6	91,3	43,6	51,56	58,8	44,8	53,4	70,02	70,02	47,746	54,749
				6198	5494	0845	62	8733	8169	7606	8175	8175	48293	3

Continuación Anexo 1															
PARÁMETROS FENOTÍPICOS Y FITOSANITARIOS A EVALUAR		VALOR PONDERADO	ÁRBOL 1	ÁRBOL 2	ÁRBOL 3	ÁRBOL 4	ÁRBOL 5	ÁRBOL 6	ÁRBOL 7	ÁRBOL 8	ÁRBOL 9	ÁRBOL 10	ÁRBOL 11	ÁRBOL 12	ÁRBOL 13
PENDIENTE DEL TERRENO	Plano a levemente inclinado (< 45°)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Muy inclinado (>45°)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESTADO FENOLOGICO	Fructificación	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	Floración	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	Foliación	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Defoliación	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALTURA DE BIFURCACIÓN	No Bifurcado	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bifurcado en el tercio superior	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Bifurcado en el tercio medio	3	3	3	3	3	3	0	3	0	3	3	3	3	3

	Bifurcado en el tercio inferior	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Continuación Anexo 1															
FORMA DEL FUSTE	Recto	6	6	6	6	6	6	6	0	6	6	6	0	6	6
	Torcedura leve	4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0
	Torcedura aguda	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Muy torcido	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DIÁMETRO DE COPA	Copa vigorosa	7	7	7	7	7	0	0	7	0	0	0	7	7	7
	Copa promedio	3	0	0	0	0	3	3	0	0	3	3	0	0	0
	Copa pequeña	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
FORMA DE LA COPA	Circular	6	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0
	Circular irregular	5	5	5	5	5	0	0	0	0	5	0	5	5	5
	Medio círculo	4	0	0	0	0	4	4	0	0	0	4	0	0	0
	Menos de medio círculo	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
	Pocas ramas	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Principalmente rebrotes	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Delgadas	2	0	0	0	0	2	0	0	2	2	2	2	2	2

GROSOR DE LAS RAMAS	Medianas	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
	Gruesas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Continuación Anexo 1</i>															
GAMBAS O ALETON ES	Ausencia	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Presencia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SANIDA D	Sano	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Enfermo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUMATORIA TOTAL POR ÁRBOL			41	41	37	37	34	29	35	28	35	34	37	39	43

Anexo 2.*Protocolo de propagación de Spondias mombin*

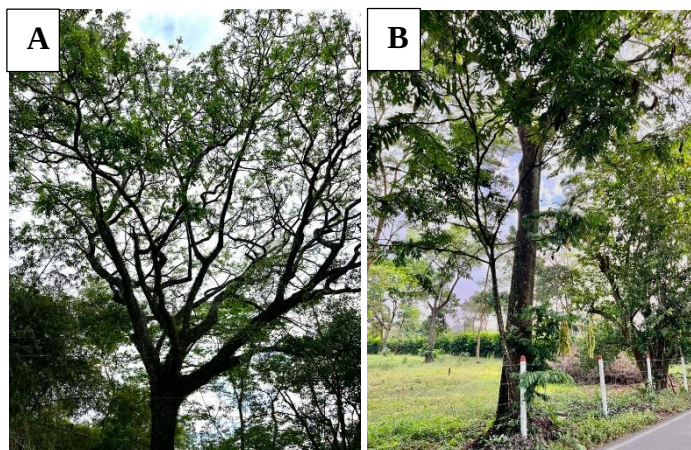
Sinónimo: *Myrobalanus lutea* Macf., *Spondias lutea* L., *Spondias pseudomyrobalanus* Tuss

Familia: Anacardiaceae

Nombres comunes: Jobo, jobo amarillo (Panamá, Mesoamérica), ciruela amarilla (Cuba, Ecuador), jobo blanco (Colombia), cuajo (Venezuela), ubos (Perú), cajá (Brasil), sucá (Bolivia).

