



Evaluación de dos tratamientos pre-germinativos y cuatro sustratos para la propagación de balsa (Ochroma pyramidale Cav ex. Lam.) Urb. En el vivero Foresllana, Orellana, Ecuador

Evaluation of two pre-germination treatments and four substrates for the propagation of balsa (Ochroma pyramidale Cav ex. Lam.) Urb. In the Foresllana nursery, Orellana, Ecuador

Avaliação de dois tratamentos pré-germinativos e de quatro sustratos para a propagação da jangada (Ochroma piramidale Cav ex. Lam.) Urb.

María José Arteaga-Carrasco^I

majo171994@hotmail.com

<https://orcid.org/0009-0004-4090-3471>

Vilma Fernanda Noboa-Silva^{II}

vilma.noboa@esPOCH.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-3164-7304>

Carlos Francisco Carpio-Coba^{III}

ccarpio@esPOCH.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-7361-7664>

Correspondencia: majo171994@hotmail.com

Ciencias Técnicas y Aplicadas

Artículo de Investigación

* **Recibido:** 20 de junio de 2024 * **Aceptado:** 17 de julio de 2024 * **Publicado:** 02 de agosto de 2024

- I. Investigador Independiente, Durán, Ecuador.
- II. Facultad de Recursos Naturales, GDETERRA, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- III. Carrera de Ingeniería Forestal, Facultad de Recursos Naturales, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Resumen

Este estudio tuvo como objetivo evaluar cuatro tipos de sustratos y dos tratamientos pre germinativos para la propagación sexual de balsa (*Ochroma pyramidale* Cav ex. Lam.) Urb. en el vivero Foresllana, ubicado en la provincia de Orellana. Se empleó un diseño experimental de bloques completos al azar con estructura factorial, considerando como factores: al sustrato las siguientes niveles: Tierra negra (50%) + arena de río (25%) + ceniza de café (25%), Arena de río (75%) + cascarilla de arroz (25%), Tierra colorada (20%) + tierra negra (70%) + ceniza de café (10%) y Tierra negra (50%) + cascarilla de sachá inchi (50%); y al tratamiento pre germinativo que incluyó los siguientes niveles: Inmersión en agua de coco por 24 horas, Inmersión en agua destilada por 12 horas y Semillas sin tratamiento. Las variables evaluadas fueron el porcentaje de germinación a los 45 días después de la siembra, porcentaje de supervivencia al final del estudio, altura de la planta, diámetro del tallo y número de hojas a los 45 y 60 días. El análisis estadístico incluyó análisis de varianza y pruebas de Tukey para la separación de las medias de los tratamientos. El tratamiento Tierra de río (75%) + cascarilla de arroz (25%) + Inmersión en agua de coco por 24 horas mostró el mayor porcentaje de germinación con un 92,50%; mientras que todos los tratamientos alcanzaron un 100% de supervivencia. Las plantas del tratamiento en que se evaluó tierra negra (50%) + cascarilla de sachá inchi (50%) + inmersión en agua destilada por 12 horas, destacó por su altura, diámetro del tallo y número de hojas al final del estudio, con promedios de 7,18 cm, 3,09 mm y 6,16 hojas, respectivamente. Hubo un efecto de la interacción tratamiento pre germinativo y sustrato en el porcentaje de germinación y las variables vegetativas. Se sugiere explorar otros tratamientos pre germinativos, como el uso de ácidos, para futuras investigaciones.

Palabras clave: Especie pionera; Germinación; Interacción de factores; Sachá inchi, supervivencia.

Abstract

This study aimed to evaluate four types of substrates and two pre-germination treatments for the sexual propagation of balsa (*Ochroma pyramidale* Cav ex. Lam.) Urb. in the Foresllana nursery, located in the province of Orellana. A randomized complete block experimental design with factorial structure was used, considering as factors: the following levels of substrate: Black soil (50%) + river sand (25%) + coffee ash (25%), River sand (75%) + rice husk (25%), Red soil (20%) + black soil (70%) + coffee ash (10%) and Black soil (50%) + sachá inchi husk (50%); and the pre-

germination treatment included the following levels: Immersion in coconut water for 24 hours, Immersion in distilled water for 12 hours and Untreated seeds. The variables evaluated were the germination percentage at 45 days after sowing, survival percentage at the end of the study, plant height, stem diameter and number of leaves at 45 and 60 days. The statistical analysis included analysis of variance and Tukey tests for the separation of treatment means. The treatment River soil (75%) + rice husk (25%) + Immersion in coconut water for 24 hours showed the highest germination percentage with 92.50%; while all treatments reached 100% survival. The plants in the treatment evaluated with black soil (50%) + sachá inchi husk (50%) + immersion in distilled water for 12 hours, stood out for their height, stem diameter and number of leaves at the end of the study, with averages of 7.18 cm, 3.09 mm and 6.16 leaves, respectively. There was an effect of the interaction between pre-germination treatment and substrate on the germination percentage and vegetative variables. It is suggested to explore other pre-germination treatments, such as the use of acids, for future research.

