BOSQUES Latitud Cero

Revista Científica Indexada

ISSNe 2528-7818
DOI: 10.54753/blc.v15i2

Volumen 15 | Número 2 | Año 2025

Editorial Universidad Nacional de Loja

Dirección: Ciudad Universitaria Guillermo Falconí. Loja - Ecuador
Cod. Postal: 110111 **P.B.X:** +593 7 254 7252
email: bosqueslatitudcero@unl.edu.ec
www.unl.edu.ec ⊕ **revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques**

Bosques Latitud Cero 15(2), 17-29. 2025
https://doi.org/10.54753/blc.v15i2.2438

Efecto de tratamientos pregerminativos en la germinación y desarrollo inicial en plántulas de *Swietenia macrophylla* King a seis meses de edad

Effect of pre-germination treatments on germination and early growth of *Swietenia macrophylla* King seedlings at six months of age

Kelvin Juela[1]*
Byron Palacios[2]

1. Ingeniero Forestal, Investigador Independiente, Loja, Ecuador
2. Docente-Investigador de la Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador
*Autor para correspondencia: k3lvin.juela@gmail.com

RECIBIDO: 12/02/2025 **ACEPTADO:** 06/05/2025 **PUBLICADO:** 02/07/2025

RESUMEN

Swietenia macrophylla, es una especie forestal económicamente valiosa a nivel mundial, debido a la madera de alta calidad, reconocida por la fineza, veteado y belleza. Sin embargo, las semillas de caoba pierden rápidamente la viabilidad, por tanto, registran bajas tasas de germinación. Ante ello, los tratamientos pregerminativos constituye una estrategia para acelerar la germinación y la producción de plantas. En este estudio, se evaluó el efecto de tratamientos en la germinación y crecimiento inicial de S. *macrophylla* a los 6 meses de edad. Las semillas fueron sometidas a inmersión en agua a temperatura ambiente durante 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84 horas y un tratamiento control. El diseño experimental fue completamente al azar con ocho tratamientos y tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron: días a la germinación, porcentaje de germinación, sobrevivencia, longitud de raíz principal, número de raíces secundarias, altura, número de hojas, y tamaño de hoja (longitud y ancho). El porcentaje de germinación osciló entre el 63,16 y 85,96 %, las semillas comenzaron a germinar entre los 24 y 32 días y llegando finalizar a los 60 y 72 días. A los 6 meses, las plantas presentaron una supervivencia del 100 %, con una raíz principal de 22,73 cm, 80,17 raíces/planta, una altura de 24,01 cm, 5,21 hojas/planta y un tamaño de hoja de 11,72 de largo y 4,66 cm de ancho. Los tratamientos no influyeron significativamente en la germinación y crecimiento de las plantas a los 6 meses de edad.

Palabras clave: Caoba, crecimiento, germinación, tratamientos pregerminativos, semillas

Publicado por la Universidad Nacional de Loja, bajo licencia Creative Commons 4.0

Juela, K., Palacios, B. (2025). Efecto de tratamientos pregerminativos en la germinación y desarrollo inicial en plántulas de *Swietenia macrophylla* King a seis meses de edad. *Bosques Latitud Cero*, 15(2), 17-29. https://doi.org/10.54753/blc.v15i2.2438

ABSTRACT

Swietenia macrophylla is a forest species of significant global economic value due to its high-quality wood, recognized for its fine texture, grain, and beauty. However, mahogany seeds quickly lose their viability, resulting in low germination rates. In this context, pre-germination treatments are a strategy to accelerate germination and plant production. This study evaluated the effect of pre-germination treatments on the germination and early growth of *Swietenia macrophylla* at six months of age. The seeds were immersed in water at room temperature for durations of 12, 24, 36, 48, 60, 72, and 84 hours, in addition to a control treatment. The experimental design was completely randomized, with eight treatments and three replications. The evaluated variables included: days to germination, germination percentage, survival rate, main root length, number of secondary roots, height, number of leaves, and leaf size (length and width). Germination percentages ranged from 63.16 to 85.96 %, with seeds beginning to germinate between 24 and 32 days and completing germination between 60 and 72 days. At 6 months, the plants exhibited 100 % survival, with a main root length of 22.73 cm, 80.17 roots per plant, a height of 24.01 cm, 5.21 leaves per plant, and leaf dimensions of 11.72 cm in length and 4.66 cm in width. The pre-germination treatments did not significantly influence seed germination or plant growth at 6 months of age.