Descripción: Árbol de 10 a 35 m de altura, en el clima adecuado, con un tallo que puede alcanzar hasta 80 centímetros de diámetro. Raíces muy extendidas, asimétricas y fuertes. El tronco es recto y cilíndrico, la corteza externa es de color grisáceo con manchas blancas y textura lisa con fisuras profundas en la base del tronco, la corteza interna es de color rosado claro y textura suave, con secreciones blancas, pegajosas, sus hojas son alternas, compuestas de varios folíolos ovados a alargados, terminados en una punta notoria y con fuerte olor a mango, racimos terminales de numerosas flores pequeñas, blancas y en panículas; fruto oblongo o menos frecuentemente elipsoide o ligeramente ovoide-oblongo, 2–4 cm de largo, ápice obtuso a redondeado (fresco o seco), amarillo o anaranjado cuando maduro, las semillas son dispersadas por mamíferos y pájaros grandes. Los árboles de esta especie dejan caer sus hojas durante la estación seca

Figura 11. Árbol de *Spondias mombin* A: Villavicencio y B: Restrepo - Cumaral



Distribución y hábitat: El área de distribución del jobo se extiende a lo largo de la costa del Pacífico y del Golfo de México en el centro de México, hacia el sur a través de la América Central, incluyendo las Indias Occidentales, hasta el Ecuador, haciendo parte la cuenca Amazónica en Brasil, y Perú. Sin embargo, también se encuentra distribuida en los bosques de bajas elevaciones del canal de Panamá; Se ha reportado que esta especie se encuentra en Colombia en los departamentos de Antioquia, Caquetá, Guajira, Magdalena, Meta, Santander, Sucre y Valle, esta es una especie heliofita que suele crecer bien en una gran variedad de ambientes, adaptándose al tipo de suelo. El jobo se encuentra usualmente en bosques secundarios, pero posiblemente también este ubicado en bosques primarios a través de perturbaciones naturales (Monterroza Navarro, 2003)

Usos: Se le atribuyen diferentes usos entre estos se encuentra el uso agrícola donde en algunos sitios es utilizada como cerca viva para delimitar terrenos, alimentación de ganado vacuno y caprino, control de erosión, conservación de suelo y un gran potencial como planta melífera para la apicultura; otros usos asociados son la elaboración de bebidas alcohólicas, combustibles, construcción (usada en construcciones rurales), elaboración de papel herramientas (por sus características suave, liviana y su tonalidad amarillenta cuando esta se seca, utilizada en cajones, palos, fósforos y ebanistería); su corteza fibrosa es utilizada para tallar figuras religiosas, mangos de herramientas, palitos para dientes; su uso fuerte se encuentra en el uso maderable para la construcción de muebles baratos, fabricación de embalses, cajas, acabados de interiores y postes para cercas; tiene un gran uso medicinal utilizando su fruto como fuente de vitamina C. se utiliza como relajante, expectorante, antiséptico, refrescante, astringente y laxante. En cuanto a las hojas se le atribuye la cura de dolores leves, granos y hemorragias, la corteza de la *Spondias mombin* se usaba para tratar la metorragia y antiguamente se hervía y dejaba enfriar para ser consumido por mujeres como método anticonceptivo (Monterroza Navarro, 2003).

Figura 12.

Partes del árbol de Spondias mombin C: Hojas D: Corteza



Floración y fructificación: Se caracteriza por tener flores femeninas cada una con diámetro de 8 a 9 mm siendo estas parecidas a las masculinas, pero con las anteras sin polen y el ovario bien desarrollado, estas están conformadas con 3 a 5 estilos gruesos con porción estigmática recurvada, de 1.5 a 2 mm de largo, incluyendo los estilos. La fructificación ocurre en época de lluvia siendo estas infrutescencias péndulas ≤ 30 cm de largo que contienen drupas ovoides de 3x1.5 cm, se caracterizan por tener tonalidades amarilla y café con un mesocarpio escaso de sabor agridulce jugoso, contiene un endocarpio con 3 a 4 semillas angostas de 1.5 cm de largo, la extracción del embrión consiste inicialmente en escarificar la semilla (Monterroza Navarro, 2003).

Recolección de semillas: Los frutos se recolectan manualmente durante la época de lluvia, el instante adecuado para la realizar la cosecha es cuando el fruto muestra tonalidad amarilla y café, lo que indica que el fruto se encuentra en punto de maduración.

Figura 13.

