UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniera Forestal

Título del Proyecto de Investigación:

"GERMINABILIDAD DE SEMILLAS DE SIETE ESPECIES FORESTALES DE BOSQUE SECO TROPICAL DE LA PROVINCIA DE MANABÍ, AÑO 2019".

Autora:

Quintana Zambrano Joselyn Jacqueline

Director de Proyecto de Investigación:

Ing. For. Rolando López Tobar MSc

Coo-Directora de Proyecto de Investigación:

Ing. For. García Cruzatty Luz Cecilia, Ph.D

Quevedo - Los Ríos - Ecuador

2019

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Joselyn Jacqueline Quintana Zambrano**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Joselyn Jacqueline Quintana Zambrano

C.C. # 120668471-2

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Ing. For. Rolando Manuel López Tobar MSc**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante **Joselyn Jacqueline Quintana Zambrano**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado "**Germinabilidad de Semillas de Siete Especies Forestales de Bosque Seco Tropical de la provincia de Manabí, Año 2019**", previo a la obtención del título de Ingeniera Forestal, bajo mi dirección, habiendo cumplido con todas las disposiciones reglamentadas establecidas para el efecto.

Ing. For. Rolando Manuel López Tobar MSc.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

"Germinabilidad de semillas de siete especies forestales de bosque seco tropical de la provincia de Manabí, año 2019".

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Forestal.

Aprobado por:

_____

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL
Ing. Gary Ramírez Huila

_____ _____

INTEGRANTE DE TRIBUNAL
Ing. Edison Solano Apuntes

INTEGRANTE DE TRIBUNAL
Ing. Oscar Prieto Benavides

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR
2019

Agradecimiento

A Dios por ser esa fortaleza infinita de cada día y demostrarme con su bondad que detrás de cada momento malo siempre llega uno bueno y mucho mejor.

A la vida por permitirme recorrer este camino lleno de malos, buenos e inolvidables momentos.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por haberme dado la oportunidad de realizar mis estudios de tercer nivel.

A la Universidad Técnica de Manabí por permitirme realizar este proyecto de investigación en sus instalaciones.

A los directores de este proyecto de investigación:

Ing. For. Rolando López MSc, por estar pendiente de las revisiones respectivas e ideas, para el desarrollo de este proyecto y por sus enseñanzas dentro del aula de clases mientras duro mi periodo de estudio.

Dra. Luz Cecilia García por todo el apoyo brindado durante el tiempo que tomo este proyecto de investigación, por abrirme las puertas de su hogar y recibirme; mi agradecimiento infinito.

Colaboradores de este proyecto:

Ing. Agr. Luis David Vera por su gran contribución académica, conocimiento compartido y enseñanzas en este proceso.

Ing. Agr. Juan Manuel Moreira, una de las personas con una bondad de oro, a quién le agradezco por su colaboración dentro del jardín botánico, y por su gran recibimiento.

A los docentes en general de la carrera de Ingeniería Forestal por todos los conocimientos aportados en cada una de sus materias encargadas, por aparte de ser maestros se convirtieron en amigos y consejeros.

A mis compañeros de aula porque a pesar de tener todos personalidades distintas siempre hemos tenido una buena relación, los llevaré siempre en mi corazón como uno de los más gratos momentos de mi vida en el que compartimos conocimientos y formamos como profesionales, a quienes les deseo el mejor de los éxitos en sus vidas.

A esa persona especial que me presentó el seguir esta carrera, que con su voz de aliento permanece presente brindándome su apoyo incondicional y con quien viví muchos momentos que siempre guardaré como el mejor de los recuerdos y más bonitas experiencias.

Dedicatoria

A mis padres Jacqueline Zambrano y José Zuintana, que de muchas maneras luchan por darme lo que han podido hasta el día de hoy, se los agradezco de todo corazón y espero retribuir algo del esfuerzo que han hecho y seguirán haciendo por mí.

A mi familia que siempre se alegra por los logros que he obtenido, y han estado presente en cada dificultad que la vida ha puesto en mi camino.

Resumen

La vegetación de los bosques secos es escasa, con árboles aislados que florecen solo cuando hay algo de lluvias. Algunas especies características son el palo santo, ceibo y matorrales espinosos. La temperatura es un factor decisivo dentro del ciclo de vida de las plantas; manipulando y adquiriendo conocimiento de este proceso se tiene la posibilidad de reproducir y rescatar inclusive especies que estén amenazadas o en estado de vulnerabilidad actualmente, por diversos factores. En esta investigación se evaluó la germinación de semillas de siete especies forestales de bosque seco tropical de la provincia de Manabí, a las cuales se aplicaron tres niveles de temperatura: 26.8, 32.5 y 29.7 °C bajo condiciones *in-vitro*, sin la aplicación de tratamientos pregerminativos, con cuatro repeticiones cada temperatura por especie. En el Análisis de Varianza (ANOVA) y comparación de medias mediante pruebas de Tukey se encontraron diferencias altamente significativas para las medias de germinación en cada una de las especies en estudio, las temperaturas que obtuvieron el mayor promedio de germinación según el análisis estadístico fueron 26.8 y 32.7 °C. *Cedrela odorata* al igual que *Albizia saman* presentaron mayor porcentaje de germinación a 26.8 °C, mientras que para *Albizia guachapele* fue a 32.5 °C, *Ceiba trichistandra* por el contrario presento mayor porcentaje a 29.7 °C, las especies restantes no presentaron germinación relevante. La información obtenida en este estudio puede ser utilizada para la aplicación de tratamientos germinativos combinados con diversos niveles de temperatura para plantear programas de restauración, manejo y propagación de especies nativas de bosque seco tropical.

Palabras Claves: semillas, germinación, restauración, propagación.

Abstract

The vegetation of dry forests is sparse, with isolated trees that only bloom when there is some rain. Some characteristic species are palo santo, ceibo and thorn scrub. Temperature is a decisive factor in the life cycle of plants; By manipulating and acquiring knowledge of this process, there is the possibility of reproducing and rescuing even species that are currently threatened or in a vulnerable state, due to various factors. In this research, the germination of seeds of seven forest species of tropical dry forest of the province of Manabí was evaluated, to which three temperature levels were applied: 26.8, 32.5 and 29.7 °C under in vitro conditions, without the application of treatments pregerminatives, with four repetitions each temperature per species. In the analysis of variance (ANOVA) and comparison of means by Tukey tests were highly significant differences for the means of germination in each of the species under study, the temperatures that obtained the highest average germination according to the statistical analysis were 26.8 and 32.7 °C. *Cedrela odorata* as well as *Albizia saman* had a higher percentage of germination at 26.8 °C, while for *Albizia guachapele* it was at 32.5 °C, *Ceiba trichistandra*, on the contrary, presented a higher percentage at 29.7 °C, the remaining species did not present relevant germination. The information obtained in this study can be used for the application of germinative treatments combined with various temperature levels to propose restoration, management and propagation programs for native species of tropical dry forest.

Keywords: seeds, germination, restoration, propagation.

Tabla de Contenido

Declaración de Autoría y Cesión de Derechos ii

Certificación del Director de Proyecto de Investigación iii

Agradecimiento v

Dedicatoria vii

Tabla de Contenido x

Índice de Tablas xiii

Índice de Figura xiii

Código Dublín xiv

Introducción 1

CAPÍTULO I 3

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 3

1.1. Problema de la Investigación 4

1.1.1. Planteamiento de problema 4

1.1.2. Formulación del problema 4

1.1.3. Sistematización del problema 4

1.2. Objetivos 5

1.2.1. General 5

1.2.2. Específicos 5

1.3. Justificación 5

CAPÍTULO II 7

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN 7

2.1. Marco conceptual 8

2.1.1. Bosque seco tropical 8

2.1.2. Importancia de los bosques secos 8

2.1.3. Semillas 8

2.1.4. Germinación de la semilla 9

2.1.5. Temperatura 10
2.1.6. Descripción de las especies 10
2.2. Marco referencial 17
CAPÍTULO III 20
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 20
3.1. Localización del área de estudio 21
3.1.1. Información climática de la zona de estudio 21
3.2. Materiales 22
3.2.1. Materiales de campo. 22
3.2.3. Materiales de oficina. 22
3.2.4. Materiales y equipos de laboratorio. 22
3.2.5. Software 23
3.3. Tipo de investigación 23
3.4. Metodología 24
3.4.1. Trabajo de campo 24
3.4.2. Trabajo de laboratorio 25
3.4.3. Trabajo de oficina 26
CAPÍTULO IV 28
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 28
4.1. Porcentaje de germinación y tratamiento aplicado por especie 29
4.2. Datos de germinación de las siete especies forestales en estudio 31
4.3. Curva de germinabilidad 33
4.4. Análisis estadístico 38
CAPÍTULO V 40
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 40
5.1. Conclusiones 41
5.2. Recomendaciones 42
CAPÍTULO VI 43
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA 43
6. Bibliografía 44

CAPÍTULO VII.....48

ANEXOS.....48

7. Anexos.....49

Índice de Tablas

Tabla 1. Nombre científico, común y familia de las especies estudiadas..... 24
Tabla 2. Mediciones y peso de las semillas en estudio..... 26
Tabla 3. Diseño completamente al azar con arreglo factorial, los factores a evaluar (especie y temperatura), variable (% de germinación). 27
Tabla 4. Porcentaje de germinación a 26.7 °C por especie. 29
Tabla 5. Porcentaje de germinación a 32.5 °C por especie. 30
Tabla 6. Porcentaje de germinación a 29.7 °C por especie. 30
Tabla 7. Datos de germinación a 26.8 °C. 31
Tabla 8. Datos de germinación a 32.5 °C. 32
Tabla 9. Datos de germinación a 29.7 °C. 32
Tabla 10. Germinación de las siete especies forestales 39
Tabla 11. Temperaturas para las siete especies forestales en estudio..... 39
Tabla 12. Porcentaje de germinación por especie a cada temperatura aplicada 59
Tabla 13. Análisis de varianza aplicando un diseño completamente al azar con arreglo factorial. 59

Índice de Figura

Figura 1. Ubicación geográfica del Jardín botánico, cantón Portoviejo, provincia de Manabí. 21
Figura 2. Curva de germinación de semillas de *C. odorata* a 26.8, 32.5 y 29.7 °C. 33
Figura 3. Curva de germinación de *H. chrysanthus* a 26.8, 32.5 y 29.7 °C. 34
Figura 4. Curva de germinación de semillas de *A. guachapele* a 26.8, 32.5 y 29.7 °C..... 34
Figura 5. Curva de germinación de *P. speciosa* a 26.8, 32.5 y 29.7 °C. 35
Figura 6. Curva de germinación de *C. trichistandra* a 26.8, 32.5 y 29.7 °C. 36
Figura 7. Curva de germinación de semillas de *A. saman* a 26.8, 32.5 y 29.7 °C. 37
Figura 8. Curva de germinación de *S. saponaria* a 26.8, 32.5 y 29.7 °C. 38

Código Dublín

Título:	"Germinabilidad de Semillas de Siete Especies Forestales de Bosque Seco Tropical de la Provincia de Manabí, Año 2019"			
Autora:	Joselyn Jacqueline Quintana Zambrano			
Palabras clave:	Semillas	germinación	restauración	propagación
Fecha de publicación:				
Editorial:	FCAMB; Carrera de Ingeniería Forestal; Quintana, J.			
Resumen: (hasta 300 palabras)	La vegetación de los bosques secos es escasa, con árboles aislados que florecen solo cuando hay algo de lluvias. Algunas especies características son el palo santo, ceibo y matorrales espinosos. La temperatura es un factor decisivo dentro del ciclo de vida de las plantas; manipulando y adquiriendo conocimiento de este proceso se tiene la posibilidad de reproducir y rescatar inclusive especies que estén amenazadas o en estado de vulnerabilidad actualmente, por diversos factores. En esta investigación se evaluó la germinación de semillas de siete especies forestales de bosque seco tropical de la provincia de Manabí, a las cuales se aplicaron tres niveles de temperatura: 26.8, 32.5 y 29.7 °C bajo condiciones *in-vitro*, sin la aplicación de tratamientos pregerminativos, con cuatro repeticiones cada temperatura por especie. En el Análisis de Varianza (ANOVA) y comparación de medias mediante pruebas de Tukey se encontraron diferencias altamente significativas para las medias de germinación en cada una de las especies en estudio, las temperaturas que obtuvieron el mayor promedio de germinación según el análisis estadístico fueron 26.8 y 32.7 °C. *Cedrela odorata* al igual que *Albizia saman* presentaron mayor porcentaje de germinación a 26.8 °C, mientras que para *Albizia guachapele* fue a 32.5 °C, *Ceiba trichistandra* por el contrario presento mayor porcentaje a 29.7 °C, las especies restantes no presentaron germinación relevante. La información obtenida en este estudio puede ser utilizada para la aplicación de tratamientos germinativos combinados con diversos niveles de temperatura para plantear programas de restauración, manejo y propagación de especies nativas de bosque seco tropical.			
Descripción:				
URI:				

Introducción

Estudios recientes indican que a nivel latinoamericano los bosques secos son los más afectados debido a la tasa anual de deforestación, donde la principal causa se asocia al crecimiento demográfico (Bedoya, 2016). El aprovechamiento de madera, la agricultura y la ganadería han ocasionado una importante reducción y fragmentación de estos ecosistemas, los mismos que enfrentan importantes amenazas derivadas del cambio climático (Romero, 2016).

