



UNAP



FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ECOLOGÍA DE BOSQUES
TROPICALES**

TESIS

**“EFECTO DEL INCREMENTO DE LA TEMPERATURA EN LA
GERMINACIÓN DE SEMILLAS, CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE
PLÁNTULAS DE *Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVAUGH Y *Cedrela odorata* L.
EN INVERNADEROS, IQUITOS – PERÚ, 2021”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO EN ECOLOGÍA DE BOSQUES TROPICALES**

PRESENTADO POR:

ANTONY MUNDACA RAMIREZ

ASESOR:

Ing. ROBERTO ROJAS RUÍZ, M.Sc.

COASESOR:

Blgo. JHON DEL ÁGUILA PASQUEL

IQUITOS, PERÚ

2023



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS Nº 014-CTG-FCF-UNAP-2023

En Iquitos, en la sala de conferencias de la Facultad de Ciencias Forestales, al 08 día del mes de febrero del 2023, a horas 12:00 m., se dio inicio a la sustentación pública de la tesis: "EFECTO DEL INCREMENTO DE LA TEMPERATURA EN LA GERMINACION DESEMILLAS, CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE PLÁNTULAS DE *Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh y *Cedrela odorata* L. EN INVERNADEROS, IQUITOS - PERÚ, 2021", aprobado con R.D. Nº 0393-2021-FCF-UNAP, presentado por el bachiller ANTONY MUNDACA RAMIREZ, para optar el Título Profesional de Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales, que otorga la Universidad de acuerdo a Ley y Estatuto.

El jurado calificador y dictaminador designado mediante R.D. Nº 021-2023-FCF-UNAP, está integrado por:

Ing. Sixto Alfredo Imán Correa, Dr. Presidente
Ing. Ángel Eduardo Maury Laura, Dr. Miembro
Ing. Lizardo Manuel Fachín Malaverri, M.Sc. Miembro

Luego de haber escuchado con atención y formulado las preguntas necesarias, las cuales fueron respondidas: SATISFACTORIAMENTE

El jurado después de las deliberaciones correspondientes, llegó a las siguientes conclusiones:

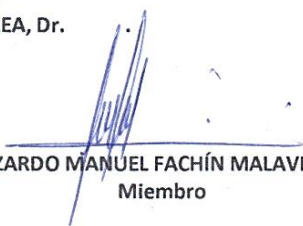
La sustentación pública y la tesis han sido: APROBADA con la calificación de BUENO.

Estando el bachiller apto para obtener el Título Profesional de Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales.

Siendo las 13:25 Se dio por terminado el acto ACADEMICO.


Ing. SIXTO ALFREDO IMÁN CORREA, Dr.
Presidente


Ing. ÁNGEL EDUARDO MAURY LAURA, Dr.
Miembro


Ing. LIZARDO MANUEL FACHÍN MALAVERRI, M.Sc.
Miembro


Ing. ROBERTO ROJAS RUIZ, M.Sc.
Asesor


Blgo. JHON DEL AGUILA PASQUEL
coasesor

Conservar los bosques benefician a la humanidad ¡No lo destruyas!

Ciudad Universitaria "Puerto Almendra", San Juan, Iquitos-Perú

www.unapiquitos.edu.pe

Teléfono: 065-225303

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ECOLOGÍA DE BOSQUES TROPICALES

TESIS

“EFECTO DEL INCREMENTO DE LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS,
CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE PLÁNTULAS DE *Myrciaria dubia* (h.b.k) McVaugh Y
Cedrela odorata L. EN INVERNADEROS, IQUITOS – PERÚ, 2021”

Aprobado el día 8 de febrero del 2023, según Acta de Sustentación N° 014

Ing. Sixto Alfredo Imán Correa, Dr.

REG.CIP N° 36247

PRESIDENTE

Ing. Lizardo Manuel Fachín Malaverri, M.Sc.

REG.CIP N° 66065

MIEMBRO

Ing. Ángel Eduardo Maury Laura, Dr.

REG.CIP N° 44895

MIEMBRO

Ing. Roberto Rojas Ruiz, M.Sc.

REG.CIP 30861

ASESOR

Blgo. Jhon del Águila Pasquel, M.Sc.

REG.CBP N° 10727

COASESOR

Nombre del usuario:
Universidad Nacional de la Amazonia Peruana

ID de Comprobación:
78658467

Fecha de comprobación:
23.11.2022 14:07:02 -05

Tipo de comprobación:
Doc vs Internet

Fecha del Informe:
23.11.2022 14:18:20 -05

ID de Usuario:
Ocultado por Ajustes de Privacidad

Nombre de archivo: TESIS RESUMEN ANTONY MUNDACA RAMIREZ (1)

Recuento de páginas: 59 Recuento de palabras: 16087 Recuento de caracteres: 102201 Tamaño de archivo: 982.84 KB ID de archivo: 89735743

5.47% de Coincidencias

La coincidencia más alta: 1.51% con la fuente de Internet (https://oneplanetschool.wwf.it/sites/default/files/2021-06/20210609_sci).

5.47% Fuentes de Internet 1000 Página 61

No se llevó a cabo la búsqueda en la Biblioteca

30.8% de Citas

Citas 101 Página 62

Referencias 1 Página 68

0% de Exclusiones

No hay exclusiones

Modifind

Modificaciones del texto detectadas. Busque más detalles en el informe en línea.

Caracteres sustituidos 5

DEDICATORIA

A mis padres, Janet Ramirez y Quilino Mundaca, por el apoyo incondicional y la confianza que me tienen. Esperando que se sientan orgullosos por compartir conmigo la realización de este trabajo.

A mis tíos, Sisi Ramirez y Napoleón Marín, y mi hermana Ingrid Ramirez, por el apoyo incondicional y siempre estar conmigo en las buenas y las malas.

A todas y cada una de las personas y amigos que me apoyaron y formaron parte de este largo camino.

AGRADECIMIENTO

La tesis fue financiada por “CONCYTEC/FONDECYT”, LA EMBAJADA BRITÁNICA, NERC Y EL FONDO NEWTON bajo contrato N° 001-2019 FONDECYT correspondiente al proyecto “ÁRBOLES: Comprensión basada en los rasgos funcionales de la biodiversidad y la resiliencia de los bosques latinoamericanos”

A Nallarett Marina Dávila Cardozo (Q.E.P.D), por su confianza y asesoramiento durante todo el proceso de la tesis.

A Jhon del Águila Pasquel, por la confianza y el asesoramiento durante el proceso del análisis de los datos y la redacción de la tesis.

A Roberto Rojas Ruíz, por su orientación durante la ejecución del presente trabajo de investigación.

A Jimmy Córdova Oroche, Hugo Vásquez Vásquez, Gerardo Flores Llampazo y Piero Pereyra Ramos, por su confianza y apoyo en las actividades llevadas a cabo en los invernaderos y la colecta de datos, haciendo posible la realización del presente estudio.

A Ana Siles Días, María Rojas Peña y José Reyna, por la confianza y el apoyo el desarrollo de la tesis.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
PORTADA	i
ACTA DE SUSTENTACIÓN	ii
JURADOS Y ASESORES	iii
RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	4
1.1. ANTECEDENTES	4
1.1.1. Germinación y emergencia de plántulas	4
1.1.2. Crecimiento de plántulas	10
1.2. BASES TEÓRICAS	13
1.2.1. Generalidades de <i>Myrciaria dubia</i> (Kunth) McVaugh	13
1.2.2. Generalidades de <i>Cedrela odorata</i> L.	15
1.2.3. Calentamiento global	17
1.2.4. Los bosques amazónicos y el cambio climático	17
1.2.5. Dormancia de semillas	17
1.2.6. Germinación de semillas	18
1.2.7. Crecimiento de las plantas	19
1.2.8. Respuesta de las plantas al estrés ambiental	19
1.2.9. Los rasgos funcionales	20

1.2.10. Indicadores que miden la emergencia de plántulas	21
1.2.11. Indicadores que miden el crecimiento de plantas	22
1.2.12. Arduino Mega 2560	23
1.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	24
CAPÍTULO II: VARIABLES E HIPÓTESIS	25
2.1. VARIABLES Y DEFINICIONES OPERACIONALES	25
2.2. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS	26
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	27
3.1. LUGAR DE ESTUDIO	27
3.2. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	27
3.3. DISEÑO MUESTRAL	27
Población universo	27
Población de estudio	28
Tamaño de la población de estudio	28
Muestreo o selección de la muestra	28
Criterios de selección	28
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	29
3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	33
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	36
4.1. EFECTO DEL INCREMENTO DE LA TEMPERATURA EN LA EMERGENCIA DE PLÁNTULAS <i>MYRCIARIA DUBIA</i>	36
4.2. EFECTO DEL INCREMENTO DE LA TEMPERATURA EN LA EMERGENCIA DE PLÁNTULAS <i>CEDRELA ODORATA</i>	37
4.3. EFECTO DEL INCREMENTO DE LA TEMPERATURA EN EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE <i>MYRCIARIA DUBIA</i>	39
4.4. EFECTO DEL INCREMENTO DE LA TEMPERATURA EN EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE <i>CEDRELA ODORATA</i>	40
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	42
5.1. EFECTO DEL INCREMENTO DE LA TEMPERATURA EN LA EMERGENCIA DE PLÁNTULAS DE <i>MYRCIARIA DUBIA</i> Y <i>CEDRELA ODORATA</i> .	42

5.2. EFECTO DEL INCREMENTO DE LA TEMPERATURA EN CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE <i>MYRCIARIA DUBIA</i> Y <i>CEDRELA ODORATA</i>	45
CAPÍTULO VI: CONCLUSIÓN	46
CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES	47
CAPITULO VIII: FUENTES DE INFORMACION	48
ANEXOS	62

ÍNDICE DE TABLAS

Nº	Pág.
1. Operacionalización de variables	25
2. Porcentaje de emergencia (PE), tiempo medio de emergencia (TME), e índice de velocidad de emergencia (IVE) de <i>M. dubia</i> en condiciones de invernadero.	36
3. Porcentaje de emergencia (PE), tiempo medio de emergencia (TME) e índice de velocidad de emergencia (IVE) de <i>C. odorata</i> en condiciones de invernadero	38
4. Crecimiento en altura, diámetro a la base del cuello y número de hojas de <i>M. dubia</i> en el invernadero control y caliente.	39
5. Crecimiento en altura, diámetro a la base del cuello y número de hojas de <i>C. odorata</i> en el invernadero control y caliente.	40

ÍNDICE DE FIGURAS

N°	Pág.
1. Camu camu (<i>M. dubia</i>). a) Corte longitudinal de una flor, b) ramo frutífero y c) frutos maduros.	14
2. Partes del árbol de <i>C. odorata</i> . 1. Hábito de crecimiento; 2. Hojas; 3. Flor; 4. Fruto; 5. Semilla	16
3. Esquema de la infraestructura de los invernaderos.	30
4. Sistema de monitoreo y control de la temperatura interna con arduino Mega 2560.	31
5. Diagrama de boxplot de porcentaje de emergencia (PE), tiempo medio de la emergencia (TME) y el índice de velocidad de la emergencia (IVE) de plántulas de <i>M. dubia</i> en el invernadero control y caliente.	37
6. Curva de porcentaje acumulado de emergencia de plántulas de <i>M. dubia</i> en invernadero control y caliente.	37
7. Diagrama de boxplot de porcentaje de emergencia (PE), tiempo medio de la emergencia (TME) y el índice de velocidad de la emergencia (IVE) de plántulas de <i>C. odorata</i> en el invernadero control y caliente.	38
8. Curva de porcentaje acumulado de emergencia de plántulas de <i>C. odorata</i> en el invernadero control y caliente.	39
9. Diagrama de boxplot de la altura, diámetro a la base del cuello y número de hojas de <i>M. dubia</i> en el invernadero control y caliente.	40
10. Diagrama de boxplot de la altura, diámetro a la base del cuello y número de hojas de <i>C. odorata</i> en el invernadero control y caliente.	41
11. Temperatura media, mínima y máxima del exterior (A: temperatura ambiente) e interior (B: control y C: caliente) de los invernaderos. La línea gris representa la temperatura promedio diariamente. Las líneas punteadas representan los valores de la temperatura mínima (azul) y la temperatura máxima (rojo) registrados diariamente.	63
12. Ubicación del área de estudio	64
13. Bolsas acopladas y sistema de riego instalado.	65
14. Plántulas de <i>C. odorata</i> sembradas en bolsas de almácigo después de 16 días de sembrado.	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº	Pág.
15. Plántulas de <i>M. dubia</i> sembradas en bolsas de almácigo después de 21 días de sembrado.	66
16. Plántulas de <i>M. dubia</i> aclimatadas al incremento de temperatura en condiciones de invernader	66
17. Plántulas de <i>C. odorata</i> aclimatadas al incremento de temperatura en condiciones de invernadero.	67
18. Constancia de determinación de muestras botánicas.	68

RESUMEN

El Calentamiento Global se ha acelerado debido al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero en los últimos años. El incremento de la temperatura ambiente afecta la emergencia y crecimiento de plantas de especies tropicales. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del incremento de la temperatura en la emergencia y el crecimiento de plántulas de “Camu camu” (*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh) y “Cedro” (*Cedrela odorata* L.), especies de importancia ecológica y económica. Las plántulas fueron colocadas en dos invernaderos: invernadero “Control” e invernadero “Caliente”. La temperatura promedio del invernadero “Control” fue 26.61 ± 0.03 °C, la temperatura promedio del invernadero “Caliente” fue 28.24 ± 0.03 °C y el promedio de la temperatura ambiente externa fue de 26.09 ± 0.03 °C. La emergencia de plántulas se contabilizó diariamente y posteriormente se analizó el porcentaje de emergencia, el tiempo medio de emergencia y el índice de velocidad de emergencia. El crecimiento de plántulas se evaluó al final del experimento, o sea después de cuatro meses de haber comenzado el experimento de crecimiento y se midió el crecimiento en altura, el diámetro a la base del cuello o tallo y se contabilizó el número de hojas. Los indicadores de crecimiento evaluados fueron la altura de la planta, el diámetro a la base del cuello y el número de hojas. Los resultados muestran que el incremento de la temperatura disminuye la emergencia de plántulas de *Myrciaria dubia*, pero el periodo de emergencia sucede en menos días. Sin embargo, el incremento de la temperatura aumenta la emergencia de plántulas de *Cedrela odorata*, pero el periodo de emergencia sucede en más días. Esto demuestra que la temperatura altera o no la emergencia de plántulas de diferente forma a cada especie. Por otro lado, el incremento de la temperatura afecta el crecimiento en altura de ambas especies, siendo indicador más sensible al aumento de la temperatura.

Palabras claves: Calentamiento global, emergencia de plántulas, crecimiento de plántulas, cambio climático, experimento de calentamiento en invernaderos, rasgos funcionales.

ABSTRACT

Global warming has accelerated due to increased greenhouse gas emissions in recent years. The increase in ambient temperature affects the emergence and growth of tropical plant species. The objective of this research was to evaluate the effect of increased temperature on the emergence and growth of seedlings of "Camu camu" (*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh) and "Cedro" (*Cedrela odorata* L.), species of ecological and economic importance. The seedlings were placed in two greenhouses: "Control" greenhouse and "Hot" greenhouse. The average temperature of the "Control" greenhouse was 26.61 ± 0.03 °C, the average temperature of the "Caliente" greenhouse was 28.24 ± 0.03 °C and the average external ambient temperature was 26.09 ± 0.03 °C. Seedling emergence was counted daily and subsequently analysed for percentage emergence, mean emergence time and emergence rate index. Seedling growth was evaluated at the end of the experiment, i.e. four months after the start of the growth experiment, and the growth in height, diameter at the base of the neck or stem and the number of leaves were measured. The growth indicators evaluated were plant height, diameter at the base of the stem and number of leaves. The results show that increasing temperature decreases the emergence of *Myrciaria dubia* seedlings, but the emergence period takes less days. However, increasing temperature increases the emergence of *Cedrela odorata* seedlings, but the emergence period takes more days. This shows that temperature does or does not alter seedling emergence differently for each species. On the other hand, the increase in temperature affects the height growth of both species, with the indicator being more sensitive to the increase in temperature.

Keywords: Global warming, seedling emergence, seedling growth, climate change, greenhouse warming experiment, functional traits.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el Calentamiento global ha generado preocupación por las posibles consecuencias negativas que se le atribuyen en el mundo como el incremento del nivel del mar, los patrones cambiantes de precipitación y las modificaciones de eventos climáticos extremos (IPCC, 2019).

El Calentamiento Global se ha acelerado debido al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en los últimos años. El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), en su quinto informe sobre el cambio climático señala a la actividad antrópica como la principal causante de acelerar el Calentamiento Global en el planeta (IPCC, 2013). Actividades antrópicas como la agricultura, el sector energético, el sector forestal, el sector transporte e industrial son los principales contribuyentes en el aumento de GEI (Menezes-Silva *et al.*, 2019; Moreno-Reséndez *et al.*, 2015; Orizaola, 2017).

La temperatura media global ha aumentado 0.86 °C entre el periodo de 1880 – 2012 (IPCC, 2013). Según la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos (NOOA por sus siglas en inglés), señala que históricamente los últimos nueve años fueron los tiempos más cálidos en el planeta (NOAA, 2022). Asimismo, los 10 últimos años para los continentes de Asia, Europa, África, Oceanía y América del Sur fueron los tiempos más cálidos; y en la zona del Ártico, las anomalías de la temperatura promedio anual fueron dos veces e inclusive tres veces más (2 a 3 °C más) (OMM, 2019).

La realidad sobre el calentamiento global no son nada alentadoras, tanto así, que los modelos de escenarios climáticos proyectan que la temperatura media de la superficie puede aumentar +4 °C hasta el año 2100 (IPCC, 2013). Algunas proyecciones futuras predicen que el aumento de las temperaturas ocasionarán enormes perturbaciones en los bosques tropicales, incluidas grandes pérdidas en la biodiversidad y las reservas de carbono (Galbraith *et al.*, 2010). Sin embargo, otros destacan el potencial de aclimatación fisiológica (Slot *et al.*, 2014)

El aumento de temperatura media de la superficie afectará en mayor o menor medida a la distribución y supervivencia de especies de animales y plantas de diferentes zonas del planeta (IPCC, 2019). Esto implica que muchos ecosistemas sean más sensibles que otros ante el cambio climático (Lenoir & Svenning, 2015; Marengo *et al.*, 2018; Sheldon, 2019; Sullivan *et al.*, 2020).