Keywords: Pioneer species; Germination; Interaction of factors; Sachá inchi, survival.

Resumo

Este estudo teve como objetivo avaliar quatro tipos de substratos e dois tratamentos pré-germinativos para a propagação sexuada da jangada (*Ochroma pyramidale* Cav ex. Lam.) Urb. no viveiro Foresllana, localizado na província de Orellana. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos completos casualizados com estrutura fatorial, considerando como fatores: os seguintes níveis ao substrato: Terra preta (50%) + areia de rio (25%) + cinza de café (25%), areia de rio (75%) + casca de arroz (25%), terra vermelha (20%) + terra preta (70%) + cinza de café (10%) e terra preta (50%) + casca de sachá inchi (50%); e ao tratamento pré-germinativo que incluiu os seguintes níveis: Imersão em água de coco durante 24 horas, Imersão em água destilada durante 12 horas e Sementes sem tratamento. As variáveis avaliadas foram a percentagem de germinação aos 45 dias após a sementeira, a percentagem de sobrevivência no final do estudo, a altura da planta, o diâmetro do caule e o número de folhas aos 45 e 60 dias. A análise estatística incluiu a análise de variância e os testes de Tukey para a separação das médias dos tratamentos. O tratamento Solo de rio (75%) + casca de arroz (25%) + Imersão em água de coco durante 24 horas apresentou uma maior percentagem de germinação com 92,50%; enquanto todos os tratamentos atingiram 100% de sobrevivência. As plantas de tratamento nas quais foram avaliadas terra preta (50%) + casca de

sacha inchi (50%) + imersão em água destilada durante 12 horas, destacaram-se pela altura, diâmetro do caule e número de folhas no final do estudo, com médias de 7,18 cm, 3,09 mm e 6,16 folhas, respetivamente. Verificou-se um efeito de interação do tratamento pré-germinativo e do substrato na percentagem de germinação e nas variáveis vegetativas. Sugere-se a exploração de outros tratamentos pré-germinativos, como o uso de ácidos, para futuras pesquisas.

Palavras-chave: Espécies pioneiras; Germinação; Interação de fatores; Sacha inchi, sobrevivência.

Introducción

La balsa, *Ochroma pyramidale* (Cav ex. Lam.) Urb., es una especie forestal pionera que crece abundantemente en los trópicos de Ecuador, Colombia, México y otros países de América. Su valor industrial fue reconocido inicialmente durante la Primera y Segunda Guerra Mundial cuando se utilizó para la construcción de aviones y otras máquinas debido a su ligereza y resistencia (Zea-Camaño et al., 2020; Alberdi, 2021). En Ecuador, la balsa se cultiva principalmente en la región Costa, aprovechando las condiciones edafológicas y climáticas favorables para su crecimiento, ya sea mediante cultivos sustentados o silvestres (Alberdi, 2021). La balsa puede alcanzar hasta 20 metros de altura, aunque su parte comercial se limita a los primeros 10 metros con diámetros de 40 a 50 centímetros (Cazar, 2021). Esta especie se caracteriza por su rápido crecimiento y capacidad de colonización en áreas perturbadas, como claros de bosques o zonas afectadas por la tala (Zea-Camaño et al., 2020).

En los últimos años, la balsa ha ganado gran popularidad comercial gracias a sus propiedades únicas, como su ligereza, facilidad de trabajo y excelentes propiedades como aislante térmico y acústico. En 2019, Ecuador se convirtió en el primer exportador mundial de balsa, destacando su importancia económica (Zhang et al., 2024).

En el Ecuador existen pequeñas plantaciones de balsa, pero la producción mayoritaria es producto de la tala de árboles que se encuentran en estado natural, donde la balsa crece espontáneamente (Játiva, 2021). De acuerdo con el Universo (2020) las plantaciones de balsa que se tala en el Ecuador se destinan casi en su totalidad a las exportaciones, principalmente a Asia, Europa y América del Norte.

La producción de material vegetativo en viveros es fundamental para seleccionar, producir y propagar masivamente especies útiles para el ser humano. En estos sitios, las plantas reciben los

cuidados necesarios para prevenir daños por depredadores y enfermedades durante su etapa más vulnerable, aumentando sus probabilidades de supervivencia y adaptación al ser trasplantadas a su ubicación final (Doumet et al., 2021; Lu et al., 2024).

