Universidad Nacional de Costa Rica Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar Escuela de Ciencias Ambientales Ingeniería en Ciencias Forestales

Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Ciencias Forestales con Énfasis en Manejo Forestal

## Título:

Factores que influyen en la producción en vivero de la especie *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. (balsa) en Costa Rica

Estudiante: Bach. Evelyn Brenes Arroyo.

Tutor: M.Sc. Víctor Hugo Meza Picado Ing.

Lectora: M.Sc. Patricia Barrantes Arias Ing.

Lector: Lic. Juan Pablo Villegas Espinoza Ing.

Heredia, 2024

# Dedicatoria

A mi madre y a mi padre por brindarme siempre su apoyo incondicional.

A Bangtan

## Agradecimientos

Al comité asesor, por sus valiosos consejos, sugerencias y acertada dirección en el presente trabajo.

Al equipo de ASIREA, especialmente a Patricia y Bradley, por recibirme con agrado en su organización y apoyarme en todo en la etapa de recolección de datos, además de un especial agradecimiento a Viviana y su familia por su hospitalidad.

A la profesora Marilyn Rojas y a Michael Córdoba, por la ayuda y recomendaciones brindadas en el proceso de creación de esta investigación.

A Ericka Hidalgo, Ernesto Hidalgo, Steven y el equipo de la Estación Biológica La Suerte, por su disposición, sus valiosos conocimientos, apoyo y hospitalidad.

A los encargados de los viveros, Odris Zeledón, José Corrales, Marco Vega, y los productores Marian Bermúdez y Luis Aguirre, por compartir sus conocimientos y experiencias en el proceso de reproducción de la especie.

A Asdrúbal y Paula, por la compañía y toda la ayuda brindada en la etapa de pruebas de vivero.

A mi familia, por inspirarme a seguir adelante, además por su cariño y apoyo incondicional.

A mis amigos y compañeros Luhana, Kevin, Valerie, Nicol W. Raquel, Daniela y Wendy, por el apoyo y acompañamiento durante este proceso, pero sobre todo gracias por su cariño y amistad sincera.

# Hoja de miembros del tribunal

Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ciencias Forestales con énfasis en Manejo Forestal

Tribunal examinador

Dr. Luis Diego Alfaro Alvarado Representante del Decano de la Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar	
Dr. Federico Alice Guier. Representante de la dirección de la Escuela de Ciencias Ambientales	
Tutor: M.Sc. Víctor Hugo Meza Picado Ing.	
Lectora: M.Sc. Patricia Barrantes Arias Ing.	
Lector: Lic. Juan Pablo Villegas Espinoza Ing.	
Fecha:	

# Tabla de contenido

1. Introducción	14
1.1 Justificación	15
1.2 Objetivos	17
1.2.1 Objetivo general	17
1.2.2 Objetivos específicos	17
2. Marco teórico	18
2.1. Caracterización de la especie	18
2.1.1. Descripción de la especie	18
2.1.2. Floración y fructificación	19
2.1.3. Ecología de la especie	19
2.1.4. Requerimientos biofísicos y climáticos de la especie	20
2.2. Reproducción de la especie	20
2.2.1. Propagación asexual	20
2.2.2. Propagación sexual	20
2.3. Germinación	23
2.3.1. Factores que inciden en la germinación de las semillas de balsa	23
2.3.2. Tratamientos pregerminativos más comunes aplicados a la especie	24
2.3.3. Siembra	24
2.3.4. Sustrato	24
2.4. Actividades de producción en vivero	26
2.4.1. Manejo de plántulas en vivero	26
2.4.2. Problemas fitosanitarios en el vivero	27
2.4.3. Plagas a nivel de frutos y semillas	28
2.4.4. Establecimiento de viveros forestales	28
2.5. Comercialización de la balsa	29
2.5.1. La balsa a nivel mundial	29
2.5.2. Producción de balsa en Costa Rica	30
2.5.3. Industrialización de la balsa	30
2.5.4. Usos de la madera	30
2.6. Costos de producción	31

2.6.1. Costos de producción en vivero		
3.1. Fase 1: Recolección de información primaria por medio de entrevistas a distintos viveros productores de árboles de balsa en Costa Rica	2.6.1. Costos de producción en vivero	31
productores de árboles de balsa en Costa Rica	3. Metodología	33
3.1.1. Elaboración de un instrumento de recolección de información primaria aplicado a cada vivero	3.1. Fase 1: Recolección de información primaria por medio de entrevistas a distintos viveros	
vivero 3.1.2. Matriz comparativa de resultados de las entrevistas aplicadas a viveros productores de Ochorma pyramidale en Costa Rica 3.2. Fase 2: Estudio de costos de producción del sistema propuesto por el vivero de ASIREA, ubicado en la Estación Experimental Los Diamantes, Guápiles, Limón, Costa Rica 3.3.3. Fase 3: Determinación de factores que influyen en la germinación de las semillas de Ochroma pyramidale 3.3.3.1. Pruebas de procesamiento de frutos de balsa para la extracción de semillas 3.3.2. Pruebas de verificación de la viabilidad de las semillas de Ochroma pyramidale 3.3.3.3. Desarrollo de pruebas para la verificación de la germinación 3.3.3.4. Preparación de sustratos 4.3.3.5. Fertilización 4.3.3.6. Análisis estadístico (ANOVA) 4.3.4. Fase 4: Estructura del manual de producción en vivero a partir de la información recopilada y las pruebas de extracción de semillas y de vivero realizadas 4.4. Resultados 4.1. Descripción del proceso de reproducción de Ochroma pyramidale en cinco viveros y tres productores visitados en diferentes localidades en Costa Rica 4.4. Pruebas de procesamiento de los frutos de Ochroma pyramidale sometidas a tres métodos de extracción de semillas . 5.4. Pruebas de vivero. 5.4. Pruebas de vivero. 5.5. Discusión 5.1. Descripción del proceso de producción en vivero de Ochroma pyramidale en Costa Rica 6.5. Discusión . 5.1. Descripción del proceso de producción en vivero de Ochroma pyramidale en Costa Rica 6.5. Discusión . 5.1. Descripción del proceso de producción en vivero de Ochroma pyramidale en Costa Rica 6.5. Discusión . 5.1. Descripción del proceso de producción en vivero de Ochroma pyramidale en Costa Rica 6.5. Discusión . 6.5. Discusión . 6.5. Discusión . 6.5. Discusión del proceso de producción en vivero de Ochroma pyramidale en Costa Rica . 6.5. Discusión	productores de árboles de balsa en Costa Rica	33
3.1.2. Matriz comparativa de resultados de las entrevistas aplicadas a viveros productores de Ochorma pyramidale en Costa Rica	3.1.1. Elaboración de un instrumento de recolección de información primaria aplicado a cad	a
Ochorma pyramidale en Costa Rica	vivero	34
3.2. Fase 2: Estudio de costos de producción del sistema propuesto por el vivero de ASIREA, ubicado en la Estación Experimental Los Diamantes, Guápiles, Limón, Costa Rica	3.1.2. Matriz comparativa de resultados de las entrevistas aplicadas a viveros productores de	;
ubicado en la Estación Experimental Los Diamantes, Guápiles, Limón, Costa Rica	Ochorma pyramidale en Costa Rica	35
3.3. Fase 3: Determinación de factores que influyen en la germinación de las semillas de Ochroma pyramidale	3.2. Fase 2: Estudio de costos de producción del sistema propuesto por el vivero de ASIREA,	
Ochroma pyramidale	ubicado en la Estación Experimental Los Diamantes, Guápiles, Limón, Costa Rica	35
3.3.1. Pruebas de procesamiento de frutos de balsa para la extracción de semillas	3.3. Fase 3: Determinación de factores que influyen en la germinación de las semillas de	
3.3.2. Pruebas de verificación de la viabilidad de las semillas de Ochroma pyramidale	Ochroma pyramidale	37
3.3.2. Pruebas de verificación de la viabilidad de las semillas de Ochroma pyramidale	3.3.1. Pruebas de procesamiento de frutos de balsa para la extracción de semillas	37
3.3.4. Preparación de sustratos	3.3.2. Pruebas de verificación de la viabilidad de las semillas de Ochroma pyramidale	39
3.3.4. Preparación de sustratos	3.3.3. Desarrollo de pruebas para la verificación de la germinación	39
3.3.6. Análisis estadístico (ANOVA)		
3.4. Fase 4: Estructura del manual de producción en vivero a partir de la información recopilada y las pruebas de extracción de semillas y de vivero realizadas	3.3.5. Fertilización	44
3.4. Fase 4: Estructura del manual de producción en vivero a partir de la información recopilada y las pruebas de extracción de semillas y de vivero realizadas	3.3.6. Análisis estadístico (ANOVA)	44
recopilada y las pruebas de extracción de semillas y de vivero realizadas	3.4. Fase 4: Estructura del manual de producción en vivero a partir de la información	
4. Resultados		45
productores visitados en diferentes localidades en Costa Rica		
productores visitados en diferentes localidades en Costa Rica	4.1. Descripción del proceso de reproducción de Ochroma pyramidale en cinco viveros y tres	
4.2. Estudio de costos de producción en el vivero de ASIREA		
4.3. Pruebas de procesamiento de los frutos de Ochroma pyramidale		
4.4. Pruebas de viabilidad de las semillas de Ochroma pyramidale sometidas a tres métodos de extracción de semillas	•	
extracción de semillas		
4.6. Análisis de la varianza		
4.6. Análisis de la varianza	4.5. Pruebas de vivero	57
5. Discusión		
5.1. Descripción del proceso de producción en vivero de Ochroma pyramidale en Costa Rica 62		

5.3. Pruebas de procesamiento de los frutos de Ochroma pyramidale	. 63
5.4. Pruebas de germinación de Ochroma pyramidale	. 64
6. Conclusiones	. 69
7. Recomendaciones	. 70
Referencias	. 71
Anexos	. 79
Anexo 1: Entrevista para viveros productores de balsa (Ochroma pyramidale) referente a	
procesos de reproducción de la especie	. 79
Anexo 2: Entrevista para productores de balsa (Ochroma pyramidale) referente la experiencia	
de la producción de plantas de la especie	. 81
Anexo 3: Matriz comparativa de resultados de las entrevistas sobre el proceso de	
reproducción de balsa (Ochroma pyramidale) aplicadas a viveros y productores en diferentes	
localidades en Costa Rica	. 82
Anexo 4: Tiempo de procesamiento de frutos de Ochroma pyramidale aplicando tres métodos	
diferentes, estudio realizado en Costa Rica	. 83
Anexo 5: Pruebas de viabilidad por flotación aplicadas a semillas de Ochroma pyramidale que	
previamente fueron sometidas a diferentes métodos de procesamiento de frutos, estudio	
realizado en Costa Rica	. 84
Anexo 6: Resultados semanales de la evaluación de las pruebas de germinación de semillas de	
Ochroma pyramidale realizado en Costa Rica	. 85
Anexo 7: Manual para la reproducción en vivero de la balsa (Ochroma pyramidale (Cav. ex	
Lam.) Urb.) en Costa Rica	. 86
, , ,	

## Tabla de cuadros

Cuadro 1. Información sobre los viveros y productores de Ochroma pyramidale entrevistados en	
Costa Rica	33
Cuadro 2. Matriz comparativa de resultados de las entrevistas sobre el proceso de reproducción	
de balsa (Ochroma pyramidale) aplicadas a viveros y productores de diferentes localidades en	
Costa Rica	46
Cuadro 3. Tiempos requeridos en cada fase para la producción de plántulas de balsa (Ochroma	
pyramidale) en el vivero de ASIREA; Guápiles, Limón, Costa Rica, para la producción del año	
2022	50
Cuadro 4. Jornales requeridos en cada fase para la producción de 40 000 plántulas de balsa	
(Ochroma pyramidale) en el vivero de ASIREA, Guápiles, Limón, Costa Rica, para la	
producción del año 2022	51
Cuadro 5. Costos de la mano de obra requeridos para la producción de plántulas de balsa	
(Ochroma pyramidale) en el vivero de ASIREA, Guápiles, Limón, Costa Rica, para la	
producción del año 2022	52
Cuadro 6. Costo de los insumos requeridos para la producción de las plántulas de balsa	
(Ochroma pyramidale) en el vivero de ASIREA, Guápiles, Limón, Costa Rica, para la	
producción del año 2022	53
Cuadro 7. Costos de producción de plántulas de balsa (Ochroma pyramidale) en el vivero de	
ASIREA, Guápiles, Limón, Costa Rica, para la producción del año 2022	54
Cuadro 8. Estudio comparativo sobre el tiempo de procesamiento de frutos de Ochroma	
pyramidale, en pruebas realizadas en Heredia, Costa Rica	55
Cuadro 9. Ventajas y desventajas de cada proceso de extracción de semillas de Ochroma	
pyramidale, en pruebas realizadas en Heredia, Costa Rica	56
Cuadro 10. Análisis de la varianza	60
Cuadro 11. Análisis de la varianza (SC tipo III)	60
Cuadro 12. Prueba de Tukey variable tratamiento pregerminativo	60
Cuadro 13. Prueba de Tukey variable sustrato	60

# Tabla de figuras

Figura 1. Ubicación de los viveros productores de O. pyramidale entrevistados en Costa Rica	34
Figura 2. Descripción del proceso de extracción de semillas con ayuda de un tamiz	.37
Figura 3. Descripción del proceso de extracción manual de las semillas	38
Figura 4. Descripción del proceso de extracción de semillas quemando la lana	39
Figura 5. Aplicación del tratamiento pregerminativo inmersión en agua caliente por 3 min	40
Figura 6. Aplicación del tratamiento pregerminativo inmersión en agua a temperatura ambiente	
por 24 h	41
Figura 7. Aplicación del tratamiento pregerminativo inmersión en agua hirviendo por 2 min	42
Figura 8. Bandejas de germinación utilizadas en las pruebas de vivero de la especie	
O. pyramidale	43
Figura 9. Diagrama de la estructura del manual de reproducción en vivero de la especie Ochroma	
pyramidale, en Costa Rica	45
Figura 10. Porcentaje de viabilidad de las semillas de Ohcroma pyramidale sometidas a tres	
métodos de procesamiento de frutos, pruebas realizadas en Heredia, Costa Rica	57
Figura 11. Porcentaje acumulado de germinación de semillas de Ochroma pyramidale en pruebas	
de vivero realizadas en Heredia, Costa Rica	58
Figura 12. Comparación visual del desarrollo de plántulas de balsa en la tercera semana de	
medición, en ambos sustratos	59

#### Resumen

"Los viveros forestales constituyen el primer paso en cualquier programa de repoblación forestal, se definen como sitios destinados a la producción de plantas forestales" (Jiménez, 1993, p. 2). Al respecto, "la producción de plantas en vivero permite prevenir y controlar los efectos de los depredadores y de enfermedades que dañan a las plántulas en su etapa de mayor vulnerabilidad" (PNUD, 2020, p. 7). La balsa es una especie que ha experimentado una demanda creciente en los mercados internacionales, por ende, es de gran importancia para el sector forestal costarricense realizar esfuerzos con el propósito de incorporarse en estos mercados y, así, generar ganancias a partir de esta especie. El objetivo general del presente trabajo es: Analizar las actividades y costos de la reproducción en vivero de árboles de la especie Ochroma pyramidale (Cav. ex Lam.) en Costa Rica para el mejoramiento de las condiciones de producción de la especie. Con el fin de lograr este objetivo, se realizaron una serie de entrevistas a los encargados de los viveros productores de la especie a nivel nacional, en las cuales se planteó una serie de cuestionamientos referentes a la experiencia en la reproducción de la misma; adicionalmente, se llevó a cabo un estudio de costos para el sistema de producción desarrollado por ASIREA. Además, se efectuaron pruebas de procesamiento de frutos aplicando tres métodos distintos de extracción de semillas, a saber: 1) extracción manual, 2) extracción con ayuda de un tamiz y 3) quema del ala sedosa que envuelve las semillas. Por último, se realizaron pruebas de germinación aplicando tres tratamientos pregerminativos y un testigo, los cuales consistieron en: T1: inmersión en agua caliente (100 °C) por 3 min, T2: inmersión en agua a temperatura ambiente por 24 h, T3: inmersión en agua hirviendo por un periodo de 2 min y luego su colocación en agua con hielo, T4: testigo, los cuatro tratamientos fueron evaluados en dos sustratos, es decir, S1: arena de río y S2: mezcla de tierra, granza de arroz y lombricompost. Se determinó que el costo de producción de una planta de balsa bajo el sistema de producción de ASIREA es de \( \mathbb{C} 137. \) Los resultados de las pruebas de procesamiento de frutos mostraron que los métodos manuales y con tamiz fueron eficientes, pero lentos. Ahora bien, el método de quema del ala sedosa fue más eficiente en términos de rapidez y no afectó la viabilidad de las semillas, según una prueba de viabilidad por flotación. Las pruebas de germinación mostraron que los tratamientos pregerminativos que influyeron mayormente en los porcentajes de germinación fueron el T1 y el T3. Estos tratamientos dieron porcentajes de germinación de 73,6 y 60,2 % respectivamente en arena de río; y 59,6 y 42 % respectivamente en el S2, una mezcla de tierra, granza de arroz y lombricompost. Asimismo, se identificó que la aplicación del T2 presentó los porcentajes de germinación más bajos con 35,4 y 27,2 % respectivamente en ambos sustratos; estos resultados no difieren mucho de los obtenidos en el testigo. Por último, el sustrato que influyó mayormente en los porcentajes de germinación fue el S1, sin embargo, las plantas germinadas en el S2 experimentaron mayor desarrollo en menor tiempo. Finalmente, se construyó un manual de reproducción de la especie *Ochroma pyramidale* con base en los resultados obtenidos en este trabajo, sistematizando los puntos más significativos de la investigación y corroborando los resultados en las pruebas de germinación. En conclusión, los resultados de este trabajo indicaron que el método de quema del ala sedosa fue el más eficiente para procesar frutos de balsa, y los tratamientos pregerminativos de inmersión en agua caliente por 3 min e inmersión en agua hirviendo por 2 min y luego su colocación en agua con hielo fueron los más efectivos para promover la germinación de las semillas, además que la arena de río fue el mejor sustrato para la germinación de las semillas de balsa.

**Palabras clave:** *Ochroma pyramidale*, balsa, costos de producción, semillas, latencia, germinación, sustrato, vivero.

#### **Summary**

"Forest nurseries are the first step in any forest reforestation program. They are defined as sites dedicated to the production of forest plants" (Jiménez, 1993, p. 2). "The production of plants in nurseries allows the prevention and control of the effects from predators and diseases that damage seedlings in their most vulnerable stage" (PNUD, 2020, p. 7). Balsa is a species that has a growing demand in international markets. Therefore, it is of great importance for the Costa Rican forestry sector to make efforts to incorporate into these markets and generate profits from this species. The general objective of this study is to: Analyze the activities and costs of the nursery reproduction of trees of the species Ochroma pyramidale (Cav. ex Lam.) in Costa Rica for the improvement of the production conditions of the species. In order to achieve this objective, a series of interviews were conducted with the managers of the nurseries producing the species at the national level. In these interviews, a series of questions were asked about the experience in the reproduction of the species. In addition, a cost study was carried out for the production system developed by ASIREA. In addition, processing tests were carried out using 3 different methods for extracting seeds, which are: 1) manual extraction, 2) extraction with the help of a sieve, and 3) burning of the silky wing that surrounds the seeds. Finally, germination tests were carried out using 3 pre-germinative treatments and a control, which consist of: T1: immersion in hot water (100°C) for 3 minutes, T2: immersion in water at room temperature for 24 hours, T3: immersion in boiling water for a period of 2 minutes and then placing them in ice water, T4: control. The four treatments were evaluated in two substrates, which are S1: river sand and S2: mixture of soil, rice bran, and vermicompost. It was determined that the cost of producing a balsa plant under the ASIREA production system is \$\psi\$137. The results of the fruit processing tests showed that the manual and sieve methods are efficient, but slow. The burning method of the silky wing is more efficient in terms of speed and does not affect the viability of the seeds, according to a flotation viability test. The germination tests showed that the pre-germinative treatments that most influence the germination percentages are T1 and T3. These treatments gave germination percentages of 73,6 and 60,2%, respectively in river sand; and 59,6 and 42%, respectively in S2, a mixture of soil, rice bran, and vermicompost. Additionally, it was determined that the application of T2 presented the lowest germination percentages of 35,4 and 27,2%, respectively. These results do not differ much from those obtained in the control. Finally, it was determined that the substrate that most influenced the germination percentages was S1, however, the plants germinated in S2 showed greater development in less time. Finally, a manual of reproduction of the species Ochroma pyramidale was built based on the results obtained in this study, systematizing the most important points of the research and corroborating the results in the germination tests. In conclusion the results of this study indicate that the burning method of the silky wing is the most efficient for processing balsa fruits, and the pre-germinative treatments of immersion in hot water for 3 minutes and immersion in boiling water for 2 minutes and then placing them in ice water were the most effective to promote seed germination. In addition, river sand is the best substrate for the germination of balsa seeds.

**Palabras clave:** *Ochroma pyramidale*, balsa, production costs, seeds, dormancy, germination, substrate, nursery.

## 1. Introducción

"Se denomina vivero al lugar donde se producen plantas o plantones de toda clase, sean frutales, ornamentales o forestales, utilizando semillas seleccionadas de calidad y material vegetativo libre de plagas y enfermedades" (I. Grijpma, 2011, p. 76). "Los viveros forestales constituyen el primer paso en cualquier programa de repoblación forestal, se definen como sitios destinados a la producción de plantas forestales" (Jiménez, 1993, p. 2). De acuerdo con el PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2020):

La producción de plantas en vivero permite prevenir y controlar los efectos de los depredadores y de enfermedades que dañan a las plántulas en su etapa de mayor vulnerabilidad, gracias a que se les proporciona los cuidados necesarios y las condiciones propicias para lograr un buen desarrollo, las plantas tienen mayores posibilidades de sobrevivencia y adaptación cuando se les trasplanta a su lugar definitivo (p. 7).

Adicional, la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1991) establece: "Algunas semillas de especies forestales presentan un determinado grado de latencia". En relación con esto, Vozzo (2010) define la latencia como la incapacidad de una semilla viable para germinar bajo condiciones óptimas de temperatura y humedad. Esta condición es principalmente causada por la cubierta seminal, la cual es una capa externa que rodea a la semilla. No obstante, la cubierta seminal cumple otras funciones importantes como regular la absorción de agua, proteger a la semilla de hongos y evitar que el embrión escape de la semilla durante la imbibición. Por esto, se deben aplicar tratamientos pregerminativos que tienen por finalidad interrumpir la latencia y acelerar la germinación "A fin de obtener una tasa de germinación razonablemente alta en poco tiempo" (FAO, 1991).

En cuanto a lo expuesto, "las semillas de la balsa son ortodoxas y poseen latencia" (Ríos et al., 2020). Sin embargo, el conocimiento en aspectos como el manejo de las semillas de *Ochroma pyramidale* es muy limitado, principalmente en aspectos fisiológicos. Al respecto, *O. pyramidale* es una especie que se desarrolla con frecuencia en claros de bosque, por lo tanto, sus semillas poseen una cubierta impermeable que retrasa la imbibición, este periodo de latencia puede ser interrumpido por las fluctuaciones de termales ocurridas en los claros (Herrera y Alizaga, 2019).

Para profundizar, "O. pyramidale, también conocida como balsa, es una especie forestal que posee gran demanda en el mercado internacional, esta se desarrolla de manera natural principalmente

en bosques secundarios y áreas alteradas, además se cultiva en proyectos de reforestación" (González et al., 2010, p. 7). Esta especie se caracteriza por tener árboles que crecen muy rápido, con una producción media anual de 10 a 25 m³/ha/año y un ciclo corto de aprovechamiento, lo cual hace que sea una fuente significativa de madera en zonas tropicales, que se ha vuelto muy popular en el mundo por la belleza y resistencia de la madera. Debido a esto, es necesario prestar atención a los beneficios sociales y ambientales que esta especie ofrece a los productores y al ecosistema, y cómo puede ser una aliada estratégica a corto, mediano y largo plazo en la adaptación al cambio climático (González et al., 2018, p. 90).

#### 1.1 Justificación

Según un estudio de mercado realizado por PROCOMER (2021), la producción de balsa presenta una oportunidad muy atractiva para la reactivación económica del sector forestal costarricense ya que la industria de la energía eólica genera gran demanda de esta materia prima, con al menos el 70 % del comercio mundial de madera de balsa. Asimismo, "Otras industrias de relevancia comercial para esta materia prima son la industria naval, la construcción y la aeronáutica" (PROCOMER, 2021). En cuanto a la demanda, uno de los principales compradores de madera de balsa es China pues en este país se utiliza principalmente en la elaboración de aspas eólicas por las propiedades de aislamiento térmico, fónico, vibratorio, resistencia y estabilidad que posee (Apuy, 2021). Sin embargo, PROCOMER (2021) señala que si el sector forestal costarricense desea incorporarse a un modelo de negocios internacional y sacar provecho de las oportunidades que se presentan en los mercados internacionales, debe priorizar los siguientes aspectos:

- Capacitación técnica para los productores.
- Mayor investigación académica y de organizaciones.
- Disponibilidad de la semilla y mejoramiento genético.
- Creación de una red de actores del sector forestal industrial.

Estos aspectos son esenciales para el desarrollo sostenible del sector forestal costarricense y su competitividad en los mercados internacionales.