Recolección manual de semillas de Spondias mombin



Siembra y germinación: Para lograr una germinación en las semillas de *Spondias mombin* de forma rápida se recomienda someter la semilla a diferentes tratamientos pre germinativos como: Testigo; escarificación y con hidratación en agua destilada durante 48 horas; Inmersión de semillas en solución de Peróxido de Hidrógeno (H_2O_2) y agua destilada durante 30 minutos; luego se lavan con agua destilada; incubación de semillas en agua destilada a 30°C durante 15 minutos; luego se sumergen en agua destilada a temperatura ambiente durante 24 horas y escarificación de semillas en agua destilada durante 72 horas, realizando cambio de agua cada 12 horas. Cada tratamiento fue puesto en sustrato de arena del suelo del bosque, el tiempo que tomo el inicio de la germinación para este estudio fue a los 23 días después de la siembra obteniendo un índice de germinación de 0,0024.

El tiempo de almacenaje (usando semillas del año anterior) ayuda a la germinación en un (43% en promedio), la cual sucede entre los 10 días y los 234 días después de la siembra (Román, Liones, Sautu, Deago, & Hall, 2012)



PROPAGACIÓN EX SITU DEL HOBO
Spondias mombin L (Plantas:
Anacardiaceae), ESPECIE AMENAZADA DE
LA ORINOQUIA COMO ESTRATEGIA DE
CONSERVACIÓN

Laura Daniela Figueroa; Dayra Alejandra Serna Mora.

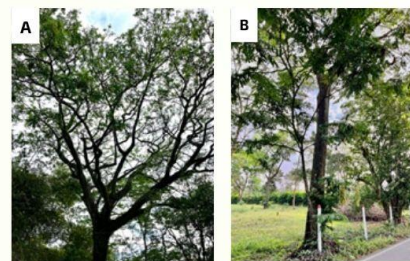


Figura 1. Árbol de *Spondias mombin*: A: Villavicencio y B: Restrepo - Cumará.

Sinónimo: *Myrobalanus lutea* Macf., *Spondias lutea* L., *Spondias pseudomyrobalanus* Tuss

Familia: Anacardiaceae

Nombres comunes: Jobo, jobo amarillo (Panamá, Mesoamérica), ciruela amarilla (Cuba, Ecuador), jobo blanco (Colombia), cuajo (Venezuela), ubos (Perú), cajá (Brasil), sucá (Bolivia).

Descripción: Árbol de 10 a 35 m de altura, en el clima adecuado, con un tallo que puede alcanzar hasta 80 centímetros de diámetro, corteza externa es de color grisáceo con manchas blancas y textura lisa con fisuras profundas en la base del tronco, sus hojas son alternas, compuestas de varios folíolos ovados a alargados, racimos terminales de numerosas flores pequeñas, blancas y en panículas; fruto oblongo o menos frecuentemente elipsoide o ligeramente ovoide-oblongo, 2–4 cm de largo, ápice obtuso a redondeado (fresco o seco), amarillo o anaranjado cuando maduro, las semillas son dispersadas por mamíferos y pájaros grandes. Los árboles de esta especie dejan caer sus hojas durante la estación seca.



Figura 2. Descripción *Spondias mombin*.

Distribución y hábitat: El área de distribución del jobo se extiende a lo largo de la costa del Pacífico y del Golfo de México en el centro de México, hacia el sur a través de la América Central, incluyendo las Indias Occidentales, hasta el Ecuador, haciendo parte la cuenca Amazónica en Brasil, y Perú. Sin embargo, también se encuentra distribuida en los bosques de bajas elevaciones del canal de Panamá; Se ha reportado que esta especie se encuentra en Colombia en los departamentos de Antioquia, Caquetá, Guajira, Magdalena, Meta, Santander, Sucre y Valle, esta es una especie heliofita que suele crecer bien en una gran variedad de ambientes, adaptándose al tipo de suelo. El jobo se encuentra usualmente en bosques secundarios, pero posiblemente también este ubicado en bosques primarios a través de perturbaciones naturales (Monterroza, 2003)

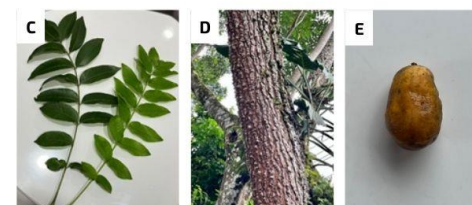


Figura 3. Partes del árbol de *Spondias mombin*: C: Hojas D: Corteza E: Fruto.