El proceso de propagación de plantas de balsa mediante semilla sin tratamiento es lento y con bajas tasas de germinación. Las raíces de las plantas jóvenes, producto de la germinación, son delicadas, lo que dificulta su manejo y genera pérdidas significativas de plántulas. Este problema se agrava por los bajos conocimientos y malas técnicas aplicadas en el manejo de semillas y plántulas (Pérez, 2000; Álvarez, 2022).

La balsa es una especie de rápido crecimiento y con un corto periodo para su aprovechamiento, con un incremento volumétrico medio anual de 10 a 25 m³/ha/año, lo que ha incrementado su popularidad mundial (INEC, 2022). Se ha convertido en la primera especie de exportación en Ecuador, destacando la necesidad de atender a esta especie por los beneficios sociales y ambientales que brinda a los productores y ecosistemas. Es una aliada estratégica en la resiliencia climática a corto, mediano y largo plazo (González et al., 2018).

Materiales y métodos

El experimento fue llevado a cabo en el vivero forestal denominado "FORESLLANA", situado en el kilómetro 7,5 de la vía Loreto, en el cantón Francisco de Orellana, provincia de Orellana, Ecuador. Este vivero se encuentra geográficamente ubicado en las coordenadas 0°26'53" S y 77°01'29" O.; en el lugar encontramos una temperatura media anual de 24,4 °C, una precipitación media anual de 442 mm y una humedad relativa (media) de 88,84 %.

Cada unidad experimental constó de 10 fundas semilleras de 4x6 cm que fueron llenadas y compactadas de forma manual; al interior de cada funda se colocó una semilla a una profundidad de 1 cm, luego de lo cual se procedió a cubrir la superficie con el mismo sustrato.

Para la desinfección de las semillas se utilizó VITAVAX 400 (Carboxim, Thiram), en una dosis de 0,5 g por litro de agua, mientras que la desinfección de los sustratos se hizo con agua hirviendo.

Mientras duró el ensayo se controló arvenses de manera manual, así como también se aplicó riego durante las mañanas pasando un día.

Se utilizó un diseño de bloques completo al azar (DBCA) con estructura bifactorial 4x3 con 4 repeticiones. Los factores en estudio fueron sustrato con tres niveles y tratamientos pregerminativos con cuatro niveles. Los niveles del factor sustrato fueron: (S1) tierra negra (50%)

+ arena de río (25%) + ceniza de café (25%); (S2) arena de río (75%) + cascarilla de arroz (25%); (S3) tierra colorada (20%) + tierra negra (70%) + ceniza de café (10%) y (S4) tierra negra (50%) + cascarilla de sacha inchi (50%). Los niveles del factor tratamientos pre germinativos fueron: (TP1) inmersión en agua de coco por 24 horas; (TP2) inmersión en agua destilada por 12 horas y (TP3) semillas sin tratamiento.

Las variables que se evaluaron fueron porcentaje de germinación a los 45 días después de la siembra, porcentaje de supervivencia a los 60 días después de la germinación; mientras que la altura de las plantas, diámetros del tallo, números de hojas se evaluaron a los 30, 45 y 60 días después de la germinación

Para la evaluación del porcentaje de germinación de las semillas de cada una de las unidades experimentales se utilizó la siguiente fórmula:

$$PG = \frac{\text{semillas germinadas}}{\text{número total de semillas}} \times 100$$

El porcentaje de supervivencia se los obtuvo aplicando la siguiente formula (Camino, 2012):

$$PS = \frac{\text{Número de plantas vivas}}{\text{Número semillas germinadas}} \times 100$$

La altura de la plántula se midió desde la base del tallo hasta el ápice, utilizando un flexómetro Truper, FIN-55M, China). El diámetro del tallo se midió a la altura de 1 cm medido desde la base, para esto se utilizó un calibrador vernier (Truper, SKU:668141, China). Para la medición del número de hojas en cada una de las plántulas se realizó un conteo manual.

Para el análisis de los datos se llevó a cabo un análisis de varianza (ANDEVA) para determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los factores y las interacciones entre ellos (tratamientos). Se comenzó evaluando la significancia de la interacción; en ausencia de esta, se procedió a analizar la significancia de los factores de sustrato y tratamiento pre germinativo. Cuando se encontró un valor de significancia (Sig.) inferior a 0,05 se aplicó la prueba de Tukey al 5% para la separación de las medias de los tratamientos evaluados. Para los análisis estadísticos se utilizó el programa estadístico IBM SPSS Statistics 25.0.