Debido a la posibilidad de la industria forestal costarricense de incorporarse al mercado de la balsa, algunas organizaciones y viveros identificaron en esta especie la opción de originar ganancias mediante la producción y plantación de árboles de balsa; por ende, se vieron en la necesidad de investigar sobre esta especie y, de este modo, encontrar la información para introducirse en la producción de plántulas de la especie. Sin embargo, existen muchos estudios y documentos que hablan

acerca de diversos métodos de procesamiento de frutos, tratamientos pregerminativos y formas de siembra para la especie, lo que dificulta saber con exactitud cuáles son los métodos adecuados para la reproducción de la especie.

Con respecto a los denominados "cuellos de botella" que presenta el proceso de germinación de la especie en estudio, y como se mencionó anteriormente las semillas presentan latencia lo que retrasa o dificulta la germinación, según Ríos-Geovo et. al (2020) señalan un vacío de información referente a la variación de la capacidad germinativa de la especie entre distintos tratamientos, sustratos y condiciones ambientales, por lo que, Jiménez et. al (2017) señala que se cuenta con información moderada sobre la germinación y crecimiento de la balsa con aplicación de diversos sustratos y tratamientos pregerminativos, por ende, es necesario realizar estudios que generen mayor información respecto a este parámetro.

La experiencia de diversos viveros y productores nacionales ha confirmado la necesidad de aplicar distintos tratamientos pregerminativos para aumentar el porcentaje de germinación. Además, los ha obligado a investigar y desarrollar una serie de procesos detallados para la adecuada reproducción de la especie a nivel de vivero, cuya finalidad sea la comercialización de plántulas o el establecimiento de plantaciones propias. No obstante, se han documentado dificultades que enfrentaron los viveros, como son: disponibilidad de fuentes semilleras, escasez de información certera acerca del tratamiento pregerminativo ideal para la especie, sustrato adecuado para el desarrollo en vivero, requerimientos nutricionales de la especie en etapa de plántulas, entre otras. Estos vacíos de información llevaron a la Asociación de Desarrollo Sostenible de la Región Atlántica (ASIREA) a plantear la necesidad de recopilar información de los diferentes productores de *Ochroma pyramidale* a nivel nacional para así estandarizar el proceso de reproducción de la especie.

Por lo mencionado con anterioridad, se determinó crear un manual que sistematice la experiencia de diversos viveros (Almácigos Vega, ASIREA, CODEFORSA, CORIREVE, BARCA, La Estación Biológica La Suerte y productores de la región atlántica) en la reproducción de esta especie, definiendo los métodos más eficaces para la reproducción.

Esta investigación propone mejorar la producción en vivero de plantas de *Ochroma pyramidale* y cubrir los vacíos de información existentes en torno a la reproducción en vivero de esta especie en todas sus etapas, a fin de realizar esfuerzos que contribuyan al desarrollo del sector forestal costarricense.

## 1.2 Objetivos

## 1.2.1 Objetivo general

Analizar las actividades y costos de la reproducción en vivero de árboles de la especie Ochroma pyramidale (Cav. ex Lam.) en Costa Rica para el mejoramiento de las condiciones de producción de la especie.

## 1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar los costos de la reproducción en vivero de árboles de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. producidos bajo el sistema propuesto por ASIREA.
- Identificar los factores que influyen en la germinación de semillas de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb., con el fin de cubrir los vacíos de información referentes a la producción de la especie.
- Sistematizar los procesos de producción de la especie *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. mediante la elaboración de un manual de reproducción en vivero.

## 2. Marco teórico

### 2.1. Caracterización de la especie

## 2.1.1. Descripción de la especie

A partir de la siguiente información, se detalla la balsa. En primer lugar, Barrance et al. (2003) mencionan: "Árbol siempreverde que puede alcanzar alturas de 30 m y diámetros de hasta 1.8 m, normalmente menores, fuste recto y cilíndrico, libre de ramas hasta 15 m de altura, frecuentemente con gambas" (p. 736).

Además, Chízmar et al. (2009) se refieren a su corteza, hojas, flores y fruto:

Corteza de color grisáceo y ligeramente rugosa. Hojas simples, alternas, con láminas de 16-37 x 15-32 cm, ovadas, pubescentes por el envés, los bordes son enteros. Flores solitarias, axilares, grandes y llamativas, de color blanco o amarillento. El fruto es una cápsula, de 14 a 20 cm de largo, que posee en su parte interior un material de consistencia similar al algodón, el cual envuelve las semillas (p. 49).

Respecto a sus semillas, CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 2000) explica: "Las semillas de balsa son ovoides, de 3 a 5 mm de largo y de 1,5 mm de diámetro, son color castaño oscuro envueltas en una ala amarillenta y sedosa" (p. 92).

En relación con su distribución, Flores y Obando (2003) señalan:

Se encuentra en el Pacífico norte, central y sur, así como en la zona norte y Caribe. El ámbito de elevación varía de 0-1200 m.s.n.m; aunque es más común en tierras bajas, sube hacia las faldas del macizo montañoso (cordilleras de Guanacaste y Volcánica Central). La especie crece bien en suelos volcánicos o arcillosos fértiles y bien drenados (p. 531).

Por último, sobre el hábitat natural se indica:

Especie pionera, típica de bosques secundarios, se encuentra principalmente en elevaciones bajas, en suelos profundos junto a corrientes de agua; crece fácilmente en claros, bosques talados y taludes de caminos. Se reporta en las regiones tropicales y subtropicales, en bosques pluviales (López y Montero, 2005, p. 17).

## 2.1.2. Floración y fructificación

La balsa experimenta una floración precoz (de tres a cuatro años); en el caso de Costa Rica, florece de septiembre a enero (CATIE, 2000; Zamora, 2022). El fruto es una cápsula casi cilíndrica pentalocular de 10 a 15 cm de largo y de 3 a 44 cm de diámetro, de color pardusco y pubescente con dehiscencia loculicida; en Costa Rica, este puede observarse de enero a marzo (CATIE, 2000).

Según Rojas y Torres (2009), la dendrofenocronología de los árboles de balsa en el Valle Central es: la floración se presenta en los meses de septiembre a febrero, mientras que la fructificación ocurre de enero a abril.

### 2.1.3. Ecología de la especie

"La balsa es una especie forestal con gran potencial para la restauración de áreas intervenidas debido a su gran capacidad de adaptación a áreas perturbadas" (Ríos et al., 2020, p. 1). De acuerdo con CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 1999) y UEIA (2014), entre las funciones ecológicas de la balsa, se pueden mencionar: la protección del recurso hídrico, la restauración de áreas degradadas, el control de la erosión y la provisión de hábitat para fauna silvestre.

Jiménez et al. (2011) explican al respecto:

La balsa es una especie pionera que coloniza áreas alteradas y bosques secundarios jóvenes. Frecuente en climas húmedos, con precipitaciones mayores a los 1 500 mm anuales. Se considera que es poco exigente en suelos ya que se ha visto creciendo en áreas rocosas y en bosques riparios, su regeneración es abundante en algunos sitios como bordes de bosque, orillas de caminos y carreteras (p. 201).

Asimismo, Arce et al. (2001) agregan:

La balsa es de importancia ecológica debido a que es una fuente de polen para las abejas (*Apis mellifera*), el néctar que produce esta especie contiene una concentración de 19 % de azúcar, alcanzando un volumen hasta de µl por flor, sin embargo, las abejas lo colectan en muy poca cantidad (p. 133).

## 2.1.4. Requerimientos biofísicos y climáticos de la especie

Según Barrance et al. (2003), los requerimientos biofísicos y climáticos necesarios para el cultivo de la especie son:

- Temperatura: de 20 a 30 °C, clima húmedo a muy húmedo.
- Precipitación: entre 1 500 y 4 000 mm.
- Suelos: volcánicos, calizos, franco arenosos, fértiles y profundos.
- Textura: media a ligera.

- pH: neutro a alcalino.
- Buen drenaje.
- Estación seca de 0 a 5 meses.
- Altitud: 0-1200 m.s.n.m.
- Pendiente plana a ondulada.

## 2.2. Reproducción de la especie

#### 2.2.1. Propagación asexual

"La reproducción asexual es la producción de descendencia a partir de un único progenitor, sin la participación de un huevo o espermatozoide" (Smith y Smith, 2007, p. 29).

En relación con lo expuesto, la reproducción de plantas forestales mediante estacas, injertos, acodos aéreos y cultivo de tejidos tiene resultados variables en su aplicación. El éxito de cada método depende principalmente de la especie, la edad de la planta, la época de colecta del material vegetativo y las condiciones de reproducción (Iglesias et al., 2014).

Existen diversos tipos de estacas para la propagación asexual de árboles, entre estas se pueden enumerar:

- Estaca de tallo (se utilizan segmentos de una rama).
- Estaca de hoja y yema.
- Estaca de raíz (el crecimiento puede ser mayor al inicio y el sistema radicular parece no verse afectado.

Ahora bien, el sistema de propagación de la especie balsa es sexual, es decir, por medio de semillas, siendo el único método conocido y recomendado (Monteros, 2021). Sin embargo, Delgado y Guerrero (1986) sugieren que es posible propagar la especie de forma vegetativa mediante acodos aéreos, al inicio de la época de lluvia.

## 2.2.2. Propagación sexual

La reproducción sexual o mediante semillas sucede cuando dos individuos producen gametos (huevo y espermatozoide), haploides (la mitad de la cantidad normal de cromosomas) que

se combinan para formar una célula diploide, o cigoto, que cuenta con un conjunto completo de cromosomas. La mayor variación genética entre individuos de una población tiene lugar en las especies que se reproducen sexualmente (Smith y Smith, 2007).

En cuanto a la especie en estudio, González et al. (2010) señalan: "El sistema de propagación de la balsa es solo sexual (semillas) siendo hasta el momento el único método conocido y recomendado para plantaciones de esta especie" (p. 9).

#### 2.2.2.1. Selección de árboles semilleros

La selección de un árbol semillero consiste en elegir y marcar fenotipos sobresalientes (sanidad, forma, edad, etc.), ya sea en plantaciones o en bosque natural, y colectar su semilla para el establecimiento de plantaciones (Niembro y Trinidad, 2012).

En el caso de estudio, la edad de madurez de los árboles de balsa es de dos años, en este momento se puede realizar la recolección de las semillas (Ministerio de Agricultura y Ganadería., 2023).

Según Rojas (2006), para la selección de árboles semilleros, se recomienda:

- Debe ser accesible
- Debe poseer buena copa.
- Debe ser recto y cilíndrico.
- El árbol debe estar en perfecto estado de sanidad.
- Debe ser un árbol maduro (ni muy joven, ni muy viejo).
- Debe producir al menos una troza de madera comercial.
- Debe estar en una ubicación segura (no va a cortarse).

#### 2.2.2.2. Recolección de la semilla

"Los frutos se recolectan directamente del árbol cuando presentan una coloración café rojiza y se transportan al área de procesamiento en sacos de yute" (Barrance et al., 2003, p. 735). Adicional, "Estos se dejan secar para que se produzca la dehiscencia y posteriormente de forma manual separar las semillas del ala sedosa que las envuelve" (Jiménez et al., 2011, p. 201). En Costa Rica, los frutos de la balsa se recolectan entre los meses de febrero y abril (Rojas y Torres, 2009).

Cabe destacar que la calidad de la semilla forestal es el resultado de varios procesos, entre ellos la extracción y el beneficio. La pérdida de viabilidad, el alto porcentaje de impurezas, la presencia de enfermedades y el ataque de plagas son consecuencias directas del procesamiento de las semillas (Oliva et al., 2014b).

## 2.2.2.3. Sanidad de frutos y semillas

La sanidad de las semillas se refiere a la presencia o ausencia de factores patógenos (virus, hongos, bacterias, nemátodos, etc.) u organismos causantes de daños como los insectos, además de las condiciones fisiológicas como deficiencias o fitotoxicidades. Es necesario verificar la sanidad de las semillas por medio de técnicas de laboratorio ya que la mayor parte de las veces las semillas son portadoras de patógenos que no producen síntomas (Arriagada, 2000).

#### 2.2.2.4. Secado de frutos

Una vez colectados los frutos, se colocan durante unas horas a la acción del sol hasta que se produzca la dehiscencia, después se ubican la lana (ala sedosa) y las semillas en un saco y se procede a realizar la extracción de las semillas (Betancourt, 1987).

Oliva et. al (2014b) agregan: "El secado se utiliza para facilitar la extracción de las semillas del interior del fruto y posteriormente para acondicionarles la humedad" (p. 15).

#### 2.2.2.5. Extracción de las semillas

De acuerdo con Holdridge (1940) (como se citó en Vozzo, 2010), las semillas de balsa están cubiertas por tricomas sedosos por lo que son de difícil extracción, es decir, toma mucho tiempo separar los tricomas de las semillas con métodos manuales. Por consiguiente, una solución para eliminar la seda es extender las semillas sobre una fina malla y prenderles fuego; conforme se quema la seda, las semillas caen de la malla y están listas para aplicárseles algún tratamiento pregerminativo o almacenarlas.

Oliva et. al (2014b) resumen: "Es el proceso o conjunto de actividades tendientes a separar la semilla de los frutos. Los métodos de extracción varían en función de la naturaleza del fruto" (p. 17).

En el caso de la balsa, los autores Vozzo (2010), Barrance et al. (2003) y CATIE (2000) mencionan tres métodos de extracción de las semillas:

- Extracción manual de semillas.
- Quema del ala sedosa que recubre las semillas.
- Frotar las semillas utilizando un tamiz para separarlas del ala sedosa.

#### 2.3. Germinación

"La germinación de la balsa es epigea y se inicia de cinco a siete días después de la siembra y finaliza de doce a veinte días después de la siembra" (CATIE, 2000, p. 92).

Rodríguez y Nieto (1999) (como se citó en Salinas, 2013) indican que las condiciones requeridas para iniciar la germinación de las semillas forestales son:

- **Temperatura:** Es uno de los factores más influyentes en el proceso de germinación, los rangos óptimos están entre los 25 °C y 31 °C y los máximos entre 40 °C y 50 °C. Si la temperatura varía fuera de estos rangos, se puede producir la muerte de la semilla.
- **Humedad:** Es un factor imprescindible en el proceso de germinación ya que la semilla absorbe agua hasta la imbibición, lo cual permite la activación de los procesos metabólicos.
- Oxígeno: Las reacciones que se producen antes que la radícula rompa el tegumento son anaeróbicas, posteriormente el proceso es dependiente del oxígeno.
- **Luminosidad:** Este factor varía dependiendo de la especie, la respuesta de las semillas a la luz está ligada a una cromoproteína denominada fitocromo.

Las plántulas se encuentran listas para su repique o trasplante, bajo el sistema de producción en bolsa plástica, dos semanas posteriores a la germinación (Rojas y Torres, 2009).

## 2.3.1. Factores que inciden en la germinación de las semillas de balsa

Zalamea et al. (2015) explican que la germinación de semillas que presentan latencia puede ser interferida por dos tipos de factores: intrínsecos, tales como embriones fisiológicamente inmaduros, inhibidores, presencia de tegumentos duros, viabilidad de las semillas, y factores extrínsecos, tales como agua, gases, temperatura y luz. Estos últimos pueden controlarse a nivel de vivero para lograr una mejor germinación.

Otro factor que afecta el porcentaje de germinación es el tiempo de almacenamiento. Para CONABIO (1999) y González (2012), el tiempo de almacenaje de las semillas puede ser de cuatro meses hasta un año; si se desean almacenar por más de un año, debe ser en condiciones de refrigeración. El almacenamiento de las semillas requiere de un ambiente seco y se deben utilizar

envases sellados herméticamente, a una temperatura entre 4-5 °C con contenidos de humedad de 5-6 %, con el fin de mantener su viabilidad hasta por cinco años (Barrance et al., 2003).

## 2.3.2. Tratamientos pregerminativos más comunes aplicados a la especie

CATIE (2000), Barrance et al. (2003) y Jiménez et al. (2017) mencionan la aplicación de diversos tratamientos pregerminativos para aumentar el porcentaje de germinación de la especie, entre los cuales se destacan:

- Inmersión en agua de coco durante 12 horas.
- Inmersión en agua caliente (100 °C) por un periodo de 15 minutos.
- Escarificación: es decir, lijar las semillas hasta que pierden su brillo.
- Inmersión en agua a temperatura ambiente por un periodo de 24 horas.
- Inmersión en agua caliente: colocar las semillas en agua caliente (80 °C) por un periodo de 3 minutos.
- Escarificación química (es decir, inmersión en productos químicos): colocar las semillas en ácido sulfúrico durante 32 minutos.

Con la aplicación de tratamientos como lijar las semillas o inmersión en agua hirviendo por 10 segundos, se logran porcentajes de germinación entre 70 y 90 % (CATIE, 2000).

#### **2.3.3. Siembra**

La siembra de las semillas de balsa se realiza de diferentes formas según las condiciones del vivero, o sea, las semillas se pueden sembrar en camas de germinación, en bandejas de germinación, directamente en la bolsa o en fundas de siembra; colocando de dos a tres semillas por agujero a una profundidad de 5 a 8 mm (CATIE, 2000, p. 92).

El tiempo que las plantas permanecen en el vivero es variado, va de cuatro a cinco meses (CATIE, 2000, p. 92). Por otro lado, Betancourt (1987) señala que el tiempo en vivero es de tres a cuatro meses, además de que la balsa no es apropiada para sistemas de producción a raíz desnuda.

#### 2.3.4. Sustrato

"El sustrato es la mezcla de suelo (tierra negra), arena y materia orgánica (estiércol de ganado vacuno, carnero, gallinaza, humus, compost, etc.) que se usa para llenar las bolsas en el vivero, las camas o bandejas de germinación" (Oliva et al., 2014a, p. 13).

En relación con el tema, se identificó un estudio elaborado por Manzaba (2022), quien indica distintas mezclas de sustrato para la germinación de balsa, tales como:

- 100 % tierra negra.
- 50 % tierra negra 30 % arena 20 % materia orgánica.
- 30 % tierra negra 30 % arena 40 % materia orgánica.

Ahora bien, referente a la turba, esta se clasifica en dos grupos: turbas rubias y negras. Adicionalmente, la turba puede ser utilizada como sustrato para la reproducción de la especie.

- Las turbas rubias tienen un mayor contenido en materia orgánica y están menos descompuestas, incluso pueden utilizarse solas como sustrato debido a que es un material liviano y poroso. Estas son más usadas en la etapa de germinación de semillas o la producción del sistema radicular de esquejes de diferentes tipos (Chen, 2020). Las turbas rubias poseen un buen nivel de retención de agua y aireación, pero son muy variables en cuanto a su composición ya que esta depende de su origen (Pumisacho, 2015).
- Las turbas negras están más mineralizadas, teniendo un menor contenido en materia orgánica. En estado fresco alcanzan hasta un 98 % de humedad, pero una vez desecadas pueden usarse como combustible. Es más frecuente el uso de turbas rubias en un cultivo sin suelo, debido a que las negras poseen una aireación deficiente y unos contenidos elevados en sales solubles (Pumisacho, 2015).

Respecto a la germinación y crecimiento de la balsa con la aplicación de diversos sustratos, la información disponible es aún limitada. Sin embargo, los estudios realizados por Jiménez et al. (2017) y Manzaba (2022) han aportado datos importantes sobre los efectos de los sustratos en esta especie. Así, en el estudio de Jiménez et al. (2017), se encontró que el mayor porcentaje de germinación se obtuvo utilizando como sustrato una mezcla de tierra negra y zeolita (17.6 % germinación). Por su parte, en el estudio de Manzaba (2022), se halló que el sustrato con mejores resultados en cuanto al crecimiento en diámetro y altura fue la mezcla de 30 % tierra negra, 30 % arena y 40 % materia orgánica. Este sustrato permitió un desarrollo en plántulas de *Ochroma pyramidale* superior a 20 cm de altura y 0,20 cm de diámetro.

#### 2.3.4.1. Propiedades físicas del sustrato

Según González (2012), para obtener buenos resultados en la germinación de especies como la balsa, el sustrato debe contar con las siguientes propiedades físicas:

- Elevada porosidad.
- Baja densidad aparente.
- Suficiente suministro de aire.
- Elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible.

## 2.4. Actividades de producción en vivero

Algunas de las actividades realizadas en los viveros forestales descritas por Rojas (2006) son:

- Llenado de bolsas: Para este proceso, se debe preparar de previo el sustrato. Asimismo, se recomienda acondicionar el lugar del llenado de bolsas. Se deben llenar completamente las bolsas y compactar el sustrato hasta lograr un cilindro casi perfecto. Luego, se acomodan las bolsas en líneas perfectas.
- Riego: El riego en un vivero forestal pretende mantener la humedad necesaria en la zona de enraizamiento para que se produzca el crecimiento de la plántula.
- Fertilización: Es una herramienta utilizada en los viveros para producir plantas sanas, vigorosas y en menor tiempo. Los fertilizantes pueden ser orgánicos o químicos.
- Repique: Este proceso consiste en el traslado de las plantas recién germinadas del germinador (cama o bandeja de germinación) al sistema de producción (bolsas, pellet, bandeja, entre otros).
- Control de malezas: Las malezas son cualquier planta diferente a la plantada. El mejor método para el control de estas es arrancarlas manualmente desde la raíz (no cortarlas), pues la aplicación de herbicidas puede traer más problemas que beneficios en los viveros forestales.

## 2.4.1. Manejo de plántulas en vivero

Barrance et al. (2003) mencionan que las plántulas de esta especie son quebradizas por lo que deben manipularse con cuidado. En el caso de los viveros que utilizan camas de germinación, se debe efectuar el proceso de trasplante a las bolsas con mucho cuidado para no dañar las raíces (P. Barrantes, comunicación personal, 18 de abril de 2022).

Vozzo (2010) explica que las semillas de balsa deben colocarse en bolsas de plástico cuando se siembran al ser muy sensibles a ser trasplantadas. Mientras las plantas no alcancen los seis meses de edad, estas se rompen o dañan con facilidad.

#### 2.4.2. Problemas fitosanitarios en el vivero

"Las plántulas en vivero son susceptibles al mal del talluelo" (CATIE, 2000, p. 92), el cual es una enfermedad producida por hongos del suelo que matan rápidamente las semillas y las plántulas jóvenes. Cuando esta ataca la semilla dentro del sustrato, es común ver áreas del germinador sin plántulas u obtener porcentajes de germinación muy bajos (Rojas, 2006).

Las condiciones que favorecen el mal de talluelo, según Rojas (2006), son:

- Siembra muy profunda.
- Almácigos mal drenados.
- Alta densidad de siembra.
- Falta de limpieza en el vivero.
- Altas temperaturas en el sustrato.
- Abuso de fertilizantes nitrogenados.
- Alta humedad en el aire o el sustrato.
- Mala circulación del aire dentro del bancal.
- Alto contenido de materia orgánica en el sustrato.
- Mala desinfección de las herramientas del vivero.
- Inadecuada acidez del suelo o del agua en el sistema de riego.

Si se detecta esta enfermedad en el germinador, "es importante eliminar las plantas enfermas y las plantas cercanas. También es importante aplicar un fungicida para prevenir la propagación de la enfermedad" (Gaitán, 2003, p. 88).

Otros cuidados que se deben tener para evitar la aparición y propagación de esta plaga son: desinfectar las herramientas utilizadas en la siembra o manejo de plántulas y semillas, utilizar suelo esterilizado o desinfectado, y controlar el riego para evitar el exceso de humedad.

En caso de que el vivero no cuente con las condiciones de aislamiento, se puede dar el ataque de insectos (hormigas, grillos, etc.) que arrasan con las plántulas. Al respecto, Restrepo et al. (2017) detallan:

Los insectos del orden *Orthoptera* (saltamontes, grillos y langostas) poseen aparato bucal masticador, se alimentan de una gran variedad de plantas durante cualquiera de sus estados de desarrollo (ninfas y adultos); en caso de altas poblaciones pueden llegar a producir defoliación (p. 54).

## 2.4.3. Plagas a nivel de frutos y semillas

Las estructuras reproductivas de especies forestales pueden ser afectadas por gran cantidad de organismos vivos como insectos, ácaros, vertebrados y microorganismos (hongos, bacterias, virus y nemátodos). También pueden verse afectadas por condiciones del medio como el clima, desbalances nutricionales o alteraciones fisiológicas del árbol madre (Arguedas, 1997).

Entre las plagas reportadas para la especie balsa, se encuentran los insectos *Dysdercus sp*, este ataca principalmente las semillas de esta especie y *Euchroma gigantea*, el cual afecta al fuste; además, se identificó que la especie puede ser atacada por *Fusarium sp*. a nivel de raíces (Arguedas, 2008).

Según Arguedas (1997), las larvas de mariposas y abejones poseen estructuras bucales (mandíbulas y maxilas) que les permiten barrenar semillas, adicional los mamíferos como las ardillas y las aves son capaces de atacar los frutos de balsa, estas pueden atacar en grandes grupos afectando las fuentes semilleras de una especie al ser capaces de consumir gran cantidad de frutos.

#### 2.4.4. Establecimiento de viveros forestales

De acuerdo con Ruano (2011) y Rojas (2006), los aspectos que deben tomarse en cuenta en el establecimiento de viveros forestales son:

- Estudios de demanda y producción: Estos deben realizarse previo al establecimiento del vivero. Es necesario hacer un estudio de mercado con la finalidad de conocer el número de plantas por producir, las especies con mayor demanda, etc.
- Estudios técnicos: Se deben estudiar los requerimientos de producción de las especies seleccionadas.
- Localización: Se debe seleccionar un lugar con las condiciones adecuadas de accesibilidad de caminos y agua, climáticas y fisiográficas.
- Costos: Deben efectuarse estudios de la estructura de costos de producción y de construcción y mantenimiento del vivero.