Los rasgos regenerativos (frutos y semillas) son un elemento importante y crítico en la ecología, evolución e historia de las comunidades vegetales, debido a que afectan directamente a procesos de adaptación, dispersión, germinación, colonización y establecimiento de las plántulas en los diferentes ecosistemas (Romero & Pérez, 2016). Sin embargo, las semillas han sido poco estudiadas en zonas áridas tropicales, existiendo de esta forma poca información que den una pauta sobre datos biológicos necesarios para generar directrices que permitan conocer, gestionar y conservar estos hábitats de gran importancia biológica (Romero, 2016).

El Ecuador se encuentra entre los 17 países megadiversos del mundo, uno de los ecosistemas más importantes son los bosques secos pluvioestacionales, que se localizan en la región occidental de los Andes, en las provincias de Imbabura, Esmeraldas, Manabí, Guayas, El Oro y Loja. Originalmente cerca del 35 por ciento (28000 km^2) del Ecuador está cubierto por bosque seco. Se estima que el 50 por ciento habría desaparecido (Aguirre, 2012). Los estudios en semillas de especies leñosas de zonas áridas siguen siendo limitados, a pesar que los últimos años se han generado importantes aportes para conocer la ecología y estructura de los bosques secos y de misma manera la morfología de la semilla, especialmente en la región sur del Ecuador (Bedoya, 2016).

Existen una serie de factores ambientales relacionados con la germinación de semillas, tales como: precipitación, humedad relativa, heliofanía y temperatura. La temperatura es un factor concluyente dentro del proceso de germinación ya que influye sobre las enzimas que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas que ocurren en las semillas después de la

rehidratación, la activación de cada enzima sucede entre un máximo y un mínimo de temperatura existiendo un óptimo intermedio. Las semillas son susceptibles a la invasión y daños por insectos, ácaros, bacterias y hongos, su calidad es fundamental para garantizar el éxito de las reforestaciones. También existe interacción entre los patógenos y las semillas que pueden ayudarlas a romper su dormancia (Contreras, 2012).

La presente investigación tiene como base fundamental aportar al conocimiento de la dinámica de las especies forestales en su etapa de germinación y a la elaboración de técnicas o métodos de conservación de estas especies desarrolladas en bosque seco tropical.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de la Investigación

1.1.1. Planteamiento de problema

La estacionalidad marcada en los bosques secos afecta a los procesos fisiológicos en la producción de semillas, germinación, supervivencia y desarrollo de plántulas. Desde este enfoque surge la necesidad de evaluar la germinabilidad de las semillas de bosque seco, debido a que, las bajas precipitaciones durante el año, dificultan el estudio de germinación de las semillas por el tiempo en que pueden tardar para obtener las condiciones óptimas y llevar a cabo su proceso.

Diagnóstico

Se desconoce la temperatura óptima de germinación para las semillas de las especies en estudio, donde se valorará el porcentaje de germinación, el tiempo de viabilidad, entre otros parámetros dentro del proceso fisiológico al desarrollar este estudio bajo condiciones *in-vitro*.

Pronóstico

Con esta investigación, se espera determinar aspectos primordiales sobre la biología de la semilla, como germinabilidad y viabilidad; así mismo, determinar las condiciones de temperatura en que las semillas de las especies forestales en estudio tienen un mayor porcentaje de germinación.

1.1.2. Formulación del problema

¿Qué temperatura será la más adecuada para obtener el mayor porcentaje de germinación de las siete especies forestales de bosque seco tropical de la provincia de Manabí?

1.1.3. Sistematización del problema

¿Cuál será la temperatura óptima que se debe aplicar a las semillas de las especies en estudio para obtener el mayor porcentaje de germinación?

¿Cuál será la viabilidad de las semillas de las especies en estudio?

1.2. Objetivos

1.2.1. General

Evaluar el efecto de la temperatura en la germinabilidad de semillas de siete especies forestales del bosque seco tropical de la provincia de Manabí.

1.2.2. Específicos

- Determinar el porcentaje de germinación de semillas de siete especies del bosque seco tropical.
- Evaluar el efecto de la temperatura en la germinabilidad de semillas de siete especies del bosque seco tropical.
- Graficar curvas de germinación en cada temperatura evaluada para las especies forestales en estudio.

1.3. Justificación

Los bosques secos son ecosistemas frágiles y gravemente presionados por la interacción humana, ya que desarrolla actividades productivas en base al aprovechamiento de recursos forestales maderables y no maderables.

El Ecuador es considerado un país con una alta presencia de especies y ecosistemas, por ello se orientan esfuerzos a la preservación, protección y manejo sustentable de sus recursos naturales. Lamentablemente, es uno de los países con la tasa más alta de deforestación en Sudamérica, por lo que se torna urgente generar y aplicar mecanismos de conservación de nuestros recursos.

En Ecuador, es escasa la literatura e información sobre la germinación de semillas en especies forestales de bosque seco tropical, debido a la poca relevancia que representan estas especies en los ecosistemas que se desarrollan en este tipo de bosque.

Con la presente investigación se pretende implementar la aplicación de temperaturas que estimulen la germinación de semillas de especies forestales presentes en bosque seco

tropical favoreciendo la producción de plántulas en vivero para programas de reforestación y cultivo.

Uno de los métodos para preservar los recursos forestales es la conservación *ex-situ*, de manera que para realizar este proceso es importante contar con información sobre la biología de las semillas.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Bosque seco tropical

Ocupa un área correspondiente al cinco por ciento de la totalidad de cobertura boscosa a nivel mundial, distribuido en África (39 %), Asia (23 %), Norte y Centro América (6 %), América del Sur (33 %) (Galindo, 2017). Los bosques secos tropicales son considerados como los más frágiles a causa de la lenta capacidad de regeneración y a las amenazas de deforestación por causas naturales o antrópicas. Debido a las condiciones de sequía que padecen, el reclutamiento de plántulas y las tasas de crecimiento son afectadas y menores que en bosques tropicales húmedos (Uslar, Mostacedo, & Saldias, 2004).

Las especies dominantes encontradas en bosque seco tropical pertenecen a las familias de Leguminosae, Bignoniaceae, Malvaceae, Apocynaceae y Capparaceae (Pennington, Lavin, & Oliveira, 2009).

2.1.2. Importancia de los bosques secos

Los bosques secos son de importancia ambiental, albergan una gran cantidad de especies, la dinámica natural inicia en temporadas lluviosas y son de valor económico ya que existen productos maderables y no maderables, son uno de los ecosistemas tropicales más amenazados y menos conocidos del mundo. Este tipo de hábitat reside en su diversidad por la capacidad de reflejar una gran variedad de adaptaciones e interacciones vegetativas, para afrontar el déficit hídrico a las altas temperaturas (Camacho, 2016).

2.1.3. Semillas

Las semillas son el principal órgano reproductivo de la mayoría de las plantas terrestres y acuáticas. Se encarga de desempeñar una función fundamental en la renovación, persistencia y dispersión de las poblaciones de plantas, la regeneración de los bosques y la sucesión ecológica. Es una fuente de alimento para muchos animales, también mediante la producción agrícola, es esencial para el ser humano (Miranda & Villafuerte, 2016).

2.1.3.1. Semillas ortodoxas

En este grupo se encuentran la mayoría de las especies pioneras; estas semillas son de tamaño pequeño, con peso variable de 0.001 a 0.1 g. Presentan dormancia y por lo tanto una mayor longevidad, lo que permite que perduren durante mucho tiempo en el banco de semillas. Las especies con semillas ortodoxas, producen una gran cantidad de semillas con bajo contenido de humedad, lo cual incrementa su potencial de dispersión a grandes distancias por medios abióticos (agua, viento). Estas semillas pueden ser almacenadas con facilidad durante varios años a baja temperatura (entre 5 y 18 °C o menos) y con contenido de humedad residual de 5 a 7 por ciento sin mostrar una disminución significativa de su viabilidad (Ceccon, 2014).

2.1.3.2. Semillas recalcitrantes

Por lo general se encuentran en especies que son tolerantes a la sombra, normalmente son grandes, con un peso que varía de 0.1 a 10 g o más, no presentan dormancia y tienen una germinación temprana. Poseen menos longevidad que las ortodoxas; son producidas por especies perennes, leñosas que se desarrollan con frecuencia en bosques maduros, localizados en regiones con clima cálido o húmedo en los que no existe una estacionalidad marcada. Al contrario de ortodoxas, las semillas recalcitrantes no resisten el almacenaje bajo condiciones de baja temperatura y contenido de humedad debido a que pierden su viabilidad en corto tiempo (Ceccon, 2014).

2.1.3.3. Semillas intermedias

Pueden deshidratarse hasta una cierta magnitud sin perjudicarse, pero que a la vez tienen una longevidad reducida, la desecación con almacenamiento a bajas temperaturas provoca daños severos en la estructura seminal (Navarro, 2003).

2.1.4. Germinación de la semilla

Se define como la emergencia y desarrollo del embrión, el mismo que es un indicador de la producción de plantas. La finalidad de realizar ensayos de germinación es establecer el número promedio de semillas que pueden germinar bajo determinadas condiciones de luz,

temperatura y humedad. La comprensión de la dinámica de germinación de la semilla requiere del conocimiento del estado fisiológico, morfológico y físico al tiempo en que maduran, así como también, los cambios que anteceden a la germinación como las condiciones ambientales para que este proceso se lleve a cabo (Contreras, 2012).

En el ámbito mundial los estudios de semilla se enmarcan fundamentalmente en los siguientes temas de investigación: determinación de procesos bioquímicos-fisiológicos que involucran a los procesos de germinación, dormancia y envejecimiento seminal; estudios de eco-fisiología de la germinación; y aplicación de tratamientos pre-germinativos que brinden soluciones prácticas y rápidas para eliminar la dormancia e incrementar y sincronizar la germinación y establecimiento de plántulas (Salgado & Salgado, 2017).

2.1.5. Temperatura

Es un factor decisivo en el proceso de la germinación, ya que influye sobre las enzimas que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas luego de la rehidratación. La actividad de cada enzima tiene lugar entre un máximo y un mínimo de temperatura, existiendo un intermedio óptimo (Contreras, 2012).

2.1.6. Descripción de las especies

Para el presente estudio se utilizaron las semillas de las especies descritas a continuación:

2.1.6.1. *Cedrela odorata* L

Familia: Mealiaceae

Nombre común: cedro (Ecuador)

Descripción botánica

Es un árbol de hasta 50 metros de altura con un DAP (diámetro a la altura de 1.30 metros) de 60 centímetros a 1.50 metros, con una copa ancha y redonda. Ramificaciones gruesas con lenticelas redondas en las ramas jóvenes. Fuste recto, cilíndrico (Morales & Herrera, 2009). Su corteza exterior se encuentra fuertemente fisurada, muestra canales pardo-rojizos en

arboles de áreas alternas. Corteza interior con laminillas sobrepuestas (Jaramillo, 2018). Posee un olor similar al ajo y consta sabor amargo (Morales & Herrera, 2009). Tiene hojas alternas, compuestas, paripinnadas con 5-11 pares de foliolos, lanceoladas a ovaladas que miden 5-16 centímetros de largo (Véliz, 2010). Por otra parte, sus flores masculinas y femeninas se ubican en la misma inflorescencia, de color blanco, agrupadas en racimos florales de 30 a 50 centímetros, con cáliz irregularmente dentado (INAB, 2017). Los frutos son capsulas leñosas, con dehiscencia longitudinal septicida (se abre en cinco carpelos) de cuatro a siete centímetros de color oscuro, de superficie externa lenticelada y lisa, tiene de 20 a 25 semillas (Morales & Herrera, 2009). Consta de semillas aladas color pardo elíptico, miden 1.2 a 4 centímetros de largo y entre cinco a ocho milímetros de ancho, la testa es de color castaño rojizo; el embrión es recto. El desarrollo de la fruta toma alrededor de 9 a 10 meses y maduran durante la estación seca, los árboles comienzan a fructificar a una edad de 10 a 12 años (Burns & Honkala, 1990). El fruto se abre desde la parte superior hacia abajo para liberar de 40 a 50 semillas cuando está maduro, regularmente un kilogramo contiene 20000 a 50000 semillas, tienen una longitud de 20 a 25 milímetros y se dispersan por medio del viento. Pierden su viabilidad rápidamente si no se almacenan muy secos a temperaturas reducidas, la germinación se completa en un periodo de 2 a 4 semanas (Burns & Honkala, 1990).