Resultados

Porcentaje de germinación de las semillas

Los resultados del ANDEVA muestra un efecto significativo ($p < 0,05$) en el porcentaje de germinación de las semillas a los 45 días por la interacción sustrato y tratamientos pre germinativos.

Tabla 1: Promedios del porcentaje de germinación de semillas de *Ochroma pyramidale* bajo efecto de la interacción sustrato y tratamientos pre germinativos a los 45 días de la siembra.

Sustrato	T pre germinativo	n	Medias	
S2	TP1	4	92,5	a
S2	TP2	4	80	b
S2	TP3	4	77,5	b
S4	TP3	4	57,5	c
S1	TP1	4	55	c d
S1	TP2	4	55	c d
S3	TP3	4	55	c d
S4	TP2	4	52,5	d e
S4	TP1	4	50	e
S3	TP2	4	50	e
S3	TP1	4	45	f
S1	TP3	4	40	g

Los promedios en una columna con letras distintas son diferentes significativamente ($P \leq 0,05$), según prueba de Tukey.

En la Tabla 1, observamos que los tratamientos se distribuyen en 7 rangos. Se pudo constatar que los tratamientos pre germinativos que interactuaron con el S2 fueron los que mejores resultados de germinación mostraron. La interacción en donde se observa el porcentaje de germinación más alto (92,5%) fue el de (S2) 75% arena de río + 25% cascarilla de arroz con (TP1) inmersión en agua de coco por 24 horas; mientras que el menor porcentaje de germinación (40%) se observa con la interacción (S1) 50% tierra negra + 25% de arena de río + 25% de ceniza de café con (TP3) semillas sin tratamiento.

Porcentaje de supervivencia

Al realizar el ANDEVA no se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos ($p > 0,05$), se observó una supervivencia del 100 % a los 60 días después de la germinación en todos los tratamientos.

La altura de las plantas

Los resultados del ANDEVA muestra un efecto significativo ($p < 0,05$) de la interacción sustrato y tratamientos pre germinativos en la altura de *Ochroma pyramidale* a los 45 días.

Tabla 2: Promedios de la altura de las plantas de *Ochroma pyramidale* bajo efecto de la interacción sustrato y tratamientos pre germinativos a los 45 días

Sustrato	T pre germinativo	n	Medias	
S4	TP2	4	4,1138	a
S4	TP3	4	2,6016	b
S3	TP3	4	1,9548	b c
S1	TP2	4	1,8989	b c
S1	TP1	4	1,7693	b c
S3	TP2	4	1,7658	b c
S2	TP2	4	1,7094	b c
S1	TP3	4	1,6913	b c
S3	TP1	4	1,6132	b c
S2	TP1	4	1,5738	c
S4	TP1	4	1,475	c
S2	TP3	4	1,4306	c

Los promedios en una columna con letras distintas son diferentes significativamente ($P \leq 0,05$), según prueba de Tukey.

En la Tabla 2, observamos que los tratamientos se distribuyen en 3 rangos. La interacción en donde se observa la mayor altura de la planta (4,11 cm) a los 45 días fue la de (S4) 50% de tierra negra + 50% de cascarilla de sachá inchi con (TP2) inmersión en agua destilada por 12 horas; mientras que

la menor altura de la planta (1,43 cm) se observa con la interacción (S2) 75% de arena de río + 25% de cascarilla de arroz con (TP3) semillas sin tratamiento.

Los resultados del ANDEVA muestra un efecto significativo ($p < 0,05$) en la altura de *Ochroma pyramidale* a los 60 días, por la interacción sustrato y tratamientos pre germinativos.

Tabla 3: Promedios de la altura de las plantas de *Ochroma pyramidale* bajo efecto de la interacción sustrato y tratamientos pre germinativos a los 60 días

Sustrato	T pre germinativo	n	Medias	
S4	TP2	4	7,1794	a
S4	TP3	4	3,6207	b
S4	TP1	4	3,4475	b
S3	TP2	4	3,1101	b
S1	TP2	4	3,0622	b
S1	TP1	4	2,8092	b
S3	TP1	4	2,5666	b
S3	TP3	4	2,4446	b
S1	TP3	4	2,3388	b
S2	TP1	4	2,3351	b
S2	TP3	4	2,2014	b
S2	TP2	4	2,1952	b

Los promedios en una columna con letras distintas son diferentes significativamente ($P \leq 0,05$), según prueba de Tukey.