Por ejemplo, en plantas, el aumento de la temperatura en 2 °C podría ocasionar graves consecuencias en los rasgos foliares de las plantas tropicales de tierras bajas como la disminución de la masa foliar por área en un 5-6 % (Doughty *et al.*, 2018). Además, el aumento de GEI como el CO₂ en la atmósfera puede variar las concentraciones de nutrientes de las hojas siendo específicas las respuestas en diferentes especies de plantas (Duval *et al.*, 2012), de tal manera, podría ralentizar el crecimiento de las plantas a causa de la reducción de las concentraciones de nitrógeno (N) (Wu *et al.*, 2019).

En la investigación efectuado por Madani *et al.* (2018), realizaron proyecciones de escenarios climáticos de nivel global sobre rasgos claves como el área foliar específica (AFE), la altura del árbol y la masa de la semilla en un clima más cálido y seco, y pronosticaron que los bosques tropicales serán los más afectados, ya que estará compuesto por árboles más bajos y con menor AFE, por lo tanto, la productividad primaria será menor en estos bosques.

La región Amazónica no es ajena a este problema global. Eventos de sequías extremas son más frecuentes, como los ocurridos en los años 2005 y 2010, que ocasionaron mayor pérdida de biomasa en comparación a otros años debido al incremento de la tasa de incendios forestales y poca productividad de la vegetación (Lewis *et al.*, 2011; Xu *et al.*, 2011).

El aceleramiento del Calentamiento Global es una amenaza para la reproducción, desarrollo y sobrevivencia de los seres vivos en general, ocasionando impactos en el desarrollo biológico y fisiológico de las especies en muchos ecosistemas (Barradas *et al.*, 2011; Bermeo, 2010; Sullivan *et al.*, 2020). Por todo lo mencionado anteriormente, es indispensable realizar estudios sobre calentamiento experimental en especies de plantas de

bosques tropicales para tratar de explicar los procesos fisiológicos y morfológicos que están latentes en respuesta al estrés ambiental (Becklin *et al.*, 2016; Cavaleri *et al.*, 2015)

Los avances científicos sobre calentamiento experimental en plantas se desarrollaron mayormente en especies de uso agrícola (p. ej., Guoju *et al.*, 2020; Kimball *et al.*, 2015; Ruiz-Vera *et al.*, 2015; Schittenhelm *et al.*, 2020) y especies de ecosistemas no tropicales (p. ej., Baruah *et al.*, 2017; Lv *et al.*, 2020; Pries *et al.*, 2017). Existe escasos estudios en especies de bosques tropicales, esto es debido a ciertos factores como la variabilidad ambiental, la diversidad de especies e inclusive el escaso financiamiento de proyectos de investigación. En efecto, en la Amazonía peruana no hay estudios científicos referidos al calentamiento experimental en invernaderos sobre la emergencia, crecimiento y rasgos funcionales foliares de plántulas de especies forestales.

Por lo tanto, el presente trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar el efecto del incremento de la temperatura en la emergencia y el crecimiento de plántulas de “Camu camu” (*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh) y “Cedro” (*Cedrela odorata* L.), con la finalidad de conocer la respuesta de estas especies de importancia ecológica y económica ante un posible escenario de calentamiento global.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

1.1.1. Germinación y emergencia de plántulas

Borges & Rena (1993), sostienen que la temperatura óptima para la germinación de semillas de la mayoría de especies forestales está considerada en el rango de 20 °C – 30 °C. También, Brancalion *et al.*, (2010) después de realizar una revisión minuciosa sobre la temperatura óptima de especies arbóreas brasileras de tres tipos de biomas, afirman que la germinación de semillas de especies amazónicas puede conducirse a temperaturas constantes de 30 °C; sin embargo, señalan que algunas especies pueden requerir condiciones de rangos de temperaturas específicas de para romper la dormacia seminal.

Asimismo, Ferraz & Varela (2003), reportaron que el rango de temperaturas entre 25 °C a 35 °C son más eficientes para la germinación de 30 especies forestales amazónicas, pero temperaturas por encima o debajo del rango reportado pueden disminuir significativamente la eficiencia de germinación de semillas. Resultados similares se reportaron en el estudio realizado por Silva *et al.* (2021), pues señalan que la emergencia de plántulas de especies amazónicas muestran mejores resultados en rangos de temperaturas de 20 a 30 °C o 25 a 35 °C. Además, señalan que el aumento de temperatura puede afectar significativamente a la densidad de plántulas en los bosques naturales, en efecto aumentaría la mortalidad de plántulas.

Actualmente, se desconoce o son muy pocos los estudios sobre la respuesta de la germinación, el crecimiento inicial de plántulas o los rasgos funcionales en *M. dubia* en condiciones ambientales adversas, pues se deben realizar dichos estudios ya que se considera muy importante a la especie en la Amazonía peruana por sus propiedades nutritivas y su importancia socio-económica en el mercado local (Correa, 2001; Panduro *et al.*, 2022).

Aun así, existe información y estudios relevantes sobre la germinación de semillas o emergencia de plántulas de *M. dubia*, de especies del género *M.* y

sobre especies de la familia Myrtaceae. Por ejemplo, Correa & Aldana (2007), mencionan que la germinación de semillas de *M. dubia* inicia de 10 a 12 días y la emergencia de plántulas empieza después de 20 días de haber realizado la siembra.

Además, Yuyuma & Siqueira (1999), evaluó el efecto del tamaño de la semilla y el tamaño de los recipientes sobre el crecimiento de plántulas de *M. dubia*. Los autores reportaron que la germinación de las semillas inició a los 15 días y continuó hasta los próximos dos meses en cajas de madera utilizando aserrín como sustrato.

En cuanto, Nascimento & Carvalho (2012) sostienen que la emergencia de *M. dubia* a los 27 días después de la siembra. Además, afirman que el proceso germinativo puede estabilizarse a los 97 días alcanzando un porcentaje de semillas germinadas superior al 90%. Asimismo, en el trabajo realizado por Souza *et al.* (2017), afirman que el tamaño de la semilla no influye en el inicio de la germinación y tampoco en el porcentaje de germinación, reportando por encima del 80% de semillas germinadas ya sea de tamaño pequeño (85.00%), mediano (92.5%) o grande (92.5%). Resultados similares presentaron Nascimento & Silva (2016), en la misma línea de investigación, con la excepción que las semillas de tamaño pequeño fueron significativamente menores en cuanto al porcentaje de emergencia de plántulas.

Por su parte, Dias *et al.* (2020), analizaron cómo de la maduración del fruto (fruto verde, semi-maduro y maduro) influye en porcentaje de germinación de semillas de *M. dubia* sembradas en bandejas donde permanecieron en un ambiente cubierto sin control de temperatura y humedad. Observaron que a los 49 días después de la siembra las semillas de frutos verdes germinaron mucho más en comparación a las semillas de fruto semi-maduro (38.5%) y maduro (25.5%). La prueba de germinación terminó a los 137 días después de la siembra con un porcentaje de germinación de 94% de los frutos verdes, 95% de los frutos semi-maduros y 95.5% de los frutos maduros.

Asimismo, Luján *et al.* (2002), compararon la germinación de semillas de *M. dubia* en camas almacigueras que contenían sustratos de diferentes ríos amazónicos. Los resultados que obtuvieron fueron que la emergencia de

plántulas inició a los 20 días después de sembrar las semillas, siendo el sustrato del Río Nanay el que obtuvo mayor porcentaje de germinación, luego el sustrato de Río Amazonas y finalmente el Sustrato Preparado (Tierra + gallinaza – 2:1) con valores de 96%, 93%, y 70% respectivamente.

Júnior *et al.* (2007), examinaron el efecto de tres temperaturas constantes (24 °C, 32 °C y 40 °C) en la germinación de semillas de tres especies del género *Myrciaria*: *Myrciaria jaboticaba* (Vell.) Berg, *Myrciaria cauliflora* (Mart.) Berg y *Myrciaria peruviana* var. *trunciflora*. Las semillas fueron sembradas a diferentes temperaturas en una cámara germinadora de tipo BOD (demanda bioquímica de oxígeno). Se analizaron el porcentaje de germinación y el índice de velocidad de germinación. Asimismo reportaron que la temperatura constante de 24 °C tuvo el mayor porcentaje promedio de germinación de semillas entre las tres especies (78.27%), pero no mostró diferencia significativa con la temperatura de 32 °C (60.84%). El mismo comportamiento se observó con respecto al índice de velocidad de germinación. *M. cauliflora* tuvo el mayor porcentaje de germinación entre las especies con un 87.59% a 24 °C, también tuvo el mayor valor de índice de velocidad de germinación. Finalmente, la temperatura de 40 °C inhibió casi completamente la germinación en las tres especies.

Alves *et al.* (2015), evaluaron la influencia de temperaturas (constantes: 20, 25 y 30 °C; temperatura de rangos: 20–30 °C) y el tipo de sustrato (rollo de papel, sobre papel, entre la arena y sobre la arena) sobre la germinación de semillas de *Psidium guajava* L. Los autores reportaron que el rango de temperatura de 20–30 °C es la más adecuada para el porcentaje de germinación (entre 94% a 100%), el tiempo medio de germinación (TMG = entre 15.25 – 21.50 días) y el índice de velocidad de germinación (entre 4.75 a 6.50) en los cuatro tipo de sustrato. Además, la temperatura mínima constante de 20 °C fue la que peor desempeño mostró sobre los parámetros de germinación.

Scalon *et al.* (2009), evaluaron el potencial germinativo de semillas de *Campomanesia adamantium* en diferentes niveles de temperatura (18 °C, 30 °C, 20 – 30 °C y vivero sin control de temperatura) y tratamientos pre-

germinativos (secado por tres días, lavado y extraído + inmersión en agua por 24 horas). Los autores concluyeron que la germinación no fue afectada por bajas o altas temperaturas. Los valores de porcentaje de germinación alcanzaron casi el 100% de las semillas germinadas y el índice de velocidad de germinación fue significativamente mayor a 30 °C (índice de velocidad de germinación = 3.1) y menor a 18 °C (índice de velocidad de germinación = 10); por tanto, aunque *Campomanesia adamantium* demuestra ser insensible a la temperatura en cuanto al porcentaje de germinación la temperatura constante de 30 °C y el rango de temperatura de 20-30 °C mostraron semillas más vigorosas.

Además, Fernandes *et al.* (2019), evaluaron la germinación y la formación de plántulas de *Eugenia stictopetala* en diferentes niveles de temperatura sembradas en cámaras de germinación. Los mejores resultados de porcentaje de germinación e índice de velocidad de germinación se observó a temperatura constante de 30 °C. En cuanto al TMG los mejores resultados ocurriendo en las temperaturas de 35 °C y 25-35 °C; sin embargo, están entre los niveles de temperatura que menos semillas germinadas se obtuvieron en el experimento con valores menores del 30% de porcentaje de germinación.

En lo que concierne a *Cedrela odorata*, la mayor parte de los estudios sobre el efecto de la temperatura con respecto a sus aspectos biológicos como germinación de semillas, emergencia de plántulas o rasgos funcionales morfológicos y fisiológicos fueron realizados en cámaras germinadoras o de crecimiento aplicando como tratamiento principalmente temperaturas constantes.

En el documento realizado por el Proyecto BOLFOR (2003), categorizan a la germinación de *Cedrela odorata* como media, o sea, germinan entre 10-50% de las semillas en el campo. Según CORANTIOQUIA (2007), si las semillas de *C. odorata* son frescas, pueden mostrar una elevada capacidad germinativa entre el 85 y 97%.

Según Torres-Torres *et al.* (2018), señalan que la emergencia de las semillas de *C. odorata* inician a los 6 días después de la siembra y se extiende hasta

el día 30. Asimismo, reportaron promedios de PE% muy bajos (12.0%) entre combinaciones de tratamientos pre-germinativos y tipos de sustratos dispuestas a libre exposición solar, y promedios de porcentaje de emergencia regular en semillas sembradas bajo sombra (45,2%). Los autores sugieren que el motivo por el cual los PE% fueron bajos está relacionado con el proceso de selección, ya que el lote de semillas pudo haber incluido semillas vanas o con daños mecánicos no percibidos a simple vista, pues los frutos son propensos a ataque de insectos.

En lo que se refiere a la temperatura sobre la germinación de *C. odorata*, Brancalion *et al.* (2007), realizaron una revisión extensiva sobre la temperatura óptima de 272 especies arbóreas nativas de Brasil. Los autores señalan las temperaturas óptimas para la germinación de semillas de la especie es entre los 25 °C a 30 °C.

Andrade & Pereira (1994), evaluaron la germinación de semillas de *C. odorata* sobre diferentes tipos de sustrato (rollo de papel, papel filtro y vermiculita) y niveles de temperaturas (constantes: 25 °C y 30 °C; temperatura de rangos: 20–30 °C). El porcentaje de germinación fue de 68.17% a 25 °C, 63.84% a 30 °C y 66.03% a 20–30 °C y hubo diferencia estadística entre los niveles de temperatura sobre. Además, en cuanto al índice de velocidad de germinación las temperaturas constantes mostraron mejores resultados sobre la temperatura de rangos (20–30 °C), siendo 5.26 para 25 °C y 4.91 para 30 °C.

A su vez, Passos *et al.* (2008), evaluaron el efecto del tipo de sustrato, la temperatura y el régimen de luz en la germinación de semillas de *C. odorata* aplicando un diseño completamente al azar. Para cada tratamiento utilizaron un total de 100 semillas con cuatro repeticiones de 25 semillas. Los resultados referentes al porcentaje de germinación mostraron que las temperaturas utilizadas no presentaron diferencia significativa entre ellas. En cuanto al índice de velocidad de germinación y el tiempo medio de germinación se observó que la temperatura de 20° C proporcionó menor vigor a la semilla y difirió significativamente de las demás temperaturas. Por otra parte, la arena y la fibra de coco fueron las mejores condiciones para la germinación.

Finalmente, la germinación no mostró sensibilidad a los niveles de régimen de luz aplicados en el experimento.

En la misma línea de investigación, González-Rivas *et al.* (2009), estudiaron la respuesta de la germinación de tres especies de un bosque tropical seco de Nicaragua a diferentes regímenes de temperatura y condiciones de luz. *C. odorata* fue una de las especies estudiadas y los autores reportaron para dicha especie que hubo diferencia significativa entre los regímenes de temperatura, condiciones de luz y sus interacciones. La germinación expresada en porcentaje de germinación fue mayor en temperaturas constantes de 20°, 25° y 30° C en condiciones de luz continua superando más de 50% y el tiempo medio de germinación fue menor en temperaturas constantes de 25°, 30° y 35° C. La temperatura óptima para el proceso de germinación fue de 25° C, porque mostró mejores resultados de porcentaje de germinación e índice de velocidad de germinación. Las temperaturas por rangos inhibieron la germinación de semillas de *C. odorata*, la menor temperatura constante (15° C) y la germinación en oscuridad no favoreció el proceso germinativo de las semillas. Por lo tanto, los factores ambientales de temperatura y condición de luz influyen en el proceso germinativo de semillas de *C. odorata*.

Asimismo, Alvarez & Rendón (2016), evaluaron la germinación de semillas de *C. odorata* colectadas en dos sitios. Las semillas fueron sometidas en condiciones de luz y oscuridad a temperatura constante de 25 °C y temperaturas de rangos de 25–30 °C, 25–35 °C, 25–40 °C y 25–45 °C. Los autores reportaron que la germinación inició antes de los 28 días en todos los rangos de temperatura. La temperatura ideal para la germinación de semillas fue 25–30 °C, porque se alcanzó altos porcentajes de germinación (por encima del 80%) en menos tiempo en semillas de ambas procedencias. Además, la germinación fue afectada mientras la temperatura aumentaba en el sentido que los días del proceso germinativo aumentaron y disminuyó el porcentaje final de germinación. Finalmente, los autores señalan que la procedencia fue el factor más importante para la germinación, ya que las semillas provenientes de la zona más antropizadas (sitio urbano del municipio Cotorro en la Habana, Cuba) mostraron ser más tolerantes al aumento de la

temperatura en comparación a semillas de la zona menos antropizada (áreas suburbanas del Instituto de Ecología y Sistemática de la Habana, Cuba).

Oliveira & Barbosa (2014), evaluaron la germinación de semillas en diferentes niveles de temperaturas constantes de 20, 25, 30 y 35 °C y temperaturas de rangos de 20–30 °C y 25–35 °C de las especies *Cedrela fissilis* sembradas en cajas plásticas transparentes con hojas de papel germitest como sustrato y acondicionadas en germinadores controlados. Las temperaturas constantes de 20 y 25 °C y el rango de temperatura de 20–30 °C mostraron los mayores valores de porcentaje de germinación (por encima del 80%). Sin embargo, a temperatura constante de 25 y 30 °C se observaron los mejores resultados de índice de velocidad de germinación y tiempo medio de germinación. Los autores concluyeron que la temperatura ideal para el mejor desempeño de germinación de semillas de *Cedrela fissilis* es a 25 °C constantes.

Por su parte, Cipriani (2019), comparó métodos para determinar la temperatura óptima de la germinación de semillas de 30 especies amazónicas en Brasil. El experimento se llevó a cabo en cámaras germinadoras con fotoperiodo de 12 horas de luz. Se analizaron el porcentaje de germinación de la formación de plántulas normales, de igual modo que el tiempo medio de germinación de plántulas normales y el índice de velocidad de germinación de plántulas normales formadas. *Carapa guianensis* fue una de las especies evaluadas y se observaron que solamente a temperaturas de 25, 30 y 35 °C las semillas tuvieron los porcentajes de germinación de 37.5, 78.8 y 18.8%, respectivamente. En cuanto a índice de velocidad de germinación, las semillas con mayor vigor resultaron a temperaturas de 25 y 30 °C con valores de 1.73 y 2.27 respectivamente. Asimismo, la germinación se llevó a cabo en menor tiempo medio de germinación a temperaturas de 30 y 35 °C con 24 y 20 días respectivamente y 25 °C se observó mayor tiempo medio de germinación con 51.4 días.