#### 2.5. Comercialización de la balsa

#### 2.5.1. La balsa a nivel mundial

#### 2.5.1.1. Principales exportadores de madera de balsa a nivel mundial

Ecuador es el principal exportador de madera de balsa, con un volumen de exportación de 450 mil m³ entre enero y noviembre de 2020. La ganancia total de estas exportaciones fue de 402,1 millones de dólares y su principal destino China. Otros grandes consumidores de este material son Estados Unidos, Dinamarca, Polonia, Turquía e India (Aguilar, 2021). En segundo lugar, se encuentra Papua Nueva Guinea, con una ganancia de 57,3 millones de dólares; sin embargo, no se dispone de datos sobre el volumen exportado por este país (Apuy, 2021).

Según Apuy (2021), los países latinoamericanos que participaron en el mercado de la balsa en 2020 fueron Perú, Brasil y Guatemala. El volumen exportado por estos países fue de 4 238, 4 215 y 119 toneladas respectivamente, para una ganancia de 3,8; 5,5 y 0,4 millones de dólares. De este modo, existe una diferencia significativa en el precio de la madera de balsa producida en Brasil y Perú: a pesar de haber exportado casi el mismo volumen, el precio de la madera proveniente de Perú es inferior en un 20 % a la madera de balsa brasileña.

## 2.5.1.2. Principales importadores de madera de balsa

Datos recaudados por Apuy (2021) sugieren que los principales compradores de madera de balsa a nivel mundial para el año 2020 fueron China, que adquirió unas 34 435 toneladas por un precio de 152,1 millones de dólares; seguida por Dinamarca con unas 6 673 Tn por un precio de 36,4 millones de dólares; Polonia adquirió 3 773 Tn por 29,7 millones de dólares; Brasil 2 337 Tn por 27,8 millones de dólares y Estados Unidos obtuvo unas 2 991 Tn por un precio de 23,9 millones de dólares.

#### 2.5.1.3. Características deseables para la exportación de madera de balsa

De acuerdo con Apuy (2021), las características deseables de la madera de balsa en los mercados internacionales son:

- Bloques encolados.
- Edad promedio cuatro años.
- Humedad adecuada del 10 %.
- Precio entre \$ 600 a \$ 1 100 por m<sup>3</sup>.

- Densidad: rango entre 135 a 210 kg/m<sup>3</sup>.
- Características estéticas: madera libre de manchas, nudos y defectos generados por el aserrado o el horno.

#### 2.5.2. Producción de balsa en Costa Rica

En la actualidad la madera de balsa que se exporta desde Costa Rica es procedente del bosque, lo cual provoca que esta posea condiciones estéticas, de edad y densidad variadas, por lo tanto, es necesario estandarizar las características de la materia prima que se exporta (Apuy, 2021).

En la región Huetar Atlántica se han identificado unas 600 hectáreas de plantaciones de esta especie, lo que puede llegar a dinamizar a corto plazo las exportaciones de esta materia prima debido a que el turno de corta de la especie es de cinco años aproximadamente (PROCOMER, 2021).

En el año 2020 Costa Rica exportó 28,2 toneladas de madera de balsa cuyo principal destino fue China, generando una ganancia de \$ 2 655/Tn, el m³ que rondaba los \$\mathbb{C}\$ 398. Para el primer semestre del 2021, había exportado 48,5 Tn, no obstante, su precio se redujo un 46 % por las fluctuaciones de oferta y demanda de esta materia prima (Apuy, 2021).

#### 2.5.3. Industrialización de la balsa

En el proceso de industrialización de las trozas de balsa, se elaboran en distintos productos, los más comunes son los listones, los paneles, los bloques encolados, los tableros flexibles, las piezas de marquetería, entre otros (Apuy, 2021). Actualmente no se cuenta con datos de industrialización de madera de balsa en Costa Rica, ya que esta es comercializada a nivel internacional.

En Ecuador la industria de la madera de balsa está constituida por pequeños, medianos y grandes industrializadores que se encargan del procesamiento de la madera (secado, aserrío y cepillado), dándole las características necesarias de calidad requeridas por los mercados internacionales (Játiva, 2017).

### 2.5.4. Usos de la madera

Respecto a los usos de la madera, Apuy (2021) comenta:

Históricamente la madera de balsa se ha utilizado para la elaboración de productos que requieren un nivel de estructura sólido, pero esencialmente ligero. Actualmente se estima que la industria de la energía eólica emplea un 65 % de la madera de balsa exportada a nivel

mundial seguido de la industria de la manufactura naval y la construcción sostenible. Por otro lado, uno de los usos más conocidos pero que emplea un menor volumen es la elaboración de maquetas, modelos a escala, utensilios para deportes y algunos embalajes (p. 26).

Según Jiménez et al. (2011) y Flores y Obando (2003), la madera de balsa es comercial y tiene buena reputación. Debido a sus características de aislamiento térmico, sonoro y vibratorio, se puede utilizar en paneles de paredes y techos, montaje de máquinas, flotadores de salvavidas, material para maquetas, tacones para zapatos ortopédicos, artesanías, cabinas de aviones, vagones de ferrocarril para almacenaje, balsas, botes, entre otros.

## 2.6. Costos de producción

## 2.6.1. Costos de producción en vivero

#### **2.6.1.1.** Costos fijos

Los costos fijos son costos independientes del volumen, es decir, son costos que se basan en el tiempo en lugar de la cantidad producida o vendida por su negocio (Reyes, 2018). Entre los costos fijos de un vivero forestal, se pueden mencionar: costo de equipo de vivero (herramientas), costo de la infraestructura (vivero, riego etc.), costo de servicios básicos (luz, agua, teléfono, internet), impuestos, seguros y depreciación.

## 2.6.1.2. Costos de operación

En cuanto a los costos de operación, Murillo et al. (2018) establecen:

Los costos de operación son los que se necesitarán para financiar la producción anual u operativa del sistema. En síntesis, comprende los costos de manejo y mantenimiento de toda la infraestructura, así como los costos involucrados en la reproducción de las especies. Incluye todos los insumos (agroquímicos) y la mano de obra temporal asociada (p. 20).

#### 2.6.1.3. Costos variables

"Son aquellos costos que dependen directamente de la producción, estos tienden a aumentar o disminuir en proporción con los cambios en los niveles de la actividad" (Reyes, 2018, p. 8). Dávila (2014) agrega:

Son relativamente fáciles de determinar, porque están directamente asociados a un volumen específico de un producto. Los costos de materiales como las bolsas de polietileno, el sustrato y los fertilizantes, entre otros, así como la mano de obra directa, por lo general, se consideran como costos variables (p. 15).

## 2.6.1.4. Estudio de tiempos

El estudio de tiempos es una técnica utilizada para medir el tiempo de trabajo que ocupa cada proceso en la producción de un bien, además este tipo de técnica busca aumentar la productividad de las organizaciones, eliminando en forma sistemática las operaciones que no agregan valor al proceso y se constituye en la base para la estandarización de los tiempos de operación; para llevar a cabo un adecuado estudio del tiempo de trabajo en una empresa, se deben utilizar distintas técnicas o herramientas útiles, como el cronómetro, que se emplea con la finalidad de establecer el tiempo necesario en cada proceso hasta llegar al producto final (Bravo et al., 2018).

# 3. Metodología

# 3.1. Fase 1: Recolección de información primaria por medio de entrevistas a distintos viveros productores de árboles de balsa en Costa Rica

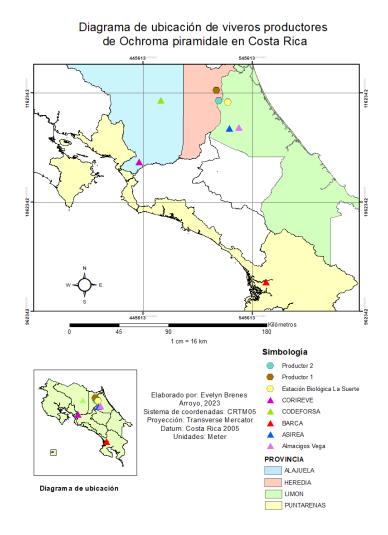
Cuadro 1

Información sobre los viveros y productores de Ochroma pyramidale entrevistados en Costa Rica

Vivero/productor	Ubicación	Especies que producen
Almácigos Vega	Guácimo, Limón, Costa Rica.	Gmelina arborea, Ochroma pyramidale, cítricos y plantas de chile panameño, melón, pepino, sandia y papaya.
ASIREA	Estación Experimental Los Diamantes en Guápiles, Limón, Costa Rica.	Gmelina arborea, Ochroma pyramidale.
BARCA	Palmar Norte, Puntarenas, Costa Rica.	Tectona grandis, Ochroma pyramidale, Hyeronima alchorneoides, platimicium pinnatum, Theobroma cacao.
CODEFORSA	Altamira de Aguas Zarcas, Alajuela.	Tectona grandis, Gmelina arborea, Eucaliptus spp., Hyeronima alchorniodes, Handroanthus ochraceus, Vochysia ferruginea, V. guatemalensis, árboles frutales, entre otros.
CORIREVE	San Mateo de Alajuela.	Ochroma pyramidale, Euphorbia pulcherrima, entre otras especies bajo pedido.
Estación Biológica La Suerte	La Rita de Guápiles, Limón.	Ochroma pyramidale
Productores	<ol> <li>San Julián, Puerto Viejo, Sarapiquí, Heredia.</li> <li>Cerro negro, Sarapiquí, Heredia.</li> </ol>	Generalmente dedicados a la producción agrícola de productos como: plátano y yuca, actualmente incursionando en el cultivo de balsa.

En el cuadro 1 se presenta la información de los viveros, organizaciones y productores en Costa Rica entrevistados en la etapa de recolección de información referente a la reproducción de la balsa a nivel de vivero, así como los costos de producción que involucra el proceso.

Figura 1 Ubicación de los viveros productores de O. pyramidale entrevistados en Costa Rica



Fuente. Elaboración propia por medio de la herramienta ArcGis versión 10.5.

# 3.1.1. Elaboración de un instrumento de recolección de información primaria aplicado a cada vivero

Con base en la revisión bibliográfica realizada en la elaboración del proyecto, se planteó una serie de cuestionamientos que ayudaron al levantamiento de información de cada vivero visitado, tales como: el origen de las semillas, los tratamientos pregerminativos que aplican, las fases del

proceso productivo, los materiales que utilizan y las condiciones del vivero, además se indagó sobre los costos de producción en cada vivero. Todo esto ayudó a obtener la información necesaria para determinar los métodos más eficientes de reproducción y, luego, confeccionar el manual de producción en vivero de la especie. El cuestionario puede consultarse en el anexo 1.

Después, se efectuó una modificación a este instrumento con la finalidad de recolectar información del proceso de producción de *O. pyramidale* en productores ubicados en el cantón de Sarapiquí. El instrumento puede consultarse en el anexo 2.

# 3.1.2. Matriz comparativa de resultados de las entrevistas aplicadas a viveros productores de Ochorma pyramidale en Costa Rica

A partir de los resultados obtenidos en las entrevistas a los viveros, se construyó una matriz comparativa de los procesos ejecutados en cada uno de los sitios visitados (Anexo 3), así como de los resultados obtenidos por cada método, con el propósito de definir cuál es el método más eficaz para la reproducción de la especie. La selección de los aspectos por comparar se llevó a cabo según los factores que pueden influir en la germinación de las semillas de acuerdo con las fuentes de información secundaria consultadas en la elaboración del anteproyecto.

# 3.2. Fase 2: Estudio de costos de producción del sistema propuesto por el vivero de ASIREA, ubicado en la Estación Experimental Los Diamantes, Guápiles, Limón, Costa Rica

El estudio de tiempos y rendimientos es una herramienta útil para determinar los tiempos estándar de cada una de las operaciones que componen un proceso, así como analizar los movimientos realizados por un operario al llevar a cabo una tarea o labor (Tejada et al., 2017).

Para la determinación de costos y rendimientos, se utilizó la metodología aplicada por Brenes (2004), la cual consiste en establecer el tiempo mínimo, promedio y máximo que tarda una persona capacitada en el trabajo de vivero en efectuar cada actividad; por lo anterior, se hace un listado de las actividades de reproducción en vivero, a saber:

- Aplicación del tratamiento pregerminativo.
- Preparación del sustrato.
- Llenado de bandejas.
- Siembra.
- Repique

- Fertilización por medio de bomba de espalda e inmersión.
- Riego.
- Control de calidad.
- Entrega de pedidos.

El estudio se llevó a cabo en las instalaciones del vivero de ASIREA ubicado en el INTA, Guápiles, Limón, Costa Rica, el mismo cuenta con las condiciones óptimas para la reproducción de la especie, así como personal capacitado para la labor. Además, las fórmulas utilizadas son las mencionadas en la metodología de Brenes (2004).

**Cálculo de jornales:** Se estimó el tiempo total para ejecutar cada actividad y se pasó a jornales (8 horas de trabajo por día).

Cálculo de costos: Se consideró la producción del año 2022 que fue de 40 000 árboles. Asimismo, para la cuantificación de los montos por actividad, se tomaron los jornales correspondientes de cada una de las fases de producción y se les aplicó el costo por jornal utilizando la siguiente relación para el cálculo del costo por jornal:

Ecuación 1: Costo (
$$\emptyset$$
) =  $\frac{J \times C}{PP}$ 

Donde: J son los jornales reales de cada fase, C es el costo por jornal (\$\mathcal{Q}\$) y PP es la producción de plántulas del año 2022.

**Costo por actividad:** En cuanto al cálculo del costo de cada actividad para el total de la producción anual, se utilizó la siguiente fórmula:

Ecuación 2: 
$$Costo$$
 ( $\not \mathbb{C}$ ) =  $I \times C$ 

Donde: J son los jornales de cada fase y C es el costo por jornal ( $\mathcal{C}$ ).

Unidad de comparación (tiempo vs cantidad de plantas producidas): La unidad definida para el estudio fue la bandeja de germinación, la cual posee 72 de espacios, al ser el recipiente de germinación utilizado en el vivero de ASIREA. Para tomar el tiempo, se empleó un cronómetro y se midió el tiempo que tarda un operario en completar una bandeja de germinación, considerando aproximadamente 30 repeticiones por cada procedimiento. También se tomó en cuenta la presencia de retrasos en el proceso como tiempos muertos (causados por fatiga, necesidades personales, retrasos inevitables, entre otros).

Cálculo de insumos y costos administrativos: Respecto al cálculo de los costos de los insumos, fue necesario calcular el material requerido para la producción de la balsa en el vivero de ASIREA, es decir, la cantidad de fertilizantes, fungicidas, microorganismos, bandejas, turba, agua y otros insumos. Posteriormente, se multiplicó cada insumo por el precio del mismo y se dividió entre el total de la producción para el año 2022 (40 000 plantas). Adicional, se calculó la utilidad para la

asociación, esto es un porcentaje de ganancia destinado a cubrir gastos administrativos, y el porcentaje de la deuda que debe ser asumido por la producción del vivero.

## 3.3. Fase 3: Determinación de factores que influyen en la germinación de las semillas de Ochroma pyramidale

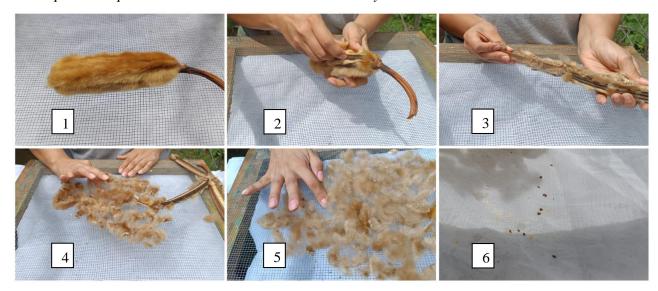
### 3.3.1. Pruebas de procesamiento de frutos de balsa para la extracción de semillas

Se recolectaron frutos de balsa en la zona de Vuelta de Kooper en Chilamate de San Carlos, Alajuela, Costa Rica; luego, se dividieron en grupos de once frutos de tamaños variados y se les aplicaron tres diferentes métodos de procesamiento de frutos. Los tres métodos identificados se pusieron a prueba con la finalidad de verificar cuál era más efectivo y rápido para extraer las semillas, debido a que este proceso representa un cuello de botella en el proceso de reproducción de la especie. Cabe señalar que los métodos utilizados se seleccionaron al haber sido mencionados tanto en la bibliografía (Vozzo, 2010; CATIE, 2000; Román et al., 2012) como por los entrevistados. Estos métodos fueron:

 Extracción de semillas utilizando un tamiz o zaranda: Consiste en separar, con ayuda del tamiz, las semillas del ala sedosa que las recubre; en otras palabras, se roza el ala sedosa (lana) hasta que la semilla caiga por los huecos de la zaranda o tamiz, quedando únicamente la lana encima del mismo.

Figura 2

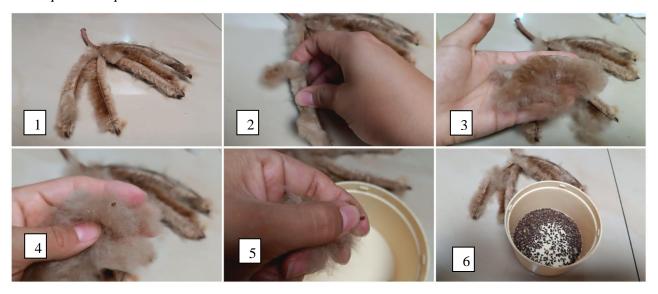
Descripción del proceso de extracción de semillas con ayuda de un tamiz



*Nota*. Proceso: 1: fruto, 2: separar la lana externa del fruto, 3: abrir una a una las valvas del fruto y extraer el ala sedosa (lana) que envuelve las semillas, 4: distribuir la lana en la zaranda o tamiz, 5: frotar la lana en el tamiz para liberar las semillas, 6: semillas libres de lana.

2) Extracción de semillas manual: Se trata de abrir los frutos y separar manualmente el ala sedosa de las semillas una por una. Es un proceso lento que asegura la calidad de las semillas y disminuye la cantidad de impurezas en estas.

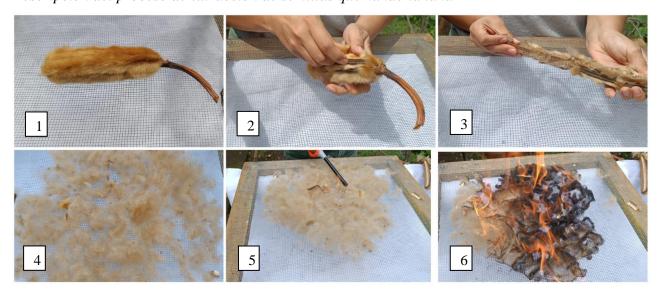
**Figura 3**Descripción del proceso de extracción manual de las semillas



Nota. Proceso: 1: abrir el fruto, 2: separar el ala sedosa interna del fruto de las valvas, 3: palpar las semillas con los dedos, 4: separar una por una las semillas, 5: colocar las semillas en un recipiente, 6: semillas libres de lana.

3) Extracción de semillas utilizando fuego: Para este método, es necesario utilizar materiales como: un tamiz o una zaranda de 8x8; un encendedor y una tela gruesa o resistente al fuego, o bien, un recipiente con agua debajo del tamiz. El fruto se abre, se saca toda la lana que contiene las semillas y se distribuye en una capa fina. Después, se coloca sobre el tamiz y se le prende fuego. Es necesario colocar la tela o el recipiente con agua debajo del tamiz para que las semillas caigan ahí y no se pierdan. Posteriormente, con los dedos se termina de separar las semillas de las cenizas para que caigan sobre la tela o el recipiente con agua.

**Figura 4**Descripción del proceso de extracción de semillas quemando la lana



*Nota*. Proceso: 1: fruto, 2: separar el ala sedosa externa del fruto, 3: abrir una a una las valvas del fruto y extraer la lana que envuelve las semillas, 4: distribuir la lana en la zaranda, 5: quemar la lana, 6: esperar a que la lana se queme por completo liberando las semillas.

## 3.3.2. Pruebas de verificación de la viabilidad de las semillas de Ochroma pyramidale

Con la finalidad de verificar la viabilidad de las semillas de balsa sometidas a tres diferentes métodos de procesamiento de frutos, se aplicó una sencilla prueba de flotación basada en la metodología de Solís et al. (2019), la cual consiste en agregar 100 semillas en un recipiente con 100 ml de agua destilada a temperatura ambiente y dejar reposar por un periodo de 12 h; los resultados se expresan en porcentaje, en este proceso se realizaron 3 repeticiones por cada tratamiento y se calculó el promedio, para determinar de viabilidad. El método de flotación se basa en el hecho de que las semillas viables tienen una densidad mayor que las semillas no viables, por lo que las semillas inviables flotan en el agua.

Fórmula para el cálculo de la viabilidad de las semillas:

Ecuación 3: Porcentaje de viabilidad = 
$$\frac{(\# de semillas flotantes * 100)}{\# de semillas totales}$$

#### 3.3.3. Desarrollo de pruebas para la verificación de la germinación

Para verificar el proceso de germinación de las semillas de balsa, se realizaron pruebas de germinación con tres de los tratamientos pregerminativos y un testigo. Al respecto, la selección de

tratamientos se basó en los resultados de germinación indicados por los entrevistados en cada vivero visitado. Además, en estas pruebas de germinación se utilizaron semillas del Banco de Semillas del CATIE.

La finalidad de las pruebas de germinación fue comprobar la replicabilidad de estos métodos, así como los porcentajes de germinación obtenidos en cada proceso (se aplicó cada procedimiento a 500 semillas por cada tratamiento y cada sustrato para un total de 4 000 semillas).

Estas pruebas se llevaron a cabo en uno de los viveros del Instituto de Investigación y Servicios Forestales, ubicado en Santa Lucía de Barva, Heredia, Costa Rica, el cual cuenta con las condiciones idóneas para la reproducción de la especie.

Como se explicó, para estas pruebas se tomaron en cuenta los tratamientos que arrojaron porcentajes de germinación más altos según la información recolectada en las entrevistas. Así, los tratamientos seleccionados fueron:

a) Inmersión en agua hirviendo (100 °C) por un periodo de 3 min: Se hierve agua y se colocan las semillas en el recipiente con agua caliente por el periodo mencionado; posteriormente, se extraen las semillas del agua con ayuda de un colador y se ponen a secar en un recipiente plano con papel absorbente.

**Figura 5**Aplicación del tratamiento pregerminativo inmersión en agua caliente por 3 min



*Nota.* Descripción del proceso: 1: seleccionar semillas, 2: agregar agua a 100 °C y dejar enfriar, 3: colar las semillas y dejarlas secar sobre papel absorbente.

b) Inmersión en agua a temperatura ambiente: Para este tratamiento, se colocan las semillas en agua limpia a temperatura ambiente por un periodo de 24 horas. Se debe cambiar el agua a mitad de este periodo, es decir, a las 12 horas de inmersión. Luego, se extraen las semillas del agua con ayuda de un colador y se ponen a secar en un recipiente plano con papel absorbente. "Este tratamiento origina dos efectos en todas las especies en las que sea aplicado, el de suavizar el revestimiento duro y el de eliminar los inhibidores químicos por medio de lixiviación" (Camacho et al., 2018, p. 209).

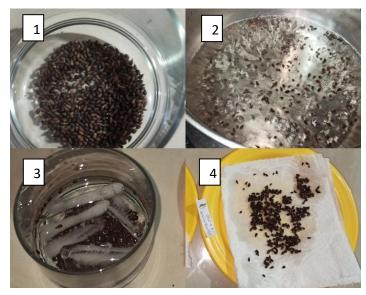
**Figura 6**Aplicación del tratamiento pregerminativo inmersión en agua a temperatura ambiente por 24 h



*Nota*. Descripción del proceso: 1: seleccionar semillas, 2: agregar agua a temperatura ambiente, lo suficiente para cubrir las semillas; cambiar el agua 12 horas después, 3: colar las semillas y dejar secar sobre papel absorbente.

c) Inmersión en agua hirviendo: Se debe llevar a hervor el agua; luego, agregar las semillas y esperar un periodo de 2 minutos. Una vez pasado este tiempo, se colocan las semillas en agua con hielo hasta que este se derrite. Después, se extraen las semillas del agua y se colocan en un recipiente con papel absorbente para extraer el exceso de humedad.

**Figura 7**Aplicación del tratamiento pregerminativo inmersión en agua hirviendo por 2 min



*Nota.* Descripción del proceso; 1: seleccionar semillas, 2: colocar las semillas en una olla con agua hirviendo y dejarlas en el fuego por un periodo de 2 min, 3: colar las semillas y colocarlas en un recipiente con agua y hielo, 4: extraer y dejar secar las semillas en papel absorbente.

d) Testigo: Es el tratamiento de comparación adicional, a este no se le realiza ningún proceso complementario. Su finalidad es verificar si es necesario aplicar tratamientos pregerminativos a las semillas de la especie para aumentar la germinación.

Los resultados de las pruebas se evaluaron en cuatro periodos de ocho días cada uno. La primera evaluación se efectuó diez días después de la siembra, mientras que la segunda evaluación se hizo diecisiete días después, basadas en los periodos de germinación identificados en los resultados de la revisión bibliográfica de este documento. Adicional, se continuaron monitoreando los resultados de las pruebas por un periodo de quince días, cada ocho días; o sea, se monitoreó el proceso de germinación durante un mes. Además, se estimó la mortalidad de las plántulas en vivero.

En cuanto al sustrato utilizado para dichas pruebas, se determinó utilizar dos sustratos diferentes. El primero consistió en arena de río y el segundo en una mezcla de tierra negra, abono y granza de arroz.