En la Tabla 3, observamos que los tratamientos se distribuyen en 2 rangos. Se pudo constatar que los tratamientos pre germinativos que interactuaron con el S4 fueron los que mejores resultados de germinación mostraron. La interacción en donde se observa la mayor altura (7,17 cm) a los 60 días fue el de (S4) 50 de tierra negra + 50% de cascarilla de sachá inchi con (TP2) inmersión en agua destilada por 12 horas; mientras que la menor altura de la planta (2,19 cm) se observa con la interacción (S2) 75% de arena de río + 25% de cascarilla de arroz con (TP2) inmersión en agua destilada por 12 horas.

Diámetros del tallo

Los resultados del ANDEVA muestra un efecto significativo ($p < 0,05$) de la interacción sustrato y tratamientos pre germinativos en el diámetro del tallo de *Ochroma pyramidale* a los 45 días.

Tabla 4: Promedios del diámetro del tallo de las plantas de *Ochroma pyramidale* bajo efecto de la interacción sustrato y tratamientos pre germinativos a los 45 días

Sustrato	T pre germinativo	n	Medias	
S4	TP2	4	1,971	a
S4	TP3	4	1,5287	b
S1	TP1	4	1,2899	b c
S4	TP1	4	1,2317	b c
S1	TP2	4	1,2195	b c
S2	TP1	4	1,2083	b c
S3	TP3	4	1,2071	b c
S2	TP3	4	1,1316	c
S2	TP2	4	1,1277	c
S1	TP3	4	1,1146	c
S3	TP2	4	1,0917	c
S3	TP1	4	1,0786	c

Los promedios en una columna con letras distintas son diferentes significativamente ($P \leq 0,05$), según prueba de Tukey.

En la Tabla 4, observamos que los tratamientos se distribuyen en 3 rangos. Se pudo constatar que los tratamientos pre germinativos que interactuaron con el S4 fueron los que mejores resultados de diámetro del tallo presentaron. La interacción en donde se observa el mayor diámetro del tallo (1,97 cm) a los 45 días fue el de (S4) 50 de tierra negra + 50% de cascarilla de sachá inchi con (TP2) inmersión en agua destilada por 12 horas; mientras que el menor diámetro del tallo (1,078 cm) se observa con la interacción (S3) 20% de tierra colorada + 70% tierra negra + 10% de ceniza de café con (TP1) Inmersión en agua de coco por 24 horas.

Los resultados del ANDEVA muestra un efecto significativo ($p < 0,05$) en el diámetro del tallo de *Ochroma pyramidale* a los 60 días, por la interacción sustrato y tratamientos pre germinativos.

Tabla 5: Promedios del diámetro del tallo de las plantas de *Ochroma pyramidale* bajo efecto de la interacción sustrato y tratamientos pre germinativos a los 60 días

Sustrato	T pre germinativo	n	Medias	
S4	TP2	4	3,0917	a
S4	TP1	4	2,5	b
S4	TP3	4	2,3077	b
S2	TP1	4	2,2882	b
S1	TP2	4	2,2396	b
S3	TP3	4	2,2321	b
S2	TP2	4	2,174	b
S1	TP3	4	2,1312	b
S3	TP1	4	2,125	b
S3	TP2	4	2,1036	b
S1	TP1	4	2	b
S2	TP3	4	2	b

Los promedios en una columna con letras distintas son diferentes significativamente ($P \leq 0,05$), según prueba de Tukey.

En la Tabla 5, observamos que los tratamientos se agruparon en 2 rangos. Se pudo constatar que los tratamientos pre germinativos que interactuaron con el S4 fueron los que mejores resultados de diámetro del tallo presentaron. La interacción en donde se observa el mayor diámetro del tallo (3,091 cm) a los 60 días fue el de (S4) 50% de tierra negra + 50% de cascarilla de sachá inchi con (TP2) inmersión en agua destilada por 12 horas; mientras que el menor diámetro del tallo (2 cm) se observa con la interacción (S2) 75% de arena de río + 25% de cascarilla de arroz con (TP3) semillas sin tratamiento.

Números de hojas

Los resultados del ANDEVA muestra un efecto significativo ($p < 0,05$) de la interacción sustrato y tratamientos pre germinativos en el número de hojas de *Ochroma pyramidale* a los 45 días.

Tabla 6: Promedios del número de hojas de *Ochroma pyramidale* bajo efecto de la interacción sustrato y tratamientos pre germinativos a los 45 días

Sustrato	T pre germinativo	n	Medias	
S1	TP1	4	5,0625	a
S4	TP2	4	5,0167	a b
S2	TP1	4	4,9563	a b c
S3	TP2	4	4,8786	a b c d
S1	TP3	4	4,25	a b c d
S3	TP3	4	4,1786	a b c d
S3	TP1	4	4,125	b c d
S4	TP1	4	4,0917	b c d
S2	TP2	4	4,0438	c d
S1	TP2	4	4,0375	c d
S4	TP3	4	4,0131	d
S2	TP3	4	4,0006	d

Los resultados del ANDEVA muestra un efecto significativo ($p < 0,05$) en el número de hojas de *Ochroma pyramidale* a los 60 días, por la interacción sustrato y tratamientos pre germinativos.