El cedro produce semillas clasificadas como ortodoxas permitiendo su almacenaje a temperaturas controladas. Se reporta en la literatura que las semillas de cedro se pueden almacenar por dos años a 5 °C con siete por ciento de humedad, en envases de plástico cerrados herméticamente, manteniendo un 40-50 por ciento de viabilidad (Morales & Herrera, 2009).

Distribución geográfica y ecología

Se distribuye por toda América Central, desde México hasta Argentina (con excepción de Chile). Se encuentra en bosque húmedo tropical, bosque húmedo subtropical y bosque seco tropical, es una especie exigente de luz (Véliz, 2010).

Usos

La madera se considera muy fina, se usa para fabricar muebles tallados. En la etnia Kichwa de la Sierra-Loja, la corteza al ser macerada se usa como condimento de bocadillos (Jaramillo, 2018).

2.1.6.2. *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O.Grose

Familia: Bignoniaceae

Nombre Común: guayacán

Descripción botánica

Árbol de 12 a 20 metros de altura con un tronco fuerte, compacto, recto, cilíndrico y de aproximadamente 20-40 centímetros de DAP, de corteza áspera con grietas verticales profundas. Hojas alternas digitalmente compuestas, con cinco hojuelas oblongo-obovadas, de 6 a 12 centímetros de largo, envés áspero y ligeramente pubescente, caducifolias de color verde claro (Calle, 2016). Flores son de forma tubular de color amarillo, en grupos de inflorescencia terminales. Frutos son silicuas cilíndricas alargadas (Largo, 2017). Retorcidos con numerosas estrías a los lados, en estado de madurez presentan una tonalidad verde amarillenta. Sus semillas son aladas, aplanadas de 1.50 a 2 centímetros de largo y 1 centímetro de ancho, dispuestas en forma transversal de la vaina (Calle, 2016).

Distribución geográfica

Originario de la zona intertropical de América y crece en la mayoría de países del continente (Largo, 2017). En Ecuador crece entre 0-2000 msnm en las provincias de Bolívar, Chimborazo, El Oro, Esmeraldas, Guayas, Loja, Los Ríos, Manabí, Morona Santiago, Napo, Pastaza, Pichincha y Sucumbíos (Calle, 2016).

Usos

Se la usa en arboricultura urbana y en cercas vivas, tiene gran capacidad de perdurar en bosques secos, además de favorecer el establecimiento de otras especies, por tanto, es usada en programas de reforestación y restauración ecológica (Calle, 2016).

2.1.6.3. *Albizia guachapele* (Kunth) Dugand

Familia: Fabaceae

Nombre Común: guachapelí

Descripción botánica

Árbol caducifolio de 20-25 metros de altura y 40-50 centímetros de DAP. Fuste cilíndrico, recto, con ramificaciones desde la mitad del tamaño del árbol. Follaje verde-amarillento. Corteza fisurada color grisácea, se desprende en placas alargadas. Hojas compuestas alternas bipinnadas, con 2-4 pares de folíolos oblongos a elípticos, con glándulas en el raquis, tanto primario como secundario, pubescentes aún en el estado adulto, especialmente en el envés (Aguirre, 2012). Sus flores tienen numerosos estambres blancos (Orwa, Mutua, Kindt, Jamnadass, & S, 2009). Los frutos son legumbres secas y aplanadas de color café oscuro en su etapa de madurez, dentro de cada fruto podemos encontrar de 5 a 10 semillas en forma de frijoles. La madera esta lista desde 20 a 40 años (Miranda & Villafuerte, 2016).

Distribución geográfica y ecología

Su distribución natural abarca desde México hasta Bolivia, esta especie se encuentra en bosques caducifolios, se presenta en elevaciones bajas de 0 a 800 metros sin embargo se han plantado hasta una altitud de 1200 m. Precipitación media anual de 700-2300 milímetros, requiere una estación seca anual de aproximadamente 4-5 meses. Crece en suelos secos, pobres y rocosos, esta especie no tolera inundaciones sin embargo se ha plantado en algunas áreas húmedas con éxito (Orwa *et al*., 2009).

2.1.6.4. *Ceiba trichistandra* (A. Gray) Bakh

Familia: Malvaceae

Nombre Común: ceiba

Descripción botánica

Árbol caducifolio de 20-40 metros de altura y de 2 a 3 metros de DAP, fuste abultado, color verde claro, ramas abundantes y gruesas, cuando el árbol es joven presenta aguijones que desaparecen cuando va desarrollando, quedan espinas en las ramas viejas. Sus raíces son tablares que pueden medir 15-30 centímetros de grosor. Hojas digitadas alternas de 5-9 centímetros, foliolos oblongo-lanceolados, de 10-15 centímetros de largo por 10 centímetros de ancho (Aguirre, 2012). Flores en racimos laterales de color blanco y rosadas de 8-12 centímetros, solitarias y axilares. Fruto cápsula elipsoidal o elíptico-oblongo, colgante de 10-16 centímetros de largo por 5-8 centímetros de ancho, posee muchas semillas y filamentos parecido al algodón (Camacho, 2016).

Distribución geográfica y ecología

Su hábitat es en bosque natural o intervenido; en la provincia de Loja se encuentra en los bosques de Macará y Zapotillo. Se localiza entre 0-500 msnm en la provincia de Loja, El Oro, Guayas y Manabí (Aguirre, 2012).

Usos

La madera es utilizada para tablas de encofrado, juguetería, fabricación de canoas y cajones. El algodón de sus frutos es usado para rellenar colchones y almohadas, las hojas y frutos son forrajeras (Aguirre, 2012).

2.1.6.5. *Pachira speciosa* Triana. & Planch

Familia: Malvaceae

Nombre Común: cacao de monte

Descripción botánica

Frecuentemente confundida en los herbarios con *Pachira aquatica* Aubl, puede separase con rapidez por ser un árbol propio de la franja subandina, aunque a veces se encuentra por debajo de los 1000 metros. *P. speciosa* se diferencia a grandes rasgos porque presenta hojas

con foliolos emarginados o escotados en el ápice, y frutos fusiformes y apiculados por lo regular de color más claro (café) (Patiño, 2002).

2.1.6.6. *Albizia saman* (Jacq.) Merr

Familia: Fabaceae

Nombre Común: samán

Descripción botánica

Árbol grande semideciduo de crecimiento de 10 a 25 metros de altura, pero es capaz de alcanzar los 50 metros, la copa es amplia y simétrica. Su corteza es áspera y fisurada (Selvam, 2007). Hojas compuestas bipinnadas, alternas, de 3-9 pares de 10-34 centímetros de ancho y 20-40 centímetros de longitud. Durante los períodos secos, los árboles son semideciduos y pierden sus hojas en poco tiempo. Son ligeramente sensibles a la luz y se cierran por la noche. Flor de color rosa claro dispuestas en umbelas, se reúnen en inflorescencia vistosas situadas al final de las ramas, florece entre enero y mayo. Fruto legumbre o vaina de 8 a 20 centímetros de largo y de 15-19 milímetros de ancho, son rectas o ligeramente curvas verdes y carnosas antes de madurar y oscuras color marrón una vez que se maduran (Delgado, Hera, Cairo, & Orta, 2014). Rellenos de pulpa dulce parduzca y pegajosa, cada fruta contiene de 15 a 20 semillas grasosas, brillante, lisas y de color marrón oscura (Selvam, 2007). Semillas son engrosadas oblongas, elipsoidales, de 8-11.5 milímetros de largo y 5-7.5 milímetros de ancho, ligeramente achatadas por los lados de color marrón (Delgado *et al*., 2014).

Distribución geográfica y ecología

Crece mejor en las tierras bajas desde el nivel del mar hasta los 300 metros con precipitación de 600 a 3000 mm anual, se cree que es nativo del norte de Sudamérica (Colombia, la vertiente del Caribe y el drenaje del Orinoco de Venezuela), y en América Central hasta El Salvador. Actualmente se extiende desde México hasta Perú, Bolivia y Brasil. En estas áreas, ocurre en bosques secos de baja elevación y en hábitats de pastizales / sabanas (Staples & Craig, 2006). Se puede localizar de 0 hasta 1500 msnm a una

precipitación de 600-2500 mm anuales con temperatura medio anual de 20-28 °C (Véliz, 2010). Crece en suelos ligeros, medios y pesados, se adapta a condiciones alcalinas y ácidas, tolera encharcamientos por cortos periodos, pero es intolerante a la sombra y frío (Selvam, 2007).

Usos

Ampliamente cultivada en potreros y sistemas silvopastoriles, donde proporcionan sombra, forraje y frutos para el ganado (Torres *et al*., 2014). Se utiliza para tallar muebles, paneles y como chapa y contrachapado, puede ser usado en la construcción de barcos (Selvam, 2007).

2.1.6.7. *Sapindus saponaria* L

Familia: Sapindaceae

Nombre Común: jaboncillo

Descripción botánica

Especie monoica de 10 a 25 metros de altura y de hasta 80 centímetros de diámetro; fuste recto, a veces ramificado a baja altura; copa amplia, densa irregular con ramas ascendentes (Salazar, Soihet, & Méndez, 2000). Hojas compuestas alternas, imparipinadas con borde entero, lanceoladas, de 10-20 centímetros de longitud, foliolos 3-4 pares, alternos, de 5-10 centímetros de longitud, con láminas lanceoladas elípticas, ápice obtuso, base asimétrica, borde entero, 2-4 pares de nervios secundarios, glabros, tiene el raquis alado. Flores unisexuales color blancas de 0.5 centímetros de diámetro, en inflorescencias de racimo compuesto; flores masculinas con cinco sépalos y pétalos (Usiña, 2017). Fruto, bayas indehiscentes en grupos de dos o tres, que miden aproximadamente 1.80 centímetros de diámetro, con forma globosa y superficie arrugada, el fruto es translúcido de color amarillo y contiene en su interior un líquido de consistencia mucilaginosa y transparente (Rodríguez, Sinaca, & Jamangapé, 2009).

Distribución geográfica y hábitat

Especie de amplia distribución desde México, a través de América Central y las Antillas hasta Ecuador, Perú, Brasil, Paraguay y Argentina en América del Sur (Salazar *et al*., 2000). En el Ecuador se encuentra en las provincias de Esmeraldas, Galápagos, Guayas, Imbabura, Los Ríos, Loja y Manabí. Crece entre 0-2500 msnm en bosque seco y valles secos interandinos (Usiña, 2017).

Usos

Se usa para artesanías y leña, la cascara del fruto y la corteza del árbol contienen saponinas (30 %) que sirven como jabón para lavar ropa. Las semillas de color negro cuando madura son usadas como bolas o canicas por los niños (Usiña, 2017).

2.2. Marco referencial

Soto, Valiengo, & César (2010), realizaron un estudio del comportamiento germinativo de semillas de *Albizia hasslerii* bajo diferentes temperaturas. El diseño estadístico utilizado fue completamente al azar en parcelas subdivididas para temperaturas, con 11 árboles madres llamados lotes y cuatro repeticiones de 15 semillas. La comparación de las medias fue realizada por la prueba de Scott-Knott al 5 % de probabilidad. Las temperaturas utilizadas fueron: a) constantes: 20, 25 y 30 °C; y b) alternadas: 20-30 y 25-35 °C. Para el conjunto de los 11 lotes se obtuvo germinación media de 90 %, índice de velocidad de germinación (IVG) de 5.059, masa de materia fresca (MMF) de 0.0628 g plántula–1 y seca (MMS) de 0.0499 g plántula–1.