Keywords: Mahogany, growth, germination, pre-germination treatments, seeds

INTRODUCCIÓN

En Ecuador las poblaciones naturales de S. *macrophylla*, se encuentra drásticamente reducidas, aisladas y fragmentadas a densidades inferiores de un árbol por hectárea (CIFOP, 2007; Krisnawati et al., 2011); por lo que está catalogada como especie de aprovechamiento acondicionado según el Acuerdo Ministerial No. 125 , sobre las normas para el Manejo Forestal Sostenible de los Bosques Húmedos del Ecuador (MAE, 2015), además se encuentra en peligro a nivel global (UICN, 2023) y en peligro crítico en Ecuador (MAE, 2017).

Los factores como la tala selectiva, sobreexplotación comercial, tala ilegal, apertura de vías para minería ilegal y el ataque de *Hypsipylla grandella*, han afectado negativamente a las poblaciones (Lombardi et al., 2014; Synnott, 2009; Toledo y Snook, 2005; Pérez, 2017; Limongi et al., 2022). Así también, la tasa de germinación de caoba en condiciones naturales es baja, lo cual disminuye la regeneración natural.

A partir de ello, la reproducción sexual y crecimiento inicial *ex situ* constituye un desafío para el manejo silvicultural de la especie, así como la producción de plantas con calidad genética para fines de restauración ecológica, plantaciones puras o mixtas, sistemas agroforestales y enriquecimiento de los bosques nativos (Rodríguez et al., 2009).

En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de tratamientos pregerminativos en la germinación y crecimiento inicial de S. *macrophylla* a los 6 meses de edad, contribuyendo así a la conservación y silvicultura de esta especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se realizó en la finca del Sr. Máximo Juela, barrio San Francisco (Patacorral), parroquia El Tambo, cantón Catamayo, provincia de Loja, en las siguientes coordenadas geográficas UTM: X= 686213,0 m; Y=9549901,0 m (Figura 1). La finca posee un clima cálido seco, con una temperatura media anual de 19 °C; precipitación anual que fluctúa entre 400 a 900 mm/año y a una elevación de 1479 m s.n.m. (Contento et al., 2022). La germinación se evaluó durante un período de

75 días a partir de la instalación del ensayo, y el monitoreo del crecimiento de las plantas se realizó hasta que alcanzaron los seis meses de edad.

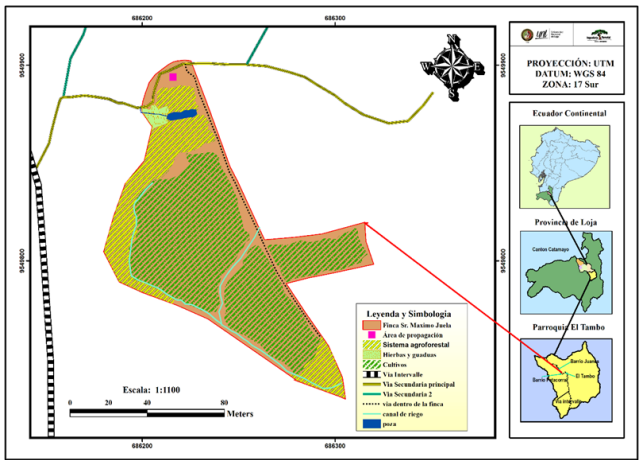

Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio.

Materiales e insumos empleados

Materiales de campo: botas de caucho, bomba de mochila, regla (cm), plástico negro, lampón, vasos plásticos, cuchara (20 g), carretilla (85 largo × 60 ancho × 18 altura cm), fundas de polietileno (21 × 8 cm), sacos, regadera, palillos, estacas y tijeras.

Insumos: tierra obtenido bajo un sistema agroforestal, compost, arena fina de río, aserrín, Vitavax (Carboxin + Captan), Terraclor (Pentacloronitrobenceno), Oxithane (Mancozeb + Oxicloruro de Cobre + Complejo Ferrico) y Diazol (Diazinon).