1.1.2. Crecimiento de plántulas

Según Schulze *et al.* (2019), muchas especies de plantas pueden crecer eficientemente entre temperaturas diurnas de 15 °C a 25 °C. Pero el crecimiento puede comprometerse cuando las temperaturas son extremas y

logran mantenerse, puesto que por encima de los 40 °C puede ralentizarse y por el extremo opuesto (por debajo de los 15 °C) también puede tener efectos similares (Tadeo & Gómez-Cadenas, 2000).

Gardiner *et al.*, (2019), determinaron la relación de supervivencia de plántulas que fueron plantadas en parcelas en tiempos de calor extremo en función a los rasgos funcional de 23 especies de la selva tropical ribereña de Australia. El trabajo concluyó que la altura es la variable que mejor predice la supervivencia ante el estrés por calor de las plántulas en comparación a las demás variables. Además, la interacción entre la temperatura máxima (el día de la siembra) y la elevación relativa indicó que el crecimiento fue más lento para plántulas sembradas en días más cálidos, sobre todo las que fueron sembradas en posiciones más altas de las parcelas en comparación con las sembradas en posiciones más bajas.

Nascimento & Carvalho, (2012), después 6 a 8 meses de la siembra en bolsas plásticas, las plántulas de *M. dubia* presentan una altura entre 50 a 60 cm y un diámetro entre 7 a 8 mm. A su vez, Tavares & Mira (2019), sostiene que el tamaño de semilla en *M. dubia* no influyen en la altura de plántulas normales, pero las semillas medianas y grandes muestran mejor desempeño en cuanto al diámetro a la base del caule.

Mientras que Souza *et al.* (2017), evaluaron la influencia de la procedencia de dos poblaciones en Brasil (Rio Urubu y rio Anauá) y el tamaño de semilla de *M. dubia* en el crecimiento de plántulas sembradas individualmente en tubetes de polietileno con un sustrato comercial (OrganoAmazon). Las semillas de tamaño pequeño y de ambas procedencias mostraron mayor crecimiento en altura, pero las semillas de Anauá (23.8 cm) tuvieron mayor altura en comparación de las de Urubu (10.6 cm). Se observaron los mismos patrones en los parámetros del diámetro del caule. En cuanto al número de hojas, la semillas grandes y pequeñas de Anauá tuvieron valores muy parecidos (34.6 y 34.3 respectivamente) y en Urubu las semillas pequeña tuvieron el mayor número de hojas promedio (20.2). El autor concluye que se debe considerar a la procedencia de las semillas como un factor influyente en el desempeño de plántulas *M. dubia*.

En el estudio realizado por Oliveira *et al.*, (2013) evaluaron el crecimiento de plántulas de *M. dubia* en diferentes sustratos. A los 120 días midieron la altura, el diámetro basal del caule y el número de hojas de las plántulas producidas, reportando la mayor altura promedio y el mayor número de hojas con 11.35 cm y 12 respectivamente, en un sustrato comercial (Plantmax); sin embargo, el desempeño en cuanto a diámetro del caule fue el menor de los tratamientos (1.32 mm).

Por su parte Scalon *et al.* (2001), evaluaron la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas de *Eugenia uniflora* L. en tres condiciones de sombreado (50% de disponibilidad de luz, 70% de disponibilidad de luz y Pleno sol). Los parámetros de crecimiento analizados fueron la altura, el diámetro del del caule, área foliar, peso seco y el peso específico de la hoja. La altura y el diámetro del caule fueron mayor en plántulas que estuvieron dispuesto a pleno sol (52.98 cm y 7.35 mm respectivamente), donde normalmente la temperatura puede ser mayor en comparación a las otras condiciones de sombreado, por lo tanto, las plántulas de *Eugenia uniflora* pueden crecer mejor en condiciones de luz plena.

En la investigación realizada por Rahman *et al.*, (2013), analizaron el efecto de la temperatura y la interacción entre la temperatura y el estrés salino sobre el crecimiento de plántulas de *Swietenia macrophylla* King acondicionadas en cámaras de crecimiento. El primer experimento consistió en la comparación de tres niveles de temperaturas altas (30, 32 y 34 ° C) versus la temperatura control (26.31 °C), mientras que el segundo experimento se basó en la interacción de las temperaturas altas y el estrés salino (0.5, 1.5 y 2.5 g L⁻¹ NaCl). Los parámetros medidos fueron la altura de la plántula, el diámetro a la base del caule y el número de hojas. El trabajo concluyó que las altas temperaturas alta favorece al crecimiento en altura, pero tiende a disminuir con respecto al diámetro del collar y el número de hojas. Además, la combinación de la temperatura y las condiciones de estrés salino ralentizan el crecimiento de las plántulas de *S. macrophylla*. Finalmente, se puede considerar al diámetro a la base del caule como una respuesta del efecto de las altas temperaturas en plántulas de *S. macrophylla*.

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Generalidades de *Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh

Reino: Plantae

Filo: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Myrtales

Familia: Myrtaceae

Es un arbusto que crece 4-8 metros de altura aproximadamente; desde la base de la planta se ramifica para formar tallos secundarios (Castro et al., 2018). Las ramas son glabras, cilíndricas, lisas de coloración marrón claro. Las hojas son glabras, lanceoladas o elípticas, con ápice agudo, base cuneada, simples y opuestas, con largo y ancho que varía entre de 6 cm a 11 cm y de 3 cm a 4 cm, respectivamente. Las inflorescencias nacen de las axilas de las hojas, se agrupa en racimos cortos, con brácteas y bractéolas persistentes; flores glabras; pétalos blancos. Con fruto en forma de bayas de 2–3 cm de diámetro, de color rojo o negro cuando está maduro. (Vásquez, 1997).

M. dubia es un frutal nativo de la cuenca Amazónica (Nascimento & Carvalho, 2012). Las mayores poblaciones naturales fueron observados en cochas y quebradas de la Amazonía peruana, pero también se distribuye por Brasil, Venezuela y Colombia. (Peters & Vasquez, 1987).

Según Arruda *et al.* (2011), es una especie de clima tropical, donde la temperatura media oscila entre 22 °C a 28 °C, soportando temperaturas mínimas y máximas entre 17 °C a 35 °C y la humedad relativa es de 70% a 95%. Naturalmente crecen y se desarrollan en suelos aluviales inundables, pudiendo soportar periodos de inundación entre cuatro o cinco meses siendo altamente tolerantes. Son pocas las especies leñosas que son tolerantes a la inundación, por lo tanto, forman agrupaciones monoespecíficas a lo largo de las cochas y quebradas (Peters & Vasquez, 1987). Por otra parte,

las plantas de *M. dubia* puede cultivarse en suelos de altura de baja fertilidad con pH ácido y mal drenaje, pero manejados con tecnología desarrollada (Imán, 2001, p. 12-13).

Su fruto contiene grandes concentraciones de ácido ascórbico. La pulpa se aprovecha de muchas maneras, desde la elaboración de refrescos, mermeladas, helados, vinagre, cocteles; hasta su utilidad en la industria de bebidas gasificantes, farmacéutica y cosmetológica (Peters y Vasquez, 1987, p. 161-162; Imán, 2001, p. 12; Martín *et al.*, 2009, p. 340).



Figura 1. Camu camu (*M. dubia*). a) Corte longitudinal de una flor, b) ramo frutífero y c) frutos maduros.

Fuente: Maués y Couturier, 2002

1.2.2. Generalidades de *Cedrela odorata* L.

Reino: Plantae

Filo: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Myrtales

Familia: Myrtaceae

Son árboles caducifolios que crecen hasta 35 metros de altura. Sus ramas son glabras o diminutamente pubescentes que presentan lenticelas. Las hojas son compuestas paripinnadas, están agrupadas hacia el ápice de las ramitas y tienen hasta 12 de pares de folíolos. Los folíolos son opuestos, subopuestos o alternos; sésiles o tienen peciólulos de hasta dos milímetros de largo, su base es truncada, aguda o redondeada y su ápice es acuminado o agudo. La inflorescencia es racemosa (tirso), flores sésiles o con pedicelos hasta 2 mm de largo, su cáliz es glabro o pubérulo, los pétalos son oblongo-elípticos, los estambres crecen hasta tres milímetros de largo, anteras amarillas, pistilo glabro y estigma con 5 lóbulos. Los frutos son cápsulas ovoides, lenticeladas. La semilla crece hasta tres centímetros de largo (Vásquez, 1997).

C. odorata se distribuye desde el norte de México, continuando a lo largo de América Central y Sur América hasta Argentina, también se encuentra en las islas de El Caribe (Lombardi, 2014). Es una especie que crece en a bajas elevaciones, en bosques húmedos o secos (Román *et al.*, 2012).

Los árboles de *C. odorata* necesitan de alrededor de 5 mm de precipitación mensualmente para la producción de madera y muchas veces durante la época seca puede darse una disminución en el grosor del tronco debido a la pérdida de agua antes del inicio de crecimiento de madera durante la época lluviosa. A diferencia de otras especies, los árboles de cedro amargo pueden incrementar el grosor del tronco a finales de la época lluviosa, cuando las hojas están senescentes, sin embargo este engrosamiento del tronco no se debe a la formación de madera, sino más bien a la acumulación de agua en

sus tejidos, la cual utiliza durante la floración y maduración de frutos durante época seca (Worbes, 1999)

Su madera es muy valorada en la industria forestal por su alta calidad, por ser fácil de trabajar y es durable, con secado fácil, tanto en estufa como en aire libre. Además, es resistente a la pudrición y las termitas, haciéndola adecuada para la construcción en el exterior (Cintrón, 1990). Por sus características se ha utilizado a través de los años en la elaboración de muebles, lanchas, puertas e instrumentos musicales; por su aroma y sus propiedades de conservación de humedad se han utilizado en la fabricación de cajas de cigarros, armarios y cajas para almacenamiento (Toledo *et al.*, 2008).

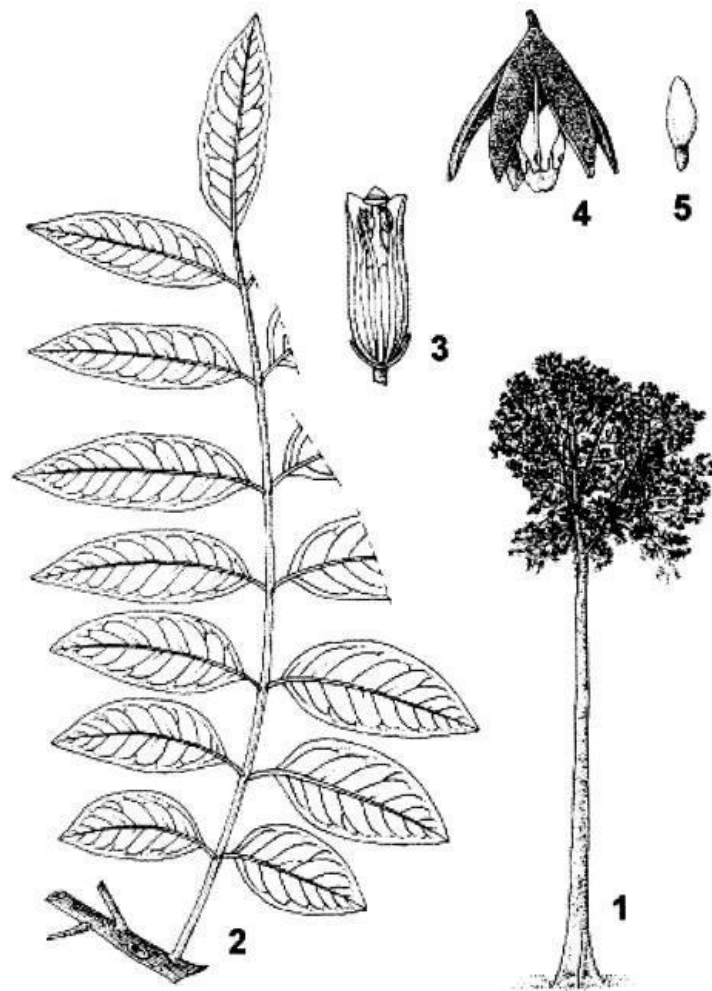


Figura 2. Partes del árbol de *C. odorata*. 1. Hábito de crecimiento; 2. Hojas; 3. Flor; 4. Fruto; 5. Semilla

Fuente: Lemmens *et al.* 1995, citado por Ramírez, 2014, p. 7.

1.2.3. Calentamiento global

Barboza (2013), sostiene que calentamiento global es definido usualmente en dos sentidos: primero, como un fenómeno que se observan las medidas de la temperatura, es decir, se muestran los promedios de su aumento en la atmósfera terrestre y en los océanos durante las últimas décadas. En segundo lugar, se entiende como una teoría que predice el crecimiento futuro de las temperaturas a partir de proyecciones basadas en la investigación científica por medio de simulaciones computacionales.

El calentamiento global está muy influenciada por las actividades antrópicas, pues se le atribuye como la principal causa que el calentamiento global sea cada vez mayor por aumentar los gases de efecto invernadero, fundamentalmente el aumento del dióxido de carbono (IPCC, 2013; Nebel & Wright, 1999, p. 5).

1.2.4. Los bosques amazónicos y el cambio climático

Los bosques amazónicos se caracterizan por su alta diversidad biológica, además de tener la capacidad de capturar grandes cantidades de dióxido de carbono en la atmosfera y ser importante para el ciclo del agua en el mundo (Álvarez Dávila & Chamorro, 2018). La importancia de este ecosistema para el planeta es innegable y por eso existe la necesidad de conocer la situación por la que atraviesa y las consecuencias que puede suceder a futuro.

Los problemas que amenazan los bosques amazónicos fundamentalmente son las actividades antrópicas y el cambio climático. Distintos autores proyectan que en los próximos años estos ecosistemas percibirán cambios (aumento) en la temperatura, eventos de sequias extremas, cambios en los patrones de lluvia y aumento del CO₂ en la atmósfera (Mora *et al.*, 2013, p. 1; Cavaleri *et al.*, 2015, p. 2111).

1.2.5. Dormancia de semillas

La dormición puede definirse como el bloqueo que tiene lugar en una semilla viable que le impide completar la germinación en condiciones favorables. La dormición se divide en primaria o secundaria, según que la capacidad

germinativa de una semilla esté bloqueada antes o después de su dispersión, respectivamente. El ABA está implicado en la aparición de la dormición primaria en semillas ortodoxas, la cual se produce durante la maduración de los órganos de dispersión en la planta madre. Sea cual fuere el tipo de dormición que adquiera una semilla, debe ser eliminada mediante el mecanismo adecuado para que pueda efectuarse la germinación. En el laboratorio, la dormición primaria se puede eliminar mediante un tratamiento de frío (estratificación), luz, GAs, etileno, sustancias presentes en el humo del tabaco (p. ej., butenolida) y óxido nítrico, entre otros. Durante el proceso de estratificación de semillas de algunas especies se produce un descenso en la forma fisiológicamente activa del ABA (ABA-libre), con el consiguiente incremento de la capacidad germinativa. A diferencia de la dormición primaria, la dormición secundaria suele estar relacionada con los ciclos anuales de dormición en los bancos de semillas del suelo. Su eliminación suele producirse cuando las condiciones medioambientales en el suelo son las adecuadas para germinar (Matilla, 2008).

1.2.6. Germinación de semillas

La germinación es el punto de partida para que una semilla que está en estado durmiente pase a una vida activa, con la finalidad de producir una planta similar de la cuál proviene. Este proceso se inicia con la imbibición de la semilla (absorción de agua), transcurre a la activación de procesos metabólicos dentro de la semilla y finaliza cuando el embrión rompe la cubierta seminal para continuar con la emergencia de la plántula (Matilla, 2008; Sullivan *et al.*, 2020).

Según (Matilla, 2008), señala que la mayor parte de las semillas producidas por una planta son incapaces de poder germinar incluso antes de su dispersión y los denomina semillas durmientes. La incapacidad de germinar que presenta una semilla viable aún esté en condiciones que pueden favorecer el proceso de germinación, es conocido como dormición de semillas (Matilla, 2008).

Por otra parte, los factores ambientales ayudan al proceso de germinación de las semillas. La temperatura es considerada como el principal factor para

regular la germinación y la intensidad de temperatura requerida varía en función a las especies. Las semillas que presentan dormición fisiológica no profunda, solo pueden germinar en un rango específico de temperaturas (Longás, 2018).

1.2.7. Crecimiento de las plantas

El crecimiento es la etapa que continua después de ocurrir la emergencia de la plántula. Según Santos *et al.* (2010), el crecimiento de las plantas se puede clasificar de varias maneras, desde una perspectiva fisiológica. Los más simples son juveniles, adultos y senescentes.

Durante la fase juvenil predominan todos los procesos relacionados con el crecimiento vegetativo, porque es la fase que se da entre el final de la germinación y el inicio del proceso reproductivo. Su duración varía según la especie y las condiciones ambientales, desde días a semanas para plantas herbáceas hasta varios años para plantas leñosas.

La fase adulta abarca el período durante el cual la planta puede florecer si se encuentra en las condiciones esenciales. El cambio de fase (transición entre ambas fases), depende de las variaciones que se realizan en los meristemas, concretamente del cambio de meristemo vegetativo a germinal. Además, también se producen otros cambios a nivel de estructura, fisiología y morfología de las plantas.

La fase de senescencia frecuentemente se conceptualiza como una fase final de la vida de la planta, pero eso es incorrecto, porque su objetivo es excluir y reutilizar sistemáticamente estructuras y moléculas que ya no benefician a la planta en algún momento.

1.2.8. Respuesta de las plantas al estrés ambiental

Las plantas tienen diferentes comportamientos ante distintas condiciones de estrés. Entre lo más frecuente consiste en variar el nivel de crecimiento y la distribución de biomasa hacia diferentes tejidos, dependiendo de los estímulos que perciben de los factores ambientales que condicionan su desarrollo, como

la exposición a la radiación solar, y la disponibilidad de agua y nutrientes (Kremer, 2014, p.9).

Se puede distinguir cuatro etapas en la respuesta de las plantas al estrés: I) etapa de alarma, en este evento el estrés comienza a afectar a la planta, en consecuencia la planta lentifica sus funciones básicas y empieza a activar los mecanismos de repuesta al estrés; II) etapa de resistencia, en este momento la planta se adapta poco a poco al estrés debido a los mecanismos de respuesta activados; III) etapa de agotamiento, si sucede el caso que las condiciones de estrés se extiende demasiado, en este momento la capacidad de respuesta de la planta se agota y detiene sus funciones generándole graves consecuencias y posiblemente la muerte; IV) etapa de regeneración, si las condiciones de estrés desaparecen, en este momento la planta empieza a recuperarse hasta alcanzar la situación óptima para las condiciones ambientales habituales (Tadeo & Gómez-Cadenas, 2000, p. 578).