Según Rodríguez y Mendoza (2017), se debe tomar en cuenta que con la aplicación de tratamientos pregerminativos se pierde un porcentaje de semillas, entre un 5 y un 20 %, dependiendo del porcentaje de pureza y la calidad de las mismas. Esto es un dato por considerar al planificar la

producción de plantas en vivero. Asimismo, en los tratamientos como la inmersión en agua, esta semilla es de fácil detección debido a que flota.

## 3.3.4. Preparación de sustratos

En las pruebas de vivero se seleccionaron dos tipos de sustratos:

- El primer sustrato (S1) consistió en arena de río, la cual debe ser zarandeada y lavada en repetidas ocasiones hasta que el agua se vea lo más clara posible, con la finalidad de eliminar la mayor cantidad de tierra e impurezas presentes en la arena.
- 2. El segundo sustrato (S2) fue una mezcla de tierra (50 %) y abono orgánico —en este caso lombricompost (25 %) y granza de arroz (25 %)—. Estos materiales se mezclaron hasta formar una mezcla homogénea y, luego, se efectuó el llenado de las bandejas de germinación.

**Figura 8**Bandejas de germinación utilizadas en las pruebas de vivero de la especie O. pyramidale



Posteriormente, se desinfectaron ambos sustratos, para esto se utilizaron materiales químicos, un fungicida y un insecticida, con el propósito de evitar la incidencia de plagas y patógenos. La aplicación consistió en:

• Diazinon 60 EC: Insecticida organofosforado con acción de contacto, ingestión e inhalación. El Diazinon no es sistémico, pero sí presenta acción translaminar. Incorporado al suelo, puede

- ser absorbido por la raíz y translocado a los brotes vía floema. Se aplicaron 2 ml por litro de agua por metro cuadrado.
- Granuflo Thiram: Fungicida de acción preventiva y amplio espectro. Es efectivo particularmente contra Botritis, Monilia, Antracnosis y Fusarium, siendo muy bien tolerado por todos los cultivos y semillas. Se aplicaron 3.75 g por litro de agua por metro cuadrado.

En el mercado existen otros métodos de desinfección de sustratos como el Vitavax, sin embargo, los anteriores se seleccionaron bajo la disponibilidad de productos al momento de ejecutar las pruebas.

#### 3.3.5. Fertilización

Este proceso se realizó una vez por semana, después de iniciada la germinación. Para la fertilización, se aplicaron sales hidropónicas, elementos mayores y elementos menores de la marca Bioeco, en las siguientes dosis:

- Elementos mayores (nitrógeno, fosforo y potasio): 2.5cc por litro de agua.
- Elementos menores (calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre, boro y molibdeno): 1.25cc por litro de agua.

#### 3.3.6. Análisis estadístico (ANDEVA)

El análisis estadístico conocido como el análisis de la constituye la herramienta básica para el estudio del efecto de uno o más factores (cada uno con dos o más niveles) sobre la media de una variable continua. Por lo tanto, es la prueba estadística por emplear cuando se desean comparar las medias de dos o más grupos. Esta técnica puede generalizarse también para estudiar los posibles efectos de los factores sobre la varianza de una variable (Amat, 2016).

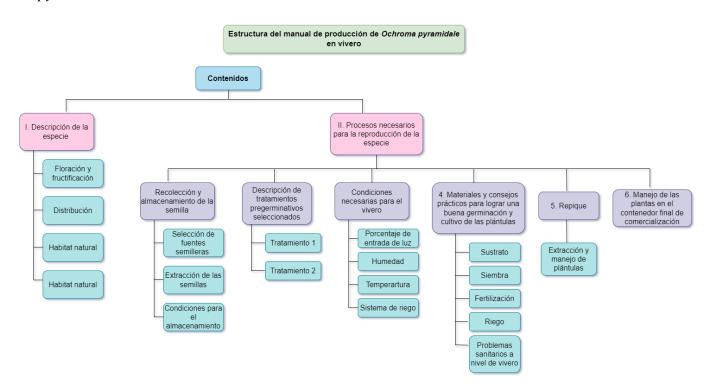
En el caso de esta investigación, una vez recolectada la información de los resultados de las pruebas de vivero, se sistematizó por medio del programa Excel y se procedió a aplicar un análisis estadístico mediante el programa InfoStat, el cual consistió en determinar la variabilidad entre las medias de los cuatro tratamientos pregerminativos aplicados, además de los dos sustratos utilizados en las pruebas de germinación. Adicional, se llevó a cabo una prueba de comparación múltiple de Tukey (P>0.05) con el objetivo de conocer la diferencia entre los grupos.

## 3.4. Fase 4: Estructura del manual de producción en vivero a partir de la información recopilada y las pruebas de extracción de semillas y de vivero realizadas

Se efectuó la sistematización de la información generada a partir de la aplicación de las entrevistas a los viveros mencionados, además de datos relevantes sobre la especie obtenidos de fuentes bibliográficas. Luego, se seleccionaron los métodos más eficaces para la reproducción de la especie. Por último, se contempló describir los métodos de reproducción más efectivos con la finalidad de crear un manual que sea fácilmente replicable por los productores o viveros interesados en la reproducción de la especie.

Figura 9

Diagrama de la estructura del manual de reproducción en vivero de la especie Ochroma pyramidale, en Costa Rica



En la figura 9 se aprecia la estructura del manual de reproducción en vivero de la especie *O. pyramidale*, el cual resume la experiencia de los viveros productores de plántulas de la especie, así como los resultados de las diversas pruebas hechas en el presente trabajo.

## 4. Resultados

# 4.1. Descripción del proceso de reproducción de Ochroma pyramidale en cinco viveros y tres productores visitados en diferentes localidades en Costa Rica

Cuadro 2

Matriz comparativa de resultados de las entrevistas sobre el proceso de reproducción de balsa (Ochroma pyramidale) aplicadas a viveros y productores de diferentes localidades en Costa Rica

Vivero/ productor	Origen del material genético	Tratamiento pregerminativo aplicado	Condiciones del vivero	Sustrato	Germinadores	Fertilización	Riego	Plagas a nivel de vivero	Porcentaje de germina- ción
CORIREVE	Silvestre (recolectan la semilla de fuentes naturales)	N/R	Controladas.  La infraestructura es completamente cerrada debido a que antes producían flores	Turba marca Peat moss.	Bandejas 128 espacios, posteriormente se repican en bandejas de 32 espacios para que se terminen de desarrollar las plantas	N/R	Automá- tico	No presentan	90 %
ASIREA	Silvestre (recolectan la semilla de fuentes naturales)	Inmersión en agua hirviendo (100 °C) por un periodo de 3 min	No son controladas, el vivero es abierto; sin embargo, utilizan microtúneles en la primera semana después de la siembra	Turba marca Jiffy + 30ml de Bioactivado disuelto en 20 L de agua	Bandejas de germinación de 72 espacios	Manual con bomba de espalda, se aplican sales hidropónicas (elementos mayores y menores), también se emplea	Manual con bomba de espalda	Grillos, pájaros y barrenado- res de semillas	85 %

						fertilización por inmersión			
CODEFORSA	Silvestre (recolectan la semilla de fuentes naturales)	Inmersión en agua a temperatura ambiente por 24 horas, cambiando el agua a las 12 horas o inmersión en agua hirviendo por 1 min. Posteriormente, se pasa a agua a temperatura ambiente	Controladas en las camas de germinación, el área de aclimatación es abierta	Arena en las camas de germinación. En la bolsa utilizan tierra mezclada con granza	Camas de germinación, posteriormente se repica a bolsa	Abono foliar	Automá- tico dos veces al día	Hormigas (zompopas)	90 %
BARCA	Silvestre	No aplican tratamiento, solo queman el ala sedosa para extraer la semilla	Invernaderos cerrados, pero las condiciones no son controladas	Turba	Bandejas 105 espacios	N/R	Automá- tico	Zompopas en la fase de aclimata- ción	20 %
Almácigos Vega	Silvestre o comprada en el CATIE	Inmersión en agua a temperatura ambiente por 1 hora	No controladas	Compost o turba	Camas de germinación, posteriormente se repica en bandejas	Bayfolan cada ocho días y Triple 20 cada quince días	Manual con manguera y una boquilla muy fina	No presentan	70 %

Estación Biológica la Suerte (productores)	Silvestre (recolectan la semilla de fuentes naturales)	Inmersión en agua hirviendo (100 °C) por 2 min y posteriormente se sumergen en agua helada. Cada dos horas se cambia el agua con hielo, por un periodo de 24 horas	No tienen una infraestructura como tal, realizan el proceso en bandejas que pueden trasladarse cuando las condiciones climáticas cambian (Iluvia, sol)	Tierra (método de desinfección cal)	Camas de germinación, posteriormente se repican en bandejas de 72 espacios	N/R	Manual, dos veces al día	Zompopas	Aprox. 85 %
Productor Luis Aguirre	Comprada al CATIE	Inmersión en agua caliente por 3 min	No controladas, se construyó un espacio con materiales básicos (plástico y madera)	Tierra negra de montaña, tamizada y granza de arroz	Al inicio usaban camas de germinación y replicaban a bolsas plástica, luego colocaban la semilla directamente en la bolsa	10-30-10	Manual	Ninguna	No lo calculó
Productora Mariam Bermúdez	Silvestre (recolectan la semilla de fuentes naturales)	Inmersión en agua caliente (100 °C) por 10 min, posteriormente se colocan en agua con hielo	No controladas, se construyó un espacio con plástico y postes de madera	Turba mezclada con tierra	Camas de germinación, posteriormente se repica a bolsa	Everest y 10-30-10	Riego manual, dos veces al día en la mañana y en la tarde	Ninguna, pero algunas plántulas murieron por exceso de agua	No lo calculó

Nota. N/R corresponde a información que no fue brindada por el entrevistado.

En el cuadro 2 se observa un resumen con los puntos destacados de las entrevistas a los cinco viveros y tres productores de plántulas de balsa, los cuales indicaron utilizar diferentes métodos de reproducción, por consiguiente, se identificaron cinco distintos tratamientos pregerminativos que implican la inmersión en agua variando la temperatura y el tiempo de inmersión. Además, se determinaron diversos sustratos como la turba, la combinación de tierra con abono o turba y la arena de río.

Con relación a la germinación, cinco de los siete entrevistados manifestaron obtener porcentajes de germinación superiores al 70 %, las excepciones fueron el vivero de BARCA que presentó apenas un porcentaje de germinación de un 20% ya que en este caso no se aplicó ningún tratamiento pregerminativo a las semillas previo a la siembra, y los productores porque no calcularon dicho porcentaje.

Con respecto a las condiciones de los viveros entrevistados, se observó que solo dos de los entrevistados cuentan con condiciones ambientales controladas en sus instalaciones, siendo únicamente el vivero de CORIREVE el que mantiene este aspecto en todo el proceso, ya que en CODEFORSA después del repique las plantas se mantienen en un área de aclimatación abierta.

Referente al riego, solo tres de los entrevistados señalaron utilizar sistemas de riego automáticos; mientras los cinco restantes realizan el proceso manualmente una o dos veces al día, dependiendo de las condiciones climáticas del sitio y por medio de una bomba de espalda o manguera con una boquilla fina. Por último, se estableció que el aspecto de la fertilización es un tema que no tienen muy claro, el cual implica la aplicación de productos como: abonos foliares, sales hidropónicas, Bayfolan, Triple 20 y fertilizante 10-30-10.

#### 4.2. Estudio de costos de producción en el vivero de ASIREA

Una vez cronometrados los tiempos de las actividades que se requieren en cada etapa productiva, se procedió a calcular los jornales y el costo de cada actividad, así como los insumos y los costos administrativos que involucra el sistema productivo del vivero de ASIREA para la producción del año 2022, o sea, 40 000 plantas de balsa. Los resultados de ese estudio se muestran a continuación:

Cuadro 3

Tiempos requeridos en cada fase para la producción de plántulas de balsa (Ochroma pyramidale)
en el vivero de ASIREA; Guápiles, Limón, Costa Rica, para la producción del año 2022

Actividad	Tiempos			
Actividad	Mínimos	Promedio	Máximos	
Llenado de bandejas	00:53	01:57	03:06	
Siembra	07:05	08:41	10:53	
Repique	02:07	10:07	13:14	
Fertilización por inmersión	02:39	05:14	08:00	
Fertilización con bomba de espalda	00:25	00:38	01:07	
Control de calidad	01:12	02:17	04:25	
Riego (bomba)	00:45	01:24	02:38	
Entrega de pedidos	00:21	00:47	01:42	

Nota: Los datos mostrados anteriormente hacen referencia al tiempo que conlleva cada proceso por unidad de medición, es decir bandeja de germinación de 72 espacios.

Según el análisis de la reproducción de la especie, el proceso productivo se divide en ocho etapas, con sus respectivas subetapas. En cuanto a esto, en el cuadro 3 se aprecian los tiempos mínimos, promedios y máximos requeridos por bandeja de germinación en cada etapa de producción del proceso llevado a cabo en el vivero de ASIREA, donde el repique resultó ser la actividad que más tiempo necesita, debido al cuidado con el que se deben manipular las plántulas para evitar dañarlas.

El repique se ejecuta cuando las plántulas poseen un par de hojas verdaderas, las cuales se repican en bandejas de germinación de 72 espacios y se colocan en mesas en el vivero, donde se les brindan los principales cuidados para su desarrollo.

Cuadro 4

Jornales requeridos en cada fase para la producción de 40 000 plántulas de balsa (Ochroma pyramidale) en el vivero de ASIREA, Guápiles, Limón, Costa Rica, para la producción del año 2022

Actividad	Jornales (8 h por día)	Porcentaje de jornales requeridos en cada actividad
Llenado de bandejas	4,55	14,3
Siembra	6,01	19,0
Repique	3,0	9,5
Fertilización con bomba	3,08	9,7
Fertilización por inmersión	3,90	12,3
Control de calidad	3,31	10,5
Riego	5,60	17,7
Entrega de pedidos	2,25	7,1
Total	31,70	100

En el cuadro 4 se observa la cantidad total de jornales requeridos en cada etapa realizada en el proceso de reproducción de la especie, para una producción total de 40 000 plántulas, esto en el vivero de ASIREA.

Actividades como el llenado de bandejas, la siembra, y el riego conllevan mayor cantidad de jornales (14,3; 19 y 17,7 % respectivamente) al ser labores que se deben completar con sumo cuidado, como en el caso de la siembra, debido a la fisiología de la semilla, porque se debe procurar agregar tres semillas en cada espacio de la bandeja de germinación con la finalidad de asegurarse que se obtendrá al menos una plántula.

En cuanto al riego, es una actividad repetitiva pues se ejecuta hasta dos veces por día cuando las condiciones climáticas así lo exigen. Por otro lado, se lleva a cabo por medio de una bomba de espalda, lo que justifica el resultado de la cantidad de jornales requerida en este estudio.

En el caso de la actividad llenado de bandejas donde, primeramente, se debe hidratar la turba, y posteriormente llenar cada bandeja, se determinó que se requieren 14,3 % de los jornales al ser necesario preparar el agua y los insumos que se le adicionan a la turba, además esta debe mezclarse de forma manual, eliminando grumos hasta conseguir una textura uniforme y la humedad necesaria para proceder al llenado de las bandejas de germinación. En esta actividad se debe procurar que la distribución de la turba sea uniforme y todos los espacios de la misma estén adecuadamente llenos.

Cuadro 5

Costos de la mano de obra requeridos para la producción de plántulas de balsa (Ochroma pyramidale) en el vivero de ASIREA, Guápiles, Limón, Costa Rica, para la producción del año 2022

Actividad	Costo por planta	Costo total de producción	Porcentaje del costo por actividad
Llenado de bandejas	<b>Ø</b> 1,59	Ø 63 600,00	5,8
Siembra	<b>2</b> ,11	Ø 84 400,00	7,7
Repique	<b>2,106</b>	Ø 84 240,00	7,7
Fertilización con bomba	<b>Ø</b> 1,08	¢ 43 200,00	4,0
Fertilización por inmersión	₡ 2,73	₡ 109 200,00	10,0
Control de calidad	<b>Ø</b> 1,16	<b>#</b> 46 400,00	4,3
Riego	Ø 15,72	¢ 628 800,00	57,6
Entrega de pedidos	₡ 0,79	Ø 31 600,00	2,9
Total	<b>#</b> 27,29	<b>#</b> 1 091 400,00	100

En el cuadro 5 se expone el costo de mano de obra de cada actividad necesaria para el proceso de reproducción de la especie; al respecto, el costo real de producción de cada planta es de \$\mathbb{Q}\$ 27,29; siendo el riego la actividad que requiere más de la mitad de los costos de producción, al realizarse por medio de una bomba de espalda y en promedio dos veces al día, en la mañana y en la tarde, según las condiciones climáticas.

Por otra parte, la fertilización por inmersión es otra de las actividades que implican un costo mayor, a saber, un 9.5 % del total del costo, en comparación con las otras actividades, al requerir de un mayor trabajo en la preparación de la solución y dejar que cada bandeja se impregne completamente de la misma. Este tipo de fertilización se utiliza porque la fertilización con sales hidropónicas mediante la bomba de espalda genera una costra impermeable en la superficie de la turba, lo cual dificulta que esta se impregne de fertilizante. Debido a esto, se empezó a aplicar este tipo de fertilización.

Ahora bien, se determinó que las actividades no involucran costos elevados por la rapidez del proceso ejecutado y los pocos tiempos muertos observados en el proceso.

Cuadro 6

Costo de los insumos requeridos para la producción de las plántulas de balsa (Ochroma pyramidale) en el vivero de ASIREA, Guápiles, Limón, Costa Rica, para la producción del año 2022

Insumo	Precio unitario	Cantidad requerida para el total de la producción	Costo para el total de la producción	Costo por planta
Bandejas	Ø 980,00	556	<b>Ø</b> 544 444,44	Ø 13,61
Turba paca	Ø 32 900,00	9 pacas	<b>295</b> 038,71	<b>Ø</b> 7,38
Everest	¢ 14 770,00	1 L	<b>₡</b> 14 770,00	₡ 0,37
By foland	Ø 35 595,00	1 L	Ø 35 595,00	₡ 0,89
Amistar (fungicida)	¢ 19 700,00	2 sobres	Ø 39 400,00	₡ 0,88
Microorganismos	Ø 5 400,00	8,9 L.	<b></b> 48 038,40	Ø 1,20
Sales	Ø 2 900,00	3750 gr.	¢ 10 875,64	₡ 0,27
Sales hidropónicas mayores	Ø 5 600,00	1 gr.	<b>₡</b> 5 600,00	₡ 0,14
Sales hidropónicas menores	Ø 5 600,00	0,5 gr.	<b>₡</b> 2 800,00	₡ 0,07
Agua	<b>#</b> 2 380,00	3,5 L	Ø 8 330,00	₡ 0,21
	Total		<b>#</b> 1 004 892,19	₡ 25.01

En el cuadro 6 se describen los costos de los insumos requeridos por el vivero de ASIREA para la producción de plántulas de balsa. Se observa que los costos más elevados son los referentes a bandejas y turba, al ser necesario gran cantidad de dichos insumos para la producción. Sin embargo, los costos en insumos no fueron tan relevantes debido a que el volumen de la bandeja es reducido, por ende, la cantidad de insumos utilizada no es representativa en cuanto a costos.

Cuadro 7

Costos de producción de plántulas de balsa (Ochroma pyramidale) en el vivero de ASIREA,

Guápiles, Limón, Costa Rica, para la producción del año 2022

Concepto	Costo por planta	Costo por el total de producción
Mano de obra	Ø 27,29	Ø 1 091 440,00
Insumos	Ø 25,01	<b>₡</b> 1 004 892,19
Costos administrativos	Ø 51,84	<b>2</b> 074 576,02
Mantenimiento	<b>#</b> 22,92	Ø 916 828,32
Imprevistos	Ø 10,16	<b>#</b> 407 018,92
Total	<b>#</b> 137,22	<b>Ø</b> 5 494 755,46

Por último, en el cuadro 7 se observan los costos de producción requeridos tanto para la producción de una planta de balsa como para la producción total bajo el sistema productivo de ASIREA, donde se determinó que el costo final de producción de una plántula de balsa es de £ 137. Cabe recalcar que en los procesos de producción de las organizaciones o viveros se debe agregar un porcentaje de las deudas adquiridas referentes al vivero, además de los costos administrativos (inversión en infraestructura, salarios, etc.), los cuales fueron calculados y sumados en esta tabla descriptiva. Asimismo, se contemplaron los cargos por utilidades e imprevistos, esto último se refiere a atrasos en la entrega de pedidos o el ataque de una plaga.

## 4.3. Pruebas de procesamiento de los frutos de Ochroma pyramidale

Según la información obtenida en la revisión bibliográfica y en las entrevistas realizadas, se definieron tres métodos de procesamiento de frutos para la extracción de las semillas de la especie. Se procesaron 33 frutos recolectados en la zona de Vuelta Kooper en Chilamate de San Carlos. Los frutos se recolectaron directamente de los árboles que poseían características ideales para la recolección. Los resultados obtenidos en los procesos de extracción de semillas se indican en el siguiente cuadro:

Cuadro 8

Estudio comparativo sobre el tiempo de procesamiento de frutos de Ochroma pyramidale, en pruebas realizadas en Heredia, Costa Rica

Método de procesamiento	Tamaño fruto (promedio) en cm	Cantidad de semillas por fruto (promedio)	Tiempo de extracción por fruto (promedio)	
Zaranda	14,8	312	00:31:52	
Manual	15,3	304	00:33:10	
Fuego	15,2	260	00:07:51	

De acuerdo con los datos del cuadro 8, el método más efectivo para realizar la extracción de semillas es el fuego, este proceso se lleva a cabo quemando el ala sedosa que recubre las semillas. Dicho proceso resultó ser más eficiente en términos de rapidez porque los otros dos métodos requieren de mayor tiempo para ejecutarse, lo que en términos de productividad genera mayores costos para la producción en vivero. Por otro lado, la diferencia del tiempo de extracción entre los métodos de manual y utilizando una zaranda no fueron muy significativos.

Con base en este ejercicio, se encontraron ventajas y desventajas de cada procedimiento, las cuales de detallan en el siguiente cuadro:

Cuadro 9

Ventajas y desventajas de cada proceso de extracción de semillas de Ochroma pyramidale, en pruebas realizadas en Heredia, Costa Rica

Método	Ventajas	Desventajas
Manual y zaranda	<ul> <li>Se obtienen semillas con menor cantidad de impurezas.</li> <li>Se pueden seleccionar fácilmente las semillas dañadas (barrenadas, suaves, aplastadas o que no se desarrollaron).</li> </ul>	<ul> <li>Es un método que requiere habilidad manual.</li> <li>Se necesita mayor tiempo para extraer las semillas.</li> <li>Debe hacerse en un lugar cerrado sin entradas de aire.</li> <li>Se genera gran cantidad de basura.</li> </ul>
Fuego	<ul> <li>Requiere menor tiempo.</li> <li>Es un proceso relativamente sencillo.</li> <li>Se utilizan materiales de bajo costo.</li> </ul>	<ul> <li>Debe realizarse en un ambiente controlado, sin entradas de aire y lejos de productos o materiales inflamables.</li> <li>Los frutos deben estar secos (es decir, tener poca humedad en su interior) para que la lana se queme.</li> <li>Se origina mayor cantidad de impurezas.</li> <li>Si no se efectúa correctamente el proceso, existe el riesgo de quemar las semillas.</li> </ul>

# 4.4. Pruebas de viabilidad de las semillas de Ochroma pyramidale sometidas a tres métodos de extracción de semillas

Una vez extraídas las semillas de balsa de los frutos, se aplicó una sencilla prueba de flotación para verificar los porcentajes de viabilidad de estas, cuyos resultados se muestran en la siguiente figura:

Figura 10

Porcentaje de viabilidad de las semillas de Ohcroma pyramidale sometidas a tres métodos de procesamiento de frutos, pruebas realizadas en Heredia, Costa Rica



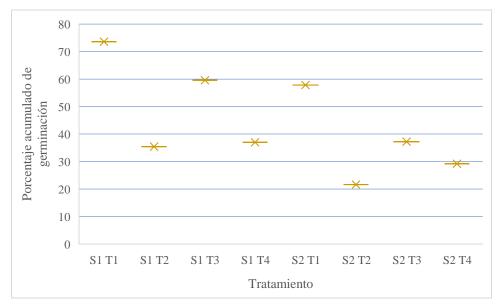
En la figura 10 se observan los resultados de las pruebas de flotación de tres muestras de semillas sometidas a los tres métodos de extracción de semillas (extracción manual, con ayuda de un tamiz y quema del ala sedosa) aplicados en el estudio, los cuales indican que todos los métodos presentaron porcentajes de viabilidad superiores al 80 %, siendo el método de extracción con fuego el de mayor porcentaje de viabilidad (88,3 %). El detalle de las pruebas puede ser consultado en el anexo 5.

#### 4.5. Pruebas de vivero

Realizadas las actividades previas a la germinación (preparación y desinfección de sustratos, aplicación de tratamientos pregerminativos, siembra, etc.), se esperó a que iniciara la germinación y, de este modo, efectuar las mediciones para evaluar los resultados de la germinación, los cuales se muestran en la siguiente figura:

Figura 11

Porcentaje acumulado de germinación de semillas de Ochroma pyramidale en pruebas de vivero realizadas en Heredia, Costa Rica



Nota. S1= arena de río, S2= mezcla de tierra (50 %), lombricompost (25 %) y granza de arroz (25 %). Tratamientos pregerminativos: T1: inmersión en agua caliente 100 °C por 3 min, T2: inmersión en agua a temperatura ambiente por 24 horas, T3: inmersión en agua hirviendo por 2 min, luego pasar las semillas a agua con hielo, T4: testigo. Cada tratamiento se aplicó a 500 semillas de balsa, las cuales se plantaron en bandejas de germinación llenas con cada uno de los sustratos.