Descripcion del ensayo de germinación y crecimiento de las plantas a los 6 meses de edad

El ensayo fue establecido al aire libre y se basó en la metodología planteada por Trujillo (2007 y 2011) para la propagación sexual de S. *macrophylla* y el crecimiento de las plantas.

Germinación de las semillas

Para la germinación de las semillas de caoba, se utilizó semilla certificada de la empresa "Semillero de Colombia". Las semillas inicialmente se sometieron a 7 tratamientos pregerminativos y más un control para comparar (Tabla 1), posteriormente las semillas fueron desinfectadas con vitavax (1 cucharada/5 l) por 10 minutos y sembradas a una profundidad de 2 cm (dos veces su tamaño) en vasos transparentes con arena fina de río al 100 %; cabe señalar que el sustrato fue desinfectado previamente con Terraclor (2 cucharadas/20 l) para prevenir el ataque de hongos y *damping off* durante y después de la germinación. Posterior a la siembra de las semillas se realizó el riego para generar condiciones de humedad.

Tabla 1. Tratamientos pregerminativos en semillas de *S. macrophylla.*

Factor	Niveles	Tratamientos
Semillas en inmersión en agua temperatura ambiente	Control	T0
	12 horas	T1
	24 horas	T2
	36 horas	T3
	48 horas	T4
	60 horas	T5
	72 horas	T6
	84 horas	T7

Crecimiento de las plantas

Para evaluar el crecimiento de *S. macrophylla*, se seleccionaron 21 plantas de cada tratamiento pregerminativo, con una altura de 15 a 20 cm y 2 a 3 hojas verdaderas. El sustrato utilizado para el trasplante, desde los vasos plásticos a fundas de polietileno, se basó en las características edafológicas de la especie y la disponibilidad de materiales en el sector, como tierra del lugar, arena fina de río, compost y aserrín, en una proporción de 3:1:2:1. Este sustrato fue desinfectado 20 días antes del trasplante con terraclor (2 cucharadas/20 L) para prevenir el ataque de hongos y el *damping off*, así como la persistencia del producto químico para reducir los efectos no deseados en el suelo o en las plantas

Manejo silvicultural

Durante la germinación y crecimiento, el riego se realizó considerando la humedad del sustrato o la condición de las plantas antes de aplicar agua, ajustándose según las condiciones climáticas. Se llevó a cabo una vez al día en forma de lluvia fina para evitar el desenterramiento de las semillas. El control de malezas se ejecutó cuando el sustrato estaba húmedo de forma manual y de acuerdo a la aparición y tamaño de las mismas, sin afectar las raíces de las plantas principales. Finalmente, el control fitosanitario se realizó en función del riesgo fitosanitario de la especie durante el ciclo de crecimiento y la presencia de plagas o enfermedades, por lo que se realizó así cada 15 días en la germinación con el Oxithane en concentración de 4 cucharadas/10 l para evitar el *damping off* y el ataque de hongos; entre tanto para el crecimiento de las plantas se realizó una vez por mes aplicando diazol a razón de 10 ml / 5 l) para prevenir el ataque de plagas y enfermedades en las hojas y tallo. La concentración específica se dio en base a las recomendaciones del fabricante y las regulaciones de seguridad.

Diseño experimental

Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) con ocho tratamientos, tres repeticiones distribuidas espacialmente al azar y la unidad experimental fue una semilla por vaso. El total de unidades experimentales fue 456 semillas, 57 por tratamiento y 19 por repetición (Figura 2a). Entre tanto, para el crecimiento de las plantas de caoba se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con ocho tratamientos, tres repeticiones distribuidas espacialmente al azar y la unidad experimental fue la planta/funda, el total de unidades experimentales fue 168 plantas, 21 por tratamiento y 7 por repetición (Figura 2)