1.2.9. Los rasgos funcionales

La definición de “rasgo funcional” es variada entre los autores. Se puede interpretar como características que influyen fuertemente en el rendimiento de un organismo (McGill *et al.*, 2006, p. 178) o en la forma física individual; además, se puede decir que los rasgos determinan los procesos de un ecosistema (rasgos de efecto) (Violle *et al.*, 2007, p. 887) y que responden a los cambios ambientales (rasgos de respuesta) (Weiss & Ray, 2019, p. 3).

El valor asignado a cada rasgo en un espacio y tiempo determinado es denominado atributo. Los atributos de un rasgo en una especie varían a lo largo de los gradientes ambientales. Por tanto, no existe un único valor para un determinado rasgo de una especie (Violle *et al.*, 2007, p. 884).

Los rasgos funcionales pueden ser cualitativos o cuantitativos. Los rasgos cualitativos, también denominados categóricos, son variables multiestado como, por ejemplo, la forma de crecimiento, la forma de clones, el modo de dispersión, entre otras; y los rasgos cuantitativos pueden ser adquiridos por conteo (datos discretos), por ejemplo, la longevidad foliar, o por mediciones que se expresan en unidades (datos continuos) como pueden ser la altura de

la planta, el diámetro del tallo, la longitud de la raíz, etc. (Pérez-Harguindeguy *et al.*, 2013; Salgado-Negret, 2016)

La aplicación de los rasgos funcionales en las investigaciones de ecofisiología de plantas y animales, sirve para cuantificar las condiciones ambientales que requiere para su desarrollo, su capacidad locomotora y dispersión, y sus relaciones en las redes ecológicas. Además, se pueden desarrollar modelos predictivos de biodiversidad que integren a los rasgos funcionales y las interacciones de especies para predecir las respuestas de especies interdependientes, comunidades y efectos del cambio climático (Schleuning *et al.*, 2020, p. 319).

1.2.10. Indicadores que miden la emergencia de plántulas

La mayoría de los estudios sobre germinación de semillas se basan únicamente en la germinabilidad, sin tener en cuenta otros aspectos cuantitativos importantes del comportamiento de las semillas durante el proceso de germinación, como el tiempo, la velocidad, la homogeneidad y la sincronía (Ranal & Santana, 2006).

Estas características también son importantes para comprender mejor el comportamiento del proceso germinativo en función a los factores ambientales y cuando las semillas se encuentran condiciones de estrés ambiental. Muchos de los métodos aplicados para medir la germinación de semillas también se pueden emplear para medir la emergencia de plántulas.

Porcentaje de emergencia (PE%)

Es la relación entre la cantidad final de plántulas emergidas y la cantidad total de semillas sembradas expresadas en porcentaje.

Tiempo medio de la emergencia (TME)

Calculado como promedio ponderado de los tiempos de germinación. El número de semillas germinadas en el intervalo de tiempo especificado para la recolección de datos se usa como peso. En este caso, es fundamental utilizar un promedio ponderado, ya que tiene en cuenta que cada vez germinará un número diferente de semillas. Los valores están expresados en días (Ranal & Santana, 2006)

Índice de velocidad de emergencia (IVE)

Es la relación entre el número de semillas germinadas o emergidas con el tiempo de germinación. Los investigadores normalmente lo aplican para determinar el vigor de las plántulas en laboratorio (llamada índice de velocidad de germinación) o campo (llamada índice de velocidad de emergencia) y es expresada como una medida adimensional (sin unidad). El valor obtenido con esta fórmula se ve afectado por el tiempo medio de germinación y, en consecuencia, la velocidad de germinación de las semillas. Si la germinación ocurriera al inicio de la siembra, el valor del índice sería más alto que si la germinación ocurriera más tarde. Esta es una gran ventaja del índice que realmente mide la velocidad de germinación. Los valores de velocidad de la emergencia también se ven afectados por el número total de semillas que germinan (porcentaje de germinación) en las condiciones de prueba, por lo tanto, son adecuados para comparan entre muestras o tratamientos con el mismo valor de porcentaje de germinación. (Ranal & Santana, 2006; Santana & Ranal, 2000). Para poder interpretar mejor los resultados de índice de velocidad de germinación, Santana & Ranal (2000), resumieron de la siguiente manera: si la muestra o tratamiento tiene alto o bajo porcentaje de germinación y alta velocidad media de germinación, el índice de velocidad de germinación es alto. De lo contrario, si la muestra o tratamiento tiene alto o bajo porcentaje de germinación y baja velocidad media de germinación, el índice de velocidad de germinación es bajo.

1.2.11. Indicadores que miden el crecimiento de plantas

El análisis de crecimiento se puede realizar a través de dos tipos de mediciones: mediciones directas y mediciones indirectas. Las mediciones directas se obtienen con la toma de datos de los rasgos de planta; a su vez, estas mediciones se pueden realizar mediante muestreos destructivos (masa fresca de la planta, masa seca de la planta, área foliar, etc.) y muestreos no destructivos (altura de la planta, diámetro del tallo, etc.). Utilizando los datos de las mediciones directas se puede calcular las mediciones indirectas, basado en la aplicación de fórmulas como la tasa de crecimiento relativa (TCR), el índice de área foliar (IAF), el volumen, etc.

Altura de la planta

Es un rasgo de medición directa en campo. Es medida desde la superficie del suelo hasta la yema apical. Está relacionado con la morfología del crecimiento, la posición de la planta en el gradiente vertical de luz o competencia, el tamaño reproductivo, la fecundidad y el potencial de longevidad (Salgado-Negret, 2016).

Diámetro a la base del tallo

Es un rasgo de medición directa en campo. Es la sección transversal del tallo medido casi al nivel de la superficie del suelo.

Número de hojas

Es la cantidad de hojas que produce la planta.

1.2.12. Arduino Mega 2560

Arduino es una tecnología de software y hardware de desarrollo libre que tiene múltiples aplicaciones como la automatización industrial, monitorización de parámetros climáticos, etc. El Arduino Mega 2560 es una tarjeta de desarrollo open-source basada en el microcontrolador AtMega2560 que posee 54 puertos digitales de entradas y salidas, de los cuales 15 de ellos pueden funcionar como salidas de modulación de ancho de pulso (PWM), 16 puertos se pueden usar para señal analógicas, 4 puertos seriales de hardware (UART), además de un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un cabezal ICSP y un botón de reinicio.

1.3. Definición de términos básicos

Altura de la planta: “es la distancia más corta entre el límite más alto de los tejidos fotosintéticos principales de esa planta (excluyendo las inflorescencias) y el nivel del suelo, expresado en metros.” (Pérez-Harguindeguy *et al.*, 2013).

Calentamiento del invernadero: Es incremento gradual manipulado de la temperatura ambiente del invernadero.

Crecimiento de la planta: es la ganancia o incremento de biomasa en un tiempo dado, pues en los primeros estadios de la planta suelen mostrar crecimiento exponencial y en la mayoría de los casos difieren entre especies (Villar *et al.*, 2004, p. 196).

Germinación de semillas: “Proceso en el que se producen las transformaciones metabólicas necesarias para el completo desarrollo de la plántula” (Doria, 2010, p. 75).

Plántula: Plántulas producidas en vivero o recolectados en el bosque como regeneración natural (Saldaña, 2015, p. 22).

Rasgos funcionales: rasgos morfológicos, fenológicos y fisiológicos que impactan de manera indirecta en el estado físico a través de sus efectos sobre la biomasa vegetativa, producción reproductiva y supervivencia de la planta (Violle *et al.*, 2007).

Semilla: Es el órgano reproductivo de las plantas superiores terrestres y acuáticas. Tienen la función de multiplicar, perpetuar y dispersar la población de la especie en el tiempo y el espacio (Doria, 2010, p. 74-75)

Porcentaje de germinación: Es el porcentaje de semillas que germina y se desarrolla plántulas, en condiciones ambientales óptimas o de estrés a lo largo de un tiempo dado. (Courtis, 2013, p. 21).

Temperatura: Es la magnitud que indica el nivel de calor en un cuerpo (Andrades y Múñez, 2012, p. 19). Está relacionada con el rápido movimiento de las partículas que constituyen la materia. Cuanta mayor agitación presenten éstas, mayor será la temperatura (FECYT, 2004, p. 12).

CAPÍTULO II: VARIABLES E HIPÓTESIS

2.1. Variables y definiciones operacionales

Tabla 1. Operacionalización de variables

Variable	Definición	Tipo por su relación	Indicador	Escala de medición	Valores	Medio de verificación	Norma o método
Incremento de temperatura	Es incremento gradual manipulado de la temperatura en el ambiente del invernadero en un tiempo determinado	Independiente	Temperatura del invernadero	Ordinal	°C	Base de datos descargado de sensores y Arduino	
Emergencia de plántulas	“Proceso en el que se producen las transformaciones metabólicas necesarias para el completo desarrollo de la plántula” (Doria, 2010, p. 75)	Dependiente	Porcentaje de emergencia	Razón	%	Registro de datos	ISTA, 2015; Ranal & Santana, 2006
			Tiempo medio de emergencia	Razón	días		
			Índice de velocidad de emergencia	Razón			
Crecimiento de plántulas	Rasgos morfológicos, fenológicos y fisiológicos que impactan de manera indirecta en el estado físico a través de sus efectos sobre la biomasa vegetativa, producción reproductiva y supervivencia de la planta (Violle <i>et al.</i> , 2007, p. 887)	Dependiente	Altura	Razón	cm.	Registro de datos	Pérez-Harguindeguy <i>et al.</i> , 2013; Salgado-Negret, 2016
			Diámetro a la base del cuello	Razón	cm.		
			Número de hojas	Razón	Unid.		

2.2. Formulación de la hipótesis

Emergencia de plántulas

Hipótesis general

H₁: la emergencia de plántulas de *M. dubia* y *C. odorata* es mayor cuando se incrementa la temperatura ambiente.

H₀: la emergencia de plántulas de *M. dubia* y *C. odorata* es menor cuando se incrementa la temperatura ambiente.

Hipótesis específicas

- El porcentaje de emergencia de plántulas de *M. dubia* y *C. odorata* es mayor cuando se incrementa la temperatura ambiente.
- El tiempo medio de la emergencia de plántulas de *M. dubia* y *C. odorata* es menor cuando se incrementa la temperatura.
- El índice de velocidad de la emergencia de plántulas de *M. dubia* y *C. odorata* es mayor cuando aumenta la temperatura.

Crecimiento de plántulas

Hipótesis general

H₁: el crecimiento de plántulas de *M. dubia* y *C. odorata* es mayor cuando se incrementa la temperatura ambiente.

H₀: el crecimiento de plántulas de *M. dubia* y *C. odorata* es menor cuando se incrementa la temperatura ambiente.

Hipótesis específicas

- El incremento en altura de las plántulas de *M. dubia* y *C. odorata* aumenta cuando aumenta la temperatura.
- El incremento en diámetro de las plántulas de *M. dubia* y *C. odorata* aumenta cuando aumenta la temperatura.
- El número de hojas de plántulas de *M. dubia* y *C. odorata* aumenta cuando aumenta la temperatura.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Lugar de estudio

La investigación se desarrolló en el Centro de Investigación Fernando Alcántara Bocanegra (CIFAB) del Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana (IIAP), ubicado a 4.5 km de la ciudad de Iquitos, en el margen la carretera Iquitos-Nauta, jurisdicción del distrito de San Juan Bautista, provincia de Maynas, región Loreto.

3.2. Tipo y diseño de la investigación

El estudio es de tipo experimental, analítico, transversal y prospectivo. Para el experimento se construyeron dos invernaderos, el primer invernadero (“invernadero Control”) se mantuvo similar a la temperatura ambiente externa con promedio de $26.61\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.03$ (promedio \pm error estándar) y en el segundo invernadero (“invernadero Caliente”), con promedio de temperatura de $28.24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.03$, se incrementó la temperatura en $2.15\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.02$ (diferencia de la temperatura del invernadero y la temperatura ambiente externa) para simular un escenario de calentamiento global. El promedio de la temperatura ambiente externa fue de $26.09\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.03$. En cada invernadero se contabilizó la emergencia de plántulas y se midió el crecimiento de plántulas de *M. dubia* y *C. odorata*.

El estudio se dividió en dos fases: (1) la fase de emergencia de plántulas y (2) la fase de crecimiento de plántulas. En las dos fases se tuvo a la temperatura del ambiente como la variable del experimento (independiente) y se consideró a los invernaderos (invernadero control e invernadero caliente) como los niveles de la variable independiente.

3.3. Diseño muestral

Población universo

Son todas las semillas de *M. dubia* y *C. odorata*

Población de estudio

La población de estudio son los lotes de semillas provenientes de 600 frutos de *M. dubia* (1500 semillas) y 100 frutos de *C. odorata* (2000 semillas) colectados en poblaciones naturales en Jenaro Herrera.

Tamaño de la población de estudio

Emergencia de plántulas

Para *M. dubia* se dispuso de 960 semillas y se sembraron 480 semillas en cada invernadero. La unidad muestral estuvo conformada por 30 semillas, formando un total de 16 repeticiones en cada invernadero.

Para *C. odorata* se dispuso de 600 semillas y se sembraron 300 semillas en cada invernadero. La unidad muestral estuvo conformada por 30 semillas, formando un total de 10 repeticiones en cada invernadero.

Crecimiento de plántulas

Para cada especie se dispuso de 70 plántulas distribuidas en dos invernaderos, i.e. 35 en cada uno.

Muestreo o selección de la muestra

Emergencia de plántulas

Los frutos maduros de *M. dubia* y de *C. odorata* fueron colectados en poblaciones naturales cercanas a la villa de Jenaro Herrera (provincia de Requena, Loreto) en julio del 2021 y enero del 2022, respectivamente.

Crecimiento de plántulas

Se utilizaron plántulas de *M. dubia* y de *C. odorata* germinadas en cada uno de los invernaderos (control y caliente).

Criterios de selección

Emergencia de plántulas

- Criterios de inclusión: Se seleccionaron semillas frescas, maduras, de tamaños similares y en buen estado para la evaluación de la emergencia de plántulas.

- Criterios de exclusión: Se excluyeron semillas que no estén frescas, ni maduras, que no tengan tamaños similares y que no estén en buen estado para la evaluación de la emergencia de plántulas.

Crecimiento de plántulas

- Criterios de inclusión: se consideraron plántulas en buenas condiciones en un rango de altura de 11-15 cm para *M. dubia* y un rango de altura de 7-14 cm. para *C. odorata*.
- Criterios de exclusión: se excluyeron plántulas en malas condiciones (tallo con deformación, plántulas con hojas muy pequeñas) y diferentes del rango de altura de 11-15 cm para *M. dubia* y diferentes de un rango de altura de 7-14 cm. para *C. odorata*.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Diseño de los invernaderos

3.4.1.1. Infraestructura de los invernaderos

En el campus del CIFAB se instalaron dos invernaderos armables de tipo túnel o capilla con dimensiones de 7 m. ancho × 9 m. de largo × 5 m. de alto. Los techos de ambos invernaderos fueron cubiertos por un termoplástico de polietileno (Lámina de coextrusión tricapa de polietileno Plastitermic). Los lados, incluido en puerta, se cubrieron con los siguientes materiales en cada invernadero: en el invernadero control similar la a temperatura ambiente externa ($26.09\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.03$) se utilizó malla tul mosquitero de 1 mm – 2 mm de tamaño de agujero para permitir mejor circulación del aire y el aislamiento de insecto; en cambio, en el invernadero caliente ($+ 2.15\text{ }^{\circ}\text{C}$) se utilizó malla antiáfida (Extranet 50 mesh) con menor tamaño de agujero (0.26 mm – 0.82 mm) para que la malla mosquitero para no permitir tanto la circulación del aire externo al invernadero, de modo que el ambiente del invernadero no se enfría y se mantenga el rango de temperatura alta. Además, los invernaderos tienen cortinas de termoplástico de polietileno enrollables para permitir el aumento de la temperatura, aunque solo es utilizado en el invernadero caliente. Cada

invernadero cuenta con una cortina de malla raschel de 50% de sombra para aclimatación de las plántulas. Los invernaderos tienen cuatro mesas metálicas de 8.15 m. de largo x 1 m. de ancho x 1 m. de alto.

Además, cada invernadero tiene un sistema de nebulización activado por una bomba de agua eléctrica de 1 HP y conformado por tres líneas de tubos de polietileno negro para riego. Cada línea tiene seis boquillas de nebulización haciendo un total de 18 boquillas por invernadero.

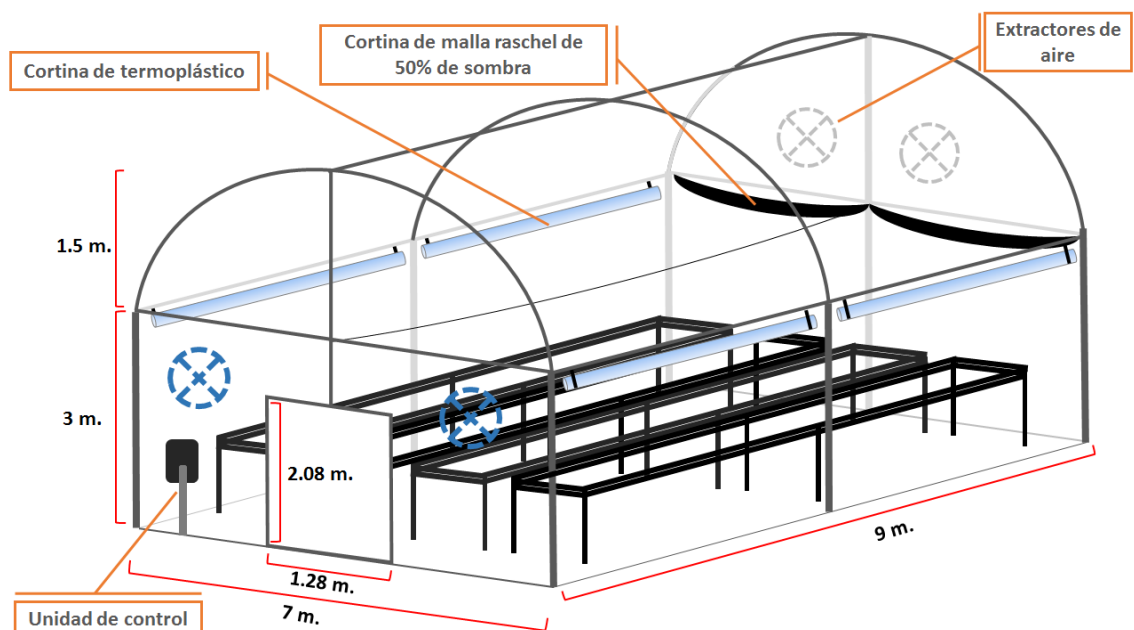


Figura 3. Esquema de la infraestructura de los invernaderos.