Los resultados de las pruebas de vivero (figura 11) demostraron la superioridad del T1, a saber, inmersión en agua caliente por un periodo de 3 minutos; seguido del T3, que consistió en sumergir las semillas en agua hirviendo por un periodo de 2 minutos y, luego, sumergirlas en agua con hielo, esto provoca un choque térmico rompiendo así la latencia de las semillas. También, se observa la baja efectividad en la aplicación del T2 (inmersión en agua a temperatura ambiente por 24 h), ya que sus resultados fueron fácilmente comparables con el testigo.

Adicional, se determinó que el sustrato más efectivo en la etapa de germinación es la arena al demostrar superioridad en cuanto a porcentaje de germinación en comparación con las plántulas existentes en el sustrato de mezcla de tierra, abono y granza de arroz. Sin embargo, el desarrollo de las plántulas germinadas en el S2 fue superior porque en menor tiempo se desarrollaron las hojas verdaderas, esto se aprecia en la siguiente figura:

Figura 12

Comparación visual del desarrollo de plántulas de balsa en la tercera semana de medición, en ambos sustratos



*Nota*. En la imagen de la izquierda se observa el desarrollo de las plántulas en el sustrato 1: arena de río, mientras en la imagen de la derecha se aprecia el desarrollo de las plántulas en el sustrato 2: mezcla de tierra, lombricompost y granza de arroz.

Como se puede observar en la figura 12, el desarrollo de las plantas presentes en el S2, es decir mezcla de tierra, lombricompost y granza de arroz fue superior en términos de presencia de hojas verdaderas y altura, cabe recalcar que es solo una comparación visual ya que estos datos no se contemplaron en el este estudio.

#### 4.6. Análisis de la varianza

- Variables dependientes: porcentaje de germinación.
- Variables independientes: sustrato y tratamientos pregerminativos.
- Aplicación: Tukey al 5 %.
- Programa: InfoStat.

A continuación, se exponen los análisis de varianza realizados para comparar estadísticamente las variables de respuesta con la aplicación de los diferentes tratamientos pregerminativos y sustratos:

## Cuadro 10

Análisis de la varianza

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Promedio de porcentaje de germinación	8	0,98	0,96	7,24

## Cuadro 11

Análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1959,02	4	489,76	45,10	0,0052
Sustrato	276,13	1	276,13	25,43	0,0150
Tratamiento	1682,90	3	560,97	51,66	0,0044
Error	32,58	3	10,86		
Total	1991,60	7			

## Cuadro 12

Prueba de Tukey variable tratamiento pregerminativo

Alfa=0,05 DMS=15,90154 Error: 10,8583 gl: 3

Tratamiento	Medias	n	E.E	
T2	31,30	2	2,33	Α
T4	33,10	2	2,33	Α
Т3	50,80	2	2,33	В
T1	66,90	2	2,33	С

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0,05).

#### Cuadro 13

Prueba de Tukey variable sustrato

Alfa=0,05 DMS= 7,41528 Error: 10,8583 gl: 3

Sustrato	Medias	n	E.E.	
<b>S2</b>	39,65	4	1,65	Α
<b>S1</b>	51,40	4	1,65	В

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0,05).

El análisis de la varianza aplicado tiene un modelo de cuatro factores, con dos sustratos y cuatro tratamientos (cuadro 11) indicó que ambas variables (sustrato y tratamiento pregerminativo) inciden significativamente en los resultados del porcentaje de germinación. Debido a esto se complementó con la prueba de tukey para definir el nivel de incidencia de ambos factores.

Los resultados de la prueba Tukey aplicada en el análisis estadístico (cuadro 12) demostraron que dos de los tratamientos pregerminativos utilizados (T1: inmersión en agua caliente 100 °C por 3 min y T3: inmersión en agua hirviendo 100 °C por 2 min y luego colocarlas en agua con hielo) influyeron en mayor medida en el factor germinación, siendo estos resultados significativamente distintos (P>0,05). Además, se determinó que no existen diferencias estadísticamente significativas (P>0,05) en la aplicación del T2 (inmersión en agua a temperatura ambiente por 24 h) y el T4 (testigo).

Asimismo, con respecto a los sustratos evaluados (cuadro 13), donde, S1: arena de río y S2: mezcla de tierra, lombricompost y granza de arroz, las medias fueron estadísticamente diferentes (P>0,05). Así, siendo el S1 el que demostró tener mayor influencia sobre el factor geminación.

#### 5. Discusión

## 5.1. Descripción del proceso de producción en vivero de Ochroma pyramidale en Costa Rica

De acuerdo con la matriz comparativa de los resultados de las entrevistas aplicadas a viveros y productores de balsa (cuadro 2), el proceso de reproducción de la especie en el país es muy variado, se utilizan tratamientos, métodos e insumos diferentes en todos los casos, así como distintas condiciones en las instalaciones destinadas a la producción de plántulas. Asimismo, se logró evidenciar las diferencias entre los procesos de la producción en viveros establecidos (ASIREA, CODEFORSA, CORIREVE, BARCA, Almácigos Vega) tales como: sustratos, fertilizantes, tipo e intensidad del riego, origen de las semillas, tipos de contenedores, entre otros, en contraste con los procesos aplicados por los productores que no tuvieron un acompañamiento técnico para realizar el proceso de reproducción de la especie. Como fue mencionado anteriormente, aspectos identificados por PROCOMER (2021) como la falta de investigación sobre la especie, la disponibilidad de la semilla y la capacitación técnica son aspectos que dificultan el proceso de reproducción de la especie. Además, en el proceso de investigación, no se encontró información pertinente o reciente sobre los procesos y métodos efectivos para la reproducción de la especie, tales como sustratos adecuados, métodos de fertilización y necesidades nutricionales de la planta en etapas iniciales, por lo que fue de gran importancia para el proceso de investigación recopilar la información y estandarizar el proceso de reproducción de la especie.

#### 5.2. Análisis de costos de producción en el vivero de ASIREA

El cálculo de los costos de producción fue detallado en los cuadros 3, 4, 5 y 6 para el sistema de producción de plántulas de O. pyramidale en el vivero de ASIREA, y como se observa en el cuadro 7, donde resume dicha información, se determinó que el costo por plántula fue de  $\mathcal{C}$  137 (unos \$ 0,26) para los cuales se tomaron en cuenta los costos de los insumos, la mano de obra, el mantenimiento, los costos administrativos y la utilidad para la organización. En contrate, los costos de producción de otros viveros entrevistados fueron entre  $\mathcal{C}$  90 a 130 por plántula.

El estudio hecho por Plaza (2021) en Ecuador arrojó que el costo promedio por plántula en cinco mezclas de sustrato diferentes fue de \$ 0,27; o sea, alrededor de unos \$\mathbb{C}\$ 144 (tipo de cambio octubre, 2023); sin embargo, solo se incluyó el costo de los insumos y no así la mano de obra.

Por otro lado, en el estudio realizado por Imaicela (2022), se apreciaron los costos de producción por planta en tres distintos sustratos, los cuales dieron los siguientes resultados: para la producción en jiffy el costo fue de \$ 0,17 por plántula; para la producción en cascarilla de café, fue

de \$ 0,11 y, para el sustrato Pro-mix bx, el costo fue de \$ 0,10; en otras palabras, unos  $\mathscr{Q}$  90,  $\mathscr{Q}$  58,4 y  $\mathscr{Q}$  53 respectivamente (tipo de cambio octubre, 2023). Si se comparan los resultados obtenidos en estos estudios, se confirma que los costos de producción de plántulas de balsa varían según el país, los insumos y el sustrato utilizados, además de los factores considerados en el cálculo.

#### 5.3. Pruebas de procesamiento de los frutos de Ochroma pyramidale

En relación con las pruebas de procesamiento de los frutos de *O. pyramidale* (cuadro 8), por un lado, se concluyó que el método más efectivo en cuanto a rapidez de extracción es el fuego, sin embargo, se deben tener ciertos cuidados a la hora de efectuar el proceso porque este puede llegar a dañar las semillas, como lo menciona la FAO (1991): "Un fuego fuerte mata las semillas, pero un fuego entre leve y moderado, como los que se asocian con la combustión temprana controlada, reduce la impermeabilidad de la cubierta y estimula la germinación".

Primeramente, es importante secar los frutos al sol de 3 a 4 horas o máximo uno o dos días, dependiendo de las condiciones climáticas del sitio y el contenido de humedad de los frutos (Jara, 1997); o bien, utilizar un horno a una temperatura de 40-50 grados centígrados, esta es suficiente para eliminar la humedad de los frutos sin dañar las semillas ya que, si la temperatura es muy baja, el secado va a ser más lento, lo cual puede provocar que las semillas se pudran. El periodo de secado en horno varía de 2 a 4 horas dependiendo del contenido de humedad de los frutos (Morandini, 1992). De igual manera, "la temperatura del aire no debe exceder los 50 °C para evitar la muerte de las semillas" (Hoffmann y Velazco, 2012, p. 4).

En el proceso de secado al aire libre, se debe tener en cuenta la temperatura, ya que los frutos al secarse se abren, lo cual puede provocar que el viento se lleve el ala sedosa y se pierdan las semillas. Asimismo, en el proceso realizado en el presente trabajo se pudo observar que, si el ala sedosa no está seca, no arderá lo suficientemente rápido, provocando que las semillas se quemen. Además, los frutos deben estar maduros, o sea, el color de la lana debe ser parda, y no deben estar abiertos. Es necesario que el lugar donde se ejecute el proceso sea cerrado y no haya una entrada de aire.

Según Jara (1997), el proceso para separar las semillas de *O. pyramidale* de la fibra sedosa mediante el método de fuego (figura 4), se realiza colocando la fibra sobre un tamiz y se quema. El calor hace que la fibra se deshaga y las semillas caigan a través de la malla. Ahora, para evitar que las semillas se quemen, es necesario que la fibra sedosa se extienda en una capa delgada. Las semillas caen directamente en un recipiente de agua para enfriarse. No obstante, debido a la posibilidad de que el método de extracción de semillas aplicando fuego dañe las semillas, en este trabajo se efectuó una

prueba de flotación, la cual midió la viabilidad de las semillas (figura 10) dando como resultado que todos los métodos de separación presentaron porcentajes de viabilidad superiores al 80 %; el método de extracción por fuego fue el de un mayor porcentaje de viabilidad, a saber, un 88,3 %.

Por otro lado, los frutos también se pueden procesar de forma manual o con ayuda de un tamiz, como se explicó con anterioridad (figuras 2 y 3), este resulta ser un proceso que requiere de mayor tiempo y habilidad, pero es más eficiente en cuanto a eliminación de impurezas por lo que se obtiene un mayor porcentaje de semillas en comparación con las impurezas. Además, este proceso facilita la selección de semillas, separando así semillas que estén barrenadas, dañadas o con desarrollo deficiente. Lo mencionado anteriormente corresponde a una serie de ventajas y desventajas que fueron identificadas en el proceso de las pruebas de procesamiento de frutos de esta especie (ver cuadro 9) y que deben ser tomados en consideración a la hora de elegir el método que se va a utilizar en cada proyecto o vivero para la extracción de las semillas.

Finalmente, se determinó que existe una relación entre el tamaño de los frutos y la cantidad de semillas que contienen; es decir, los resultados obtenidos indican que entre más grande es el fruto, este va a contener mayor cantidad de semillas (ver tabla completa en el anexo 4).

## 5.4. Pruebas de germinación de Ochroma pyramidale

En esta investigación, la germinación se inició al quinto día posterior a la siembra, principalmente en los tratamientos: T1 (inmersión en agua caliente por 3 min, figura 4) y T3 (inmersión en agua hirviendo por 2 min y luego su colocación en agua con hielo, figura 7), en ambos sustratos (S1: arena de río, S2: mezcla de tierra, granza de arroz y lombricompost; figura 8). En contraste, los autores Ríos et al. (2016) mencionan que la germinación inicia a los ocho días y finaliza hasta los cincuenta y cuatro días posteriores a la siembra.

Los resultados del análisis de la varianza (cuadro 11) sugirieron que tanto el sustrato como el tratamiento pregerminativo tuvieron un efecto significativo (P>0.05) sobre la respuesta en el proceso de germinación, donde el tratamiento pregerminativo fue el factor que presentó mayor influencia sobre la germinación de las semillas de la especie *O. pyramidale*. Asimismo, según la prueba de Tukey (cuadro 12) demostró que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, T1 (inmersión en agua caliente por 3 min) y el T3 (inmersión en agua hirviendo por 2 min y después su colocación en agua con hielo); por lo tanto, los dos tratamientos que involucraron impacto térmico generaron mayores porcentajes de germinación siendo estadísticamente distintos (P>0.05), también

arrojó que no existen diferencias estadísticamente significativas (P>0.05) en la aplicación del T2 (inmersión en agua a temperatura ambiente por 24h, figura 6) y el testigo.

En relación con los sustratos, los resultados de la prueba de tukey (cuadro 13) indicaron que existen diferencias significativas (P>0.05) entre ambos sustratos, siendo el S1 (arena de río) el que influyó mayormente en la germinación de las semillas de balsa en los cuatro tratamientos estudiados.

Si se comparan los resultados obtenidos en las pruebas de germinación de este estudio (figura 10) con los obtenidos por Herrera y Alizaga (2019), donde se aplicaron tratamientos como la inmersión en agua a 80 °C por periodos de uno a tres minutos, logrando porcentajes de germinación entre 60 y 68 %, dichos porcentajes muestran similitudes con los resultados obtenidos en el presente estudio donde se obtuvieron porcentajes entre 60 y 73 % para el tratamiento de inmersión en agua caliente (100 °C) por tres minutos.

Adicionalmente, en el estudio realizado por Jiménez et al. (2017), los resultados del tratamiento de inmersión en agua a 80 °C por un periodo de tres minutos fueron positivos en la primera semana de medición, o sea, siete días después de la siembra; al respecto, el porcentaje de germinación fue de 8,8 %. Ahora bien, para el mismo periodo de medición, en este estudio se obtuvieron porcentajes de germinación entre el 30 y el 44 % (anexo 6). De este modo, los resultados del presente estudio fueron superiores a los conseguidos por Jiménez et al. (2017). Así, es posible afirmar que la diferencia entre ambos tratamientos radicó en la temperatura del agua a la que fueron sometidas las semillas; por ende, los resultados obtenidos en este estudio indican que el tratamiento de inmersión en agua hirviendo a 100 °C es un método eficaz para aumentar el porcentaje de germinación de las semillas, ya que el calor ayuda a romper la cubierta dura de estas, lo cual facilita la entrada de agua y oxígeno, dando inicio al proceso de germinación.

Con respecto a los porcentajes de germinación para los tratamientos T2 (inmersión en agua a temperatura ambiente por 24h) y el testigo, en ambos sustratos estuvieron entre 27 a 35 % y 29 a 37 % respectivamente, por lo que la aplicación del tratamiento 2 no resultó ser muy efectivo para aumentar el porcentaje de germinación. En cuanto a esto, el estudio llevado a cabo por Toledo et al. (2018) en el que se compararon los resultados de distintos tratamientos pregerminativos para la especie *Ochroma pyramidale* confirmó que los resultados del tratamiento de inmersión en agua a temperatura ambiente por 24 h fueron los más bajos, mostrando un porcentaje de germinación de 15 %, comparable con el testigo que obtuvo un porcentaje de germinación de 10 %.

Si comparamos los resultados obtenidos en el presente estudio con los resultados obtenidos en el estudio hecho por Jiménez et al. (2017), donde se evaluó la germinación de semillas de balsa en

tres sustratos distintos: arena de río, mezcla de tierra, grava y abono orgánico, y mezcla de tierra y abono orgánico; acá, los resultados también mostraron que la arena de río fue el sustrato con el mayor porcentaje de germinación (93,8 %), seguido de la mezcla de tierra, grava y abono orgánico (87,5 %) y la mezcla de tierra y abono orgánico (75 %).

Por lo tanto, basándose en los resultados del estudio, los tratamientos recomendados para la reproducción en vivero de la especie en estudio son el T1 (inmersión en agua caliente por 3 min) y el T3 (inmersión en agua hirviendo por 2 min + agua con hielo); asimismo, el mejor sustrato en la etapa de germinación es la arena de río.

Se deben tomar en cuenta otros factores en la germinación, por ejemplo, la calidad de los sustratos utilizados y el funcionamiento eficiente del sistema de riego, al ser dos factores relevantes en la incidencia de patógenos que pueden generar mortalidad en las plántulas. Como fue el caso de este estudio en el cual las plántulas que se encontraban en el S2 (la mezcla de tierra, abono y granza) fueron atacadas por el mal de talluelo, una plaga común a nivel de vivero que afectó a las plántulas en la base del tallo, donde produjo una pudrición. Esto ocasionó que las plántulas se marchitaran y murieran; referente a esto, el porcentaje de mortalidad en estas bandejas fue de 8,1%, lo que a gran escala puede ocasionar pérdidas significativas para un vivero. En comparación, las bandejas donde se utilizó arena no presentaron mortalidad.

La decisión de utilizar un sustrato u otro está sujeta a las condiciones del vivero o productor, sin embargo, en este trabajo se comprobó que el S1 (arena de río) demostró superioridad en cuanto a porcentaje de germinación, pero al ser un material inerte que no contiene nutrientes, el desarrollo y crecimiento de las plántulas fue más lento y se debieron añadir fertilizantes para obtener un mejor desarrollo de las mismas y, posteriormente, efectuar el proceso de repique en el contenedor de comercialización. Por otra parte, las plántulas en el S2 (mezcla de tierra, lombricompost y granza de arroz) se desarrollaron en menor tiempo, para la tercera semana de medición (veinticuatro días luego a la siembra) estas habían desarrollado las hojas verdaderas, esto puede observarse en la figura 12. Según Varela y Basil (2011) el uso de compost enriquece las propiedades físicas y químicas del suelo, aportando materia orgánica que optimiza su estructura y capacidad de retención de agua y nutrientes. Esta cualidad lo convierte en un componente ideal para la elaboración de sustratos en viveros. Sin embargo, es importante considerar que la proporción de compost no supere el 50% del volumen total para evitar la salinidad y compactación. Al emplearse en estas proporciones adecuadas, el compost promueve un crecimiento excepcional en las plantas, incrementando su diámetro, altura y masa radicular, lo que se traduce en ejemplares más robustos y proporcionados.

Por último, los resultados de la germinación en la última semana de medición, es decir, treinta y un días después de la siembra, fueron muy bajos, con un promedio de cuatro plántulas por bandeja de germinación, lo cual indica que se había alcanzado el porcentaje máximo de germinación de la especie.

Según Quiroz et. al (2009) la fertilización de plantas forestales en etapa de vivero puede ser utilizada para inducir características morfológicas y fisiológicas provocando que estas desarrollen mayor resistencia o aumenten su potencial de crecimiento, generalmente, se busca que la planta crezca rápidamente al principio y luego se "endurezca" para que pueda soportar el estrés de la cosecha y el trasplante.

Quiroz et. al (2009) menciona que es importante utilizar una solución nutritiva que contenga todos los nutrientes necesarios para el desarrollo de las plántulas, estos elementos se clasifican en macro nutrientes (nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio y azufre), y micro nutrientes (hierro, manganeso, zinc, cobre, boro, cloro y molibdeno). Según Toro y Quiroz (2007) "los macronutrientes son necesarios en cantidades relativamente elevadas, mientras que los micronutrientes o elementos traza, también son muy importantes para el crecimiento de las plántulas, pero son necesarios en cantidades menores". Además, Toro y Quiroz (2007) indican que "las plántulas recién germinadas absorben pocos elementos minerales hasta las dos primeras semanas después de la germinación" por lo que el programa de fertilización inicia pasado ese periodo. ITTO (International Tropical Timber Organization, 2002) recomienda la aplicación de un fertilizante con contenidos de NPK de 27-5,5-9, se aplica cada quince días, y cada ocho en época lluviosa si las plántulas están expuestas a la lluvia. En Costa Rica la fertilización se puede aplicar por medio fertirriego, riego con bomba de espalda o por inmersión, depende de las condiciones del vivero. En esta investigación, el proceso de fertilización ayudó a obtener un mejor desarrollo de las plántulas en ambos sustratos.

Una vez terminado el proceso de verificación de resultados de las pruebas, se procedió a repicar los árboles de balsa en bolsas con una medida de 4x8 cm, las cuales estaban llenas con tierra negra. Este proceso debe realizarse con mucha delicadeza, ya que según Barrance et al. (2003) las plántulas son quebradizas en esta etapa de vida, además se debe ser cuidadoso en la extracción de las plántulas para no dañar las raíces, además, según Rojas et al. (2006) es recomendable regar con abundante agua previo al proceso de repique para facilitar la extracción de los contenedores, facilitando así que las raíces se separen del sustrato y evitar que se dañen. Como parte de este proceso también se realiza una selección de las plántulas, descartando las que no presenten las condiciones idóneas para su supervivencia. Finalizado el repique en esta investigación, las plántulas se colocaron

en las mesas del vivero, cubiertas bajo sarán y un sistema de riego automático programado con dos riegos diarios de un minuto cada uno.

Finalmente, la elaboración del manual de reproducción de la especie *Ochroma pyramidale* se construyó con base en los resultados obtenidos en la recolección de información primaria del presente trabajo, sistematizando los puntos más importantes de la investigación y corroborando los resultados en las pruebas de germinación; dicho manual puede consultarse en el anexo 7.

#### **6. Conclusiones**

- El costo más representativo para la producción de árboles de balsa en el vivero de ASIREA corresponde al administrativo, el cual es difícil de reducir ya que la producción del vivero debe asumir una parte de los costos administrativos del mismo, así como los pagos de los costos de la infraestructura necesaria para la producción de la especie.
- Con respecto a los métodos para la extracción de semillas, el fuego presenta el mejor rendimiento en cuanto al tiempo de aplicación; sin embargo, se requiere de mayor cuidado para realizar el proceso. Por el contrario, los métodos de extracción manual y con zaranda garantizan la seguridad de las semillas y menor cantidad de impurezas.
- Se determinó que la viabilidad de las semillas de balsa no es afectada en gran medida por la aplicación del fuego para eliminar el ala sedosa que las recubre.
- Se comprobó que el tratamiento de inmersión en agua caliente (100 °C) por un periodo de tres
  minutos demostró superioridad respecto al porcentaje de germinación, seguido de la inmersión
  en agua hirviendo por un periodo de dos minutos y después la colocación de las semillas en
  agua con hielo.
- Se estableció que el sustrato que favorece en mayor medida a la germinación es la arena de río. En este sustrato no hay problemas de mortalidad ni ataque de plagas; no obstante, se debe efectuar una fertilización mínima dos veces por semana para favorecer el crecimiento y desarrollo de las plántulas.
- Para el éxito de la reproducción de la especie, es necesario utilizar materiales de calidad y aplicar los métodos de desinfección de sustratos requeridos, con la finalidad de evitar la presencia de plagas en el sustrato. Técnicas como la solarización de sustratos, la utilización de fungicidas e insecticidas o el empleo de agua caliente a los sustratos ayudan a reducir la posibilidad de aparición de plagas.
- La presente investigación demuestra la necesidad de establecer estándares de calidad y precios para las plántulas de *O. pyramidale* en Costa Rica. La variabilidad actual en los precios no solo afecta la competitividad del sector, sino que también dificulta la comparación y evaluación de la calidad de las plántulas. La implementación de un sistema de certificación y la creación de un observatorio de precios podrían contribuir a mejorar la eficiencia del mercado y a garantizar una oferta de plántulas de alta calidad.

#### 7. Recomendaciones

- Avanzar con la creación de la cadena de valor de la especie Ochroma pyramidale, pues durante
  el desarrollo de este trabajo, se identificaron los diversos actores que componen la cadena. Es
  necesario generar alianzas para la comercialización de los distintos productos obtenidos de la
  especie, con el objetivo de originar las condiciones que favorezcan a los participantes de la
  cadena.
- Realizar más estudios de verificación de la viabilidad de las semillas de Ochroma pyramidale a las cuales se les aplicó el método de extracción de semillas utilizando fuego. Este es un método innovador para el procesamiento de los frutos, pero se debe verificar que el proceso no afecte la viabilidad de las semillas.
- Evaluar el efecto de otros tratamientos pregerminativos, como la escarificación mecánica y la escarificación química, en futuros trabajos de investigación sobre la especie en estudio.
- Llevar a cabo estudios adicionales para evaluar la efectividad de los tratamientos pregerminativos T1 y T3 en otros sustratos y condiciones ambientales. También, se sugiere evaluar el impacto de estos tratamientos en el crecimiento de las plántulas de balsa, contemplando variables como numero de hojas, altura de plántulas, vigorosidad entre otros.
- Realizar estudios sobre el comportamiento de la germinación de la balsa en otros sustratos como la turba o diferentes mezclas de tierra, arena y abono.
- Profundizar en el tema de la fertilización de las plántulas en vivero debido a que este fue uno de los puntos donde no se obtuvo mucha información por parte de los encargados del vivero en la etapa de recolección de información.
- Por la alta susceptibilidad de la planta de balsa a ataques de plagas, es recomendable tomar medidas preventivas desde las primeras etapas de desarrollo de las plántulas, con el propósito de evitar la pérdida de plantas.
- Considerando la disparidad de precios en el mercado de plántulas de *Ochroma pyramidale*, se propone fomentar la creación de una asociación de viveros en Costa Rica. Esta asociación podría establecer mecanismos de cooperación para compartir conocimientos, tecnologías y recursos, lo que a su vez permitiría alcanzar economías de escala y una mayor eficiencia en la producción. La asociación podría jugar un papel fundamental en la negociación de precios más competitivos y estables para el beneficio de los productores y los consumidores.