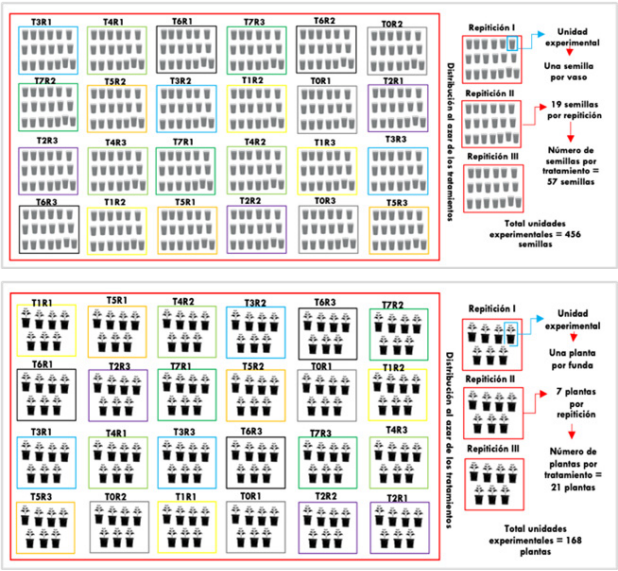

Figura 2. Distribución de los tratamientos: para la germinación de las semillas (a) y crecimiento de las plantas de S. macrophylla (b).

Variables evaluadas

Se evaluaron los dias a la germinación (días), porcentaje de germinación (% G), porcentaje de sobrevivencia (% S), longitud de raíz principal (Lrp), número de raíces secundarias (Nrs), número de hojas (Nh), longitud de hoja (Lh), ancho de hoja (Ah) y altura (H); con los datos de la altura (H) se calculó posteriormente el Incremento Corriente Trimestral (ICT_H) e Incremento Medio Trimestral (IMT_H).

Las variables: Lrp, H, Lh y Ah se midió con una regla en cm, y el conteo de Nrs y Nh se consideró el método sistemático a partir de secciones o cuadrantes, asegurando que no se omitan partes se contó manualmente en número enteros. Además, el porcentaje de germinación (% G) se determinó contando el número de semillas germinadas en números enteros, de igual manera, el % S se calculó a partir del número de plantas vivas o muertas, contado en números enteros.

Para la germinación se evaluó diariamente por el lapso de 75 días, mientras que el crecimiento de las variables se analizó al inicio del experimento, así como a los 3 meses y 6 meses.

Tabla 2. Fórmulas empleadas para el procesamiento de la información

Variables	Fórmulas	Descripción	Autor
Porcentaje de germinación	$\% G = \frac{n \times 100}{N}$	% G = porcentaje de germinación (%) n = Número de semillas germinadas N = Número de semillas sembradas 100 = Constante	Arriaga et al., 1994
Porcentaje de sobrevivencia	$\% S = \frac{P_V}{P_V + P_m} \times 100$	% S = Porcentaje de sobrevivencia (%) P_V = Plantas vivas P_m = Plantas muertas 100 = Constante	Linares, 2005
		Categorización de la sobrevivencia Muy bueno/a = 80-100 % Bueno/a = 60-79,99 % Regular = 40-59,99 % Malo = < 39,99 %	Centeno, 1993
Incremento corriente trimestral en altura	$ICT_H = H_f - H_i$	ICT_H = Incremento Corriente Trimestral (cm) H_f = Altura al final del periodo (cm) H_i = Altura al inicio del periodo (cm)	Quesada et al., 2012
Incremento medio trimestral en altura	$IMT_H = \frac{C_t}{t}$	IMT_H = Incremento Medio Trimestral (cm/mes) C_t = Crecimiento total (cm). t = Edad en meses (0, 3 y 6 meses)	

Análisis de datos

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de comparación de medias (TUKEY) con un nivel de significancia del 5 % (0,05) para las variables (% G, Lrp, Nrs, H, ICT_H, IMT_H, Nh, Lh y Ah), y así poder determinar el efecto de los tratamientos pregerminativos en el potencial de germinación de las semillas y el crecimiento de las plantas de *S. macrophylla* a los 0, 3 y 6 meses de edad. El análisis de los datos se efectuó con la aplicación del software *InfoStat / Profesional 2023* (Di Rienzo et al., 2020) en función a estudios previos, recomendaciones de expertos y experiencias en el campo forestal.