Los coeficientes de variación (CV) entre parcelas variaron de 8.48 % para germinación a 51.71 % para masa seca de plántula y subparcela de 6.77 % para germinación a 60.45 % para MMS. Estos altos valores de CV, verificados para MMF y MMS indican baja repetibilidad de los resultados dentro de cada tratamiento. Los índices de velocidad de germinación (IVG) obtenidos en las temperaturas de 20 y 25 °C fueron inferiores a los obtenidos en las temperaturas de 30, 20-30 y 25-35 °C. La mejor temperatura para IVG fue la alternada de 25-35 °C y la constante de 30 °C.

Orantes, Pérez, Rioja, & Garrido (2013), determinaron la proporción de semillas viables y la pérdida de viabilidad debido al período de almacenamiento, así como el efecto de tratamientos pregerminativos que favorecen la germinación en semillas de *Cordia alliodora, Terminalia amazonia* y *Bursera bipinnata,* árboles nativos de la selva tropical, Chiapas, México. Se encontró que las semillas recién colectadas presentaron más del 90 % de viabilidad, la cual fue disminuyendo hasta mostrar un 15 % en *B. bipinnata,* 34 % en *C. alliodora* y 18 % en *T. amazonia* después de 12 meses de almacenamiento.

De acuerdo con la germinación acumulada se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,0001$), se observó que las semillas de las tres especies pueden acelerar su tiempo de emergencia con la aplicación de ácido giberélico y escarificación. Al aplicar los tratamientos pregerminativos se obtuvo más del 90 % de germinación final. Los tratamientos pregerminativos favorecen la germinación ya que sin ellos el porcentaje de germinación disminuye (*B. bipinnata* 63 %, *C. alliodora* 62 % y *T. amazonia* 54 %). En conclusión, para poder obtener un mayor porcentaje de semillas germinadas en poco tiempo, es necesario dar un tratamiento previo a la siembra para las semillas de estas especies. El almacenamiento de las semillas durante un año provocó una declinación en la capacidad germinativa.

Investigación conducida en el Laboratorio de Análisis de Semillas de la Facultad de Ingeniería de Isla Solteira - FEIS / UNESP; Pereira, Filgueira, & Filgueira (2000), objetivó determinar para las semillas de *Ceiba pectandra* la mejor franja de temperatura para germinación. Las semillas procedentes de Tefé, Itapiranga, Lábrea, municipios del Estado de Amazonas. El experimento fue instalado en cámara de germinación, combinando cuatro temperaturas constantes (20, 25, 30 y 35 ºC) y seis temperaturas alternas (20-25, 20-30, 20-35, 25-30, 25-35 y 30-35 ºC), utilizando rollo de papel, siendo conducido hasta que ya no se verificase semillas en condiciones de germinación.

Se utilizó el delineamiento experimental completamente casualizado, dispuesto en esquema factorial 10 x 3, con cuatro repeticiones de 50 semillas cada una. Hubo diferencias significativas entre las temperaturas, entre procedencias y en la interacción temperatura x procedencia, en la germinación de las semillas. En el sexto día después de la siembra, el porcentaje de germinación a 25 ºC fue de 1.5; 53 y 48,5 %, respectivamente para Tefé,

Itapiranga y Lábrea. A 35, 25-35 y 30-35 ºC la germinación no superó el 50 %. En la temperatura de 25 ºC, en el día 10 se verificó un 58.5 % de germinación, mientras que a 30-35 ºC, en el día 9 alcanzó el 55 %. En las temperaturas de 20, 20-25 y 20-35 ºC la germinación no superó el 5.5 %, con los recuentos de plántulas normales iniciadas respectivamente en los días 18, 13 y 10 días después de la siembra. Se concluyó que el proceso germinativo de las semillas de Ceiba es inhibido a las temperaturas de 20, 20-25 y 20-35 ºC. La germinación de las semillas fue acelerada a 25, 35 y 30-35 ºC, sin embargo, la temperatura óptima para que ocurra el máximo de germinación y el mejor índice de velocidad de germinación fue a 25 ºC para semillas procedentes de Itapiranga y Lábrea ya 35 ºC para Tefé.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización del área de estudio

Las semillas utilizadas en la presente investigación se colectaron en el Jardín botánico de la Universidad Técnica de Manabí, ubicado en el cantón Portoviejo de la provincia de Manabí. Con coordenadas UTM 560022 y 9885278. Los ensayos de germinación se realizaron en el Laboratorio de Botánica de la misma universidad.

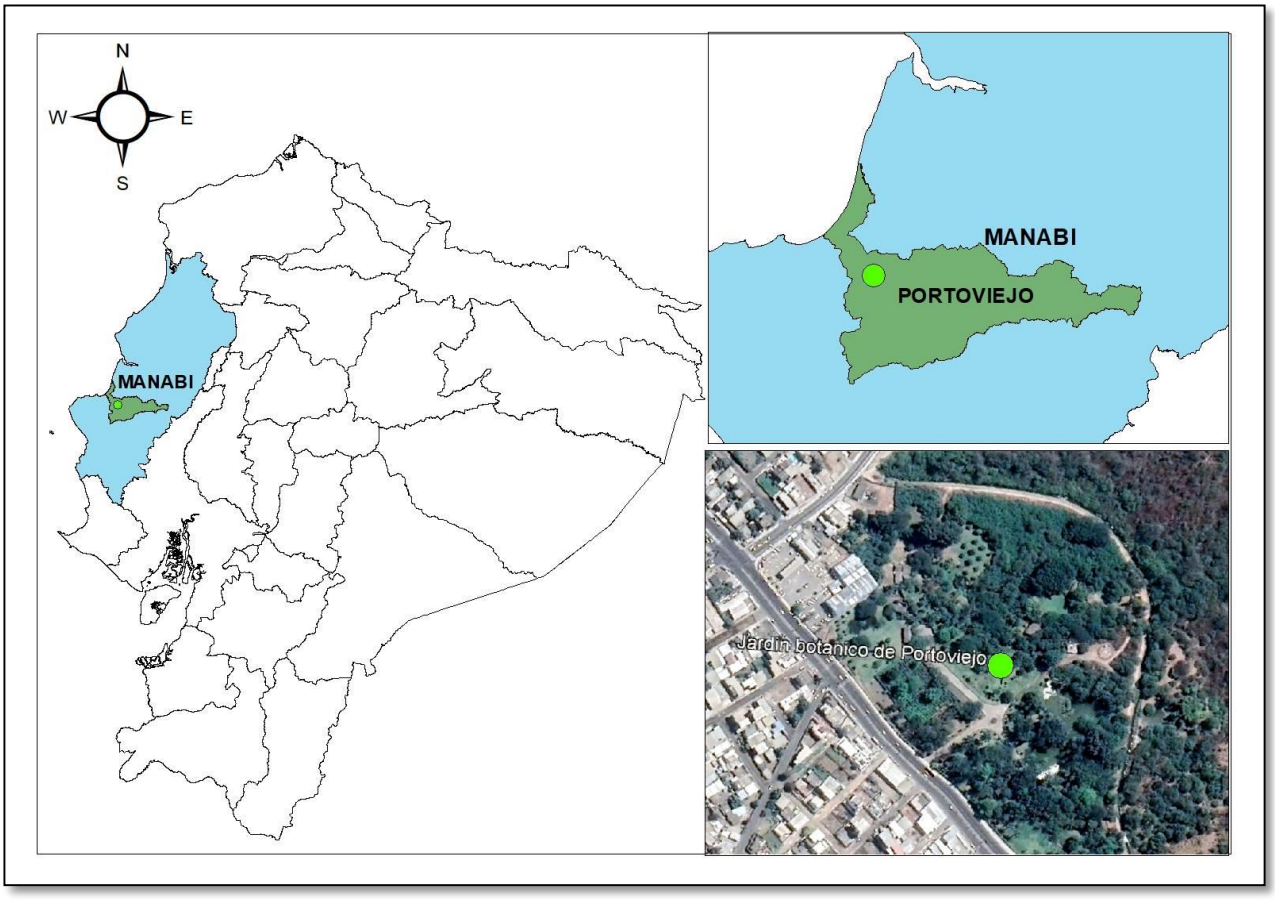

Figura 1. Ubicación geográfica del Jardín botánico, cantón Portoviejo, provincia de Manabí.
Fuente: Google Earth Pro, 2018 y ArcGis 10.5.

3.1.1. Información climática de la zona de estudio

Principales características climáticas perteneciente a los años 2017-2018 del jardín botánico	
Variables ambientales	**Promedios**
Temperatura (°C)	25.6
Precipitación (mm)	575.2
Heliofania (horas luz)	1475.45
Evaporación (mm)	1144.5

3.2. Materiales

3.2.1. Materiales de campo.

- Cuaderno de apuntes
- Fundas de papel
- Cámara fotográfica
- Lapiceros

3.2.3. Materiales de oficina.

- Hojas A4
- Ordenador
- Impresora
- Lápiz
- Pendrive
- Libros
- Artículos científicos

3.2.4. Materiales y equipos de laboratorio.

- Algodón hidrófilo
- Caja Petri
- Estufa digital
- Balanza digital analítica
- Alcohol antiséptico desinfectante (71%)

- Guantes quirúrgicos
- Mascarillas
- Agua destilada
- Pinzas
- Bisturí
- Marcadores
- Atomizador
- Fundas herméticas

3.2.5. Software

- Microsoft Word
- Microsoft Excel
- Google Earth Pro
- Mendeley
- Statistical Analysis System (SAS ®)
- ArcGis 10.5

3.3. Tipo de investigación

La presente investigación tiene una orientación exploratoria permitiendo un enfoque en cuanto a la germinación de semillas de bosque seco tropical, mismas que han sido poco estudiadas, ya que existen muy pocos antecedentes con respecto a la experiencia adquirida en investigaciones o en campo y servirá como base para la realización de nuevas investigaciones relacionadas.

3.4. Metodología

3.4.1. Trabajo de campo

Selección de las especies

Se seleccionaron siete especies forestales de bosque seco tropical (Tabla 1), que se encontraban en la etapa de producción de frutos, procediendo luego a extraer sus semillas. La recolección de las mismas se realizó en el mes de noviembre correspondiente al inicio de la época de lluvia de la zona.

Tabla 1. Nombre científico, común y familia de las especies estudiadas.

Nombre científico	Nombre común	Familia
Albizia guachapele (Kunth) Dugand	Guachapelí	Fabaceae
Albizia saman (Jacq.) Merr	Samán	Fabaceae
Cedrela odorata L	Cedro	Meliaceae
Ceiba trichistandra (A. Gray) Bakh	Ceiba	Malvaceae
Handroanthus chrysanthus (Jacq.) S.O.Grose	Guayacán	Bignoniaceae
Pachira speciosa Triana. & Planch	Cacao de monte	Malvaceae
Sapindus saponaria L	Jaboncillo	Sapindaceae

Elaborado: Autora

Recolección de semillas

Para la recolección de semillas, fue necesario extraerlas de los frutos fisiológicamente maduros, luego se transportaron en bolsas de papel con su rotulación correspondiente hasta el laboratorio.

3.4.2. Trabajo de laboratorio

Prueba de germinación *in-vitro*

Se establecieron tres tratamientos que consistían en tres niveles de temperaturas (32.5, 29.7 y 26.8 °C), datos que corresponden a los registros de temperatura de los dos últimos años (2017-2018) del INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología).

Las semillas fueron seleccionadas al azar y desinfectadas con alcohol (71%), se sumergieron durante 30 segundos y luego enjuagaron con agua destilada. Posteriormente se colocaron en cajas Petri usando algodón como sustrato para mayor retención de agua y sumersión de las semillas.

Para etiquetar las cajas Petri se codificaron las especies en evaluación de la siguiente manera: *Cedrela odorata* L (E1), *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O. Grose (E2), *Albizia guachapele* (Kunth) Dugand (E3), *Pachira speciosa* Triana. & Planch (E4), *Ceiba trichistandra* (A. Gray) Bakh (E5), *Albizia saman* (Jacq.) Merr (E6), *Sapindus saponaria* L (E7).

La evaluación de germinación se realizó diariamente, y la desinfección de las mismas cuando existía proliferación de hongos o presencia de insectos, también fue necesario hidratarlas en cada evaluación. La tasa de germinación se evaluó desde la germinación de la primera semilla hasta el tiempo donde se detuvo, la misma que varió con respecto a la temperatura aplicada.