#### Referencias

- Aguilar, D. (2021). *De la selva a la China: la fiebre balsera que pagó 22 centavos de dólar por árbol.* https://www.connectas.org/especiales/de-la-selva-a-la-china/
- Amat, J. (2016). *ANOVA análisis de varianza para comparar múltiples medias*. https://www.cienciadedat os.net/documentos/19\_anova.html
- Apuy, E. (2021). Prospección de oportunidades comerciales para la exportación de madera de balsa en Costa Rica. http://sistemas.procomer.go.cr/DocsSEM/84071DC3-B723-4254-AF7C-C32B5B0B04B8.pdf
- Arce, H., Sánchez, L., Slaa, J., Sánchez, P., Ortiz, A., Van Veen, J. y Sommeijer, M. (2001). Árboles melíferos nativos de Mesoamérica. Herbario Juvenal Valerio Rodríguez.
- Arguedas, M. (1997). *Plagas de semillas forestales en América Central y el Caribe*. CATIE. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/3344/Plagas\_de\_semillas\_forestales.pd f?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Existen%20m%C3%A1s%20de%2030%20%C3%B3r denes,Thysanoptera%20(trips%20o%20piojillos)
- Arguedas, M. (2008). *Plagas y enfermedades forestales en Costa Rica*. Corporación Garro y Moya. https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/494/422
- Arriagada, V. (2000). *Semillas, inspección, análisis, tratamiento y legislación*. IICA. http://repiica.iica.int/docs/bv/agrin/b/f03/XL2000600205.pdf
- Arteaga, B., León, S., & Amador, C. (2003). Efecto de la mezcla de sustratos y fertilización sobre el crecimiento de Pinus durangensis Martínez en vivero. Foresta Veracruzana, 5(2), 9-16. https://www.redalyc.org/pdf/497/49750202.pdf
- Arteaga, Y., García, Y., Bravo, C. y Ureta, D. (2022). Morpho-physiological response of Ochroma pyramidale produced in nurseries by biopot technology to N, P, K fertilisation using an optimal custom design. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 10(1), 31-43. https://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/744/pdf\_1
- Autoridad del Canal de Panamá. (2008). *Manual de reforestación: especies maderables no tradicionales*. Editora Sibauste. http://www.cich.org/publicaciones/03/manual-reforestacion-vol3.pdf
- Barrance, A., Beer, J., Boshier, D., Chamberlain, J., Cordero, J., Detlefsen, G., Finegan, B., Galloway, G., Gómez, M., Gordon, J., Hands, M., Hellim, J., Huges, C., Ibrahim, M., Kass, D., Leakey, R., Mesén, F., Montero, M.,... Pennington, T. (2003). Ochroma pyramidale. En Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas (pp. 733-736). OFIE-CATIE.

- Betancourt, A. (1987). Silvicultura especial de árboles maderables tropicales. Científico-Técnica.
- Bravo, K., Menéndez, J. y Peñaherrera, F. (2018). Importancia de los estudios de tiempos en el proceso de comercialización de las empresas. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*. https://www.eumed.net/rev/oel/2018/05/comercializacion-empresas-ecuador.html
- Brenes, J. (2004). Determinación de los costos y rendimientos del proceso productivo en el vivero forestal de teca (Tectona grandis) de la empresa Prime Forestry S. A. [Informe de proyecto de graduación para optar por el grado de Bachiller en Ingeniería Forestal]. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Panamá.
- Camacho, R., Odelanti, M., García, D., Merino, P. y Loor, W. (2018). *Aceleración de la germinación de semillas de balsa (Ochroma pyramidale) por medio de métodos físicos y biológicos*. UTCiencia, 5(3), 207 213.
- Cedeño, D. (2021). *Manejo agronómico del cultivo de balsa (Ochroma pyramidale) en el Ecuador*. [Tesis de Ingeniería Agropecuaria]. Universidad Técnica de Babahoyo. Ecuador. http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/9280/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000121.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). (2000). *Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina*. CATIE. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2959/Manejo\_de\_semillas\_de\_100\_especies.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Chen, J. (2020). *Grados de variación de turba*. https://www.pthorticulture.com/media/3801/grados-de-variacion-de-turba-es.pdf
- Chízmar, C., Lu, A., y Correa, M. (2009). Plantas de uso folclórico y tradicional en Panamá. InBio.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (1999). Ochroma pyramidale. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. México.
  - $http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\_especies/arboles/doctos/15-bomba6m.pdf$
- Dávila, P. (2014). Estudio comparativo de costos en la instalación de una plantación forestal con dos sistemas de producción de plantones en la región Junín. [Tesis para optar por el título de Ingeniero Forestal]. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú. https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2357/K10-D3-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Flores, E., y Obando, G. (2003). Árboles del trópico húmedo: importancia socioeconómica. Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Fournier, L. (1985). El sector forestal costarricense: antecedentes y perspectivas. *Agronomía Costarricense*, 9(2), 253-260. https://www.mag.go.cr/rev\_agr/v09n02\_253.pdf
- Gaitán, Á. (2003). Volcamiento o mal del tallito: Rhizoctonia solani Kühn. En Cenicafé, *Enfermedades del cafeto en Colombia* (pp. 85-90). . https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/4371/1/cenbook-0025\_09.pdf
- González, B., Cervantes, X., Torres, E., Sánchez, C. y Simba, L. (2010). Caracterización del cultivo de balsa (Ochroma pyramidale) en la provincia de Los Ríos-Ecuador. *Revista Ciencia y Tecnología OJS*, *3*(2). https://doi.org/10.18779/cyt.v3i2.94
- González, B., Simba, L. y Oviedo, B. (2018). Un cultivo resiliente para enfrentar el cambio climático, la balsa (Ochroma pyramidale sw). *Revista Ciencia y Tecnología*, 18(20), 888-100. https://cienciaytecnologia.uteg.edu.ec/revista/index.php/cienciaytecnologia/article/view/226/323
- González, N. (2012). Propagación asexual de las especies forestales laurel (Cordia alliodora), balsa (Ochroma pyramidale), guayacán (Tabebuia crysantha), con aplicación de tres dosis de sustrato en los predios de la "UNESUM" en el Cantón Puerto López. [Tesis de grado]. Universidad Estatal del Sur de Manabí. Ecuador. http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/118/1/gonzales%20chiquito%20noa%20er ema.pdf
- Herrera, J. y Alizaga, R. (2019). Ruptura de la latencia de semillas de balsa (Ochroma pyramidale). *Revista Tecnología en Marcha*, *13*(2), 34-40. https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\_marcha/article/view/4141
- Hoffmann, P. y Velazco, S. (2012). *Cómo almacenar las semillas o prepararlas para su germinación*. FAO. https://www.bgci.org/wp/wp-content/uploads/2023/02/Brief-6-Spanish.pdf
- I. Grijpma, P. (2011). *Producción Forestal: Manuales para la producción agropecuaria*. (3era ed.). Mexíco: Trillas.
- Iglesias, L., Prieto, J. y Alarcón, M. (2014). La propagación vegetativa de plantas forestales. *Revista de Ciencias Forestales*, 15-41. https://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/download/998/2303#:~: text=La%20Propagaci%C3%B3n%20Vegetativa%20(PV)%20constituye,o%20en%20pelig ro%20de%20extinci%C3%B3n

- Imaicela, P. (2022). Evaluación de tres sustratos para la producción de plantas de balsa (Ochroma pyramidale) en vivero, en la provincia de Orellana. [Trabajo para optar al grado académico de Ingeniería Agrónoma]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador. http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/16539/1/13T00971.pdf
- International Tropical Timber Organization (ITTO). (2002). The balsa manual: Techniques for establishment y management of balsa (Ochroma langopus) plantations in Papua Nueva Guinea. ITTO.
- Jara, L. F. (1997). Secado, procesamiento y almacenamiento de semillas forestales. CATIE. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/3934/secado\_procesamiento\_y\_almace namiento.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Játiva, E. (27-29 de setiembre de 2017). *Análisis de la cadena de valor de la madera de balsa: el caso de la provincia de Esmeraldas*. XXII Congreso Internacional de Contaduría, Administración e Informática, Ciudad de México. http://premio.investiga.fca.unam.mx/docs/XXII/5.1.pdf
- Jiménez, E., Garcías, L., Carranza, M., Carranza, H., Morante, J., Martínez, M., y Cuásquer, J. (2017). Germinación y crecimiento de Ochroma pyramidale (Cav. ex Lam.) Urb. en Ecuador. *Scientia Agropecuaria*, 8(3), 243 250. doi:10.17268/sci.agropecu.2017.03.07
- Jiménez, F. (1993). *Viveros forestales para la producción de planta a pie de repoblación*. Rivadeneyra. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\_1993\_06.pdf
- Jiménez, Q., Rojas, F., Rojas, V. y Rodríguez, L. (2011). *Árboles maderables de Costa Rica: ecología y silvicultura* (2° ed.). INBio.
- López, R., y Montero, M. (2005). *Manual de identificación de especies forestales en bosques naturales con manejo certificable por comunidades*. SINCHI. https://www.sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/Manual\_identificacion.pdf
- Manzaba, B. (2022). Efecto de dos tipos de sustratos sobre el crecimiento inicial en vivero de las Jipijapa. [Tesis de grado]. Universidad Estatal del Sur de Manabí. Ecuador. http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3697/1/Tesis\_Bryan%20Manzaba.pdf
- Monge, D. (2021). Catálogo de productos crediticios para el sector agropecuario 2020. SEPSA. http://www.sepsa.go.cr/docs/2021-012-Catalogo\_productos\_crediticios\_SectorAgro\_2020.pdf
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2022). Guía Técnica de Buenas Prácticas Ambientales y Sociales de Producción de Plantas Forestales en el Marco de REDD+ en R.D.

- en Viveros. Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques y Banco Mundial, Santo Domingo, República Dominicana.
- Monteros, B. (2021). Evaluación de tres tipos de sustrato en la propagación sexual de (balsa) Ochroma Pyramidale en las colinas del Chigülpe, cantón de Santo Domingo de Los Colorados. [Trabajo para optar por el grado de Ingeniero Forestal]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador. http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/15932/1/33T00313.pdf
- Morandini, R. (1992). Aparatos y procedimientos para la manipulación de las semillas forestales. *Unasylva: Revista Internacional de Silvicultura e Industrias Forestales, 15*(04). https://www.fao.org/3/x5401s/x5401s07.htm#aparatos%20y%20procedimientos%20para%2 0la%20manipulaci%C3%B3n%20de%20las%20semillas%20forestales
- Murillo, O., Badilla, Y. y Barboza, S. (2018). Costos de producción en ambiente protegido de clones para reforestación. *Revista Forestal Mesoamericana: Kurú, 15*(37), 15-24. https://www.scielo.sa.cr/pdf/kuru/v15n37/2215-2504-kuru-15-37-15.pdf
- Niembro, A. y Trinidad, J. (2012). *Germinación y manejo de especies forestales tropicales*. Universidad Veracruzana.
- Oliva, M., Vacalla, F., Pérez, D. y Tucto, A. (2014a). Vivero forestal para producción de plantones de especies forestales nativas: experiencia en Molinopampa Amazonas-Perú. ITTO. https://lenguaculle.com/files/blog/farming/vivero-forestal-para-produccion-de-plantones-de-especies-nativas.pdf
- Oliva, M., Vacalla, F., Pérez, D. y Tucto, A. (2014b). *Manual: recolección de semillas de especies forestales nativas: experiencia en Molinopampa, Amazonas-Perú*. ITTO. http://www.itto.int/files/itto\_project\_db\_input/2993/Technical/1%20Manual%20colecta%20 semillas.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (1991). Capítulo 8: Tratamiento previo de la semilla. En R. Willan (Ed.), *Guía para la manipulación de semillas forestales con especial referencia a los trópicos*. FAO. https://www.fao.org/3/AD232S/ad232s10.htm
- Petit, J. (2001). Fichas técnicas de 38 especies plantadas en Venezuela. Universidad de los Andes. https://www.researchgate.net/publication/312587343\_FICHAS\_TECNICAS\_DE\_38\_ESPE CIES\_PLANTADAS\_EN\_VENEZUELA

- Plaza, X. (2021). Efectos de cinco sustratos en la producción de plántulas de Ochroma pyramidale (Cav. ex Lam.) Urb. en el cantón Paján, provincia de Manabí. Universidad Estatal del Sur de Manabí.
  - https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3101/1/TESIS%20XAVIER%20PLAZA%20UNESUM--signed-signed.pdf
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2020). *Guía base para el establecimiento de viveros forestales*. https://huelladelfuturo.cr/sites/default/files/2020-07/guia-viveros-forestales.pdf
- Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica (PROCOMER). (2021). *Madera balsa costarricense podría tener potencial en segmentos internacionales de valor agregado*. https://www.procomer.com/noticia/comprador-internacional-noticia/madera-balsa-costarricense-podria-tener-potencial-en-segmentos-internacionales-de-valor-agregado/
- Pumisacho, E. (2015). Respuesta de la prímula de jardín (Prímula acaulis) a la aplicación de sustratos orgánicos y bioestimulantes. Nayón, Pichincha. [Tesis de grado para optar por el título de Ingeniería Agrónoma]. Ecuador. http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7430/1/T-UCE-0004-46.pdf
- Quiroz, I., García, E., González, M., Chung, P., & Soto, H. (2009). Viveros forestales: Producción de plantas nativas a raíz cubierta. Chile: Centro Tecnológico de la Planta Forestal.
- Restrepo, A., Quiceno, C., Vásquez, M., Rincón, J., Castro, S. y García, B. (2017). *Especies forestales con potencial para la zona cafetalera de Risaralda*. UNISARC.
- Reyes, Y. (2018). Clasificación de costos. <a href="https://www.pucv.cl/uuaa/site/docs/20181123/20181123195708/apuntedocenteclasificacion">https://www.pucv.cl/uuaa/site/docs/20181123/20181123195708/apuntedocenteclasificacion</a> decostosyr.pdf
- Ríos, C., Orantes, C., Moreno, R. y Farrera, O. (2016). Viabilidad y germinación de semillas de Jopi (Ochroma pyramidale Cav. ex Lam. Urb.) (Malvaceae). *Lacandonia*, 10(2), 7-10. https://www.researchgate.net/publication/313746805\_Viabilidad\_y\_germinacion\_de\_semilla s\_de\_Jopi\_Ochroma\_pyramidale\_Cav\_ex\_Lam\_Urb\_Malvaceae
- Ríos-Geovo, V., Cordova-Tovar, L., Ramírez, P., Copete, H., & Ramos, P. (2020). MÉTODOS DE ESCARIFICACIÓN QUÍMICA Y SUS EFECTOSEN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE Ohcroma pyramidale (Cav. ex Lam.) Urb. Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 12(1), 165-177. Obtenido de <a href="https://www.semanticscholar.org/reader/473593fff702fdff3e5ec4cb7f509e1dc584c5fb">https://www.semanticscholar.org/reader/473593fff702fdff3e5ec4cb7f509e1dc584c5fb</a>

- Ríos, V., Córdoba, L., Ramírez, P., Copete, J. y Ramos, P. (2020). Métodos de escarificación química y sus efectos en la germinación de semillas de Ochroma pyramidale Cav. ex Lam. Urb. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 12*(1), 165–177. https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/3727
- Rodríguez, D. y Mendoza, G. (2017). *Análisis de semillas forestales*. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Rojas, F. (2006). Viveros forestales (2da ed.). UNED.
- Rojas, F. y Torres, G. (2009). Árboles del Valle Central de Costa Rica: reproducción. *Kurú: Revista Forestal*, 6(17), p. 70-72.
- Román, F., De Liones, R., Sautu, A., Deago, J. y Hall, J. (2012). *Guía para la propagación de 120 especies de árboles nativos de Panamá y el neotrópico*. ELTI. https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/20967/stri\_GUIA\_PROPAGACION.pdf?s equence=1&isAllowed=y
- Ruano, J. (2011). Viveros forestales: manual de cultivo y proyectos (2° ed.). Mundiprensa.
- Salinas, P. (2013). Evaluar la propagación sexual de especies forestales en invernadero bajo cuatro tipos de sustratos de la cuenca del Río San Francisco del cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe. Ecuador. [Tesis de grado para optar por el título de Ingeniero Forestal]. Universidad Nacional de Loja. Ecuador. https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5276/1/EVALUAR%20LA%20PROPA GACI%c3%93N%20SEXUAL%20DE%20ESPECIES%20FORESTALES.pdf
- Serna, Y., Torres, J. y Asprilla, Y. (2020). Durabilidad natural de la madera de *Ochroma pyramidale*Urb. en el municipio de Atrato, Colombia. *Ciencias Agrícolas, 16*(1), 192-202. doi: 10.18041/1900-3803/entramado.1.6105
- Smith, T. y Smith, R. (2007). *Ecología* (E. Román, trad., 6° ed.). Pearson Educación. http://www.biocon.unam.mx/docencia/oceanografia-biologica/lecturas-libros/ecologia-smith--smith.pdf
- Solís, S., Gómez, M. y Velázquez, C. (2019). Viabilidad y germinación de semilla de Cordia elaeagnoides A. DC. *Polibotánica*, (48), 121-134. doi:10.18387/polibotanica.48.10
- Tejada, N., Gisbert, V. y Pérez, A. (2017). Metodología de estudio de tiempo y movimiento; introducción al GSD. *3Ciencias*, 39-49. doi:http://dx.doi.org/10.17993/3cemp.2017.especial.39-49

- Toledo, K., Levy, S., Macario, P. y Nova, J. (2018). Germination of two varieties of Ochroma pyramidale (Cav. ex Lam.) Urb. from the Lacandon Jungle, Chiapas. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 25(1), 85-94. doi:10.5154/r.rchscfa.2018.06.046
- Toro, J., & Quiróz, I. (2007). Fertilización de Eucalyptus globulus Producidos en contenedor (1era ed.), Chile.
- UEIA. (2014). *Catálogo virtual de flora del Valle de Aburrá: Ochroma pyramidale*. https://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/species/57
- Varela, S., & Basil, G. (2011). Uso de compost en la producción de plantines de especies forestales.

  INTA, Bariloche, Argentina. Obtenido de <a href="https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/11395/INTA\_CRPatago\_niaNorte\_EEABariloche\_Varela\_SA\_Uso\_De\_Compost\_En\_La\_Produccion\_De\_Plantines\_De\_Especies\_Forestales.pdf?sequence=1&isAllowed=y</a>
- Vozzo, J. A. (2010). *Manual de semillas de árboles tropicales*. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA).
- Zalamea, P., Sarmiento, C., Arnold, E., Davis, A. y Dalling, J. (2015). Do soil microbes and abrasion by soil particles influence persistence and loss of physical dormancy in seeds of tropical pioneers? *Frontiers in Plant Science*, *5*. doi:https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00799
- Zamora, N. (2022). *Atlas de la biodiversidad de Costa Rica-CRBio*. http://www.crbio.cr:8080/neoportal-web/species/Ochroma%20pyramidale

#### Anexos

# Anexo 1: Entrevista para viveros productores de balsa (Ochroma pyramidale) referente a procesos de reproducción de la especie

La presente entrevista fue formulada con la finalidad de conocer el proceso de reproducción de la especie *Ochroma pyramidale* (balsa), así como los costos que involucra la producción de la especie en los distintos viveros ubicados en el territorio nacional, se espera obtener información que sirva de insumo para la creación de un manual de reproducción de la especie a nivel de vivero.

Nombre del entrevistado:	Fecha:
Vivero u organización:	

## Parte 1: Proceso de producción de balsa en vivero.

- 1. Contextualización del vivero/organización (¿cuáles especies producen?, ¿quiénes son sus principales compradores o producen para establecer sus propias plantaciones?, ¿cuál es el área de plantaciones? [¿dónde están ubicadas?]).
- 2. ¿Han experimentado algún problema relacionado a la germinación/reproducción de la especie (bajos porcentajes de germinación, fuentes semilleras, etc.)?
- 3. ¿Cuál es el origen del material genético que utilizan (semilla)?
- 4. ¿Cuáles son las características deseables de los árboles semilleros? ¿Cómo es el proceso de selección de los mismos? ¿Tienen identificados los árboles semilleros? ¿Cuáles son las fechas programadas para la recolección de la semilla?
- 5. Si utilizan semilla, ¿qué tratamientos pregerminativos utilizan? ¿Conoce cuál es el porcentaje de germinación de este método?
- 6. ¿Han tenido experiencia al aplicar otros tratamientos? ¿Cuál es el tratamiento que ha presentado mayor porcentaje de germinación?
- 7. ¿Cuáles son las fases del proceso de producción? (preparación sustrato, preparación de la semilla, siembra, tratamientos, mantenimiento, carga de plantines)
- 8. ¿Utilizan camas, bandejas de germinación o jiffy's, otro?
- 9. ¿Cuál es la composición del sustrato que utilizan (tierra negra, arena, materia orgánica, turba etc.)?
- 10. ¿Utilizan riego, fertilización, control de malezas? ¿Cómo son estos procesos?
- 11. ¿Cuáles son las condiciones del vivero? ¿Luz, humedad, temperatura, son controladas?

- 12. ¿Han tenido algún problema fitosanitario/plaga a nivel de vivero? ¿Qué cuidados aplican para evitar estos problemas?
- 13. ¿Cuál es la producción mensual o anual de plántulas?
- 14. ¿Cuáles son las actividades de mantenimiento del vivero que realizan? ¿Cada cuánto tiempo las realizan?
- 15. ¿Cuántas personas laboran en el vivero y cuáles son sus labores? ¿Cuál es el horario laboral?

#### Parte 2: Costos de producción de la balsa.

- 1. ¿Conoce usted cuál es el costo aproximado de producir una planta?, ¿cuál es el precio de comercialización (si las comercializan)?
- 2. ¿Sabe usted cuál es el costo del material genético (kg de semillas)?
- 3. ¿Conoce cuál es el costo de la aplicación del tratamiento pregerminativo que utilizan?
- 4. ¿Conoce usted cuál fue el costo de instalación del sistema de riego (si poseen)?
- 5. ¿Sabe cuánto fue el costo de instalación del vivero?
- 6. ¿Conoce usted el costo aproximado del mantenimiento del vivero?
- 7. ¿El terreno donde está ubicado el vivero es propio de la organización o alquilado? ¿Deben pagar un alquiler por el terreno? ¿Cuál es el monto del alquiler?
- 8. ¿Tienen contrato con algún proveedor de insumos? ¿Cuál es el costo mensual/anual de la compra de insumos (bolsas, contenedores, fertilizantes, enraizador, herramientas, etc.)?
- 9. ¿Cuál es el costo aproximado del pago de salarios de los empleados del vivero (incluyendo personal administrativo)?
- 10. ¿Cuál es el costo aproximado mensual/anual del pago de servicios básicos del vivero (agua, luz, teléfono, otros)?
- 11. ¿Conoce el costo de transporte de las plantas a los sitios de plantación?

# Anexo 2: Entrevista para productores de balsa (*Ochroma pyramidale*) referente la experiencia de la producción de plantas de la especie

La presente entrevista fue formulada con la finalidad de recolectar información sobre la experiencia de los productores en el proceso de reproducción de la balsa.

Nombre del entrevistado:	Fecha:
--------------------------	--------

- 1. ¿Cuál fue la procedencia de la semilla que utilizó (fuente silvestre o comprada en banco de semillas)?
- 2. En el caso de que haya recolectado las semillas de fuentes silvestre, ¿cuáles eran las características que buscaba en los semilleros?, ¿dónde se localizaban estos árboles?
- 3. ¿Adquirido plantas de otra empresa o vivero?
- 4. ¿Cómo fue el tratamiento pregerminativo que utilizó?
- 5. ¿Cuál es el método de germinación de la semilla que utilizó (bancal, bolsa, bandejas de germinación, pellets, jiffy)?
- 6. ¿Cuál fue la composición del sustrato que utilizó?
- 7. ¿Cómo fue el proceso de germinación (fases del proceso: búsqueda de fuentes semilleras, preparación de sustrato, aplicación de tratamiento, ¿siembra, fertilización, repique, etc.)?
- 8. ¿Qué tipo de fertilizante les aplicó a las plántulas?
- 9. ¿Qué sistema de riego utilizó y cuántas veces al día lo aplicaba?
- 10. ¿Para la germinación de las semillas construyó una estructura? ¿Cuáles eran/son las condiciones de la estructura (un galerón cerrado, únicamente un toldo de plástico)?
- 11. ¿En cuánto tiempo las plántulas estaban listas para el repique y para ir a campo?
- 12. ¿Cuál fue el costo de instalación de la estructura, insumos y la producción de los árboles?
- 13. ¿Cuántas personas requirió para las labores de germinación, riego, fertilización de las plántulas?
- 14. ¿El terreno donde está ubicado el área de germinación/plantación es propio, prestado o alquilado? ¿Deben pagar un alquiler por el terreno? ¿Cuál es el monto del alquiler?