RESULTADOS

Días a la germinación y porcentaje de germinación

ELas semillas de *S. macrophylla* comenzaron a germinar entre los 24 a 32 días después de ser sembradas, finalizando entre los 60 a 72 días (Figura 3), siendo el tratamiento T5 (semillas en inmersión en agua a temperatura ambiente por 60 horas) registró el mayor porcentaje con 85,96 % comenzando a germinar a los 26 días y se estabilizó a los 70 días, no obstante, el tratamiento T6 (semillas en inmersión en agua a temperatura ambiente por 72 horas) registró el menor porcentaje de germinación con 63,16 %, las semillas comenzaron a germinar a partir a los 29 días y llegando a finalizar a los 70 días.

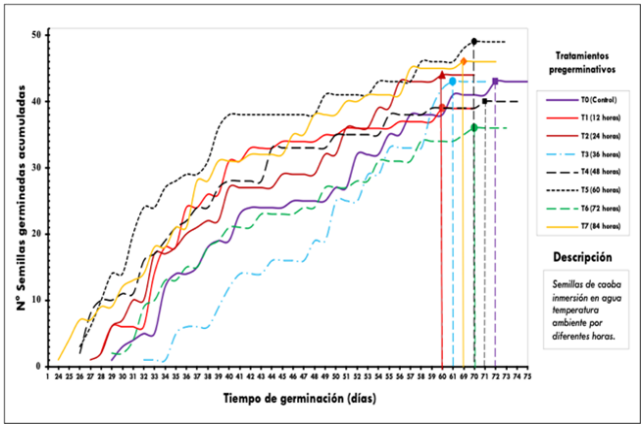

Figura 3. Sigmoide de germinación de las semillas de *S. macrophylla*

En los 7 tratamientos pregerminativos se registró un porcentaje de germinación entre el 63,16 al 85,96 %, en el tratamiento control se obtuvo 74,44 % (Figura 4). No existe diferencias significativas entre los tratamientos (*p–valor*= 0,1264) y

tampoco tendencias especificas en la variación de la germinación entre los tratamientos.

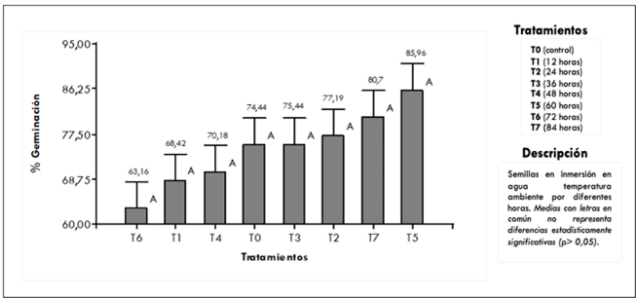

Figura 4. Porcentaje de germinación de las semillas de S. macrophylla.

Sobrevivencia

Se evaluó la supervivencia de las plantas al inicio del experimento, y a los 3 y 6 meses se registró un promedio general de 100 %, clasificándose como muy buena (Tabla 3) y dada a las condiciones óptimas de crecimiento en los tratamientos, a pesar de la incidencia herbívora en las hojas de las plantas.

Tabla 3. Porcentaje de sobrevivencia de las plántulas de S. macrophylla a los 6 meses de edad.

Tratamientos	N° de individuos / tratamiento	N° de individuos vivos	N° de individuos muertos	Sobre-vivencia (%)
T0	21	21	0	100
T1		21	0	100
T2		21	0	100
T3		21	0	100
T4		21	0	100
T5		21	0	100
T6		21	0	100
T7		21	0	100
Promedio general de sobrevivencia (%)				100
Categorización de la sobrevivencia				Muy buena

Longitud de raíz principal

Se midió la longitud de la raíz principal en tres momentos: al inicio del estudio, a los 3 y 6 meses de edad (Figura 5), no presentó diferencias estadísticamente significativas (p-valores= 0,6977; 0,6030; 0,8319), registrándose un promedio general de 8,18; 15,59 y 22,73 cm respectivamente.