La variable a obtener fue el porcentaje de germinación de las semillas en cada una de las especies a los tres niveles de temperatura, considerando como semilla germinada aquella que mostrara emergencia de la radícula. Toda semilla clasificada como germinada era retirada de la caja Petri y trasladada a vivero.

Mediciones de semillas

El peso se obtuvo con una balanza digital analítica, en *Cedrela odorata* y *Handroanthus chrysanthus* tomando un total de 100 semillas ya que por su tamaño y forma se requirió dicha cantidad de muestras, mientras que para el resto de especies se realizaron cuatro

repeticiones con 10 semillas cada una. Para el diámetro se procedió a medir 10 semillas por cada una de las especies para obtener un promedio.

Tabla 2. Mediciones y peso de las semillas en estudio.

Código	Especie	Peso	Diámetro
E1	*Cedrela odorata* L	100 semillas (2.43 g)	1.16 mm
E2	*Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O.Grose	100 semillas (1.39 g)	0.74 mm
E3	*Albizia guachapele* (Kunth) Dugand	0.6525 g	1.79 mm
E4	*Pachira speciosa* Triana. & Planch	51.16 g	20.35 mm
E5	*Ceiba trichistandra* (A. Gray) Bakh	1.9325 g	6.73 mm
E6	*Albizia saman* (Jacq.) Merr	2.1575 g	4.57 mm
E7	*Sapindus saponaria* L	15.4175 g	13.43 mm

Elaborado: Autora

Porcentaje de germinación

El porcentaje de germinación se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$Porcentaje\ de\ germinación \frac{semillas\ germinadas}{semillas\ sembradas} x\ 100$$

3.4.3. Trabajo de oficina

Ingreso de datos

Los datos obtenidos diariamente en cada evaluación de los tratamientos, fueron registrados en una agenda, luego se colocaron en una plantilla de Excel para llevar los datos de manera ordenada, realizar los respectivos cálculos y gráficos.

Análisis estadístico

Para determinar la germinabilidad, se colocaron en incubadora las semillas dentro de cajas Petri. Por cada especie, se ubicaron 25 semillas por unidad experimental y cuatro repeticiones. Los datos de germinación fueron arreglados siguiendo un diseño completamente al azar con arreglo factorial. Los factores a evaluar fueron: especie y temperatura; la variable es el porcentaje de germinación. Se realizó un análisis de varianza y

posteriormente un contraste de medias utilizando el Test de Tukey (≤ 5 %), utilizando el programa Statical Analysis System (SAS).

Tabla 3. Diseño completamente al azar con arreglo factorial, los factores a evaluar (especie y temperatura), variable (% de germinación).

Factor a	Especie			
Factor b	Temperatura			
Repeticiones	R1	R2	R3	R4
Variable	% de germinación			

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Porcentaje de germinación y tratamiento aplicado por especie

Al terminar la evaluación en cada temperatura se determinó el porcentaje de germinación, donde los resultados mostraron diferencias entre temperaturas por especie.

En la Tabla 3, *Cedrela odorata* obtuvo el 90 % de germinación a 26.8 °C siendo el más alto porcentaje entre las temperaturas evaluadas, seguido del 83 % a 32.5 °C y 62 % a 29.7 °C, mientras que en el caso de *Handroanthus chrysanthus* no se registró germinación a los tres niveles de temperatura. Los datos demostrados para *Albizia guachapele* presentaron un porcentaje similar tanto a 26.8 °C y a 32.5 °C (Tabla 3 y 4) con 41 y 43 % respectivamente siendo indiferente un 3 % de germinación a 29.7 °C. Para *Pachira speciosa*, no se registró germinación en las tres temperaturas evaluadas. En *Ceiba trichistandra* como se muestra en la Tabla 3, se registró mayor germinación con un 45 % a 29.7 °C seguido de un 31 % a 32.5 °C (Tabla 4), mientras que a 26.8 °C no tuvo germinación. *Albizia saman*, germinó en mayor cantidad con un 66 % a 26.8 °C (Tabla 3), seguido del 64 % a 32.5 °C (Tabla 4) y con un 38 % a 29.7 °C. Como se puede apreciar, *S. saponaria* únicamente presento germinación a 26.8 °C con 5 %.

Tabla 4. Porcentaje de germinación a 26.7 °C por especie.

Especies	Repeticiones	Semillas sembradas	% de Germinación (26.8 °C)
Cedrela odorata L	4	100	90
Handroantus chrysanthus (Jacq.) S.O.Grose	4	100	0
Albizia saman (Jacq.) Merr	4	100	41
Pachira speciosa Triana. & Planch	4	100	0
Ceiba trichistandra (A. Gray) Bakh	4	100	0
Albizia guachapele (Kunth) Dugand	4	100	66
Sapindus saponaria L	4	100	5

Elaborado: Autora

Tabla 5. Porcentaje de germinación a 32.5 °C por especie.

Especies	Repeticiones	Semillas sembradas	% de Germinación (32.5 ° C)
Cedrela odorata L	4	100	83
Handroantus chrysanthus (Jacq.) S.O.Grose	4	100	0
Albizia saman (Jacq.) Merr	4	100	43
Pachira speciosa Triana. & Planch	4	100	0
Ceiba trichistandra (A. Gray) Bakh	4	100	31
Albizia guachapele (Kunth) Dugand	4	100	64
Sapindus saponaria L	4	100	0

Elaborado: Autora

Tabla 6. Porcentaje de germinación a 29.7 °C por especie.

Especies	Repetición	Semillas sembradas	% de Germinación (29. 7 °C)
Cedrela odorata L	4	100	62
Handroantus chrysanthus (Jacq.) S.O.Grose	4	100	0
Albizia saman (Jacq.) Merr	4	100	3
Pachira speciosa Triana. & Planch	4	100	0
Ceiba trichistandra (A. Gray) Bakh	4	100	45
Albizia guachapele (Kunth) Dugand	4	100	38
Sapindus saponaria L	4	100	0

Elaborado: Autora

4.2. Datos de germinación de las siete especies forestales en estudio

Datos obtenidos a partir del registro diario de cada tratamiento:

T: Tratamiento (temperatura aplicada).

DIE: Día de inicio de la emergencia de la semilla.

DP: Día pico: donde se observará la mayor cantidad de semillas emergidas por especie.

% EP: Emergencia pico: porcentaje máximo de emergencia observado en un mismo día.

Tabla 7. Datos de germinación a 26.8 °C.

Especies	DIE Después de siembra	DP Cant. De semillas emergidas	% EP
Cedrela odorata L	9	6	22
Handroantus chrysanthus (Jacq.) S.O.Grose	0	0	0
Albizia saman (Jacq.) Merr	1	2	7
Pachira speciosa Triana. & Planch	0	0	0
Ceiba trichistandra (A. Gray) Bakh	0	0	0
Albizia guachapele (Kunth) Dugand	1	3	10
Sapindus saponaria L	34	37	2

Elaborado: Autora

Tabla 8. Datos de germinación a 32.5 °C.

Especies	DIE Después de siembra	DP Cant. De semillas emergidas	% EP
Cedrela odorata L	4	8	30
Handroantus chrysanthus (Jacq.) S.O.Grose	0	0	0
Albizia saman (Jacq.) Merr	1	2	8
Pachira speciosa Triana. & Planch	0	0	0
Ceiba trichistandra (A. Gray) Bakh	1	3	12
Albizia guachapele (Kunth) Dugand	1	2	6
Sapindus saponaria L	0	0	0

Elaborado: Autora

Tabla 9. Datos de germinación a 29.7 °C.

Especies	DIE Después de siembra	DP Cant. De semillas emergidas	% EP
Cedrela odorata L	6	5	21
Handroantus chrysanthus (Jacq.) S.O.Grose	0	0	0
Albizia saman (Jacq.) Merr	1	1	2
Pachira speciosa Triana. & Planch	0	0	0
Ceiba trichistandra (A. Gray) Bakh	5	6	23
Albizia guachapele (Kunth) Dugand	1	2	8
Sapindus saponaria L	0	0	0

Elaborado: Autora

4.3. Curva de germinabilidad

Los datos demostrados en la Figura 2, indican que la temperatura es un aspecto importante en la germinación de especies de bosque seco tropical. En el caso de *Cedrela odorata*, las semillas tuvieron mayor germinación en menor tiempo a la temperatura de 32.5 °C, en la cual las semillas empezaron a emerger al cuarto día obteniendo el 10 % de germinación (3 semillas germinadas), el porcentaje más alto fue al sexto día con el 30 % que equivale a 8 semillas. Mientras que a 26.8 °C la germinación de las semillas empezó a los 9 días con el 22 % (6 semillas) siendo este el porcentaje más alto dentro de esta temperatura, por último, a 29.7 °C la germinación comenzó al cuarto día con el 10 % (3 semillas), dándose al sexto día el mayor porcentaje de germinación con el 30 % (8 semillas).

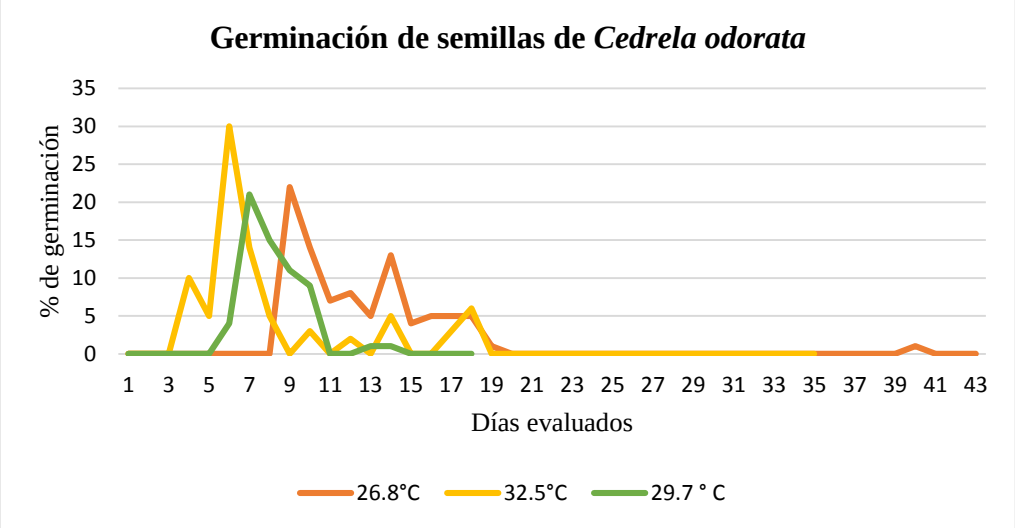

Figura 2. Curva de germinación de semillas de *C. odorata* a 26.8, 32.5 y 29.7 °C.

En un estudio realizado por Altimira *et al*. (2015) Se indica que *Cedrela odorata*, es una especie con potencial para reforestar zonas degradadas, pues se ha observado que es capaz de crecer en variedad de sustratos a condiciones de pluviometría múltiples, sin presentar síntomas de estrés hídrico ni desequilibrios en el crecimiento, lo que hace referencia al porcentaje alto de germinación que se obtuvo a la temperatura de 32.5 °C siendo esta la más alta en el presente estudio. Por otro lado Burns & Honkala (1990) indican que la germinación de *Cedrela odorata* se completa en un periodo de 2 a 4 semanas, por aquella razón en la Fig. 2 se demuestra que la germinación mantuvo un ritmo favorable durante las primeras semanas en las tres temperaturas evaluadas.

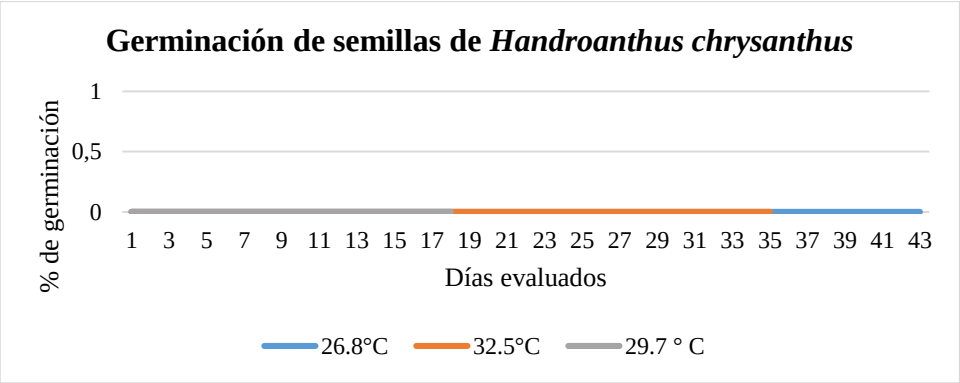

Figura 3. Curva de germinación de *H. chrysanthus* a 26.8, 32.5 y 29.7 °C.