3.4.1.2. Sistema de riego

El sistema de riego por goteo está automatizado para regar plantas por un periodo de cuatro minutos por día, utilizando una bomba de agua de 0.5 hp. Todas las mesas de los invernaderos tienen un tubo principal con una válvula de paso manual, que a su vez alimenta a cinco llaves de agua. Cada llave está conectada a una línea de tubo de polietileno negro que tiene 20 goteros integrados separados cada 20 cm.

3.4.1.3. Monitoreo y regulación de la temperatura en los invernaderos

La temperatura del aire interior y exterior de los invernaderos (temperatura interna y externa, respectivamente) fue monitoreada mediante sensores de temperatura acoplados a una tarjeta de Arduino Mega 2560 (ver sección 1.2.12). La temperatura en los invernaderos fue regulada mediante un sistema automatizado controlado por la tarjeta de Arduino Mega 2560. En el invernadero control se buscó que la temperatura interna se asemeje a la temperatura externa: cuando la diferencia de ambas temperaturas fue mayor $1\text{ }^{\circ}\text{C}$, cuatro extractores de aire (figura 1) se activaron para disminuir la temperatura interna. En el invernadero caliente se buscó que la temperatura interna se incremente hasta $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ con respecto a la temperatura externa, cuando la diferencia de ambas temperaturas supera los $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ se activan los extractores de aire para disminuir la temperatura interna. Además, cuando la temperatura interna del invernadero supera los $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ con respecto a la temperatura externa, se activa el sistema de nebulización para disminuir la temperatura interna.

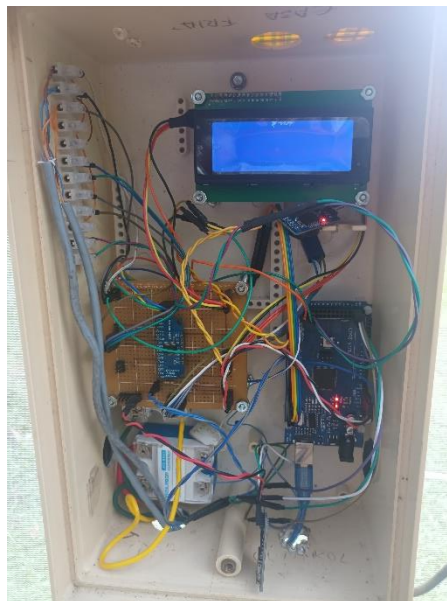


Figura 4. Sistema de monitoreo y control de la temperatura interna con arduino Mega 2560.

3.4.2. Desarrollo del experimento

3.4.2.1. Tratamientos pre-germinativos

Los frutos de *M. dubia* fueron despulpados manualmente, se lavaron y se remojaron en agua por una hora para seleccionar las semillas en buen estado, sin rupturas de testa y sin plagas ni enfermedades estandarizando por tamaño similar. Las semillas de *C. odorata* fueron lavadas y se remojaron en agua por una hora para seleccionar con el mismo procedimiento que *M. dubia*. Luego, las semillas seleccionadas fueron sembradas a profundidad de 1.5 cm en bolsas de almácigo de 5 kg con sustrato compuesto por materia orgánica, tierra negra y gallinaza (3:1:1). La gallinaza proviene de gallinas ponedoras comerciales de la empresa “Agropecuaria La Chacra”.

3.4.2.2. Etapa de emergencia de plántulas

La evaluación de la emergencia se realizó diariamente hasta el final del proceso de emergencia de cada especie. Se consideró una plántula emergida cuando el hipocótilo de la plántula estuvo completamente erguido sobre el sustrato. Los parámetros analizados se calcularon a partir del conteo diario de plántulas emergidas. Los parámetros analizados fueron: el porcentaje de emergencia (PE) propuesto por ISTA (2015). El tiempo medio de la emergencia (TME), calculada por la fórmula propuesta por Labouriau (1983). Finalmente se analizó el índice de velocidad de emergencia mediante la fórmula empleada por Maguire (1962).

3.4.2.3. Etapa de crecimiento de plántulas

Cuando finalizó la emergencia de plántulas de las especies de estudio, se seleccionaron las plántulas en mejores condiciones. Las bolsas donde no emergieron las plántulas se procedieron a reemplazar con plántulas emergidas en el mismo invernadero.

Se evaluaron rasgos funcionales a nivel morfológico (la altura, el diámetro a la base del tallo y la cantidad de hojas) a través del muestreo no destructivo. La altura se midió con una cinta métrica desde la base del tallo en el suelo hasta la yema apical. El diámetro se midió con un calibre en el cuello del

tallo al nivel del sustrato. Finalmente, para la cantidad de hojas se contó el número total de hojas de la plántula. La medición de los indicadores de crecimiento se realizó a los cuatro meses después de haber iniciado el experimento, para ambas especies.

3.5. Procesamiento y análisis de datos

3.5.1. Indicadores analizados para emergencia de plántulas

Porcentaje de emergencia

$$PE\% = (Pe/A) \times 100$$

Dónde:

$E\%$ = porcentaje de emergencia

Pe = n° de plántulas emergidas

A = n° de semillas sembrada

Tiempo medio de emergencia

$$TME = \frac{\sum (n_i \cdot t_i)}{\sum n_i}$$

Dónde:

n_i = número de plántulas emergidas en el tiempo i

t_i = tiempo desde el inicio del experimento hasta la i_{esima} observación (día u hora)

Índice de velocidad de emergencia

$$IVE = \sum \left(\frac{n_i}{t_i} \right)$$

Dónde:

n_i = número de plántulas emergidas en un periodo de tiempo t_i

3.5.2. Indicadores analizados para el crecimiento de plántulas

Altura de la planta

La altura promedio se obtendrá con la siguiente fórmula:

$$\bar{h} = \sum_{i=1}^n h_i / n$$

Dónde:

\bar{h} = altura promedio

Σh = sumatoria de alturas

n = número de individuos medidos

Diámetro a la base del tallo

El diámetro promedio se obtendrá con la siguiente fórmula:

$$\bar{D} = \sum_{i=1}^n d_i / n$$

Dónde:

\bar{D} = Diámetro a la base de la plántula promedio

Σd = sumatoria de diámetros

n = número de individuos medidos

Número de hojas

El número de hojas promedio se obtendrá con la siguiente fórmula:

$$\overline{\#hojas} = \sum_{i=1}^n d_i / n$$

Dónde:

Σd = sumatoria de numero de hojas

n = número de individuos

3.5.3. Análisis estadístico de los datos

Los indicadores de emergencia y crecimiento de plántulas fueron analizados a través de pruebas comparativas para muestras independientes. Previo al análisis comparativo de las muestras, se comprobó los supuestos de normalidad con la prueba estadística de Shapiro-Wilk y homogeneidad de varianzas con la prueba estadística de Levene. Los indicadores que cumplieron con los supuestos se procedieron a analizar con estadística paramétrica de t-Student, de lo contrario, si no cumplieron con los supuestos se procedió a aplicar la estadística no paramétrica de U de Mann-Whitney. Solamente el indicador de número de hojas se analizó directamente con la prueba estadística no paramétrica (U de Mann-Whitney) por ser de tipo cuantitativo discreto. Hubo diferencia estadística cuando el valor “p” fue menor al nivel de confianza ($p < 0.05$). Las pruebas estadísticas se realizaron en el software R versión 4.0.5. Los resultados son presentados como el valor promedio acompañado de su error estándar.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

En este estudio se evaluó el efecto del incremento de la temperatura en la emergencia y el crecimiento de plántulas de dos especies de importancia ecológica y económica, *M. dubia* y *C. odorata*, en condiciones de invernaderos.

4.1. Efecto del incremento de la temperatura en la emergencia de plántulas *Myrciaria dubia*

La emergencia de plántulas de *M. dubia* comenzó el día 14 y 16 después de la siembra en los invernaderos caliente y control, respectivamente. La emergencia de plántulas concluyó el día 85 en el invernadero caliente, mientras que en el invernadero control se prolongó hasta el día 92.

El porcentaje y el tiempo medio de emergencia de plántulas de *M. dubia* fue mayor en el invernadero control ($p < 0.001$). Sin embargo, el índice de velocidad de emergencia fue mayor en el invernadero caliente ($p < 0.001$, Tabla 2, Figura 5).

Tabla 2. Porcentaje de emergencia (PE), tiempo medio de emergencia (TME), e índice de velocidad de emergencia (IVE) de *M. dubia* en condiciones de invernadero.

Especie	Indicador	Invernadero		Estadístico	p valor	Sig.
		Control	Caliente			
<i>Myrciaria dubia</i>	PE	90.00 ± 1.97	76.04 ± 1.88	-5.122	< 0.001	***
	TME	62.13 ± 0.64	43.25 ± 0.74	-19.259	< 0.001	***
	IVE ^a	0.455 ± 0.01	0.595 ± 0.02	232.000	< 0.001	***

^a indicadores analizados con prueba estadística no paramétrica (U-Mann White).

Myrciaria dubia

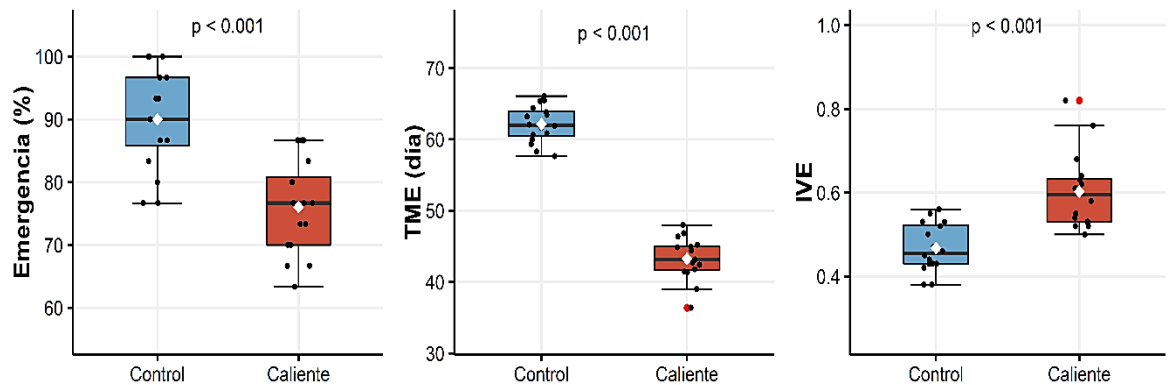


Figura 5. Diagrama de boxplot de porcentaje de emergencia (PE), tiempo medio de la emergencia (TME) y el índice de velocidad de la emergencia (IVE) de plántulas de *M. dubia* en el invernadero control y caliente.

El PE acumulado mostró una rápida emergencia de plántulas (inicio de elevación de la curva) en el invernadero caliente. Sin embargo, aunque la elevación de la curva del invernadero control comienza días más tarde, logra alcanzar mayor porcentaje de plántulas emergidas (Figura 6).

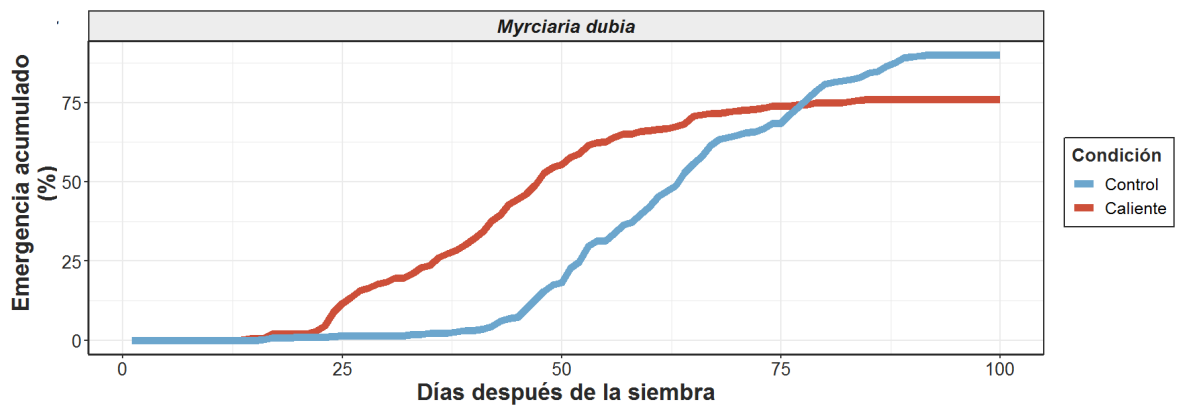


Figura 6. Curva de porcentaje acumulado de emergencia de plántulas de *M. dubia* en invernadero control y caliente.

4.2. Efecto del incremento de la temperatura en la emergencia de plántulas *Cedrela odorata*

La emergencia de plántulas de *C. odorata* comenzó el día 9 en ambos invernaderos y finalizó en el día 37 en el invernadero control, mientras que en el invernadero caliente se prolongó hasta el día 44.

El porcentaje de emergencia y el tiempo medio de plántulas fue mayor en el invernadero caliente ($p < 0.01$). Por lo contrario, el índice de velocidad de emergencia no presenta diferencia significativa entre los invernaderos ($p > 0.05$), a pesar que el valor promedio fue mayor en el invernadero caliente (Tabla 3, Figura 7).

Tabla 3. Porcentaje de emergencia (PE), tiempo medio de emergencia (TME) e índice de velocidad de emergencia (IVE) de *C. odorata* en condiciones de invernadero

Especie	Parámetro	Invernadero		Estadístico	p valor	Sig.
		Control	Caliente			
<i>Cedrela odorata</i>	PE	66.00 ± 2.03	84.00 ± 1.92	5.092	< 0.001	***
	TME	15.13 ± 0.42	18.15 ± 0.70	2.921	0.009	**
	IVE ^a	1.53 ± 0.04	1.58 ± 0.03	72.500	0.096	ns

^a indicadores analizados con prueba estadística no paramétrica (U-Mann White).

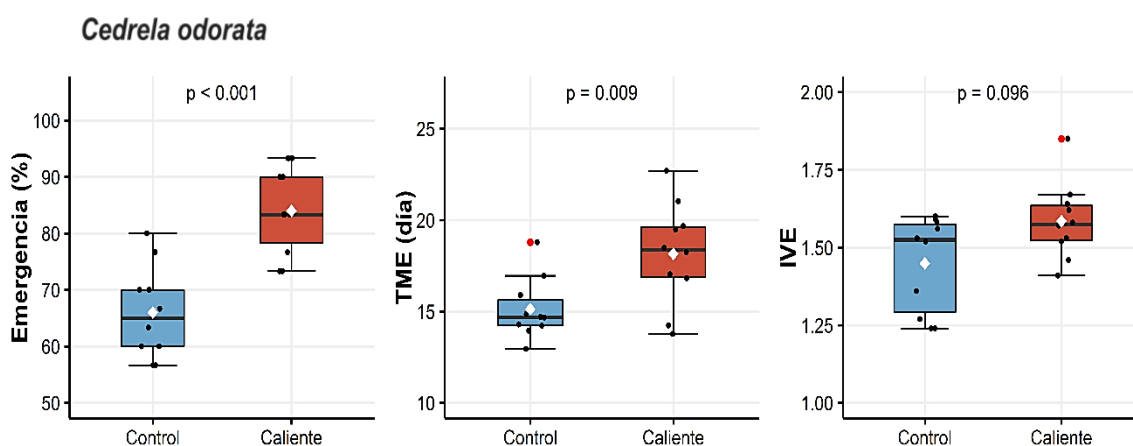


Figura 7. Diagrama de boxplot de porcentaje de emergencia (PE), tiempo medio de la emergencia (TME) y el índice de velocidad de la emergencia (IVE) de plántulas de *C. odorata* en el invernadero control y caliente.

La emergencia de plántulas de *C. odorata* comienza al mismo tiempo en el invernadero control y caliente. Sin embargo, la curva de porcentaje de emergencia acumulado del invernadero control mostró que la emergencia fue ligeramente más rápida. Mientras, la curva del invernadero caliente logra alcanzar mayor porcentaje de plántulas emergidas (Figura 8).

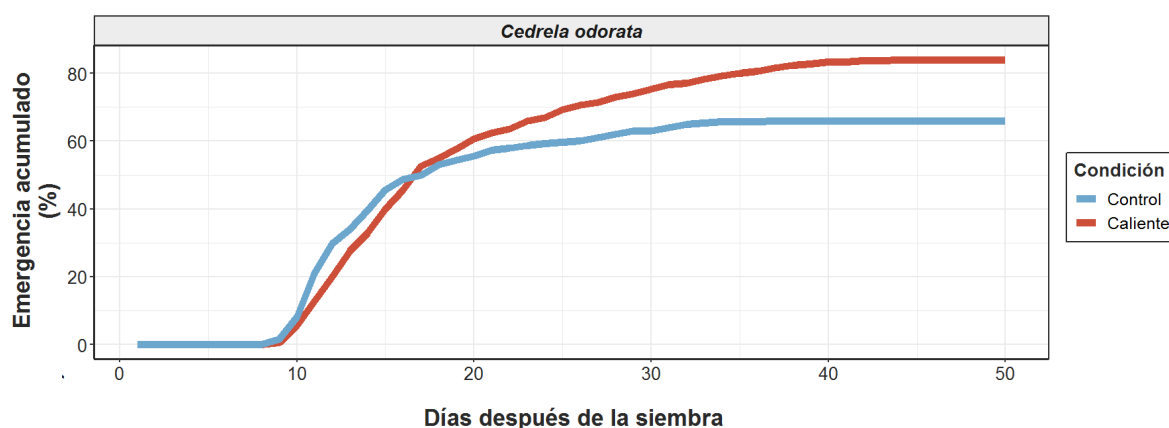


Figura 8. Curva de porcentaje acumulado de emergencia de plántulas de *C. odorata* en el invernadero control y caliente.