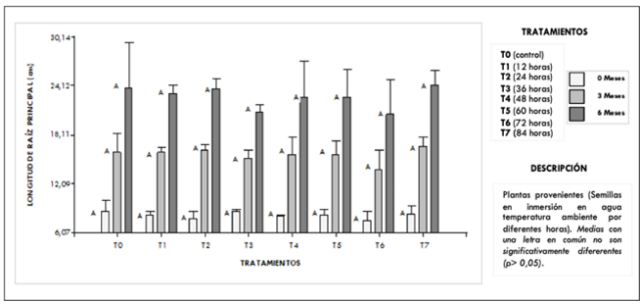

Figura 5. Longitud promedio de la raíz principal evaluada al inicio del experimento, a los 3 y a los 6 meses edad.

Número de raíces secundarias

A lo largo del estudio se analizó el número de raíces secundarias al inicio y a los 3 y 6 meses, sin encontrar diferencias estadísticamente significativas (p-valores = 0,9501; 0,3702; 0,2844). En promedio, cada planta presentó 33,67; 56,21 y 80,17 raíces, respectivamente (Figura 6).

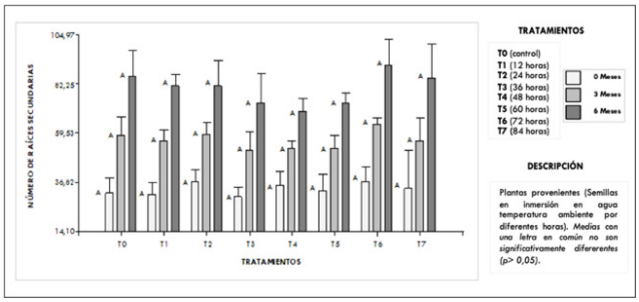

Figura 6. Número promedio de raíces secundarias evaluado al inicio del estudio, a los 3 y a los 6 meses de edad.

Altura de las plántulas

La altura registrada al inicio del estudio no evidencio significancia (p-valor= 0,3509), mientras que, a los 3 y 6 meses de evaluación, se determinó diferencias estadísticamente significativas (p-valores= 0.0361; 0.0013) en el crecimiento de las plantas (Figura 7), registrándose una media de 20,74; 22,23 y 24,01cm

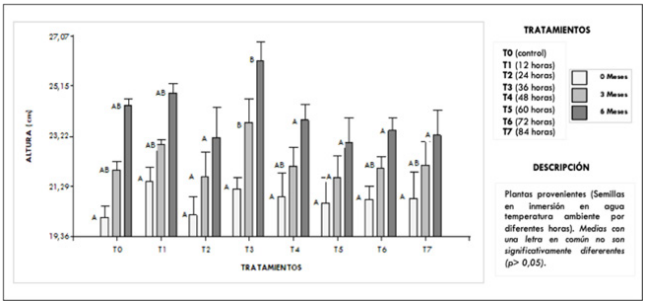

Figura 7. Altura de las plantas evaluada al inicio del estudio, a los 3 y a los 6 meses edad.

Incremento corriente trimestral (ICT) e incremento medio trimestral (IMT) en altura

De acuerdo al análisis de varianza (ANOVA), se determinaron diferencias estadísticamente significativas (*p-valores* = 0,0200 y 0,0001) en el incremento corriente trimestral (ICT) evaluado entre el inicio del estudio y el mes 3, así como entre el mes 3 y el mes 6, obteniéndose promedios de 1,49 y 1,79 cm, respectivamente (Figura 8).

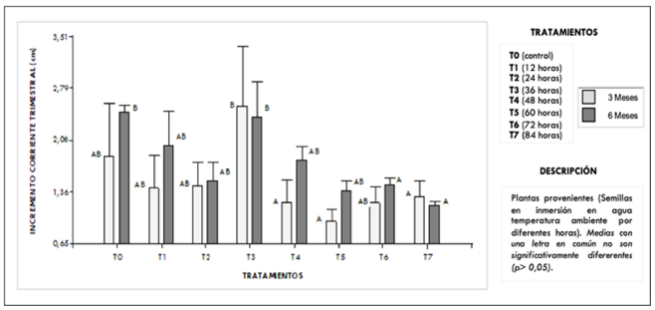

Figura 8. Incremento Corriente Trimestral evaluado del inicio a 3 meses y de 3 a 6 meses.