Anexo 3: Matriz comparativa de resultados de las entrevistas sobre el proceso de reproducción de balsa (Ochroma pyramidale) aplicadas a viveros y productores en diferentes localidades en Costa Rica

Vivero	Origen del material genético	Tratamiento pregerminativo aplicado	Condiciones del vivero	Sustrato	Tipo de germinado- res	Otros factores	Porcentaje de germinación
CORIREVE							
ASIREA							
CODEFORSA							
Estación Biológica La Suerte							
BARCA							
Almácigos Vega							
Productor 1							
Productor 2							

Anexo 4: Tiempo de procesamiento de frutos de Ochroma pyramidale aplicando tres métodos diferentes, estudio realizado en Costa Rica

Número	Método de procesamiento	Tamaño del fruto (cm)	Cantidad de semillas	Tiempo de extracción
1	Zaranda	17	420	00:57:36
2	Zaranda	15	215	00:22:01
3	Zaranda	18	737	01:07:42
4	Zaranda	12	50	00:12:48
5	Zaranda	12	185	00:19:45
6	Zaranda	17,5	671	00:56:48
7	Zaranda	13,5	153	00:15:02
8	Zaranda	15,3	420	00:31:48
9	Zaranda	16,5	343	00:40:14
10	Zaranda	12	70	00:09:02
11	Zaranda	14	165	00:17:46
12	Manual	13	299	00:33:35
13	Manual	16,7	146	00:16:08
14	Manual	14	322	00:34:55
15	Manual	17,5	596	00:51:55
16	Manual	17,4	585	01:05:25
17	Manual	14,6	146	00:15:16
18	Manual	18,3	344	00:43:15
19	Manual	15	123	00:19:41
20	Manual	17,6	665	01:02:41
21	Manual	12	69	00:15:47
22	Manual	12	47	00:06:16
23	Fuego	16,5	546	00:11:01
24	Fuego	12,9	128	00:05:25
25	Fuego	17	569	00:11:28
26	Fuego	12,5	179	00:06:22
27	Fuego	13,6	240	00:05:51
28	Fuego	12,9	52	00:08:14
29	Fuego	19,1	361	00:17:42
30	Fuego	17,3	276	00:07:25
31	Fuego	13	110	00:02:34
32	Fuego	18,5	245	00:06:31
33	Fuego	13,4	152	00:03:46
Suma		-	9629	13:21:45
Promedio		15,08	292	00:24:18

Anexo 5: Pruebas de viabilidad por flotación aplicadas a semillas de Ochroma pyramidale que previamente fueron sometidas a diferentes métodos de procesamiento de frutos, estudio realizado en Costa Rica

Método de extracción de semillas	n° de semillas inviables	% de viabilidad
Fuego	2	98
Fuego	20	80
Fuego	13	87
Manual	17	83
Manual	13	87
Manual	24	76
Tamiz	16	84
Tamiz	15	85
Tamiz	18	82

Anexo 6: Resultados semanales de la evaluación de las pruebas de germinación de semillas de Ochroma pyramidale realizado en Costa Rica

Sustrato	Método pregerminativo	1era medición (10 D)	2da med. 17D	3era med. 24D	4ta med. 31D	total de plántulas	% de germinación
	T1: inmersión agua caliente x 3 min	223	113	26	6	368	73,6
S1: arena	T2: agua a temperatura ambiente x 24h	71	19	78	9	177	35,4
	T3: agua hirviendo + hielo	222	44	16	16	298	59,6
	T4: testigo	36	35	107	7	185	37
S2: mezcla de tierra	T1: inmersión agua caliente x 3 min	164	120	4	13	301	60,2
(50 %), compost (25 %) y	T2: agua a temperatura ambiente x 24 h	81	9	32	14	136	27,2
granza de arroz	T3: agua hirviendo + hielo	153	38	7	12	210	42
(25%).	T4: testigo	38	47	48	13	146	29,2

**Nota:** D= días después de la siembra.

Anexo 7: Manual para la reproducción en vivero de la balsa (Ochroma pyramidale (Cav. ex Lam.) Urb.) en Costa Rica



Recopilación, redacción y edición técnica:

**Evelyn Brenes Arroyo** 

# Manual para la reproducción en vivero de la balsa en Costa Rica

Ochroma pyramidale

(Cav. ex Lam.) Urb.



Yessenia Valerio Brenes Diseño e ilustración

Heredia, 2024

#### Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Costa Rica y a la Escuela De Ciencias Ambientales (EDECA) por generar espacios colaborativos entre instituciones para el desarrollo de proyectos en pro del desarrollo de diversos sectores de la economía costarricense.

A las organizaciones, viveros y productores que compartieron sus experiencias y conocimientos en la reproducción de la balsa a nivel de vivero, quienes hicieron posible la recolección de información para el presente documento: ASIREA, Almácigos Vega, BARCA, CODEFORSA, Ericka Hidalgo y Ernesto Hidalgo de la Estación Biológica La Suerte, a los productores Luis Aguirre y Marian Bermúdez.

A todas las personas que de una u otra forma fueron parte del proceso de creación de este manual.



# Tabla de contenido

Presentación	5
1. Descripción de la especie	6
1.1. Floración y fructificación	7
1.2. Distribución	7
1.3. Hábitat natural	7
1.4. Ecología de la especie	7
2. Procesos necesarios para la reproducción de la balsa en vivero	8
2.1. Recolección y almacenamiento de la semilla de Balsa	8
2.1.1. Selección de fuentes semilleras	8
2.1.2. Recolección de frutos	9
2.1.3. Métodos de extracción de semillas de balsa	10
2.2. Condiciones para el almacenamiento de semillas de balsa	12
2.3. Tratamientos pregerminativos	13
2.3.1. Descripción de tratamientos pregerminativos	13
2.4. Condiciones del vivero necesarias para la germinación	14
2.5. Materiales y consejos prácticos para lograr una buena germinación y cult	tivo de las
plántulasplántulas	15
2.5.1. Sustrato	15
2.5.2. Preparación y desinfección de sustrato	16
2.6. Siembra	17
2.7. Fertilización	17
2.8. Riego	18
2.9. Repique	18
2.10. Problemas sanitarios a nivel de vivero	19
2.10.1. Plagas a nivel de frutos y semillas	19
2.10.2. Plagas a nivel de plántulas	20
2.11. Manejo de plántulas en el contenedor de comercialización	21
3. Costos de producción a nivel de vivero	
Bibliografía	
DIUIUYI aiia	

#### Presentación

Ochroma pyramidale, también conocida como balsa, es una especie forestal y maderera que posee gran demanda en el mercado internacional, esta se desarrolla de manera natural principalmente en bosques secundarios y áreas alteradas, además se cultiva en proyectos de reforestación (González et al., 2010, p.7). Esta especie se caracteriza por tener árboles que crecen muy rápido, con una producción media anual de (10 a 25 m3/ha/año) y un ciclo corto de aprovechamiento, en promedio cinco años. Esto hace que sea una fuente importante de madera en zonas tropicales, que se ha vuelto muy popular en el mundo, por la belleza y resistencia de la madera (González, Simba, & Oviedo, 2018, p.90). Uno de los principales compradores de madera de balsa es China pues en este país se utiliza principalmente en la elaboración de aspas eólicas por las propiedades de aislamiento térmico, fónico, vibratorio, resistencia y estabilidad que posee (Apuy, 2021). Otras industrias de relevancia comercial para esta materia prima son la industria naval, la construcción y la aeronáutica" (PROCOMER, 2021).

El presente manual de reproducción en vivero de la especie *Ochroma pyramidale* (balsa) ofrece información pertinente, acertada y de fácil entendimiento sobre la reproducción de la especie, evitando así el desperdicio de recursos y tiempo por parte de los interesados en desarrollar proyectos de comercialización o reproducción de esta especie.

Este documento fue creado a partir de la necesidad de poseer mayor conocimiento de los procesos necesarios con respecto a la reproducción de la especie a nivel de vivero, los cuales van desde la recolección de la semilla hasta el manejo de las plántulas previo a su comercialización o el establecimiento de plantaciones.

Para la elaboración de dicho manual se contó con la participación de viveros y productores los cuales fueron entrevistados, indagando sobre el proceso que desarrolla cada uno para lograr la reproducción de la especie a nivel de vivero, finalmente se pusieron a prueba procesos como: el procesamiento de los frutos aplicando tres métodos distintos de extracción de semillas y la aplicación de tratamientos pregerminativos con la finalidad de determinar cuáles son los métodos más eficientes para la reproducción de la balsa.

#### 1. Descripción de la especie

Árbol siempreverde que puede alcanzar alturas de 30 m y diámetros de hasta 1.8 m, normalmente menores, fuste recto y cilíndrico, libre de ramas hasta 15 m de altura, frecuentemente con gambas (Barrance et al., 2003, p. 736). Tronco cilíndrico con raíces tubulares pequeñas en los troncos grandes (raíces contrafuertes). Corteza de color grisáceo y ligeramente rugosa. Hojas simples, alternas, con láminas de 16-37 x 15-32 cm, ovadas, pubescentes por el envés, los bordes son enteros. Flores grandes solitarias, axilares, grandes y llamativas, de color blanco o amarillento. Frutos capsulares erectos, de 14 a 20 cm de largo de color verdes a café dorado cuando maduran, que posee en su parte interior un material de consistencia similar al algodón (tricomas de protección), el cual envuelve las semillas (Chízmar, Lu, y Correa, 2009, p.49).

Las semillas de balsa son ovoides, de 3 a 5 mm de largo y de 1,5 mm de diámetro, son color castaño oscuro envueltas en una lana amarillenta y sedosa (CATIE, 2000, p.92). En un kilogramo de semillas de balsa se pueden encontrar aproximadamente 92 mil semillas, el costo de 1kg de semilla en el Banco de Semillas de CATIE es de \$500 (Banco de semillas del CATIE, 07 de febrero de 2023, comunicación directa).

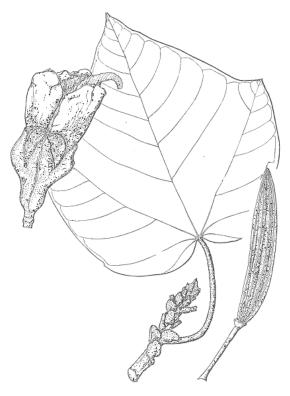


Figura 1: Ilustración de la especie Fuente: Barrance et al. (2003)

## 1.1. Floración y fructificación

La balsa es una especie de floración precoz (de tres a cuatro años) en Costa Rica florece de septiembre a enero (CATIE (2000) y Zamora (2022)). El fruto es una capsula casi cilíndrica pentalocular de 10 a 15 cm de largo y de 3 a 44 cm de diámetro, de color pardusco y pubescente con dehiscencia loculicida, en Costa Rica estos pueden ser observados de enero a marzo (CATIE, 2000, p.91). Por otro lado, Rojas y Torres (2009) la dendrocronología de los árboles de balsa en el Valle Central es: la floración se presenta en los meses de septiembre a febrero, mientras que la fructificación se presenta de enero a abril.

#### 1.2. Distribución

Se encuentra en el Pacífico norte, central y sur, así como en la zona norte y Caribe. El ámbito de elevación varía de 0-1200 m.s.n.m; aunque es más común en tierras bajas, sube hacia las faldas del macizo montañoso (Cordilleras de Guanacaste y Volcánica central). La especie crece bien en suelos volcánicos o arcillosos fértiles y bien drenados (Flores y Obando, 2003, p.531).

#### 1.3. Hábitat natural

Especie pionera, típica de bosques secundarios, se encuentra principalmente en elevaciones bajas, en suelos profundos junto a corrientes de agua; crece fácilmente en claros, bosques talados y taludes de caminos. Se reporta en las regiones tropicales y subtropicales, en bosques pluviales (López y Montero, 2005, p.17).

#### 1.4. Ecología de la especie

La balsa es una especie forestal con gran potencial para la restauración de áreas intervenidas esto debido a su gran capacidad de adaptación a áreas perturbadas (Ríos et al., 2020, p.1). Según CONABIO (1999) y UEIA (2014) entre las funciones ecológicas de la balsa se pueden mencionar: la protección del recurso hídrico, restauración de áreas degradadas, control de la erosión y provisión de hábitat para fauna silvestre.

La balsa es una especie pionera que coloniza áreas alteradas y bosques secundarios jóvenes. Frecuente en climas húmedos, con precipitaciones mayores a los 1500 mm anuales. Se considera que es poco exigente en suelos ya que se ha visto creciendo en áreas rocosas y en bosques riparios, su regeneración es abundante en algunos sitios como bordes de bosque, orillas de caminos y carreteras (Jiménez et al., 2011, p.201). La balsa es de importancia ecológica debido a que es una fuente de polen para las abejas (*Apis mellifera*), el néctar que produce esta especie contiene una concentración de 19% de azúcar, alcanzando un volumen hasta de µl por flor, sin embargo, las abejas colectan lo colectan en muy poca cantidad (Arce et al., 2001, p.133).

# 2. Procesos necesarios para la reproducción de la balsa en vivero

#### 2.1. Recolección y almacenamiento de la semilla de Balsa

#### 2.1.1. Selección de fuentes semilleras

La selección de árboles semilleros es un paso crucial para garantizar la calidad y productividad de las futuras plantaciones. Al seleccionar individuos con características deseables como crecimiento rápido, resistencia a plagas y enfermedades, y alta calidad de madera, se asegura la mejora genética de las poblaciones de balsa. La elección de árboles semilleros con fenotipos superiores permite obtener progenies con mayor vigor y adaptación a las condiciones ambientales locales.

Para la selección de fuentes semilleras se debe cumplir con los siguientes parámetros, descritos por Rojas (2006):

- Debe ser accesible, es decir, que su ubicación permita el acceso fácil y seguro.
- El fuste debe ser recto, cilíndrico y libre de bifurcaciones.
- El árbol debe estar en perfecto estado de sanidad, sin evidencia de plagas o enfermedades.
- Debe ser un árbol maduro (entre 5 y 7 años).
- Debe producir al menos una troza de madera comercial (con dimensiones entre 2 y 4m de largo y diámetros entre 20 y 40cm).
- Debe estar en una ubicación segura (no va a ser cortado).



#### 2.1.2. Recolección de frutos

La recolección de los frutos de balsa requiere un cuidado especial para no dañar los árboles. La herramienta a utilizar dependerá de la altura a la que se encuentren los mismos. Para árboles de baja estatura, una escalera puede ser suficiente. Sin embargo, cuando las vainas se encuentran en las copas de los árboles, se pueden emplean herramientas de mayor alcance como varas telescópicas o podadoras de extensión. Estas herramientas permiten realizar un corte preciso y seguro, minimizando el daño al árbol y garantizando la seguridad de los frutos colectados.

La recolección de los frutos se efectúa directamente del árbol, de ser posible por la mañana temprano cuando todavía están húmedos o cuando está lloviendo para evitar que las cápsulas se abran y se diseminen las semillas. La pelusa de la semilla puede limpiarse frotándola o quemándola (CONABIO, 1999, p.67).

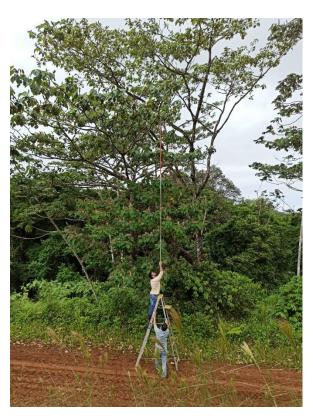


Figura 2: Recolección de frutos directo del árbol con ayuda de una escalera y una podadora manual de extensión o vara telescópica

Una vez recolectados los frutos es importante secarlos para reducir la humedad de los mismos y facilitar el proceso de extracción de las semillas, para este proceso se colocan los frutos al sol por un periodo de 3 a 4 horas o máximo uno o dos días, dependiendo de las condiciones climáticas del sitio (Jara, 1997); además, se debe tener en cuenta la temperatura del sitio ya que los frutos al secarse se abren, lo cual podría ocasionar que el viento se lleve el ala sedosa y se pierdan las semillas.



Figura 3: Secado de frutos de balsa al sol

#### 2.1.3. Métodos de extracción de semillas de balsa

Los métodos para la extracción de las semillas recomendados tanto en la literatura como por los viveros productores de balsa en Costa Rica se describen a continuación.

• Extracción manual de semillas: una vez que se los frutos fueron secados al sol, se procede a realizar la extracción de las semillas, el procedimiento consiste en separar manualmente cada semilla de la lana que la envuelve, para esto primero se abre el fruto en dos y se extrae uno por uno el contenido del mismo, la parte interna que es donde se encuentran las semillas. Posteriormente se extrae una porción de la lana y se separan una a una las semillas del ala sedosa.

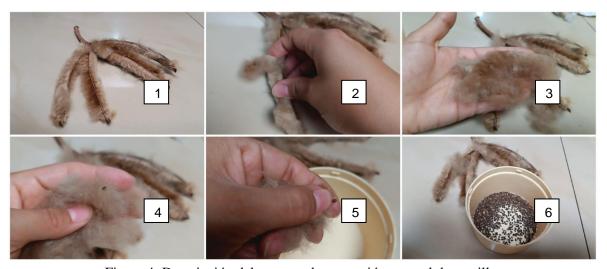


Figura 4: Descripción del proceso de extracción manual de semillas

Proceso: 1: fruto abierto, 2: separar la lana interna del fruto, 3: palpar las semillas con los dedos, 4: separar una por una las semillas, 5: colocar las semillas en un recipiente, 6: semillas libres de lana.

• Uso de fuego: se debe extender el ala sedosa que cubre las semillas en una capa fina sobre la malla o cedazo y prenderles fuego, conforme se quema la seda, las semillas caen de la malla, se debe colocar una tela o manta resistente al calor debajo para recolectar las semillas, o bien un recipiente con agua, lo que ayuda a enfriar las semillas. El proceso tarda pocos segundos, de lo contrario la lana no está lo suficientemente seca lo que puede provocar que las semillas se dañen.

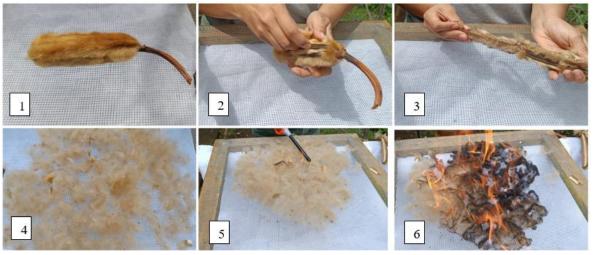


Figura 5: Descripción del proceso de extracción de semillas quemando la lana

Proceso: 1: fruto, 2: separar la lana externa del fruto, 3: Abrir una a una las valvas del fruto y extraer la lana que envuelve las semillas, 4: distribuir la lana en la zaranda, 5: quemar la lana, 6: esperar a que la lana se queme por completo liberando las semillas, se puede colocar debajo de la zaranda una tela resistente al fuego o bien un recipiente con agua.

• Uso de un tamiz: Consiste en separar, con ayuda del tamiz, las semillas del ala sedosa que las recubre; en otras palabras, se roza el ala sedosa (lana) contra el tamiz hasta que la semilla caiga por los huecos del tamiz, quedando únicamente la lana encima de la misma.

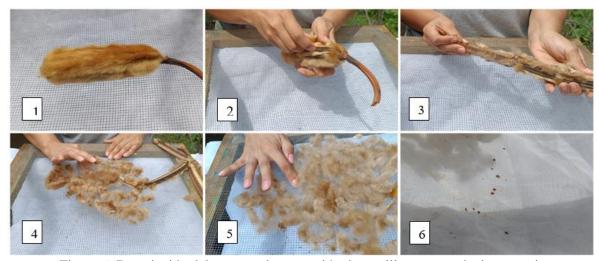


Figura 6: Descripción del proceso de extracción de semillas con ayuda de un tamiz

Proceso: 1: fruto, 2: separar la lana externa del fruto, 3: Abrir una a una las valvas del fruto y extraer la lana que envuelve las semillas, 4: distribuir la lana en la zaranda o tamiz, 5: frutar la lana en el tamiz para liberar las semillas, 6: semillas libres de lana.

Según los resultados de las pruebas realizadas el método más efectivo para la extracción de las semillas fue la aplicación de fuego ya que este más efectivo en términos de rapidez, que los métodos de extracción manual, sin embargo, este método debe realizarse con cuidado y la lana debe estar seca para que pueda arder y evitar que las semillas se quemen. Cada uno de los métodos de extracción tiene sus ventajas y desventajas las cuales se describen a continuación.

**Cuadro 1:** Ventajas y desventajas de cada método de procesamiento de frutos de *Ochroma pyramidale*, estudio realizado en Costa Rica

Método	Ventajas	Desventajas
Manual y zaranda	<ul> <li>Se obtiene semillas con menor cantidad de impurezas</li> <li>Se pueden seleccionar fácilmente las semillas dañadas (barrenadas, suaves, aplastadas o que no se desarrollaron)</li> </ul>	<ul> <li>Es un método que requiere habilidad manual.</li> <li>Se requiere de mayor tiempo para extraer las semillas.</li> <li>Debe hacerse en un lugar cerrado sin entradas de aire.</li> <li>Se genera gran cantidad de basura.</li> </ul>
Fuego	<ul> <li>Requiere menor tiempo</li> <li>Es un proceso relativamente sencillo</li> </ul>	<ul> <li>Debe realizarse en un ambiente controlado, sin entradas de aire y lejos de productos o materiales inflamables.</li> <li>Los frutos deben estar secos (es decir, tener poca humedad en su interior) para que la lana se queme.</li> <li>Se genera mayor cantidad de impurezas.</li> <li>Si no se realiza correctamente el proceso existe el riesgo de quemar las semillas.</li> </ul>

#### 2.2. Condiciones para el almacenamiento de semillas de balsa

Las semillas pueden conservarse por un periodo de hasta 5 años, limpias en recipientes sellados herméticamente en cuartos fríos (4°C) y con contenidos de humedad de 5 a 6% (CATIE, 2000, pp.92).

#### 2.3. Tratamientos pregerminativos

Se ha determinado que las semillas de esta especie presentan latencia y una resistencia mecánica del pericarpo por lo que su germinación presenta problemas, es decir para lograr una germinación homogénea y con buenos porcentajes de germinación es necesario aplicar tratamientos pregerminativos.

#### 2.3.1. Descripción de tratamientos pregerminativos

Los tratamientos recomendados para reproducción de la balsa, fueron seleccionados con base en los resultados de las pruebas de vivero efectuadas para la elaboración de este manual, los que se describen a continuación fueron los que presentaron mayores porcentajes de germinación.

I. Inmersión en agua caliente: se colocan las semillas en un recipiente con agua caliente aproximadamente a 100°C. por un periodo de tres minutos, posteriormente se sacan del agua con ayuda de un colador y se pasan a una bandeja o recipiente plano con toallas de papel para retirar el exceso de agua.

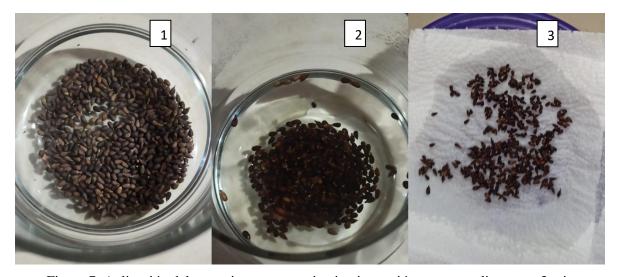


Figura 7: Aplicación del tratamiento pregerminativo inmersión en agua caliente por 3 min

Descripción del proceso: 1: semillas seleccionadas, 2: Agregar agua a 100°C dejar enfriar, 3: Colar las semillas y dejarlas secar sobre papel absorbente.

II. Inmersión en agua hirviendo: colocar las semillas en una olla con agua hirviendo por un periodo de dos minutos (es importante tomar el tiempo para no cocinar la semilla) pasado ese tiempo se pasan las semillas a un recipiente con agua y hielo, lo que provoca un choque térmico, rompiendo el pericarpio y propiciando la germinación.

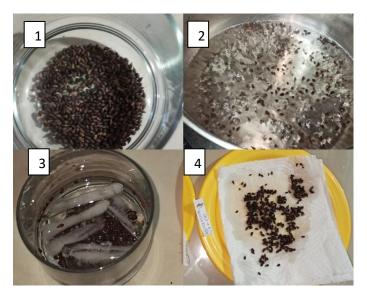


Figura 8: Aplicación del tratamiento pregerminativo inmersión en agua hirviendo por 2 min

Descripción del proceso; 1: semillas seleccionadas, 2: colocar las semillas en una olla con agua hirviendo y dejarlas en el fuego por un periodo de 2 min. 3: colar las semillas y colocarlas en un recipiente con agua y hielo, 4: colar y dejar secar las semillas en papel absorbente.

#### 2.4. Condiciones del vivero necesarias para la germinación

Mediante la investigación realizada previo a la elaboración de este manual se pudo determinar que el proceso de germinación puede ser realizado por viveros y productores con condiciones de infraestructura básicos, es decir los productores pueden destinar un área en sus fincas para la realizar el proceso de germinación, en bancales, bolsas o bandejas de germinación, siempre tomando en cuenta las medidas necesarias para evitar el ataque de patógenos (aplicar algún método de desinfección de sustratos, fungicidas e insecticidas) o animales de campo que puedan dañar las plántulas. Basta con limpiar el terreno y mantenerlo libre de hierbas, aplicando herbicida en el área para evitar la aparición de arvenses. Además de seleccionar los materiales adecuados para el proceso de germinación como sustratos, fertilizantes y herramientas a utilizar, finalmente el espacio debe contar con un techo, sarán o plástico para disminuir la radiación y el efecto de goteo provocado por la lluvia.

Las condiciones necesarias para el proceso de germinación de la especie son:

- **A. Porcentaje de entrada de luz:** es recomendable que la entrada de luz sea manejada con un sarán que permita un 60% de sombra en los primeros 15 a 22 días posterior a la germinación. También es importante que el sarán pueda ser removido cuando las condiciones climáticas así lo permitan.
- **B. Humedad:** Es un factor imprescindible en el proceso de germinación ya que la semilla absorbe agua hasta la imbibición, lo que permite la activación de los procesos metabólicos. El sustrato que se utilice para la siembra de las semillas debe tener la capacidad de retener humedad para que se generen las condiciones necesarias para la germinación.