Durante el tiempo que se realizó el proceso de toma de datos no se registraron semillas germinadas de *Handroanthus chrysanthus* (Figura 3), para las temperaturas evaluadas (32.5, 29.7 y 26.8 °C), pero si se presentaron anomalías tales como presencia de hongos en las semillas.

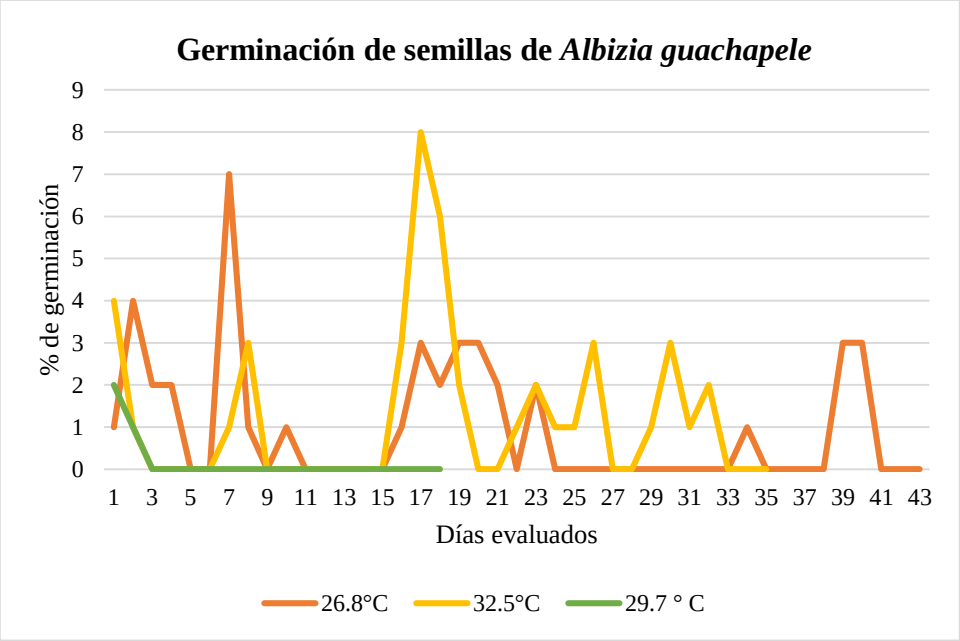

Figura 4. Curva de germinación de semillas de *A. guachapele* a 26.8, 32.5 y 29.7 °C.

Se puede observar en la Figura 4, que la germinación de semillas de *Albizia guachapele* empezó al primer día en las tres temperaturas evaluadas, con la diferencia que a mayor temperatura (32.5 °C) se obtuvo el 4 %, a 26.8 °C el 1 % y a 29.7 °C el 2 %, con la

temperatura máxima se alcanzó a los 17 días un 8 % de germinación el cual fue el porcentaje diario más alto de germinación entre las temperaturas aplicadas.

Los porcentajes de germinación bajos en este ensayo se dieron debido a que la testa de la semilla es dura, lo que explica lo determinado en un estudio realizado por Miranda & Villafuerte (2016), donde se indica que al aplicar un pretratamiento aumenta la tasa de germinación de un 20 - 35 % a 90 - 95 %, se han obtenido resultados de 75 % de germinación al sumergir en agua a 70 °C por 4 minutos.

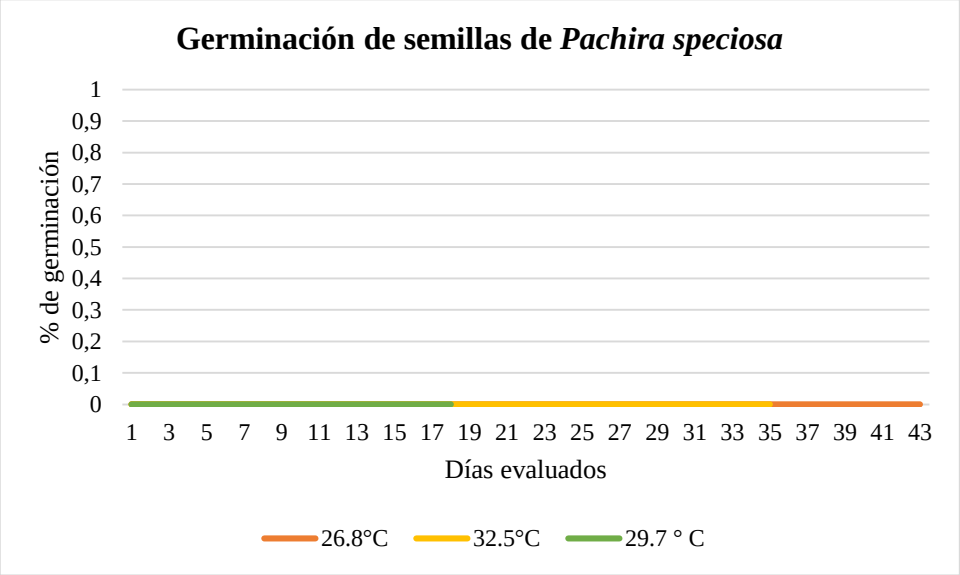

Figura 5. Curva de germinación de *P. speciosa* a 26.8, 32.5 y 29.7 °C.

En la Figura 5, se muestra que tanto la temperatura a 32.5, 29.7 y 26.8 °C no intervinieron en la germinación de *Pachira speciosa*, las semillas se vieron afectadas a 26.8 °C por proliferación de hongos y presencia de insectos dentro de la estufa, lo que provocó que no se mantuvieran por mucho tiempo en evaluación, mientras que a 32.5 °C las semillas sufrieron deshidratación hasta llegar al punto de no resistir la temperatura.

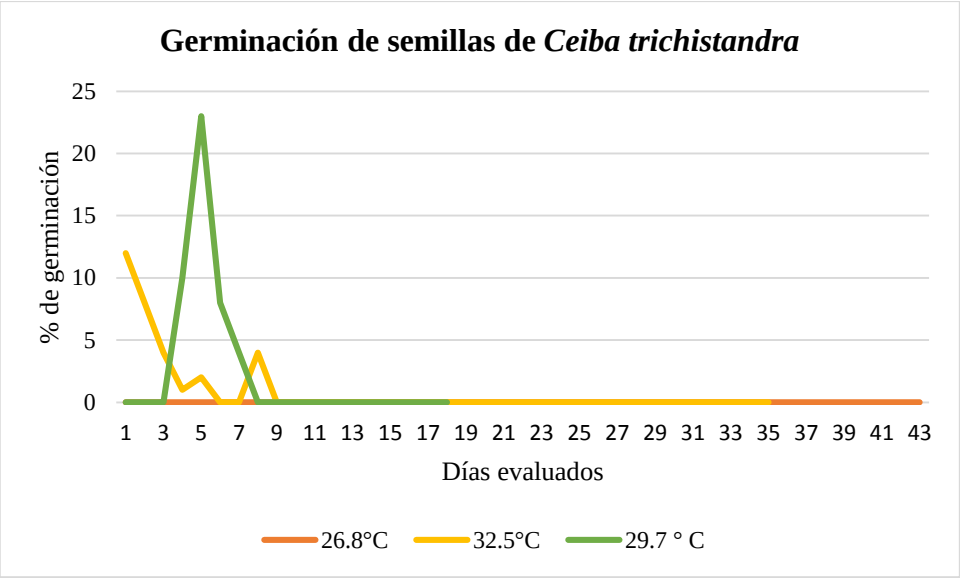

Figura 6. Curva de germinación de *C. trichistandra* a 26.8, 32.5 y 29.7 °C.

Como se detalla en la Figura 6, las semillas de *Ceiba trichistandra* no presentaron germinación a 26 °C, mientras que a 32.5 °C al primer día se obtuvo mayor germinación con el 12 % (3 semillas), continuando el quinto día con el 2 % y el octavo con el 4 % donde culminó el proceso, mientras que a 29.7 °C al quinto día se dio inicio a la germinación con el 23 % (6 semillas) siendo el porcentaje más alto de germinación en la evaluación a esta temperatura, culminando el sexto día con el 8 % (2 semillas). Lo que tiene relación con la investigación realizada por Pereira *et al*., (2000) en *Ceiba pectandra* especie del mismo género, donde se concluyó que el proceso germinativo de las semillas de esta especie es inhibido a las temperaturas de 20, 20-25 y 20-35 ºC, lo que indica una posible razón por la cual las semillas de *C. trichistandra* no hayan germinado a la temperatura de 26.8 °C.

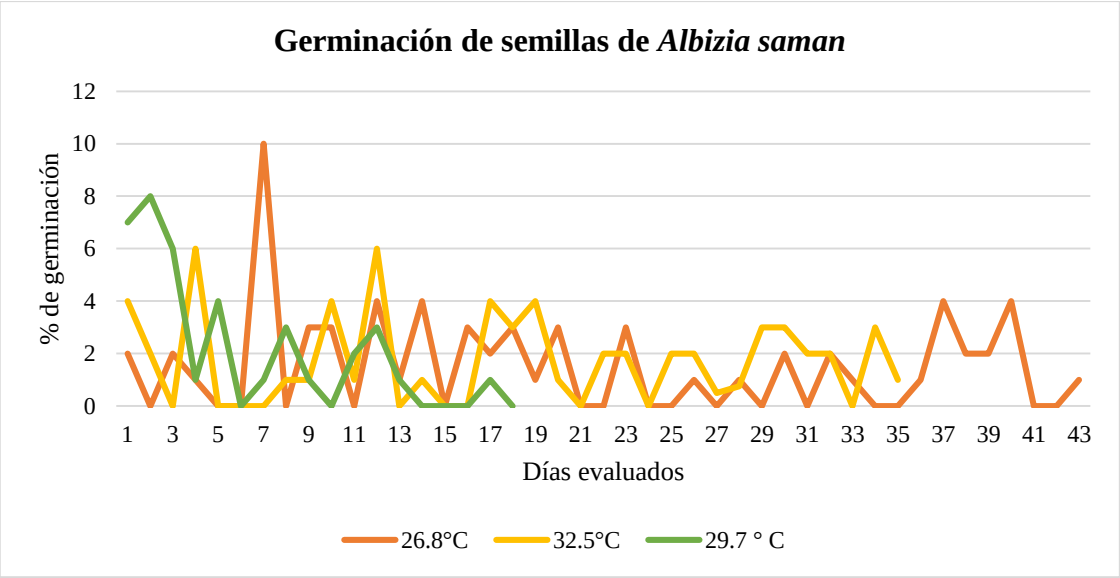

Figura 7. Curva de germinación de semillas de *A. saman a* 26.8, 32.5 y 29.7 °C.

La germinación de *Albizia saman* adquirió un ritmo similar en las tres temperaturas probadas, tuvo comienzo desde el primer día (Figura 7) con el 2 % a 26.8 °C, 7 % a 29.7 °C y 4 % a 32.5 °C, sin embargo, la temperatura de 26.8 °C fue la que obtuvo el mayor porcentaje de germinación al séptimo día con el 10 % (3 semillas). De acuerdo con Thompson (2000), se puede predecir que semillas con testa dura, tienen una longevidad alta, tanto en condiciones *ex-situ*, como en condiciones *in-situ* de bancos de semillas.

Por otro lado en un estudio realizado por Torres *et al*., (2014) se indica que las semillas de las especies que fueron evaluadas dentro de las que se encuentra *Albizia saman* pueden ser almacenadas con contenidos de humedad bajos y temperaturas bajas, sin provocar deterioro en su viabilidad, para ser utilizadas en programas de regeneración y restauración ecológica; razón por la cual la germinación y viabilidad esta especie no se vio afectada con la variación de temperatura en este estudio.