En la Tabla 6, observamos que los tratamientos se agruparon en 4 rangos. La interacción en donde se observa el mayor número de hojas (5,06 hojas) a los 45 días fue el de (S1) 50% de tierra negra + 25% de arena de río + 25% de ceniza de café con (TP1) Inmersión en agua de coco por 24 horas; mientras que el menor número de hojas (4 hojas) se observa con la interacción (S2) 75% de arena de río + 25% de cascarilla de arroz con (TP3) semillas sin tratamiento.

Tabla 7: Promedios del número de hojas de *Ochroma pyramidale* bajo efecto de la interacción sustrato y tratamientos pre germinativos a los 60 días

Sustrato	T pre germinativo	n	Medias	
S4	TP2	4	6,1625	a
S4	TP3	4	5,875	a b
S3	TP3	4	5,7976	a b
S3	TP2	4	5,7357	a b

S2	TP2	4	5,7083	a b
S3	TP1	4	5,6786	a b
S1	TP3	4	5,625	a b
S1	TP1	4	5,5143	a b
S4	TP1	4	5,5083	a b
S1	TP2	4	5,4994	a b
S2	TP3	4	5,4095	a b
S2	TP1	4	5,2451	b

En la Tabla 7, observamos que los tratamientos se agruparon en 2 rangos. La interacción en donde se observa el mayor número de hojas (6,16 hojas) a los 60 días fue el de (S4) 50% de tierra negra + 50% de cascarilla de sachá inchi con (TP2) Inmersión en agua destilada por 12 horas; mientras que el menor número de hojas (4 hojas) se observa con la interacción (S2) 75% de arena de río + 25% de cascarilla de arroz con (TP3) semillas sin tratamiento.

Discusión de los resultados

La propagación de *Ochroma pyramidale* depende en gran medida de los tratamientos pre-germinativos aplicados a sus semillas. En este estudio, el tratamiento de inmersión en agua de coco por 24 horas (T2) mostró los mayores porcentajes de germinación tanto a los 15 como a los 45 días, alcanzando un 92,5% en ambos periodos (Ramos, 2016; Jiménez, 2017). Este resultado es consistente con otros estudios que han encontrado que el uso de agua de coco, debido a su alto contenido de citoquininas, mejora significativamente la germinación (Quinto et al., 2009; Patiño et al., 2011).

Por otro lado, el tratamiento sin pre-germinación (T9) mostró los menores porcentajes de germinación, con 37,5% a los 15 días y 40% a los 45 días. Estos resultados sugieren que las semillas de *O. pyramidale* presentan dormancia que puede ser superada eficientemente mediante tratamientos térmicos o químicos adecuados, tal como se ha documentado en la literatura (Álvarez-Solís et al., 2019).

El tipo de sustrato también tuvo un impacto significativo en el crecimiento de *O. pyramidale*. La combinación de tierra de río con cascarilla de arroz (T2) no solo facilitó una alta germinación, sino que también promovió un desarrollo vegetativo robusto en términos de altura y diámetro del tallo.

Esto puede atribuirse a las propiedades físicas y químicas de la mezcla, que ofrecen una buena retención de humedad y suficiente aireación para las raíces (Zea-Camaño et al., 2020).

En cuanto a las variables vegetativas, el tratamiento T8, que combinó tierra negra (50%) y cascarilla de sachá inchi (50%) con inmersión en agua destilada por 12 horas, mostró los mejores resultados en términos de crecimiento en altura, diámetro del tallo y número de hojas. A los 60 días, este tratamiento logró promedios de 7,18 cm en altura, 3,09 mm en diámetro del tallo y 6,16 hojas. Estos resultados se alinean con estudios anteriores que han demostrado la eficacia de la cascarilla de sachá inchi como sustrato debido a su buen balance de nutrientes y capacidad para retener humedad (Lu et al., 2024).

La efectividad del agua de coco como tratamiento pre-germinativo ha sido respaldada por investigaciones que muestran que la citoquinina presente en el agua de coco tierno puede romper la dormancia de las semillas y promover la elongación celular (Patiño et al., 2011). Además, la práctica de usar agua destilada para evitar contaminantes y asegurar una germinación uniforme también ha sido documentada, aunque en este estudio no mostró tan buenos resultados como el agua de coco. Como menciona Campoverde (2014), la plantación de balsa no tecnificada podría en el futuro inducir un ocaso arduo en la producción, acarreado a modo de escasez de balsa para exportar.