4.3. Efecto del incremento de la temperatura en el crecimiento de plántulas de *Myrciaria dubia*

Los valores promedios de altura y el número de hojas de *M. dubia* fueron mayores en el invernadero control. Mientras el diámetro a la base del cuello fue mayor en el invernadero caliente (Tabla 4, Figura 9).

Existe diferencia significativa en los indicadores de crecimiento en altura y número de hojas entre el invernadero control y caliente, dado que el valor “p” es menor al nivel de confianza ($p < 0.05$). Mientras, el crecimiento en diámetro a la base del cuello no presentó diferencia significativa entre invernaderos (Tabla 4, Figura 9).

Tabla 4. Crecimiento en altura, diámetro a la base del cuello y número de hojas de *M. dubia* en el invernadero control y caliente.

Especie	Parámetro	Invernadero		Estadístico	p valor	Sig.
		Control	Caliente			
<i>Myrciaria dubia</i>	Altura (cm.)	32.43 ± 0.45	30.05 ± 0.35	-4.194	< 0.001	***
	DBC (mm.)	3.89 ± 0.04	3.94 ± 0.04	1.034	0.305	ns
	N° de hojas ^a	33.00 ± 0.50	30.00 ± 0.45	252.000	< 0.001	***

^a indicadores analizados con prueba estadística no paramétrica (U-Mann White).

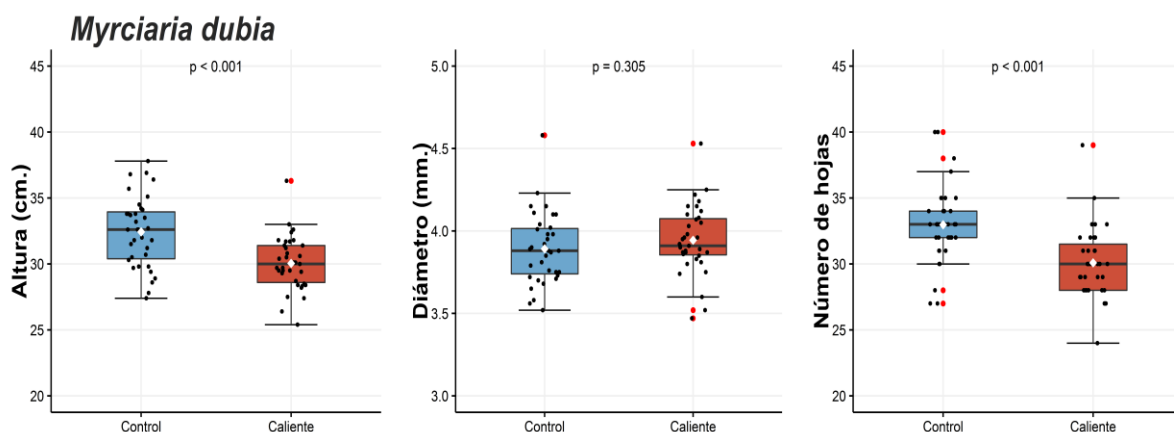


Figura 9. Diagrama de boxplot de la altura, diámetro a la base del cuello y número de hojas de *M. dubia* en el invernadero control y caliente.

4.4. Efecto del incremento de la temperatura en el crecimiento de plántulas de *Cedrela odorata*

Las plántulas de *C. odorata* presentaron mayor altura en el invernadero control al final del experimento. Asimismo, las plántulas del invernadero control registraron mayor promedio con respecto al crecimiento en diámetro a la base del cuello. Sin embargo, tanto las plántulas del invernadero control y el invernadero caliente presentaron los mismos promedios en cuanto al número de hojas (Tabla 6, Figura 11).

La prueba estadística (t-Student) determinó que existe diferencia significativa en los indicadores de altura y diámetro a la base del cuello entre el invernadero control y caliente, dado que el valor “p” es menor al nivel de confianza ($p < 0.05$). Por lo contrario, el número de hojas no presentó diferencia significativa entre invernaderos (U-Mann White) (Tabla 6, Figura 11).

Tabla 5. Crecimiento en altura, diámetro a la base del cuello y número de hojas de *C. odorata* en el invernadero control y caliente.

Especie	Indicador	Invernadero		Estadístico	p valor	Sig.
		Control	Caliente			
<i>Cedrela odorata</i>	Altura (cm.)	111.77 ± 2.33	96.75 ± 2.03	-4.832	< 0.001	***
	DBC (mm.)	12.61 ± 0.19	11.27 ± 0.25	-4171	< 0.001	***
	Nº de hojas ^a	13.20 ± 0.35	12.79 ± 0.47	567.500	0.906	ns

^a indicadores analizados con prueba estadística no paramétrica (U-Mann White).

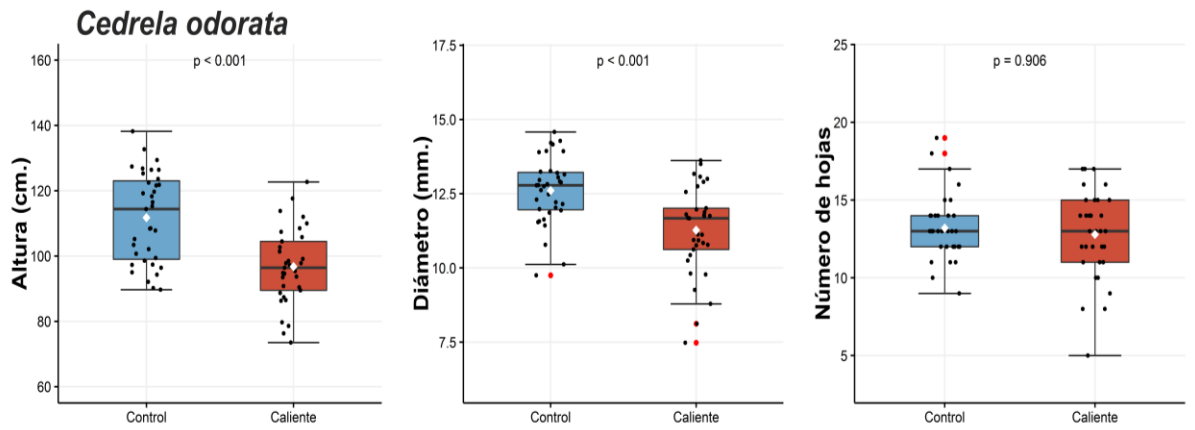


Figura 10. Diagrama de boxplot de la altura, diámetro a la base del cuello y número de hojas de *C. odorata* en el invernadero control y caliente.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

Los resultados indican que ante el incremento de la temperatura ambiente: (1) el efecto sobre la emergencia de plántulas depende cada especie y (2) se ralentiza el desarrollo de las plantas, principalmente el crecimiento en altura, de *M. dubia* y *C. odorata*.

5.1. Efecto del incremento de la temperatura en la emergencia de plántulas de *Myrciaria dubia* y *Cedrela odorata*.

Los resultados indican que el efecto del incremento de la temperatura ambiente sobre la emergencia de plántulas varía entre las dos especies evaluadas.

La emergencia de plántulas de *M. dubia* que ocurrió entre los 14 y 16 días después de la siembra (invernadero caliente y control, respectivamente) coincide con Yuyuma & Siqueira (1999), quienes registraron el inicio de la emergencia de plántulas de *M. dubia* a los 15 días después ser sembradas en cajas de madera utilizando aserrín como sustrato. Además, resultados similares se observan en Luján *et al.* (2002) y Correa & Aldana (2007), quienes reportaron que la emergencia de plántulas de *M. dubia* en viveros comienza a los 20 días después de la siembra.

El porcentaje de emergencia de las plántulas de *M. dubia* disminuyó por el aumento de la temperatura. Estos resultados validan lo expresado por Júnior *et al.* (2007), que reportaron el mismo comportamiento en tres especies del género *Myrciaria*, donde a temperatura constante de 24 °C, *Myrciaria jaboticaba*, *Myrciaria cauliflora* y *Myrciaria peruviana* tuvieron mayor porcentaje de emergencia, pero la emergencia de plántulas se inhibió completamente en dos de las tres especies cuando la temperatura fue de 40 °C. Toh *et al.* (2008), señalan que las semillas de plantas como *Arabidopsis thaliana* pueden termoinhibirse al absorber agua a altas temperaturas, debido a la estimulación de la biosíntesis del ácido abscísico (ABA) y la inhibición de la biosíntesis de giberelinas (GA), evitando la protrusión de la radícula.

El tiempo medio de la emergencia de *M. dubia* disminuyó significativamente por el aumento de la temperatura, lo que coincide con Fernandes *et al.* (2019), quienes reportaron que el tiempo medio de la germinación para *Eugenia stictopetala* fue menor a mayor temperatura (constante y/o por rangos). A su vez, Alves *et al.* (2015), reportaron que en un rango de temperatura de 20–30 °C, *Psidium guajava* tiene mejores resultados en cuanto a porcentaje de germinación de semillas y el tiempo de germinación en comparación a temperaturas constante de 20 °C.

Las semillas de *M. dubia* sembradas en el invernadero caliente presentaron un mayor índice de velocidad de emergencia que las semillas del invernadero control, por lo tanto, el incremento de la temperatura podría favorecer la viabilidad de las semillas (Santana & Ranal, 2000) hasta alcanzar un límite de temperatura que podría afectar la germinación e incluso ocasionar la muerte del embrión (e.g. a 35 °C en *Eugenia stictopetala*, Fernandes *et al.*, 2019). Los factores ambientales como la humedad del suelo, la luz, la temperatura y la nutrición mineral, afectan la viabilidad y el desempeño germinativo de las semillas (Brancaion & Filho, 2008; Souza *et al.*, 2017) a través de cambios morfológicos (tamaño, color y forma) y fisiológicos (composición química) en las semillas (Baskin & Baskin, 2014).

Con respecto a *C. odorata*, el inicio de la emergencia de plántulas es similar a lo reportado por Torres-Torres *et al.* (2018), quienes señalan que la emergencia de *C. odorata* inicia a los 6 días. El periodo de emergencia de plántulas en el invernadero control coincide con lo mencionado por Cordero *et al.* (2003), que reportaron que el proceso de germinación de semillas de *C. odorata* dura entre 24 y 30 días, mientras que en el invernadero caliente se extendió hasta los 36 días.

El porcentaje de emergencia aumentó por el incremento de la temperatura. Los resultados difieren con Alvarez & Rendón (2016), quienes informan que el aumento de la temperatura disminuye el porcentaje de germinación. Según González-Rivas *et al.* (2009), reportaron que a temperaturas por rangos por debajo de los 25 °C, la germinación de semillas se inhibe completamente. Sin embargo, Passos *et al.* (2008), reportó valores altos de porcentaje de

germinación (por encima el 80%) en diferentes niveles de temperaturas, pero a temperaturas de 25 °C y 30 °C los valores de porcentaje de germinación fueron más bajos. Por lo tanto, la germinación de semillas y emergencia de plántulas de *C. odorata* se da en un amplio rango de temperatura; no obstante, el rango óptimo de temperatura para la germinación está considerado por varios autores entre 25 a 30 °C (Alvarez & Rendón, 2016; Brancalion *et al.*, 2010; González-Rivas *et al.*, 2009).

Por otra parte, el aumento de la temperatura extendió los días de emergencia de plántulas de *C. odorata*, lo que coincide con Alvarez & Rendón (2016), quienes reportan que el tiempo medio de germinación es mayor mientras la temperatura aumenta. Sin embargo, en los estudios realizados por González-Rivas *et al.* (2009) y Passos *et al.* (2008), señalan que el tiempo medio de germinación disminuye cuando la temperatura aumenta, incluso otras especies de la familia Meliácea como *Carapa guianensis* y *Swetenia macrophylla* muestran similar comportamiento (Cipriani, 2019).

En cuanto al índice de velocidad de emergencia, las plántulas del invernadero caliente mostraron mayor vigor de semillas, pero no hubo diferencia significativa entre invernaderos. Los resultados se asemejan al estudio realizado por Andrade & Pereira (1994), quienes reportaron que a rango de temperatura de 20 – 30 °C el índice de velocidad de germinación fue bajo en sustratos de rollo de papel y papel filtro. Asimismo, Oliveira & Barbosa (2014), manifiestan que el índice de velocidad de germinación para semillas de *Cedrela fissilis* acondicionadas a rangos de temperaturas fue menor a las semillas acondicionadas a temperaturas constantes. Los valores similares de índice de velocidad de emergencia en los invernaderos pueden estar relacionados principalmente a la calidad fisiológica y al origen de las semillas.

5.2. Efecto del incremento de la temperatura en crecimiento de plántulas de *Myrciaria dubia* y *Cedrela odorata*

Los resultados muestran que el aumento de la temperatura ralentizó el crecimiento en altura y disminuyó la producción de hojas, pero no tuvo efecto en el diámetro a la base del cuello en plántulas de *M. dubia*. El crecimiento en altura de las plántulas tanto del invernadero control como del invernadero caliente son mayores a lo reportado por Souza *et al.* (2017). Nascimento & Carvalho (2012), señalan que el crecimiento en altura y diámetro a la base del cuello después de ocho meses de siembra en bolsas pueden presentar hasta 60 cm. y 8 mm., respectivamente. Según Tavares & Mira (2019), señalan que el tamaño de la semilla no influyen en el crecimiento de las plantas de *M. dubia*; sin embargo, el buen desempeño del crecimiento de las plantas depende de la procedencia de las semillas (Souza *et al.*, 2017).

Con respecto a *C. odorata*, el aumento de la temperatura ralentizó el crecimiento en altura y en el diámetro a la base del cuello, pero no tuvo efecto en el número de hojas. En cuanto al diámetro a la base del cuello y el número de hojas se refiere, el comportamiento de las plántulas de *C. odorata* ante el incremento de la temperatura se asemeja a lo reportado por Rahman *et al.* (2013) quienes evaluaron el efecto de la temperatura en el crecimiento de *Swietenia macrophylla*.

De acuerdo con Tadeo & Gómez-Cadenas (2000), las temperaturas extremas comprometen el crecimiento de las plantas; además, si las temperaturas son mayores a 40 °C, se ralentiza el crecimiento. Ambas especies mostraron que el crecimiento en altura es el indicador más sensible con respecto a los indicadores de desarrollo de las plantas evaluados en este estudio, lo que coincide en el trabajo realizado por Gardiner *et al.* (2019), quienes señalan que la altura es el indicador que mejor predice la supervivencia de las plantas ante el estrés por calor en comparación a otros indicadores.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIÓN

Bajo un incremento de la temperatura, disminuye la emergencia de plántulas de *M. dubia*, pero el periodo de la emergencia ocurre en menos días, por lo tanto, la emergencia es más rápida en condiciones más calientes para esta especie.

El incremento de temperatura aumenta la emergencia de plántulas de *C. odorata*. Sin embargo, el periodo de la emergencia ocurre en más días, por lo tanto, la emergencia es más lenta en condiciones más calientes.

Por otro lado, el incremento de la temperatura afecta directamente el crecimiento en altura de las plántulas de *M. dubia* y *C. odorata*, siendo así el indicador de crecimiento de plántulas más sensible ante un incremento de la temperatura.

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

Realizar experimentos con otras especies tropicales de importancia ecológica y económica y otros grupos de plantas como las palmeras.

Realizar experimentos con mayores niveles de temperatura para conocer las temperaturas cardinales (temperatura, optima, temperatura mínima, temperatura máxima) de la germinación de semillas o emergencia de plántulas.

Desarrollar estudios donde se interactúen variables como la temperatura, la sequía, la intensidad luminosa o la procedencia de las semillas ya que son variables que influyen directamente con el desempeño de la emergencia y el crecimiento de plantas.

Incrementar el periodo de evaluación del incremento de la temperatura en el crecimiento de plantas con el propósito de observar sus posibles respuestas ante plantas más maduras.

Desarrollar metodologías para realizar experimentos de calentamiento a nivel de ecosistema *in situ* en bosques maduros.