Usos: Se le atribuyen diferentes usos entre estos se encuentra el uso agrícola donde en algunos sitios es utilizada como cerca viva para delimitar terrenos, alimentación de ganado vacuno y caprino, control de erosión, conservación de suelo y un gran potencial como planta melífera para la apicultura; otros usos asociados son la elaboración de bebidas alcohólicas, combustibles, construcción (usada en construcciones rurales), elaboración de papel herramientas (por sus características suave, liviana y su tonalidad amarillenta cuando esta se seca, utilizada en cajones, palos, fósforos y ebanistería); su corteza fibrosa es utilizada para tallar figuras religiosas, mangos de herramientas, palitos para dientes; su uso fuerte se encuentra en el uso maderable para la construcción de muebles baratos, fabricación de embalses, cajas, acabados de interiores y postes para cercas; tiene un gran uso medicinal utilizando su fruto como fuente de vitamina C.

Floración y fructificación: Se caracteriza por tener flores femeninas cada una con diámetro de 8 a 9 mm siendo estas parecidas a las masculinas, pero con las anteras sin polen y el ovario bien desarrollado, estas están conformadas con 3 a 5 estilos gruesos con porción estigmática recorbada, de 1.5 a 2 mm de largo, incluyendo los estilos. La fructificación ocurre en época de lluvia siendo estas infrutescencias péndulas ≤ 30 cm de largo que contienen drupas ovoides de 3x1.5 cm, se caracterizan por tener tonalidades amarilla y café con un mesocarpio escaso de sabor agridulce jugoso, contiene un endocarpio con 3 a 4 semillas angostas de 1.5 cm de largo, la extracción del embrión consiste inicialmente es escarificar la semilla (Monterroza, 2003).



Figura 4. Floración y fructificación de *Spondias mombin* F: Flor G: Fruto.

Recolección de semillas: Los frutos se recolectan manualmente durante la época de lluvia, el instante adecuado para la realizar la cosecha es cuando el fruto muestra tonalidad amarilla y café, lo que indica que el fruto se encuentra en punto de maduración.



Figura 5. Recolección manual de semillas de *Spondias mombin*

Siembra y germinación: Para lograr una germinación en las semillas de *Spondias mombin* de forma rápida se recomienda someter la semilla a diferentes tratamientos pre germinativos como: Testigo; escarificación y con hidratación en agua destilada durante 48 horas; Inmersión de semillas en solución de Peróxido de Hidrógeno (H_2O_2) y agua destilada durante 30 minutos; luego se lavan con agua destilada; incubación de semillas en agua destilada a 30°C durante 15 minutos; luego se sumergen en agua destilada a temperatura ambiente durante 24 horas y escarificación de semillas en agua destilada durante 72 horas, realizando cambio de agua cada 12 horas. Cada tratamiento fue puesto en sustrato de arena del suelo del bosque, el tiempo que tomo el inicio de la germinación para este estudio fue a los 23 días después de la siembra obteniendo un índice de germinación de 0,0024%. El tiempo de almacenaje (usando semillas del año anterior) ayuda a la germinación en un (43% en promedio), la cual sucede entre los 10 días y los 234 días después de la siembra (Román, Liones, Sautu, Deago, & Hall, 2012).



Figura 6. Germinación de la semilla *Spondias mombin*.



Figura 7. Germinación de la semilla *Spondias mombin*.

Bibliografía: Barbado, N., Bevilacqua, M., Pereira, P., Rúbio, F., De Oliveira, R., & Klosowski, E. S. (1 de Octubre de 2021). Effects of altitude on seeds germination and luminosity levels on the vegetative development of *Schinus terebinthifolius* Raddi. *Floresta*, 51(4), 830-839. doi:https://doi.org/10.5380/rf.v51i4.73306

BSA. (2020). Esquema General de producción vegetal. Villavicencio.

BSA. (2021). Protocolo Selección de fuentes semilleras. Villavicencio.

Cárdenas, D., & Salinas, N. (2007). Libro rojo de plantas de Colombia. Bogotá.

Humboldt. (Septiembre de 2021). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Obtenido de <http://www.humboldt.org.co/es/>

Varela, S. A., & Arana, V. (2011). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. Bariloche.