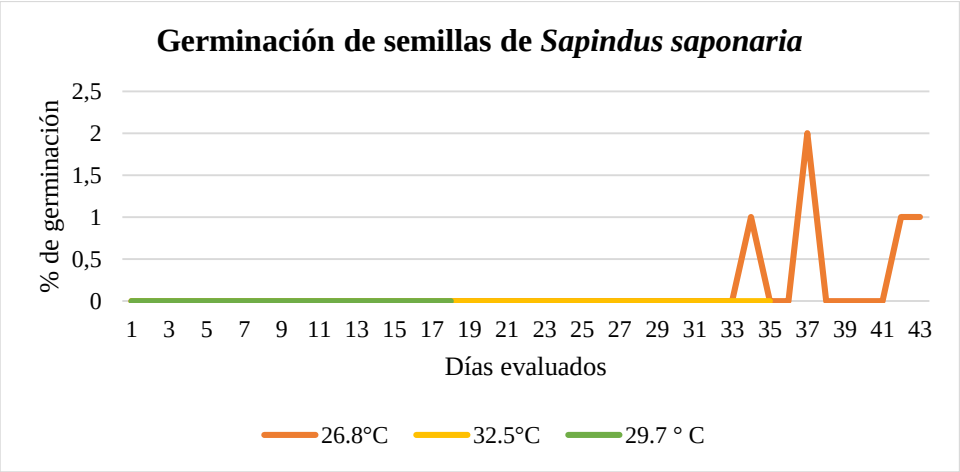

Figura 8. Curva de germinación de *S. saponaria* a 26.8, 32.5 y 29.7 °C.

Como se indica en la Figura 8, *Sapindus saponaria* inició su proceso de germinación al día 34 con el 1 % concluyendo alrededor del día 42, siendo su mayor porcentaje de germinación al día 37 con el 2 % a 32.5 °C. Mientras que en las temperaturas 26.8 y 29.7°C no hubo germinación. Rojas (2006), menciona algunas estrategias de latencia en semillas, las cuales pueden manifestarse por medio de impedimentos físicos (testas gruesas), necesidad de altos periodos de almacenamiento y mayor tiempo de maduración, entre otros requerimientos; dato al que se da relevancia en este estudio comprobando que *S. saponaria* al poseer una semilla de testa dura para que se presente germinación se necesitó de varias semanas y al mismo tiempo mantener limpias las semilla que terminaron siendo afectadas como en el caso de la temperatura a 26.8 °C donde la parte externa de las semillas se llenó de hongos al punto de no ser controlada la proliferación y tuvieron que ser retiradas del proceso.

4.4. Análisis estadístico

El efecto simple de germinación de acuerdo a los resultados de las especies en estudio indica diferencia significativa entre medias, donde se expresa que el mejor promedio lo obtuvo *Cedrela odorata*, con una media de 19.08a, seguido de *Albizia saman* con 14.17b. *Albizia guachapele* arrojo un promedio de 7.25c al igual que *Ceiba trichistandra* con el 4.42c y por último *Sapindus saponaria* (0.50d), *Pachira. speciosa* (0.00d) y *Handroanthus crysanthus* (0.00d) por tener promedios cercanos de germinación y los más bajos a comparación de las otras especies (Tabla 10).

Tabla 10. Germinación de las siete especies forestales

Especies	Germinación
Cedrela odorata L	19.08 a
Handroantus chrysanthus (Jacq.) S.O.Grose	14.17 b
Albizia saman (Jacq.) Merr	7.25 c
Pachira speciosa Triana. & Planch	4.42 c
Ceiba trichistandra (A. Gray) Bakh	0.50 d
Albizia guachapele (Kunth) Dugand	0.00 d
Sapindus saponaria L	0.00 d

Elaborado: Autora

Según el análisis obtenido en cuanto a la media de temperaturas para las siete especies en estudio, se ubicaron entre las mejores en la prueba de germinación a 26.8 °C y 32.5 °C con medias de 7.46a y 7.03a, mientras que a 29.7 °C hubo menor germinación con una media de 4.96b.

Tabla 11. Temperaturas para las siete especies forestales en estudio.

Temperatura	Germinación
26.8 °C	7.46 a
32.5 °C	7.03 a
29.7 °C	4.96 b

Elaborado: Autora

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se determinó el porcentaje de germinación de las siete especies forestales en estudio, donde las especies que no presentaron germinación durante el proceso a los niveles de temperatura fueron: *Handroanthus chrysanthus* y *Pachira speciosa*, mientras que, *Cedrela odorata*, *Albizia saman*, *Ceiba trichistandra*, *Albizia guachapele*, y *Sapindus saponaria* si germinaron expresando un porcentaje de germinación por cada nivel de temperatura probado en cada una de ellas.

- En el presente estudio se comprobó que todas las especies no obtienen el mismo porcentaje de germinación en una determinada temperatura, por pertenecer a familias distintas y por factores externos como: el grosor de la testa.

- El mejor porcentaje de germinación lo obtuvo *Cedrela odorata* L en las tres temperaturas evaluadas a comparación de las seis especies restantes, donde a 26.8 °C presentó el 90 % de germinación, a 32.5 °C (83 %), y a 29.7 °C (62 %), datos que demuestran que la temperatura que tuvo mayor efecto fue 26.8 °C.

5.2. Recomendaciones

- Replicar este estudio utilizando semillas de especies nativas del bosque seco tropical.
- Aplicar tratamientos pregerminativos a las semillas de especies forestales de bosque seco tropical y someterlas a distintas condiciones de temperatura, para de esta manera obtener mayores porcentajes en la germinación.
- Evaluar métodos de desinfección de semillas para estudios similares y obtener información acerca del proceso reproductivo por cada especie forestal a evaluar.

CAPÍTULO VI

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

6. Bibliografía

Aguirre, Z. (2012). Bosques Secos. *Bosques Secos En Ecuador y Su Diversidad*, 162–187. Retrieved from http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/Bosques-Secos4.pdf

Altimira, J., Arnal, A., Boada, M., Casanova, C., Herrero, J., Boada, M., … Ruiz, V. (2015). Evaluación de parámetros de crecimiento en plántulas de Cedrela odorata bajo diferentes condiciones hídricas y su adaptación en sustratos degradados. *Revista Científica de FAREM-Estelí*, (14), 86–96. https://doi.org/10.5377/farem.v0i14.2585

Bedoya, A. E. (2016). *Diversidad de rasgos morfológicos en semillas de especies leñosas en un bosque seco de la provincia de Guayas-Ecuador*. Retrieved from http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/16332/1/Bedoya_Castillo_Andrea_Estefanía.pdf

Burns, R. M., & Honkala, B. H. (1990). Silvics of North America. *Department of Agriculture*, *2*, 877. Retrieved from http://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/silvics_manual/table_of_contents.htm

Calle, G. del C. (2016). *Análisis morfológico y comportamiento germinativo de semillas de dos especies forestal de la región sur del Ecuador*. Universodad Técnica Particular de Loja.

Camacho, A. (2016). *Unidad Académica De Ciencias Sociales*. Universidad Técnica de Machala.

Ceccon, E. (2014). *Restauración en bosques tropicales: fundamentos ecológicos, prácticos y sociales* (E. D. de Santos, Ed.). Mexico.

Contreras, M. (2012). *Universidad Autónoma de Nuevo León Facultad de Medicina*. Universidad Autónoma de Nuevo León.

Delgado, D., Hera, R., Cairo, J., & Orta, Y. (2014). *Samanea saman*, árbol multipropósito con potencialidades como alimento alternativo para animales de interés productivo. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, *48*(3), 205–212.

Galindo, C. (2017). *Dispersión y Tolerancia a la Desecación de las Semillas de Especies Arbóreas del Bosque Seco Tropical de Colombia. Implicaciones para la Restauración Ecológica*. Pontificia Universidad Javeriana.

INAB. (2017). *Cedro (Cedrela odorata) paquete tecnologico forestal*. 55.

Jaramillo, E. (2018). *Cedrela odorata L* (MAE-SUIA, Ed.). Quito.

Largo, R. (2017). *Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables Distribución Geográfica de Especies Nativas Arbóreas Basada en los Requerimientos Ecológicos en el Cantón Zapotillo , Provincia Autor : Rubén Darío Largo Ochoa Director : Loja- Ecuador*. Universidad Nacional de Loja.

Miranda, C., & Villafuerte, Á. (2016). *Evaluación Agronómica de Plántulas de Pachaco (Schizolobium Parahybum), Cedro de Montaña (Cedrela Montana), y Guachapelí (Pseudosamanea Guachapele), Utilizando Tres Sustratos y Dos Tiempos de Inmersión en Ácido Giberélico, en el Cantón Echeandía.* Universidad Estatal de Bolívar.

Morales, E., & Herrera, L. (2009). Cedro (Cedrela odorata L.) Protocolo para su colecta, beneficio y almacenaje. *Comisión Nacional Forestal*, 1–23.

Navarro, M. (2003). Leguminosos De Uso Múltiple En El Trópico. *Pastos y Forrajes*, *26*(2).

Orantes, C., Pérez, M., Rioja, T., & Garrido, E. (2013). Viabilidad Y Germinación De Semillas De Tres Especies Arbóreas Nativas De La Selva Tropical, Chiapas, México. *Polibotánica*, *36*, 117–127.

Orwa, C., Mutua, A., Kindt, R., Jamnadass, R., & S, A. (2009). Pseudosamanea guachapele (Kunth) Harms Fabaceae - Mimosoideae. *Agroferestree Database*, *0*, 1–5.

Patiño, V. (2002). *Historia y dispersión de los frutales nativos del neotrópico* (CIAT, Ed.).

Pennington, R. T., Lavin, M., & Oliveira, A. (2009). Woody Plant Diversity, Evolution, and Ecology in the Tropics: Perspectives from Seasonally Dry Tropical Forests. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, *40*(1), 437–457.

https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.110308.120327

Pereira, M., Filgueira, L., & Filgueira, J. (2000). Influência da temperatura na germinação de sementes de sumaúma (Ceiba penthandra (Linn.) Gaertn.- Bombacaceae). *Revista Brasileira de Sementes.*, *22*(1), 110–119.

Rodríguez Velázquez, J., Sinaca Colín, P., & Jamangapé García, G. (2009). Frutos y semillas de árboles tropicales de México. In *Ine-Semarnat* (Primera ed). Retrieved from http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:No+Title#2

Rojas, F. (2006). *Viveros forestales* (2da ed.; EUNED, Ed.). San José, Costa Rica.

Romero, J. M. (2016). Caracterización morfofisiológica de semillas de especies leñosas distribuidas en dos zonas secas presentes en el Sur del Ecuador. *Ecosistemas*, *25*(2), 93–100.

Romero, J. M., & Pérez, C. (2016). Rasgos morfológicos regenerativos en una comunidad de especies leñosas en un bosque seco tropical tumbesino. *Revista de Biologia Tropical*, *64*(2), 859–873. https://doi.org/10.15517/rbt.v64i2.20090

Salazar, R., Soihet, C., & Méndez, J. (2000). *Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina* (CATIE, Ed.). Turrialba - Costa Rica.

Salgado, J., & Salgado, M. (2017). *Trabajo de Graduación Germinación de la semilla de marango (Moringa oleifera Lam .) a diferentes edades y aplicación de tratamientos pre-germinativos Autoras : Asesores : Universidad Nacional Agraria Trabajo de graduación Germinación de la semilla de mar*. Universidad Nacional Agraria.

Selvam, V. (2007). *Trees and shrubs of the Maldives Ministry of Fisheries, Agriculture and Marine Resources Maldives* (F. R. O. for A. and the Pacific, Ed.).

Soto, J., Valiengo, S., & César, R. (2010). en condiciones de laboratorio Germination of Albizia hassleri seeds at different temperatures , under laboratory conditions. *Bosque*, *31*(1), 39–44.

Staples, G. W., & Craig, E. (2006). Samanea saman (rain tree). *Species Profiles for Pacific*

Island Agroforestry, 15. Retrieved from http://www.trationaltree.org

Thompson, K. (2000). *The Functional Ecology of Soil Seed Banks* (2da ed.; K. Fenner, Ed.). London.

Torres, A., Guevara, L., Orrego, J., Moreno, M., Vargas, J., Llano, M., … Ruiz, J. (2014). Use of Samanea saman and Pithecellobium dulce (Fabaceae : Mimosoideae) by Birds in the University Botanical Garden , Cali , Colombia Uso de *Samanea saman* y *Pithecellobium dulce* (Fabaceae : Mimosoideae) por aves en el Jardín Botánico Universitario , Ca. *Revista de Ciencias*, *18*(2), 63–78.

Usiña, K. (2017). Universidad Central Del Ecuador. Universidad Central del Ecuador.