CAPITULO VIII: FUENTES DE INFORMACION

- Álvarez Dávila, E., & Chamorro, D. R. (2018). Redes de investigación y cambio global: el caso del Observatorio Pantropical de Bosques. *Memorias*, 0(1). <https://doi.org/10.22490/25904779.2925>
- Alvarez, M. P., & Rendón, J. A. S. (2016). Efecto de la procedencia sobre rasgos seminales y requerimientos germinativos de *Cedrela odorata* (Meliaceae). *Revista Del Jardín Botánico Nacional*, 37, 203–211.
- Alves, C. Z., Silva, J. B. da, & Cândido, A. C. da S. (2015). Metodologia para a condução do teste de germinação em sementes de goiaba. *Revista Ciência Agronômica*, 46(3), 615–621. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20150045>
- Andrade, A. C. S. De, & Pereira, T. S. (1994). EFEITO DO SUBSTRATO E DA TEMPERATURA NA GERMINAÇÃO E NO VIGOR DE SEMENTES DE CEDRO - *Cedrela odorata* L. (MELIACEAE). *Revista Brasileira de Sementes*, 16(1), 34–40.
- Andrades, M., & Muñoz, C. (2012). *Fundamentos de climatología*. Universidad de La Rioja.
- Arruda, A., Lima, R., Silva, R., & Peixoto, N. (2011). Desenvolvimento do camu-camu (*Myrciaria dubia*) em diferentes substratos nas condições de Ipameri-GO. *Enciclopédia Biosfera*, 7(12).
- Barboza, O. (2013). Calentamiento Global : “La Máxima Expresión De La Civilización Petrofósil .” *Revista Del CESLA*, 16, 35–68.
- Barradas, V., Tapia, L., & Cervantes, J. (2011). Consequences of climate change on the plant ecophysiology of a temperate forest in Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2, 183–194.
- Baruah, G., Molau, U., Bai, Y., & Alatalo, J. (2017). Community and species-specific responses of plant traits to 23 years of experimental warming across subarctic tundra plant communities. *Scientific Reports*, 7(April), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-02595-2>

- Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (2014). Seeds: Ecology, biogeography, and, evolution of dormancy and germination. In *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-00597-X>
- Becklin, K., Anderson, J., Gerhart, L., Wadgyamar, S., Wessinger, C., & Ward, J. (2016). Examining Plant Physiological Responses to Climate Change through an Evolutionary Lens. *Plant Physiology*, 172(October), 635–649. <https://doi.org/10.1104/pp.16.00793>
- Bermeo, D. (2010). *Determinación y caracterización de tipos funcionales de plantas (TFPs) en bosques secundarios dentro de un gradiente altitudinal y su relación con variables bioclimáticas*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Borges, E. E. L., & Rena, A. B. (1993). Germinação de sementes. In ABRATES (Ed.), AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. (Coord.) *Sementes florestais tropicais*. (pp. 83–136).
- Brançalion, P. H. S., & Filho, J. M. (2008). DISTRIBUIÇÃO DA GERMINAÇÃO NO TEMPO: CAUSAS E IMPORTÂNCIA PARA A SOBREVIVÊNCIA DAS PLANTAS EM AMBIENTES NATURAIS. *Informativo Abrates*, 18(1–3), 11–17.
- Brançalion, P. H. S., Novembre, A. D. D. L. C., & Rodrigues, R. R. (2010). Temperatura ótima de germinação de sementes de espécies arbóreas brasileiras. *Revista Brasileira de Sementes*, 32(4), 15–21. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000400002>
- Brançalion, P. H. S., Novembre, A. D. D. L. C., Rodrigues, R. R., & Chamma, H. M. C. P. (2007). *Estabelecimento da temperatura ótima para germinação das sementes de 272 espécies arbóreas nativas do Brasil*.
- Castro, J. C., Maddox, J. D., & Imán, S. A. (2018). Camu-camu— *Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh. In *Exotic Fruits* (pp. 97–105). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803138-4.00014-9>
- Cavaleri, M. A., Reed, S. C., Smith, W. K., & Wood, T. E. (2015). Urgent need for warming experiments in tropical forests. *Global Change*

Biology, 21(6). <https://doi.org/10.1111/gcb.12860>

- Cintrón, B. (1990). *Cedrela odorata* L. Cedro hembra, Spanish cedar. In R. M. Burns & B. H. Honkala (Eds.), *Silvics of North America: 2. Hardwoods. Agric. Handb.* (p. 654).
- Cipriani, V. B. (2019). *COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS PARA A DETERMINAÇÃO DA TEMPERATURA ÓTIMA DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES FLORESTAIS DA AMAZÔNIA CENTRAL*. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA.
- Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia CORANTIOQUIA. (2007). *MANEJO DE LAS SEMILLAS Y LA PROPAGACIÓN DE DIEZ ESPECIES FORESTALES DEL BOSQUE HÚMEDO TROPICAL* (M. L. G. Restrepo (ed.)). Boletín Técnico Biodiversidad No. 2.
- Correa, S. A. I. (2001). *Cultivo de Camu Camu Myrciaria dubia H.B.K. en la Region Loreto*.
- Correa, S. A. I., & Aldana, M. M. (2007). *TECNOLOGIA PARA LA PRODUCCION DEL CAMU CAMU Myrciaria dubia (H.B.K.) Mc Vaugh* (INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION AGRARIA (ed.); Primera Ed).
- Courtis, A. C. (2013). *Germinación de semillas* (pp. 1–22).
- Dias, A. F., Silva, M. V. S. de O., Neto, N. C. B., Filho, F. L. de S. R., & Nascimento, W. M. O. do. (2020). GERMINAÇÃO DE CAMU-CAMU (*Myrciaria dubia* [H.B.K.] McVaugh) EM DIFERENTES ESTAGIOS DE MATURAÇÃO DO FRUTO. *V CONGRSSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS*, 14. <https://doi.org/10.31692/2526-7701.VCOINTERPDVAgro.0756>
- Doria, J. (2010). Revisión bibliográfica GENERALIDADES SOBRE LAS SEMILLAS: SU PRODUCCIÓN, CONSERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 74–85.
- Doughty, C. E., Santos-Andrade, P. E., Shenkin, A., Goldsmith, G. R., Bentley, L. P., Blonder, B., Díaz, S., Salinas, N., Enquist, B. J., Martin,

- R. E., Asner, G. P., & Malhi, Y. (2018). Tropical forest leaves may darken in response to climate change. *Nature Ecology & Evolution*, 2(12), 1918–1924. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0716-y>
- Duval, B. D., Blankinship, J. C., Dijkstra, P., & Hungate, B. A. (2012). RETRACTED ARTICLE: CO₂ effects on plant nutrient concentration depend on plant functional group and available nitrogen: a meta-analysis. *Plant Ecology*, 213(3). <https://doi.org/10.1007/s11258-011-9998-8>
- FECYT, F. E. para la C. y la T. (2004). *Meteorología y Climatología Semana de la Ciencia y la Tecnología 2004*.
- Fernandes, R. M., Abreu, C. A. A., & Oliveira, A. K. M. (2019). SEED GERMINATION AND SEEDLING FORMATION OF *Eugenia stictopetala* (MYRTACEAE) UNDER DIFFERENT ENVIRONMENTAL CONDITIONS. *FLORESTA*, 49(4), 869. <https://doi.org/10.5380/ufv.v49i4.62077>
- Ferraz, I. D. K., & Varela, V. P. (2003). Temperatura ótima para a germinação das sementes de trinta espécies florestais da amazônia. In Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA (Ed.), *Projeto Jacaranda - fase 2: pesquisas florestais na Amazônia central* (pp. 117–127). <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/36044>
- Galbraith, D., Levy, P. E., Sitch, S., Huntingford, C., Cox, P., Williams, M., & Meir, P. (2010). Multiple mechanisms of Amazonian forest biomass losses in three dynamic global vegetation models under climate change. *New Phytologist*, 187(3), 647–665. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03350.x>
- Gardiner, R., Shoo, L. P., & Dwyer, J. M. (2019). Look to seedling heights, rather than functional traits, to explain survival during extreme heat stress in the early stages of subtropical rainforest restoration. *Journal of Applied Ecology*, 56(12). <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13505>
- González-Rivas, B., Tigabu, M., Castro-Marín, G., & Odé, P. C. (2009). Seed germination and seedling establishment of Neotropical dry forest species

in response to temperature and light conditions. *Journal of Forestry Research*, 20(2), 99–104. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11676-009-0018-y>

Guoju, X., Zhanqiang, G., Qiang, Z., Yanbin, H., Jing, W., Jin, C., & Zhengji, Q. (2020). Warming affects water use, yield and crop quality of a potato–broad bean–winter wheat rotation system in semi-arid regions of China. *The Journal of Agricultural Science*. <https://doi.org/10.1017/S0021859620000969>

IPCC. (2013). *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Stocker T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, & P. M. Midgley (eds.)). Cambridge University Press,.

IPCC. (2019). Resumen para responsables de políticas. In J. S. P. R. Shukla, E. C. Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. P. Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, ... J. Malley (Eds.), *El cambio climático y la tierra: Informe especial del IPCC sobre el cambio climático, la desertificación, la degradación de las tierras, la gestión sostenible de las tierras, la seguridad alimentaria y los flujos de gases de efecto invernadero en los ecos* (p. 40).

ISTA. (2015). Chapter 5: The germination test. *International Rules for Seed Testing*, 2015(1), 5-1-5–56. <https://doi.org/10.15258/istarules.2015.05>

Júnior, A., Santos, C. E., Silva, J., Alexandre, R., Negreiros, J., Pimentel, L., Alvares, V., & Bruckner, C. H. (2007). Efeito da temperatura na germinação de sementes de três espécies de jabuticabeira. *Ceres*, 54, 345–350.

Kimball, B. A., White, J. W., Ottman, M. J., Wall, G. W., Bernacchi, C. J., Morgan, J., & Smith, D. P. (2015). Predicting Canopy Temperatures and

Infrared Heater Energy Requirements for Warming Field Plots.
Agronomy Journal, 107(1). <https://doi.org/10.2134/agronj14.0109>

Kremer, K. (2014). *Efecto de la disponibilidad hídrica y profundidad de hojarasca sobre la germinación de semillas y supervivencia y crecimiento inicial de plantas de regeneración de beilschmiedia miersii (gay) kosterm, en la quebrada del árbol, región metropolitana.* Universidad de Chile.

Labouriau, L. G. (1983). *A germinacao das sementes.* Secretaria-Geral da Organização dos Estados Americanos, Programa Regional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.
<https://books.google.com.br/books?id=8ZJcAAAAMAAJ>

Lenoir, J., & Svenning, J.-C. (2015). Climate-related range shifts - a global multidimensional synthesis and new research directions. *Ecography*, 38(1), 15–28. <https://doi.org/10.1111/ecog.00967>

Lewis, S. L., Brando, P. M., Phillips, O. L., van der Heijden, G. M. F., & Nepstad, D. (2011). The 2010 Amazon Drought. *Science*, 331(6017), 554–554. <https://doi.org/10.1126/science.1200807>

Lombardi, I. (2014). *Las poblaciones del género Cedrela en el Perú.* UNALM: Lima, Perú.

Longás, M. (2018). *EFEECTO MATERNO SOBRE CARACTERÍSTICAS MORFO-FISIOLÓGICAS DE SEMILLAS Y PLÁNTULAS DE Buglossoides arvensis L.* UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR.

Luján, G. J. M., Vallejos, J. I. V., & Panduro, M. P. (2002). *GERMINACION Y DESARROLLO INICIAL DE Myrciaria dubia (H.B.K) Mc Vaugh Y Myrciaria sp, CON RELACION AL TAMAÑO DE SEMILLA Y TIPOS DE SUBSTRATOS.* Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana.

Lv, W., Luo, C., Zhang, L., Niu, H., Zhang, Z., Wang, S., Wang, Y., Jiang, L., Wang, Y., He, J., Kardol, P., Wang, Q., Li, B., Liu, P., Dorji, T., Zhou, H., Zhao, X., & Zhao, L. (2020). Net neutral carbon responses to warming and grazing in alpine grassland ecosystems. *Agricultural and Forest*

Meteorology, 280, 107792.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.107792>

Madani, N., Kimball, J., Ballantyne, A., Affle, D., Van Bodegom, P., Reich, P., Kattge, J., Sala, A., Nazeri, M., Jones, M., Zhao, M., & Running, S. (2018). Future global productivity will be affected by plant trait response to climate. *Scientific Reports*, 8(September 2017), 1–10.
<https://doi.org/10.1038/s41598-018-21172-9>

Maguire, J. D. (1962). Speed of Germination—Aid In Selection And Evaluation for Seedling Emergence And Vigor 1. *Crop Science*, 2(2), 176–177. <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>

Marengo, J. A., Souza, C. M., Thonicke, K., Burton, C., Halladay, K., Betts, R. A., Alves, L. M., & Soares, W. R. (2018). Changes in Climate and Land Use Over the Amazon Region: Current and Future Variability and Trends. *Frontiers in Earth Science*, 6.
<https://doi.org/10.3389/feart.2018.00228>

Martín, M., Matute, J., del Aguila, R., Braga, G., Panduro, A., & Mass, W. (2009). *Amazonía: Guía ilustrada de flora y fauna*. Ministerio del Ambiente.

Matilla, A. (2008). Desarrollo germinación de las semillas. In J. AZCÓN-BIETO & M. TALÓN (Eds.), *Fundamentos de Fisiología Vegetal* (2da edición, p. 651).

Maués, M. M., & Couturier, G. (2002). Biología floral e fenología reproductiva do camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh, Myrtaceae) no Estado Pará, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 25(4), 441–448.
<https://doi.org/10.1590/S0100-84042002012000008>

McGill, B. J., Enquist, B. J., Weiher, E., & Westoby, M. (2006). Rebuilding community ecology from functional traits. *Trends in Ecology and Evolution*, 21(4), 178–185. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2006.02.002>

Menezes-Silva, P. E., Loram-Lourenço, L., Alves, R. D. F. B., Sousa, L. F., Almeida, S. E. da S., & Farnese, F. S. (2019). Different ways to die in a changing world: Consequences of climate change for tree species

- performance and survival through an ecophysiological perspective. *Ecology and Evolution*, 9(20). <https://doi.org/10.1002/ece3.5663>
- Mora, C., Frazier, A. G., Longman, R. J., Dacks, R. S., Walton, M. M., Tong, E. J., Sanchez, J. J., Kaiser, L. R., Stender, Y. O., Anderson, J. M., Ambrosino, C. M., Fernandez-Silva, I., Giuseffi, L. M., & Giambelluca, T. W. (2013). The projected timing of climate departure from recent variability. *Nature*, 502(7470). <https://doi.org/10.1038/nature12540>
- Moreno-Reséndez, A., Reyes-Carrillo, J.-L., Márquez-Quiroz, C., Márquez-Hernández, C., & Moncayo-Luján, R. (2015). *Actividades antropogénicas, cambio climático, degradación del suelo, desertificación y enfoque de la agricultura sustentable* (pp. 53–72).
- Nascimento, W. M. O., & Carvalho, J. E. U. (2012). *A CULTURA DO CAMU-CAMU* (E. I. Tecnológica (ed.)). Coleção Plantar, 71.
- Nascimento, W. M. O., & Silva, J. C. O. Da. (2016). TAMANHO DA SEMENTE DE CAMU-CAMU E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A GERMINAÇÃO E A EMERGENCIA DA PLÂNTULA. *XXIV Congresso Brasileiro de Fruticultura*, 4.
- Nebel, B., & Wright, R. (1999). *Ciencias ambientales: ecología y desarrollo sostenible*. PEARSON EDUCACIÓN, S. A.
- NOAA National Centers for Environmental Information. (2022). *Monthly Global Climate Report for Annual 2021*.
- Oliveira, A. K. M., & Barbosa, L. A. (2014). EFEITOS DA TEMPERATURA NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES E NA FORMAÇÃO DE PLÂNTULAS DE *Cedrela fissilis*. *FLORESTA Curitiba, PR.*, 44(3), 441–450.
- Oliveira, A., Tavares, D., Souza, L., & Barros, W. (2013). *AVALIAÇÃO DE SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS CAMU CAMU (Myrciaria dúbia) EM SACOLAS PLÁSTICAS*.
- OMM. (2019). *Declaración de la OMM sobre el estado del clima mundial en 2018*. Organización Meteorológica Mundial.

- Orizaola, M. (2017). *Una visión global del efecto invernadero*.
- Panduro, M. H. P., Correa, S. A. I., Rodríguez, C. A., Davila, E. J. P., Chagas, E. A., Lozano, R. B., & Delgado, J. P. M. (2022). Sistema de producción agroforestal inundable del camu-camu (*Myrciaria dubia* McVaugh H.B.K.) en humedal de Loreto-Perú / Sistema de produção agroflorestal inundável de camu-camu (*Myrciaria dubia* McVaugh H.B.K.) no humedal de Loreto-Peru. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 5(2), 2327–2341.
<https://doi.org/10.34188/bjaerv5n2-073>
- Passos, M. A. A., Silva, F. J. B. C. da, Silva, E. C. A. da, Pessoa, M. M. de L., & Santos, R. C. dos. (2008). Luz, substrato e temperatura na germinação de sementes de cedro-vermelho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43(2), 281–284. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000200019>
- Pérez-Harguindeguy, N., Díaz, S., Garnier, E., Lavorel, S., Poorter, H., Jaureguiberry, P., Bret-Harte, M., Cornwell, W., Gurvich, D., Urcelay, C., Veneklaas, E., Reich, P., Poorter, L., Wright, I., Ray, P., Enrico, L., Pausas, J., De Vos, A., Buchmann, N., ... Cornelissen, J. (2013). New handbook for standardise measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, 61(April), 167–234.
<https://doi.org/10.1071/BT12225>
- Peters, C., & Vasquez, A. (1987). Estudios ecológicos de Camu-Camu (*Myrciaria dubia*). I. Producción de frutos en poblaciones naturales. *Acta Amazónica*, 17, 13. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/1809-43921987171174>
- Pries, C. E., Castanha, C., Porras, R. C., & Torn, M. S. (2017). The whole-soil carbon flux in response to warming. *Science*, 355(6332).
<https://doi.org/10.1126/science.aal1319>
- Proyecto BOLFOR. (2003). *Consideraciones para Árboles Semilleros en Bosques Tropicales bajo Manejo en Bolivia. Recomendaciones basadas en la Investigación Forestal*. The Forest Management Trust.

- Rahman, M. S., Akter, S., & Al-Amin, M. (2013). Temperature and Saline Stress on Seedlings of *Swietenia macrophylla*: A Comparative Study. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 16(23).
<https://doi.org/10.3923/pjbs.2013.1765.1770>
- Ramírez, D. (2014). *Estimación de la absorción de nutrientes de cedro amargo (Cedrela odorata L.) como mecanismo de diagnóstico para mejorar las recomendaciones de manejo sostenible de la especie en plantaciones de pequeños agricultores del Programa Forestal de CoopeAgri R. [UNIVERSIDAD DE COSTA RICA]*.
<https://doi.org/DOI:10.13140/RG.2.2.13968.61444>
- Ranal, M. A., & Santana, D. G. de. (2006). How and why to measure the germination process? *Revista Brasileira de Botânica*, 29(1), 1–11.
<https://doi.org/10.1590/S0100-84042006000100002>
- Román, F., De Liones, R., Sautu, A., Deago, J., & Hall, J. S. (2012). *Guía para la propagación de 120 especies de árboles nativos de Panamá y el neotrópico*.
- Ruiz-Vera, U. M., Siebers, M. H., Drag, D. W., Ort, D. R., & Bernacchi, C. J. (2015). Canopy warming caused photosynthetic acclimation and reduced seed yield in maize grown at ambient and elevated [CO₂]. *Global Change Biology*, 21(11). <https://doi.org/10.1111/gcb.13013>
- Saldaña, L. (2015). *Crecimiento y sobrevivencia, en vivero, de plántulas de Cedrelinga catenaeformis "tornillo", en diferentes sustratos. Puerto Almendras, Loreto, Perú*. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.
- Salgado-Negret, B. (ed. . (2016). *La Ecología Funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Santana, D. G. De, & Ranal, M. A. (2000). Statistical analysis in germination. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 12(Edição Especial), 205–237.
- Santos, F. E., Guitarte, J. L. M., & Carro, M. del R. P. (2010). *Fundamentos*

básicos de fisiología vegetal y animal (Miguel Mar). PEARSON EDUCACIÓN, S. A.