El análisis ANOVA determinó significancia (p-valores= 0,0361; 0,0013) en el incremento medio trimestral (IMT) a los 3 y 6 meses de edad, registrándose una media de 7,41 y 4 cm/mes (Figura 9).

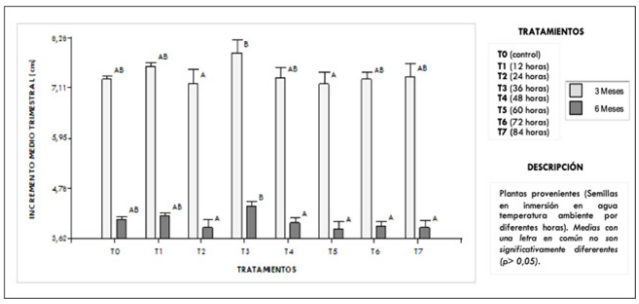

Figura 9. Incremento Medio Trimestral 3 y 6 meses

Numero de hojas

El análisis del número de hojas, medido al comienzo y a los 3 meses, no presentó diferencias significativas (*p-valores* = 0,4050; 0,3544), sin embargo, a los 6 meses se determinó significancia (*p-valor* = 0,0109), presentándose un promedio de 3,24; 3,72 y 5,21 hojas por planta (Figura 10).

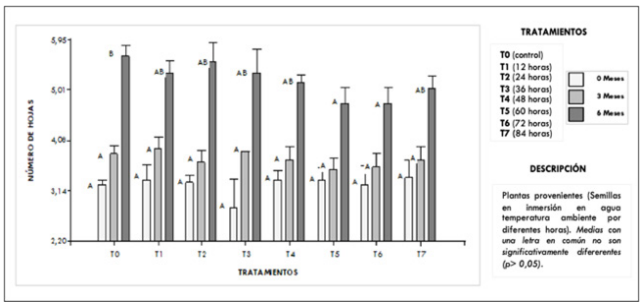

Figura 10. Número promedio de hojas evaluado al inicio del estudio, a los 3 y a los 6 meses de edad.

Tamaño de las hojas

Al medir la longitud de las hojas al comienzo, a los 3 y a los 6 meses, se encontraron diferencias estadísticamente significativas (p-valores= 0,0873; 0,0820; 0,1369), obteniéndose una media de 8,57; 10,04 y 11,72 cm (Figura 11).

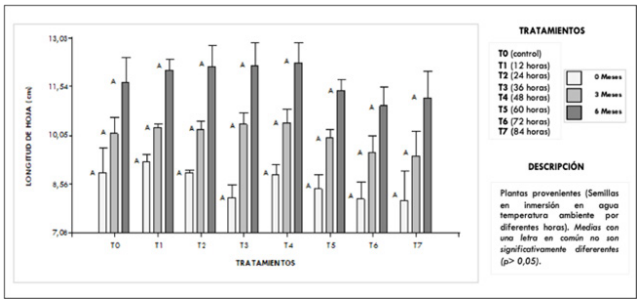

Figura 11. Longitud promedio de las hojas medida al comienzo, a los 3 y a los 6 meses de edad.

La evaluación del ancho de las hojas al inicio y a los 3 meses reveló diferencias estadísticamente significativas (*p-valores* = 0,0138 y 0,0113, respectivamente); sin embargo, a los 6 meses, no se observaron diferencias significativas (*p-valor* = 0,2081) (Figura 12), con promedios de 3,05, 3,92 y 5,21 cm.

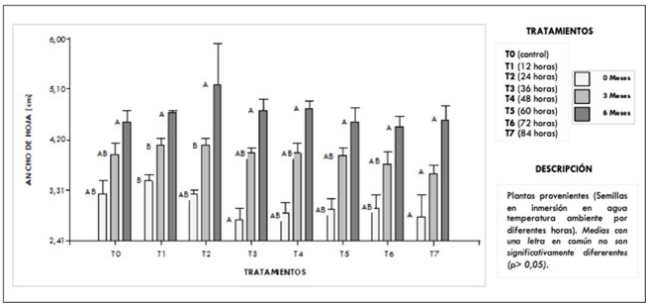

Figura 12. Ancho promedio de las hojas al inicio del estudio, a los 3 y a los 6 meses de edad.