En el contexto del estudio sobre la germinación de *Ochroma pyramidale*, se emplearon varios principios de diseño experimental que se alinean con las mejores prácticas descritas en la literatura científica, entre ellos: aleatorización y bloqueo, replicación y control de variables. Con relación a la aleatorización, se utilizó para asignar tratamientos a unidades experimentales, reduciendo el sesgo y asegurando que las diferencias observadas sean atribuibles a los tratamientos y no a factores externos. El uso de bloques completos al azar es una técnica común que se ha demostrado eficaz en estudios similares, permitiendo el control de la variabilidad inherente entre diferentes bloques de plantas (White, 1984; Gezan et al., 2006). La replicación de tratamientos en múltiples bloques permite una estimación más precisa del error experimental y mejora la capacidad de detectar diferencias significativas entre tratamientos. En el presente estudio, se replicaron los tratamientos en al menos cuatro bloques, lo que es consistente con las recomendaciones para experimentos en viveros (White, 1984). Es fundamental controlar las variables ambientales y de manejo para minimizar su impacto en los resultados del estudio. En el diseño usado en este estudio, se aseguraron condiciones uniformes de luz, temperatura y humedad en el germinador, siguiendo las

prácticas recomendadas para aumentar la precisión y reproducibilidad de los resultados (Carlozama y Salas, 2017; Kafkafi et al., 2017).

En estudios previos, se ha demostrado que los diseños de bloques completos al azar y los diseños de parcelas divididas son eficaces para manejar la variabilidad y mejorar la precisión de los estimados de parámetros genéticos. Gezan et al. (2006) compararon varios diseños experimentales utilizando datos simulados y encontraron que los diseños de bloques incompletos y de fila-columna proporcionan las estimaciones más precisas de heredabilidad amplia en ensayos clonales.

Conclusiones

Se observó un efecto de la interacción tratamientos pre-germinativos y sustratos en las variables porcentaje de germinación, altura de la planta, diámetro del tallo y número de hojas de *Ochroma pyramidale*.

La elección adecuada de tratamientos pre-germinativos y sustratos puede mejorar significativamente la propagación de *Ochroma pyramidale*. Este estudio aporta evidencia de que el uso de agua de coco y mezclas específicas de sustratos son métodos efectivos para superar la dormancia y promover el crecimiento saludable de las plántulas, así tenemos que con (S2) 75% arena de río + 25% cascarilla de arroz con (TP1) inmersión en agua de coco por 24 horas, se alcanzó un 92,5% de germinación. El menor porcentaje de germinación (40%) se observa con la interacción (S1) 50% tierra negra + 25% de arena de río + 25% de ceniza de café con (TP3) semillas sin tratamiento. En todos los tratamientos se observó una supervivencia del 100%.

La interacción de (S4) 50% de tierra negra + 50% de cascarilla de sachá inchi con los tratamientos pre germinativos, mostró los mejores resultados para las variables vegetativas.

Referencias

1. Alberdi, I. (2021). Forest Resources Assessments: Mensuration Inventory and Planning. *Forests*, 12(3), 296. <https://doi.org/10.3390/f12030296>
2. Álvarez-Solís, J. D., Soto-Ávila, C. D., Díaz-Rivera, P., & Ríos-García, M. (2019). Germination of *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. in the Lacandon Jungle. *Madera y Bosques*, 25(1), e2511595.