- C. Temperatura: es uno de los factores más influyentes en el proceso de germinación, los rangos óptimos están entre los 25°C y 31°C y máximos entre 40°C y 50°C. Si la temperatura varía fuera de estos rangos se puede producir la muerte de la semilla.
- D. Sistema de riego: el riego depende de las condiciones climáticas del sitio donde se encuentre el vivero, es recomendable que este se aplique dos veces al día cuando las temperaturas son muy elevadas ya que esto propicia la evaporación de la humedad del sustrato. Cuando las condiciones climáticas son menos drásticas se recomienda aplicar riego una vez al día para evitar una excesiva humedad en el sustrato y evitar que se pudran las plántulas. El riego puede ser automático, o realizarse manualmente con ayuda de regadera o bomba de
  - espalda.

#### 2.5. Materiales y consejos prácticos para lograr una buena germinación y cultivo de las plántulas

#### 2.5.1. Sustrato

Un sustrato es cualquier material sólido, diferente del suelo natural, que se coloca en un recipiente. Puede ser natural o creado por el hombre, de origen mineral u orgánico. Su función principal es servir de soporte para las raíces de las plantas, anclándolas y permitiéndoles crecer. Además, algunos sustratos también pueden aportar nutrientes a las plantas, aunque no todos lo hacen (Agroequipos Del Valle, 2018).

El sustrato que se va a utilizar depende de las condiciones del vivero o productor, o el sistema de comercialización que se maneje en el vivero.

### Criterios para la selección del sustrato:

- Debe ser liviano.
- Debe presentar buen drenaje.
- Debe tener un pH neutro (entre 4.5 y 6.0).
- Sus partículas deben permitir la aireación.
- Debe ser homogéneo, barato y fácil de obtener.
- Debe estar libre de patógenos, malezas e insectos.
- Debe tener alta capacidad de intercambio catiónico.

En la producción de plántulas de balsa los sustratos más utilizados son:

- Arena: este es un material inerte y carente de nutrientes por lo que generalmente es utilizada en camas de germinación, donde se colocan las semillas y posteriormente se repican a bolsa, bandeja u otro método de comercialización de árboles.
- Tierra: es un sustrato bastante utilizado debido a que es fácil de conseguir, este debe presentar un pH de 5.5 para evitar problemas con hongos. Además, esta es frecuentemente utilizada en conjunto con otros componentes como el compost, la granza, la gallinaza o la fibra de coco lo que aporta mayor textura o nutrientes al sustrato.

- Turba: es un material orgánico muy rico en carbono, este se forma en las turberas como resultado de la putrefacción y descomposición parcial de musgos. Estas se dividen en dos grupos:
  - Turbas rubias: tienen un mayor contenido en materia orgánica y están menos descompuestas, incluso pueden utilizarse solas como sustrato debido a que es un material liviano y poroso (Chen, 2020). Además, poseen un buen nivel de retención de agua y aireación, pero son muy variables en cuanto a su composición ya que esta depende de su origen (Pumisacho, 2015).
  - Las turbas negras están más mineralizadas, teniendo un menor contenido en materia orgánica. En estado fresco alcanzan hasta un 98 % de humedad, pero una vez desecadas pueden usarse como combustible. Es más frecuente el uso de turbas rubias en un cultivo sin suelo, debido a que las negras poseen una aireación deficiente y unos contenidos elevados en sales solubles (Pumisacho, 2015).

#### 2.5.2. Preparación y desinfección de sustrato

El proceso de desinfección de sustratos necesario para cualquier tipo de sustrato que se quiera utilizar, es decir tanto la arena como las diferentes mezclas de tierra deben pasar por un proceso de desinfección o curado:

- Arena de río: es necesario lavarla varias veces hasta que el agua salga limpia, libre de tierra o impurezas, además se puede aplicar agua caliente suficiente para cubrir la capacidad del germinador, este proceso ayuda a disminuir la presencia de patógenos en el sustrato. Por otro lado, se pueden aplicar fungicidas e insecticidas.
- **Tierra:** se pueden utilizar procesos como la solarización, el cual consiste en colocar al sol la tierra en una envoltura de plástico negro o bolsas por un periodo de 8 a 22 días, Internamente, el sustrato sufre una pasteurización natural, la cual permite eliminar hongos patógenos (Fusarium, Rhizoctonia, Phytium, Phytophora, entre otros), adultos, larvas y huevos de insectos, plagas, nemátodos, bacterias y semillas de arvenses (Miranda, 2015) o bien se puede realizar un proceso de curado con cal, o agua hirviendo la cual se aplica al sustrato para eliminar agentes patógenos.

Aplicación de fungicidas e insecticidas la función de dichos productos es la de eliminar patógenos que puedan afectar el desarrollo de las plántulas, algunos de los productos que se pueden utilizar son:

- Vitavax 40WP: es un fungicida sistémico que permite eliminar la presencia de hongos en el sustrato, se aplica de 3 a 5g por litro de agua por metro cubico de sustrato, una vez seco el sustrato se puede realizar la siembra.
- Diazinon 60 EC: Insecticida organofosforado con acción de contacto, ingestión e inhalación. El Diazinon no es sistémico, pero si presenta acción translaminar. Incorporado al suelo, puede ser absorbido por la raíz y translocado a los brotes vía floema. Se aplican 2ml por litro de agua.

• Granuflo Thiram: fungicida de acción preventiva y amplio espectro, es efectivo particularmente contra Botritis, Monilia, Antracnosis y Fusarium, siendo muy bien tolerado por todos los cultivos y semillas. Se aplica 3.75g por litro de agua.

#### 2.6. Siembra

Una vez llenados los germinadores (bandejas o camas de germinación, bolsas), se procede a hacer un hueco de 5 a 8 mm de profundidad (CATIE, 2000) y se colocan las semillas, posteriormente se cubren las semillas con el sustrato, se debe esperar de 8 a 22 días para la germinación dependiendo del tratamiento pregerminativo utilizado, las condiciones del vivero y el sustrato.

Se recomienda la utilización de mesas para elevar los germinadores del suelo y evitar la incidencia de patógenos y plagas además de ser una forma más ergonómica de realizar las labores de siembra y mantenimiento de las plantas.

#### 2.7. Fertilización

El manejo de la nutrición en los viveros consiste en identificar cuáles de los nutrientes son problema y así diagnosticar apropiadamente los tratamientos, el manejo de los viveros requiere de métodos analíticos que reflejen en forma precisa la disponibilidad de nutrientes, así como de los métodos para evaluar y manipular el estado nutricional de las plántulas (Binkley, 1993).

Según Quiroz et. al (2009) la fertilización de plantas forestales en etapa de vivero puede ser utilizada para inducir características morfológicas y fisiológicas provocando que estas desarrollen mayor resistencia o aumenten su potencial de crecimiento, generalmente, se busca que la planta crezca rápidamente al principio y luego se "endurezca" para que pueda soportar el estrés de la cosecha y el trasplante. Quiroz et al. (2009) menciona que es importante utilizar una solución nutritiva que contenga todos los nutrientes necesarios para el desarrollo de las plántulas, estos elementos se clasifican en macro nutrientes (nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio y azufre), y micro nutrientes (hierro, manganeso, zinc, cobre, boro, cloro y molibdeno).

Este proceso puede realizarse con la aplicación de sales hidropónicas correspondiente a elementos mayores y menores, en las siguientes cantidades:

- Elementos mayores (nitrógeno, fosforo y potasio): 2.5cc por litro de agua
- Elementos menores (calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre, boro y molibdeno): 1.25cc por litro de agua.

O bien se puede utilizar una mezcla de abono 12-24-12 o 10-30-10 utilizado principalmente por productores. Sin embargo, ITTO (International Tropical Timber Organization, 2002) recomienda la aplicación de un fertilizante con contenidos de NPK de 27-5,5-9, se aplica cada quince días, y cada ocho en época lluviosa si las plántulas están expuestas a la lluvia.

Cabe aclarar que en el estudio realizado la fertilización se aplicó cuando las plántulas estaban en las bandejas de germinación, considerando que la arena es un material inerte y escasa de nutrientes se aplicó este proceso para incentivar el crecimiento y desarrollo de las plántulas. Sin embargo, este proceso puede realizarse una vez las plantas sean replicadas en el contenedor final de comercialización.

#### 2.8. Riego

La finalidad del riego es mantener la humedad en el sustrato para favorecer el crecimiento de las raíces lo que permite que estas crezcan adecuadamente. Según Montserrat (2005) La selección del tipo de riego depende de factores como el tipo de cultivo o la especie, la ubicación del vivero, la infraestructura, la programación del cultivo, además de la disponibilidad y la calidad del agua.

Por lo general, se recomienda regar los contenedores superficialmente, dos veces al día cuando están en proceso de germinación, una vez por la mañana y otra vez por la tarde. Luego de un mes de la germinación, la frecuencia de riego puede disminuir a uno y como máximo dos por día, pero con mayor intensidad (Quiroz et. al, 2009). Además, se recomienda monitorear la humedad del sustrato y así evitar la aplicación excesiva de riego, en condiciones de alta humedad se recomienda aplicar un solo riego por día y en condiciones de alta temperatura y radiación se recomienda la aplicación de dos riegos por un periodo de 1 a 2 min cuando el riego es mecanizado. El riego puede ser aplicado de forma manual con ayuda de una regadera, bomba de espalda o una manguera con boquilla, evitando que las gotas sean muy grandes y dañen las plántulas.

# 2.9. Repique

Este proceso consiste en el trasplante de las plántulas al método final de comercialización o plantación en campo estas pueden ser bolsas plásticas (4x8cm o mayores dependiendo del tiempo que las plantas vayan a estar en las mismas), jiffy o bandejas, este proceso permite que cada planta tenga un mejor desarrollo radical y crecimiento en altura, diámetro y follaje hasta que estén listas para ser plantadas en el campo. Como sustrato se puede utilizar una mezcla entre 50 y 60 % tierra, de 20 a 25% abono y de 20 a 25% granza de arroz.

#### **Procedimiento**

- I. Según Rojas et al. (2006) es recomendable regar con abundante agua previo al proceso de repique para facilitar la extracción de los contenedores, facilitando así que las raíces se separen del sustrato y evitar que se dañen.
- II. Se debe tomar la plántula de las hojas, no de los tallos evitando jalar o aplicar mucha fuerza.
- **III.** Se puede extraer plántula por plántula e ir repicando una por una o bien se pueden extraer varias plantas colocarlas en un recipiente con un poco de agua, este proceso debe realizarse a la sombra.

- IV. Se debe hacer un hoyo en el recipiente (bolsa o bandeja) e ir sembrando las plántulas apretando suavemente los alrededores del hoyo para no dañar las raíces ni las plántulas, si las plántulas tienen raíces muy grandes se recomienda aplicar una poda de las mismas.
- **V.** Una vez trasplantadas las plántulas se deben colocar en un lugar bajo sombra, evitando el contacto directo con el suelo y se debe aplicar riego.

#### 2.10. Problemas sanitarios a nivel de vivero

#### 2.10.1. Plagas a nivel de frutos y semillas

Las estructuras reproductivas de especies forestales pueden ser afectadas por gran cantidad de organismos vivos como insectos, ácaros, vertebrados y microorganismos (hongos, bacterias, virus y nemátodos). También pueden verse afectadas por condiciones del medio como el clima, desbalances nutricionales o alteraciones fisiológicas del árbol madre (Arguedas, 1997).

Entre las plagas reportadas para la especie balsa, se encuentran los insectos *Dysdercus sp*, este ataca principalmente las semillas de esta especie y *Euchroma gigantea*, el cual afecta al fuste; además, se identificó que la especie puede ser atacada por *Fusarium sp*. a nivel de raíces (Arguedas, 2008).

Según Arguedas (1997), las larvas de mariposas y abejones poseen estructuras bucales (mandíbulas y maxilas) que les permiten barrenar semillas, adicional los mamíferos como las ardillas y las aves son capaces de atacar los frutos de balsa, estas pueden atacar en grandes grupos afectando las fuentes semilleras de una especie al ser capaces de consumir gran cantidad de frutos.



Figura 9: Ejemplos de problemas sanitarios en semillas de balsa, 1: semillas con desarrollo deficiente, 2: insectos presentes en frutos de balsa y 3: semillas barrenadas.

#### 2.10.2. Plagas a nivel de plántulas

Las plántulas en vivero son susceptibles al mal del talluelo" (CATIE, 2000, p.92), el cual es una enfermedad producida por hongos del suelo que matan rápidamente las semillas y las plántulas jóvenes. Cuando esta ataca la semilla dentro del sustrato, es común ver áreas del germinador sin plántulas u obtener porcentajes de germinación muy bajos (Rojas, 2006).

Las condiciones que favorecen el mal de talluelo, según Rojas (2006), son:

- Siembra muy profunda.
- Almácigos mal drenados.
- Alta densidad de siembra.
- Falta de limpieza en el vivero.
- Altas temperaturas en el sustrato.
- Abuso de fertilizantes nitrogenados.
- Alta humedad en el aire o el sustrato.
- Mala circulación del aire dentro del bancal.
- Alto contenido de materia orgánica en el sustrato.
- Mala desinfección de las herramientas del vivero.
- Inadecuada acidez del suelo o del agua en el sistema de riego.

Si se detecta esta enfermedad en el germinador, "es importante eliminar las plantas enfermas y las plantas cercanas. También es importante aplicar un fungicida para prevenir la propagación de la enfermedad" (Gaitán, 2003, p.88).

Otros cuidados que se deben tener para evitar la aparición y propagación de esta plaga son: desinfectar las herramientas utilizadas en la siembra o manejo de plántulas y semillas, utilizar suelo esterilizado o desinfectado, y controlar el riego para evitar el exceso de humedad.

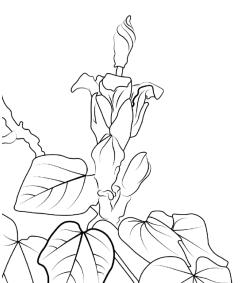




Figura 10: Ataque del mal de talluelo en plantulas de Ochroma Pyramidale

En caso de que el vivero no cuente con las condiciones de aislamiento, es decir estructuras cerradas o ambientes controlados, se puede dar el ataque de insectos (hormigas, grillos, etc.) o aves, que arrasan con las plántulas generando perdidas en la producción, es necesario tomar medidas preventivas para evitar el ataque de estos agentes tales como la aplicación de insecticidas y fungicidas.

#### 2.11. Manejo de plántulas en el contenedor de comercialización

- El manejo de las plantas debe ser minino para evitar dañar las plántulas, ya que las plántulas de esta especie suelen ser quebradizas en las primeras etapas de crecimiento. Se debe evitar mover los germinadores y de hacerlo debe ser con sumo cuidado.
- Manejo de arvenses: requieren de un especial seguimiento y control en todas las etapas de producción del vivero. Su control se puede realizar por métodos manuales o químicos. Hay muchos métodos de control, pero sólo uno probado y asegurado para producciones en pequeña escala y es, nunca permitir el crecimiento de malezas y cuando éstas se presentan, eliminarlas en forma manual. Habitualmente el deshierbe se debe realizar después de haber finalizado el riego en el vivero, para que el sustrato esté más suave y facilite la tarea, evitando el daño de raíces y la extracción accidental de las plántulas; se recomienda realizarlo cuando la maleza está pequeña (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2022)
- En caso de que el vivero o área de germinación sea abierto se debe tener cuidado de que no ingresen animales (de granja, roedores, aves o insectos) para evitar que dañen las plantas o escarben y se coman las semillas.

 Control de calidad: la finalidad de este proceso es producir material de calidad, el mismo se inicia desde la selección de la fuente semillera, continúa en la selección de semillas a plantar y termina a nivel de plantación, a nivel de vivero se eliminan las plántulas que presentan los siguientes defectos: plantas bifurcadas, muy grandes, mal formadas, torcidas o muy pequeñas (Rojas Rodríguez, 2006).

# 3. Costos de producción a nivel de vivero

Los costos de producción en viveros de *Ochroma pyramidale* son un factor crucial para la viabilidad económica de los viveros forestales, estos costos pueden variar dependiendo del sistema de producción que se utilice, es decir, se deben tomar en cuenta factores como: el origen de las semillas, el costo de los insumos (sustrato, fertilizantes, contenedores, herramientas, etc.), los costos administrativos del vivero, la mano de obra, el pago de servicios necesarios para el funcionamiento del mismo, a continuación, se presenta una propuesta sobre los costos de producción de un vivero para la balsa, para una producción anual de 40 000 plantas.

Cuadro 2: Rango de costos de insumos para la producción de 40,000 plántulas de balsa anuales, en Costa Rica.

Insumo	Precio unitario	Cantidad requerida para el total de la producción	Costo para el total de la producción	Costo por planta
Bandejas	Ø 980,00	556	<b>©</b> 544 444,44	Ø 13,61
Turba paca	<b>Ø</b> 32 900,00	9 pacas	<b>295</b> 038,71	<b>Ø</b> 7,38
Everest	<b>#</b> 14 770,00	1 L	<b></b> 14 770,00	₡ 0,37
By foland	Ø 35 595,00	1 L	Ø 35 595,00	₡ 0,89
Amistar (fungicida)	<b>#</b> 19 700,00	2 sobres	₡ 39 400,00	₡ 0,88
Microorganismos	Ø 5 400,00	8,9 L.	<b>#</b> 48 038,40	<b>Ø</b> 1,20
Sales	<b>#</b> 2 900,00	3750 gr.	<b>₡</b> 10 875,64	₡ 0,27
Sales hidropónicas mayores	Ø 5 600,00	1 gr.	<b>₡</b> 5 600,00	₡ 0,14
Sales hidropónicas menores	Ø 5 600,00	0,5 gr.	<b>₡</b> 2 800,00	₡ 0,07
Agua	<b>#</b> 2 380,00	3,5 L	Ø 8 330,00	₡ 0,21
	<b>#</b> 1 004 892,19	<b>#</b> 25.01		

Nota: Costos pueden variar dependiendo de los insumos que utilicen, la cantidad y los proveedores.

Cuadro 3: Propuesta de costos de producción en vivero para una producción anual de 40 000 árboles de balsa en Costa Rica.

Concepto	Costo por planta	Costo por el total de producción
Mano de obra	<b>27,29</b>	Ø 1 091 440,00
Insumos	<b>25,01</b>	Ø 1 004 892,19
Costos administrativos	-	-
Mantenimiento	<b>\$\psi\$</b> 22,92	Ø 916 828,32
Imprevistos	<b>Ø</b> 10,16	<b>#</b> 407 018,92
Total	<b>Ø</b> 85,38	<b>#</b> 3 420 179,43

Nota: Los costos propuestos están basados en un estudio de costos de producción realizado en 2022 en el vivero de ASIREA, ubicado en la estación los diamantes, Guápiles, Limón, Costa Rica. Los costos administrativos deben calcularse en función de cada vivero o productor y deben tomar en consideración aspectos como la utilidad, cargos por servicios públicos, deudas adquiridas para la producción, entre otros.



#### Bibliografía

- Agroequipos Del Valle. (octubre de 2018). Agroequipos Del Valle: Los sustratos agrícolas y sus propiedades. Obtenido de https://www.agroequipos.com.mx/node/1687
- Apuy, E. (Agosto de 2021). Prospección de oportunidades comerciales para la exportación de madera de Balsa en Costa Rica. San José, Costa Rica. Obtenido de http://sistemas.procomer.go.cr/DocsSEM/84071DC3-B723-4254-AF7C-C32B5B0B04B8.pdf
- Arce, H., sánchez, L., Slaa, J., Sánchez-Vindas, P., Ortiz M., A., van Veen, J., & Sommeijer, M. (2001). Árboles Melíferos Nativos de Mesoamérica (1er ed.). Heredia, Costa Rica: CINAT-UNA.
- Arguedas, M. (1997). *Plagas de semillas forestales en América Central y el Caribe*. CATIE. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/3344/Plagas\_de\_semillas\_forestales.pd f?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Existen%20m%C3%A1s%20de%2030%20%C3%B3r denes,Thysanoptera%20(trips%20o%20piojillos)
- Arguedas, M. (2008). *Plagas y enfermedades forestales en Costa Rica*. Corporación Garro y Moya. https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/494/422
- Barrance, A., Beer, J., Boshier, D., Chamberlain, J., Cordero, J., Detlefsen, G., . . . Pennington, T. (2003). Ochroma pyramidale. En *Árboles de Centroamerica: Un manual para extensionistas* (págs. 733 -736). Cartago, Costa Rica.
- Binkley, D. (1993). *Nutrición Forestal: Prácticas Para El Manejo* (1era ed.). (M. Gúzman Ortiz, Trad.) México: LIMUSA S.A.
- CATIE. (2000). *Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina*. En R. Salazar, C. Soihet, & J. Mendez (Edits.). Cartago, Costa Rica: CATIE.
- Chen, J. (2020). *Grados de variación de turba*. https://www.pthorticulture.com/media/3801/grados-de-variacion-de-turba-es.pdf
- Chízmar, C., Lu, A., & Correa, M. (2009). *Plantas de uso folclórico y tradicional en Panamá* (Primera ed.). (J. Morales, Ed.) Heredia, Costa Rica: InBio.
- CONABIO. (1999). *Ochroma pyramidale*. México. Recuperado el 12 de abril de 2022, de http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\_especies/arboles/doctos/15-bomba6m.pdf
- Flores, E., & Obando, G. (2003). Árboles del trópico húmedo: Importancia Socioeconómica (Primera ed.). Cartago, Costa Rica: Tecnológica de Costa Rica.
- Gaitán, Á. (2003). Volcamiento o mal del tallito: Rhizoctonia solani Kühn. En Cenicafé, Enfermedades del cafeto en Colombia (pp. 85-90). . https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/4371/1/cenbook-0025\_09.pdf
- González, B., Cervantes, X., Torres, E., Sánchez, C., & Simba, L. (julio diciembre de 2010). Caracterización Del Cultivo De Balsa (Ochroma Pyramidale) En La Provincia De Los Ríos Ecuador. *Ciencia y Tecnología OJS*, 3(2), 7-11. doi:https://doi.org/10.18779/cyt.v3i2.94

- González, B., Simba, L., & Oviedo, B. (30 de noviembre de 2018). Un cultivo resiliente para enfrentar el cambio climático, la balsa (Ochroma pyramidale sw). *Revista Ciencia & Tecnología*, 18(20), 88-100. doi:https://doi.org/10.47189/rcct.v18i20.226
- Jara, L. F. (1997). Secado, procesamiento y almacenamiento de semillas forestales. CATIE. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/3934/secado\_procesamiento\_y\_almace namiento.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Jiménez, Q., Rojas, F., Rojas, V., & Rodríguez, L. (2011). *Timber trees of Costa Rica, Ecology and silviculture* (2da ed.). (D. Ávila Solera, Ed., & C. Feeny, Trad.) Heredia, Costa Rica: INBio.
- López, R., & Montero, M. I. (2005). *Manual de identificación de especies forestales en bosques naturales con manejo certificable por comunidades*. Colombia. https://www.sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/Manual\_identificacion.pdf
- Miranda, C. (2015). Establecimiento de viveros forestales. (2da). San José, Costa Rica: Instituto Nacional De Aprendizaje.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2023). *Manual: viveros forestales*. Ministerio de Agricultura y Ganadería de la República de Ecuador. https://www.proamazonia.org/wp-content/uploads/2023/09/MANUAL-VIVEROS-FORESTALES.pdf
- Montserrat, J. (2005). Sistemas de riego para uso en vivero. *Horticultura Internacional* (Extraordinario 1), 80-85. https://www.horticom.com/revistasonline/extras/2005/J\_Montserrat.pdf
- Pumisacho, E. (2015). Respuesta de la prímula de jardín (Prímula acaulis) a la aplicación de sustratos orgánicos y bioestimulantes. Nayón, Pichincha. [Tesis de grado para optar por el título de Ingeniería Agrónoma]. Ecuador. http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7430/1/T-UCE-0004-46.pdf
- Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica (PROCOMER). (2021). *Madera balsa costarricense podría tener potencial en segmentos internacionales de valor agregado*. https://www.procomer.com/noticia/comprador-internacional-noticia/madera-balsa-costarricense-podria-tener-potencial-en-segmentos-internacionales-de-valor-agregado/
- Quiroz, I., García, E., González, M., Chung, P., & Soto, H. (2009). Viveros forestales: Producción de plantas nativas a raíz cubierta. Chile: Centro Tecnológico de la Planta Forestal.
- Rios, V., Córdoba-Tovar, L., Ramírez, P. L., Copete, J. H., & Ramos, P. A. (23 de diciembre de 2020). Métodos de escarificación química y sus efectos en la germinación de semillas de Ochroma pyramidale Cav. ex Lam. Urb. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 12*(1), 165–177. Obtenido de https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/3727
- Rojas Rodríguez, F. (2006). Viveros forestales (2da ed.). San José, Costa Rica: UNED.
- Serna, Y., Torres-Torres, J., & Asprilla, Y. (2020). Durabilidad natural de la madera de Ochroma pyramidale Urb. en el municipio de Atrato, Colombia. *Ciencias agrícolas*, 16(1). doi: 10.18041/1900-3803/entramado.1.6105

UEIA. (2014). *Catálogo virtual de flora del Valle de Aburrá: Ochroma pyramidale*. Obtenido de https://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/species/57

Zamora, N. (2022). *Atlas de la Biodiversidad de Costa Rica – CRBio*. Obtenido de http://www.crbio.cr:8080/neoportal-web/species/Ochroma%20pyramidale