<https://www.biblionline.pearson.com/Pages/BookDetail.aspx?b=661>

Scalon, S. D. P. Q., Lima, A. A. De, Filho, H. S., & Vieira, M. D. C. (2009).

Germinação de sementes e crescimento inicial de mudas de *Campomanesia adamantium* Camb.: efeito da lavagem, temperatura e de bioestimulantes. *Revista Brasileira de Sementes*, 31(2), 96–103.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S0101-31222009000200011>

SCALON, S. D. P. Q., SCALON FILHO, H., RIGONI, M. R., & VERALDO, F.

(2001). GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE MUDAS DE PITANGUEIRA (*Eugenia uniflora* L.) SOB CONDIÇÕES DE SOMBREAMENTO. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 23(3), 652–655.

<https://doi.org/10.1590/S0100-29452001000300042>

Schittenhelm, S., Langkamp-Wedde, T., Kraft, M., Kottmann, L., &

Matschiner, K. (2020). Effect of two-week heat stress during grain filling on stem reserves, senescence, and grain yield of European winter wheat cultivars. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 206(6).

<https://doi.org/10.1111/jac.12410>

Schleuning, M., Neuschulz, E. L., Albrecht, J., Bender, I. M. A., Bowler, D. E.,

Dehling, D. M., Fritz, S. A., Hof, C., Mueller, T., Nowak, L., Sorensen, M. C., Böhning-Gaese, K., & Kissling, W. D. (2020). Trait-Based Assessments of Climate-Change Impacts on Interacting Species. *Trends in Ecology & Evolution*, 35(4), 319–328.

<https://doi.org/10.1016/j.tree.2019.12.010>

Schulze, E.-D., Beck, E., Buchmann, N., Clemens, S., Müller-Hohenstein, K.,

& Scherer-Lorenzen, M. (2019). *Plant Ecology*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-56233-8>

Sheldon, K. S. (2019). Climate Change in the Tropics: Ecological and

Evolutionary Responses at Low Latitudes. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 50(1), 303–333.

<https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110218-025005>

- Silva, I. M. S., Calvi, G. P., Baskin, C. C., dos Santos, G. R., Leal-Filho, N., & Ferraz, I. D. K. (2021). Response of central Amazon rainforest soil seed banks to climate change - Simulation of global warming. *Forest Ecology and Management*, 493, 119224.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119224>
- Slot, M., Rey-Sánchez, C., Gerber, S., Lichstein, J. W., Winter, K., & Kitajima, K. (2014). Thermal acclimation of leaf respiration of tropical trees and lianas: response to experimental canopy warming, and consequences for tropical forest carbon balance. *Global Change Biology*, 20(9), 2915–2926. <https://doi.org/10.1111/gcb.12563>
- Souza, O. M., Smiderle, O. J., Souza, A. das G., Chagas, E. A., Chagas, P. C., Bacelar-Lima, C. G., & Morais, B. S. (2017). Influência do tamanho da semente na germinação e vigor de plântulas de populações de Camu-Camu. *Scientia Agropecuaria*, 8(2), 17.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.02.04>
- Sullivan, M. J. P., Lewis, S. L., Affum-Baffoe, K., Castilho, C., Costa, F., Sanchez, A. C., Ewango, C. E. N., Hubau, W., Marimon, B., Monteagudo-Mendoza, A., Qie, L., Sonké, B., Martinez, R. V., Baker, T. R., Brienen, R. J. W., Feldpausch, T. R., Galbraith, D., Gloor, M., Malhi, Y., ... Phillips, O. L. (2020). Long-term thermal sensitivity of Earth's tropical forests. *Science*, 368(6493), 869–874.
<https://doi.org/10.1126/science.aaw7578>
- Tadeo, F., & Gómez-Cadenas, A. (2000). Fisiología de las plantas y el estrés. In J. Azcón-Bieto & M. Talón (Eds.), *Fundamentos de Fisiología Vegetal* (2da ed., pp. 577–597). McGraw-Hill Interamericana de España, S.L.
- Tavares, A., & Mira, R. (2019). *INFLUÊNCIA DO TAMANHO DA SEMENTE NA GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE CAMU-CAMU (Myrciaria dubia (H.B.K))*. Universidade Federal Rural da Amazônia.
- Toh, S., Imamura, A., Watanabe, A., Nakabayashi, K., Okamoto, M.,

- Jikumaru, Y., Hanada, A., Aso, Y., Ishiyama, K., Tamura, N., Iuchi, S., Kobayashi, M., Yamaguchi, S., Kamiya, Y., Nambara, E., & Kawakami, N. (2008). High Temperature-Induced Abscisic Acid Biosynthesis and Its Role in the Inhibition of Gibberellin Action in Arabidopsis Seeds. *Plant Physiology*, 146(3), 1368–1385. <https://doi.org/10.1104/pp.107.113738>
- Toledo, M., Chevallier, B., Villarroel, D., & Mostacedo, B. (2008). *Ecología y silvicultura de especies menos conocidas: Cedro, Cedrela spp.* Proyecto BOLFOR II/ Instituto Boliviano de Investigación Forestal.
- Torres-Torres, J. J., Arroyo, H. H. M., & Guardia, M. M. (2018). Germinación y crecimiento inicial de *Cedrela odorata* L. (Sapindales : Meliaceae), empleando semillas silvestres en el departamento del Chocó, Colombia. *Revista Biodiversidad Neotropical*, 8(1), 22–28. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18636/bioneotropical.v8i1.741>
- Vásquez, R. (1997). Flórmula de las Reservas Biológicas de Iquitos, Perú. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden*, 63, 1–1046.
- Villar, R., Ruiz-Robledo, J., Quero, J., Poorter, H., Valladares, F., & Marañón, T. (2004). Tasas de crecimiento en especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones ecológicas. In S. A. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF (Ed.), *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante* (pp. 191–227).
- Violle, C., Navas, M.-L., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C., Hummel, I., & Garnier, E. (2007). Let the concept of trait be functional! *Oikos*, 116(5), 882–892. <https://doi.org/10.1111/j.2007.0030-1299.15559.x>
- Weiss, K. C. B., & Ray, C. A. (2019). Unifying functional trait approaches to understand the assemblage of ecological communities: synthesizing taxonomic divides. *Ecography*, 42(12), 1–9. <https://doi.org/10.1111/ecog.04387>
- Worbes, M. (1999). Annual growth rings, rainfall-dependent growth and long-term growth patterns of tropical trees from the Caparo Forest Reserve in Venezuela. *Journal of Ecology*, 87(3), 391–403.

<https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.1999.00361.x>

Wu, T., Qu, C., Li, Y., Li, X., Zhou, G., Liu, S., Chu, G., Meng, Z., Lie, Z., & Liu, J. (2019). Warming effects on leaf nutrients and plant growth in tropical forests. *Plant Ecology*, *220*(7–8), 663–674.

<https://doi.org/10.1007/s11258-019-00943-y>

Xu, L., Samanta, A., Costa, M. H., Ganguly, S., Nemani, R. R., & Myneni, R. B. (2011). Widespread decline in greenness of Amazonian vegetation due to the 2010 drought. *Geophysical Research Letters*, *38*(7), n/a-n/a.

<https://doi.org/10.1029/2011GL046824>

Yuyuma, K., & Siqueira, J. A. S. de. (1999). Efeitos do tamanho da semente e do recipiente no crescimento de mudas de Camu-camu (*Myrciaria dubia*). *Acta Amazónica*, *29*(4), 647–650.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1590/1809-43921999294650>

ANEXOS

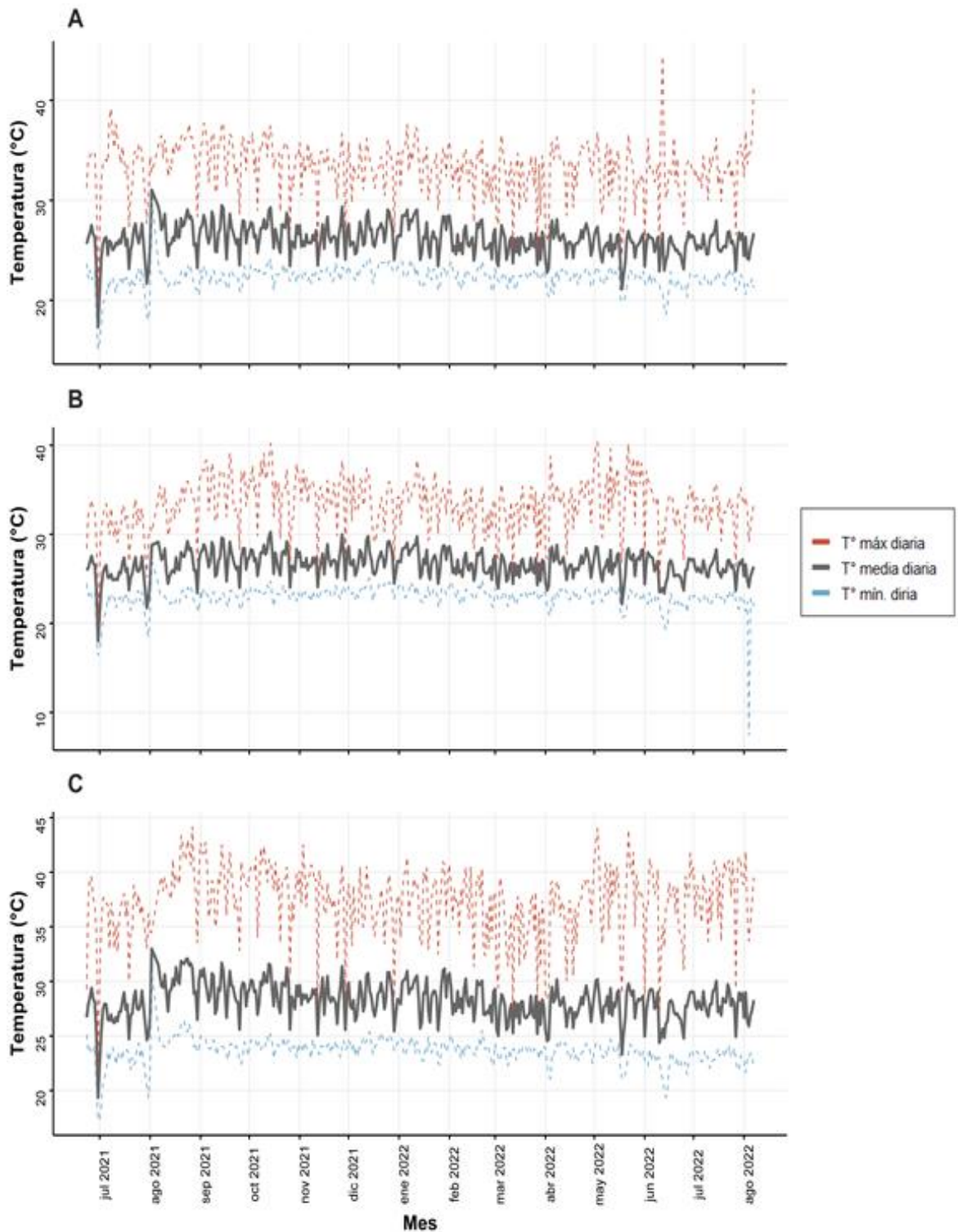


Figura 11. Temperatura media, mínima y máxima del exterior (A: temperatura ambiente) e interior (B: control y C: caliente) de los invernaderos. La línea gris representa la temperatura promedio diariamente. Las líneas punteadas representan los valores de la temperatura mínima (azul) y la temperatura máxima (rojo) registrados diariamente.

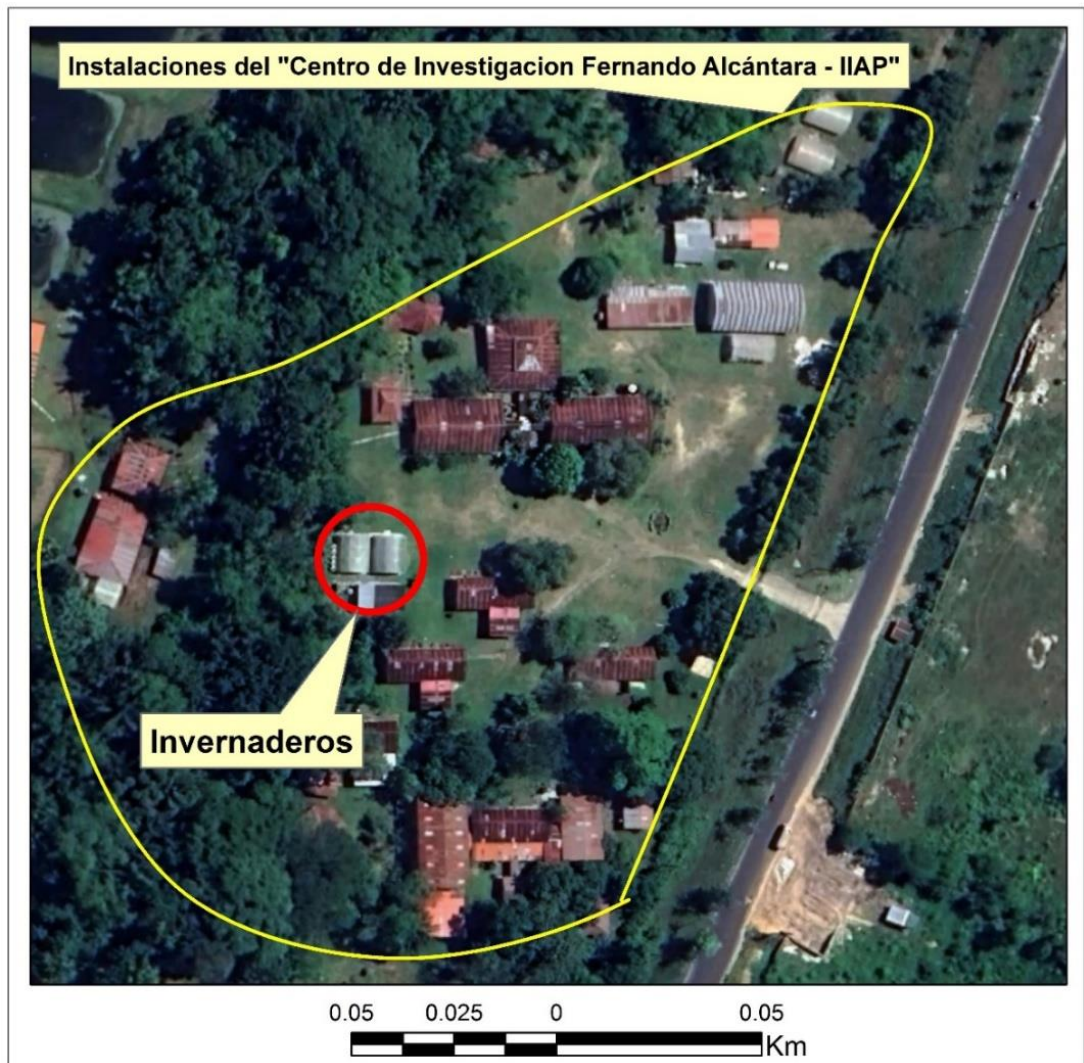


Figura 12. Ubicación del área de estudio



Figura 13. Bolsas acopladas y sistema de riego instalado.



Figura 14. Plántulas de *C. odorata* sembradas en bolsas de almácigo después de 16 días de sembrado.



Figura 15. Plántulas de *M. dubia* sembradas en bolsas de almácigo después de 21 días de sembrado.



Figura 16. Plántulas de *M. dubia* aclimatadas al incremento de temperatura en condiciones de invernadero



Figura 17. Plántulas de *C. odorata* aclimatadas al incremento de temperatura en condiciones de invernadero.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP



BICENTENARIO DEL PERÚ 2021 - 2024

“Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres”
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

CONSTANCIA N° 0001-HH-IIAP-2023
DETERMINACIÓN DE MUESTRAS BOTÁNICAS

El Herbario Herrerense (HH) del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) – Sede Iquitos, reconocida como Institución Científica Nacional Depositaria de Material Biológico (Cod. Aut. N° AUT-ICND-2016-007 y RDG N° 157-2016-SERFOR/DGGSPFFS).

Hace constar que, a solicitud del bachiller **Antony Mundaca Ramirez**, egresado de la **Facultad de Ciencias Forestales**, Escuela profesional de **Ingeniería en Ecología de Bosques Tropicales** de la **Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP)**, región Loreto. Se proporciona la determinación botánica de dos especímenes colectados bajo la ejecución de la tesis de pregrado titulada *“Efecto de Efecto del incremento de la Temperatura en la germinación de semillas, crecimiento y supervivencia de plántulas de Myrciaria dubia (H.B.K.) Mc Vaugh y Cedrela odorata L. en invernaderos, Iquitos – Perú, 2021”*.

Las muestras fueron identificadas hasta el nivel de especie ubicándose sistemáticamente de acuerdo con el sistema de clasificación taxonómica Angiosperm Phylogenetic Group IV (APG IV, 2016).

Muestras 1

Clase: Equisetopsida C. Agardh
Subclase: Magnoliidae Novák ex Takht.
Superorden: Rosanae Takht.
Orden: Myrtales Juss. ex Bercht. & J. Presl
Familia: Myrtaceae Juss.
Género: *Myrciaria* O. Berg
Especie: *Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh

Muestra 2

Equisetopsida C. Agardh
Magnoliidae Novák ex Takht.
Rosanae Takht.
Sapindales Juss. ex Bercht. & J. Presl
Meliaceae Juss.
Cedrela L.
Cedrela odorata L.

Sin otro particular, se expide el presente documento a solicitud del interesado para los fines convenientes.

CARLOS GABRIEL HIDALGO PIZANGO
CEP 10205

Iquitos, 3 de mayo del 2023



OFICINA IQUITOS - LORETO - PERU
Av. Abelardo Quiñones km. 2.5 S/N San Juan Bautista
E-mail: presidencia@iiap.gob.pe
OFICINA DE COORDINACIÓN - LIMA - PERÚ
Av. Larco 930, Of. 501, Miraflores.
E-mail: iiapli@iiap.gob.pe



Figura 18. Constancia de determinación de muestras botánicas.