- https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-40182019000100085
3. Álvarez, H. V., de Céspedes, I. S., & Ramírez-López, J. (2022). Bosques Latitud Cero vol, 13 (1). Disponible en: https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/110735755/Art_1_Vallejos-libre.pdf?1705963684=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DComportamiento_de_Ochroma_pyramidale_Cav.pdf&Expires=1721161817&Signature=E-qtZlJyT7gL2V-u9lJLX-1sHo63m53C-hn36eIa~tf6u8NIVANFvM~h05NrRNsR1laQ6pc68BCEjiryXBh7qqRrpL1~n6NRIfTtEk4ylKNAts0DZLTBQmteYK7Npm4Ty6~Dp4vDV7kvp9twoquMDfO6Ycmgb4FD6hO1tIhj6~GaxR9PsNiGEBfCaxHG7pvakXjTCrromzZHpMzJIJK7FmlG2Z1oNh9Z~aEWPDN WQl4HUHiLBP1p19c1IzGYs7czrw1p7rZWbdt0BpDYUyrOUhZE5s33QCzkdAgacWTvI7ijbeSB6ga~rJGHd5rB3XJZv6xtXfI46mlwIwFQEOFQ~Q__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
 4. Cazar, D. (2021). Alerta roja: la fiebre de la madera balsa en Ecuador ya es detectada por los satélites. Obtenido de <https://es.mongabay.com/2021/07/maderabalsa-ecuador-deforestacion-amazonia/>
 5. Carlozama, C y Salas, P. (2017). Análisis químico de la madera de “balsa” *Ochroma pyramidale* Urb. Malvaceae y determinación de sus posibles usos como sustratos para el cultivo in vitro y externo de orquídeas. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13581/1/UPS-QT11447.pdf>
 6. Campoverde, M. (2014). Análisis de las exportaciones de madera de balsa y su impacto en el crecimiento del PIB del Ecuador en el año 2012.
 7. Doumet, A. Ruiz, A. Sánchez, A. (2021). Cadena de valor del cultivo del árbol de balsa. Dom. Cien., ISSN: 2477-8818 Vol 7, núm. 3, Mayo Especial 2021, pp. 539-551.
 8. Gezan, S. A., White, T. L., & Huber, D. A. (2006). Comparison of Experimental Designs for Clonal Forestry Using Simulated Data. *Forest Science*, 52(1), 108-116. <https://doi.org/10.1093/forestscience/52.1.108>
 9. Gonzáles, J. A., et al. (2018). Beneficios ambientales y sociales de la balsa. *Environmental Benefits Journal*, 88-100.

10. Gonzales, N. Propagación sexual 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 [En línea] (Tesis de Grado). (Ingeniería). Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ingeniería Forestal. Jipijapa Ecuador. 2012.p.30. [Consulta: <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/118>
11. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). (2022) https://www.censoecuador.gob.ec/wpcontent/uploads/2023/10/2022_CPV_NACIONAL_DENSIDAD_POBLACIONAL.xlsx
12. Játiva, E. (2021). Análisis de la cadena de valor de la madera de balsa: el caso de la provincia de Esmeraldas, Ecuador. México. Obtenido de: <https://investigacion.fca.unam.mx/docs/premio/2017/13.pdf>
13. Jimenez, E. (2017). Germinación y crecimiento de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. en Ecuador. Scielo.
14. Kafkafi, N. et al. (2017). Addressing reproducibility in single-laboratory phenotyping experiments. *Nature Methods*, 14(5), 462-464.
15. Lu, Y., Shi, J., Zhang, Y., & Li, J. (2024). Highly Mechanical Strength Flexible and Stretchable Wood-Based Elastomers without Chemical Cross-Linking. *Forests*, 15(5), 836. <https://doi.org/10.3390/f15050836>
16. Patiño, G., Mosquera, M., & Tulio, S. (2011). Effects of cytokinin in seed germination.
17. Pérez, R. (2000). Consideraciones sobre la recolección y manejo de semillas forestales. *Madera y Bosques*, 177.
18. Quinto, P., Martínez-Hernández, J., Pimentel-Bribiesca, I., & Rodríguez-Trejo, F. (2009). Germination of *Ochroma pyramidale* with coconut water.
19. Ramos Corrales, X. (2016). Balsa, *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. (Bombacaceae): etnobotánica, anatomía, ensayos fitoquímicos y actividades biológicas. (Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias Biológicas. La Plata: Universidad Nacional de La Plata).
20. Rojas-Rodríguez, & Torres-Córdoba (2009). Germination of *Ochroma* seeds.
21. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) (2000). Lacandon Jungle Study.

22. Universo. (2020). Exportaciones de balsa ecuatoriana marcan récord por demanda de proyectos eólicos en China. *El Universo*.
23. White, T. L. (1984). Designing Nursery Experiments. In: Duryea, M.L., Landis, T.D., Perry, C.R. (eds) *Forestry Nursery Manual: Production of Bareroot Seedlings*. Forestry Sciences, vol 11. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-009-6110-4_28
24. Zea-Camaño, J. D., Soto, J. R., Arce, J. E., Pelissari, A. L., & Guachambala, M. S. (2020). Improving the Modeling of the Height–Diameter Relationship of Tree Species with High Growth Variability: Robust Regression Analysis of *Ochroma pyramidale* (Balsa-Tree). *Forests*, 11(3), 313. <https://doi.org/10.3390/f11030313>
25. Zhang, Y., Li, J., Lu, Y., & Shi, J. (2024). Growth and Yield Models for Balsa Wood Plantations in the Coastal Lowlands of Ecuador. *Forests*, 10(9), 733. <https://doi.org/10.3390/f10090733>

© 2024 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).