Uslar, Y., Mostacedo, B., & Saldias, M. (2004). Composición, estructura y dinámica de un bosque seco semideciduo en Santa Cruz, Bolivia. *Ecología En Bolivia*, *39*(1), 25–43. Retrieved from http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1605-25282004000700003&script=sci_arttext&tlng=es

Véliz, F. (2010). *Escuela Superior Politécnica del Litoral Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción Tesis de Grado* (Escuela superior Politecnica del Litoral). Retrieved from https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13812/3/TESIS Tería de las Restricciones %28TOC%29 - Ing.pdf

Yaguana, C., & Aguirre, Z. (2014). Riqueza florística del Centro de Investigación El Chilco región tumbesina, Ecuador. *Bosque Latitud Cero*, *4*(1390–3683), 31–38.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

7. Anexos

Anexo 1. Fotografías del estudio realizado.

Fotografía 1. Recolección de semillas en el jardín botánico de la UTM.

Fotografía 2. Fruto de *Pachica speciosa* (jardín botánico de UTM).

Fotografía 3. Recolección de semillas de *Ceiba trichistandra.*

Fotografía 4. Semillas de *Handrohantrus chrysanthus***.**

Fotografía 5. Toma de peso de las semillas de las especies forestales en estudio.

Fotografía 6. Proceso de desinfección de las semillas con alcohol (71 %).

Fotografía 7. Semillas antes de entrar a estufa (laboratorio de investigación).

Fotografía 8. Semillas de las siete especies forestales en estufa.

Fotografía 9. Semillas de *Handrohanthus chrysanthus* infectadas durante el proceso de germinación.

Fotografía 10. Semillas de *Albizia guachapele* en proceso de germinación.

Fotografía 11. Semillas de *Cedrela odorata* en proceso de germinación.

Anexo 2. Resultados del ANOVA y prueba de Tukey

Obs	REP	ESPECIES	TEMPERATURA	GERMINACIÓN
1	1	1	1	18
2	1	1	2	22
3	1	1	3	18
4	1	2	1	0
5	1	2	2	0
6	1	2	3	0
7	1	3	1	12
8	1	3	2	11
9	1	3	3	0
10	1	4	1	0
11	1	4	2	0
12	1	4	3	0
13	1	5	1	0
14	1	5	2	5
15	1	5	3	4
16	1	6	1	15
17	1	6	2	17
18	1	6	3	8
19	1	7	1	3
20	1	7	2	0
21	1	7	3	0
22	2	1	1	21
23	2	1	2	18
24	2	1	3	21
25	2	2	1	0
26	2	2	2	0
27	2	2	3	0
28	2	3	1	12
29	2	3	2	10
30	2	3	3	0
31	2	4	1	0
32	2	4	2	0
33	2	4	3	0
34	2	5	1	0

35	2	5	2	0
36	2	5	3	0
37	2	6	1	19
38	2	6	2	16
39	2	6	3	7
40	2	7	1	3
41	2	7	2	0
42	2	7	3	0
43	3	1	1	24
44	3	1	2	21
45	3	1	3	14
46	3	2	1	0
47	3	2	2	0
48	3	2	3	0
49	3	3	1	11
50	3	3	2	16
51	3	3	3	0
52	3	4	1	0
53	3	4	2	0
54	3	4	3	0
55	3	5	1	0
56	3	5	2	5
57	3	5	3	18
58	3	6	1	10
59	3	6	2	19
60	3	6	3	13
61	3	7	1	0
62	3	7	2	0
63	3	7	3	0
64	4	1	1	20
65	4	1	2	22
66	4	1	3	10
67	4	2	1	0
68	4	2	2	0
69	4	2	3	0
70	4	3	1	6
71	4	3	2	6
72	4	3	3	3
73	4	4	1	0

74	4	4	2	0
75	4	4	3	0
76	4	5	1	0
77	4	5	2	8
78	4	5	3	13
79	4	6	1	23
80	4	6	2	13
81	4	6	3	10
82	4	7	1	0
83	4	7	2	0
84	4	7	3	0

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
REP	4	1 2 3 4
ESPECIES	7	1 2 3 4 5 6 7
TEMPERATURA	3	1 2 3

Number of observations 84

The GLM Procedure

Dependent Variable: GERMINACION

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	20	4721.238095	236.061905	26.66	<.0001
Error	63	557.750000	8.853175		
Corrected Total	83	5278.988095			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	GERMINACION Mean
0.894345	45.85982	2.975428	6.488095

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ESPECIES	6	4110.238095	685.039683	77.38	<.0001
TEMPERATURA	2	100.095238	50.047619	5.65	0.0055
ESPECIES*TEMPERATURA	12	510.904762	42.575397	4.81	<.0001

The GLM Procedure
Tukey's Studentized Range (HSD) Test for GERMINACION

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	63
Error Mean Square	8.853175
Critical Value of Studentized Range	4.30714
Minimum Significant Difference	3.6995

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	ESPECIES
A	19.083	12	1
B	14.167	12	6
C	7.250	12	3
C	4.417	12	5
D	0.500	12	7
D	0.000	12	4
D	0.000	12	2

The GLM Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for GERMINACION

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	63
Error Mean Square	8.853175
Critical Value of Studentized Range	3.39458
Minimum Significant Difference	1.9088

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TEMPERATURA
A	7.4643	28	2
A	7.0357	28	1
B	4.9643	28	3

The GLM Procedure
Least Squares Means

ESPECIES	TEMPERATURA	GERMINACION LSMEAN	Standard Error	Pr > |t|	LSMEAN Number
1	1	20.7500000	1.4877142	<.0001	1
1	2	20.7500000	1.4877142	<.0001	2
1	3	15.7500000	1.4877142	<.0001	3
2	1	-0.0000000	1.4877142	1.0000	4
2	2	0.0000000	1.4877142	1.0000	5
2	3	0.0000000	1.4877142	1.0000	6
3	1	10.2500000	1.4877142	<.0001	7
3	2	10.7500000	1.4877142	<.0001	8
3	3	0.7500000	1.4877142	0.6159	9
4	1	-0.0000000	1.4877142	1.0000	10
4	2	-0.0000000	1.4877142	1.0000	11
4	3	0.0000000	1.4877142	1.0000	12
5	1	0.0000000	1.4877142	1.0000	13
5	2	4.5000000	1.4877142	0.0036	14
5	3	8.7500000	1.4877142	<.0001	15
6	1	16.7500000	1.4877142	<.0001	16
6	2	16.2500000	1.4877142	<.0001	17
6	3	9.5000000	1.4877142	<.0001	18
7	1	1.5000000	1.4877142	0.3172	19
7	2	0.0000000	1.4877142	1.0000	20
7	3	0.0000000	1.4877142	1.0000	21

The GLM Procedure
Least Squares Means

Least Squares Means for effect ESPECIES*TEMPERATURA
Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: GERMINACION

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1		1.0000	0.0205	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
2	1.0000		0.0205	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
3	0.0205	0.0205		<.0001	<.0001	<.0001	0.0112	0.0205	<.0001	<.0001	<.0001
4	<.0001	<.0001	<.0001		1.0000	1.0000	<.0001	<.0001	0.7227	1.0000	1.0000
5	<.0001	<.0001	<.0001	1.0000		1.0000	<.0001	<.0001	0.7227	1.0000	1.0000
6	<.0001	<.0001	<.0001	1.0000	1.0000		<.0001	<.0001	0.7227	1.0000	1.0000
7	<.0001	<.0001	0.0112	<.0001	<.0001	<.0001		0.8129	<.0001	<.0001	<.0001
8	<.0001	<.0001	0.0205	<.0001	<.0001	<.0001	0.8129		<.0001	<.0001	<.0001
9	<.0001	<.0001	<.0001	0.7227	0.7227	0.7227	<.0001	<.0001		0.7227	0.7227
10	<.0001	<.0001	<.0001	1.0000	1.0000	1.0000	<.0001	<.0001	0.7227		1.0000
11	<.0001	<.0001	<.0001	1.0000	1.0000	1.0000	<.0001	<.0001	0.7227	1.0000	
12	<.0001	<.0001	<.0001	1.0000	1.0000	1.0000	<.0001	<.0001	0.7227	1.0000	1.0000
13	<.0001	<.0001	<.0001	1.0000	1.0000	1.0000	<.0001	<.0001	0.7227	1.0000	1.0000
14	<.0001	<.0001	<.0001	0.0363	0.0363	0.0363	0.0081	0.0042	0.0795	0.0363	0.0363
15	<.0001	<.0001	0.0015	<.0001	<.0001	<.0001	0.4785	0.3454	0.0003	<.0001	<.0001
16	0.0619	0.0619	0.6362	<.0001	<.0001	<.0001	0.0030	0.0059	<.0001	<.0001	<.0001
17	0.0363	0.0363	0.8129	<.0001	<.0001	<.0001	0.0059	0.0112	<.0001	<.0001	<.0001
18	<.0001	<.0001	0.0042	<.0001	<.0001	<.0001	0.7227	0.5546	<.0001	<.0001	<.0001
19	<.0001	<.0001	<.0001	0.4785	0.4785	0.4785	<.0001	<.0001	0.7227	0.4785	0.4785
20	<.0001	<.0001	<.0001	1.0000	1.0000	1.0000	<.0001	<.0001	0.7227	1.0000	1.0000
21	<.0001	<.0001	<.0001	1.0000	1.0000	1.0000	<.0001	<.0001	0.7227	1.0000	1.0000

The GLM Procedure
Least Squares Means

Least Squares Means for effect ESPECIES*TEMPERATURA
Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: GERMINACION

i/j	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.0619	0.0363	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
2	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.0619	0.0363	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
3	<.0001	<.0001	<.0001	0.0015	0.6362	0.8129	0.0042	<.0001	<.0001	<.0001
4	1.0000	1.0000	0.0363	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.4785	1.0000	1.0000
5	1.0000	1.0000	0.0363	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.4785	1.0000	1.0000
6	1.0000	1.0000	0.0363	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.4785	1.0000	1.0000
7	<.0001	<.0001	0.0081	0.4785	0.0030	0.0059	0.7227	<.0001	<.0001	<.0001
8	<.0001	<.0001	0.0042	0.3454	0.0059	0.0112	0.5546	<.0001	<.0001	<.0001
9	0.7227	0.7227	0.0795	0.0003	<.0001	<.0001	<.0001	0.7227	0.7227	0.7227
10	1.0000	1.0000	0.0363	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.4785	1.0000	1.0000
11	1.0000	1.0000	0.0363	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.4785	1.0000	1.0000
12		1.0000	0.0363	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.4785	1.0000	1.0000
13	1.0000		0.0363	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.4785	1.0000	1.0000
14	0.0363	0.0363		0.0476	<.0001	<.0001	0.0205	0.1588	0.0363	0.0363
15	<.0001	<.0001	0.0476		0.0003	0.0007	0.7227	0.0010	<.0001	<.0001
16	<.0001	<.0001	<.0001	0.0003		0.8129	0.0010	<.0001	<.0001	<.0001
17	<.0001	<.0001	<.0001	0.0007	0.8129		0.0021	<.0001	<.0001	<.0001
18	<.0001	<.0001	0.0205	0.7227	0.0010	0.0021		0.0003	<.0001	<.0001
19	0.4785	0.4785	0.1588	0.0010	<.0001	<.0001	0.0003		0.4785	0.4785
20	1.0000	1.0000	0.0363	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.4785		1.0000
21	1.0000	1.0000	0.0363	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.4785	1.0000	

NOTE: To ensure overall protection level, only probabilities associated with pre-planned comparisons should

Tabla 12. Porcentaje de germinación por especie a cada temperatura aplicada

Especie	% de germinación a 26.8 °C	% de germinación a 26.8 °C	% de germinación a 26.8 °C
Cedrela odorata	90	83	62
Handroanthus chrysanthus	0	0	0
Albizia guachapeli	41	43	3
Pachira speciosa	0	0	0
Ceiba trichistandra	0	31	45
Albizia saman	66	64	38
Sapindus saponaria	5	0	0

Tabla 13. Análisis de varianza aplicando un diseño completamente al azar con arreglo factorial.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F	Pr > F
Especies (A)	6	4110.24	685.04	77.38	<.0001
Temperatura (B)	2	100.10	50.05	5.65	0.0055
Interacción (AxB)	12	510.90	42.58	4.81	<.0001
Error	63	557.75	8.85		
Total	83	5278.99			

Elaborado: Autora