Resumen de medidas registradas al comienzo, a los 3 y a los 6 meses de edad.

En la Tabla 4, se presenta un análisis descriptivo sobre las variables evaluadas. Finalmente, en la Tabla 5. Se muestra el promedio general obtenido de las variables evaluadas en los momentos de inicio, 3 y 6 meses.

Tabla 4. Análisis descriptivo de los diferentes tratamientos evaluados al inicio, a los 3 y a los 6 meses de edad

Tratamientos	Variables	Evaluación											
		Inicio (10 días)				3 meses (90 días)				6 meses (180 días)			
		Min	Med	Max	D.E.	Min	Med	Max	D.E.	Min	Med	Max	D.E.
T0 (Control)	Lrp (cm)	7,1	8,63	10,0	1,46	14,3	15,97	18,4	2,15	20,0	23,90	30,3	5,59
	Nrs (n)	26,0	32,0	36,00	6,56	49,0	58,67	64,0	8,39	72,0	85,67	95,0	12,10
	H (cm)	17,7	20,07	23,5	1,76	18,2	21,92	25,8	2,40	19,2	24,38	32,5	3,79
	Nh (n)	2	3,24	4	0,70	3	3,81	5	0,51	4	5,67	8	1,11
	Lh (cm)	6,25	9,02	11,38	1,37	7,2	10,19	12,03	1,31	8,48	11,75	14,69	1,84
	Ah (cm)	1,8	3,23	4,3	0,61	2,7	3,92	4,8	0,55	3,4	4,48	6,1	0,70
T1	Lrp (cm)	7,9	8,23	8,7	0,42	15,3	15,87	16,5	0,60	20,4	23,17	24,3	0,99
	Nrs (n)	27,0	31,00	37,0	5,29	51,0	56,00	61,0	5,00	76,0	81,67	86,0	5,13
	H (cm)	19,6	21,46	24,5	1,19	20,2	22,88	26,0	1,50	20,4	24,89	29,5	2,43
	Nh (n)	2	3,33	4	0,58	3	3,90	5	0,62	4	5,33	7	0,97
	Lh (cm)	6,87	9,27	12,83	1,46	7,5	10,34	13,4	1,28	9,3	12,09	15,45	1,58
	Ah (cm)	2,5	3,48	4,6	0,61	3,4	4,10	5,3	0,49	3,9	4,69	5,9	0,48
T2	Lrp (cm)	7,0	7,77	8,6	0,80	15,5	16,20	17,0	0,75	17,8	23,70	25,1	1,28
	Nrs (n)	31,0	37,00	42,0	5,57	56,0	59,00	65,0	5,20	70,0	81,67	93,0	11,50
	H (cm)	16,2	20,17	23,4	1,96	17,0	21,62	25,5	2,41	17,8	23,13	29,8	3,15
	Nh (n)	2	3,29	4	0,72	3	3,67	4	0,48	4	5,52	8	0,93
	Lh (cm)	6,5	8,98	10,35	1,16	7,8	10,36	12,3	1,15	9,6	12,13	14,81	1,49
	Ah (cm)	2,2	3,24	4,6	0,60	3,2	4,10	5,6	0,52	4,0	5,17	13,0	1,85
T3	Lrp (cm)	8,4	8,63	8,9	0,25	14,4	15,13	16,3	1,02	22,7	20,83	Fa	0,86
	Nrs (n)	27,0	30,33	35,0	4,16	44,0	51,33	61,0	8,74	60,0	73,33	88,0	14,05
	H (cm)	17,5	21,18	24,7	1,93	20,6	23,73	27,4	1,83	22,7	26,13	31,5	2,56
	Nh (n)	2	2,81	4	0,75	3	3,86	4	0,36	4	5,33	7	0,66
	Lh (cm)	6,3	8,12	9,95	1,14	9	10,39	13,83	1,29	9,82	12,25	15,86	1,58
	Ah (cm)	1,9	2,76	4,1	0,60	3,3	3,96	5,0	0,48	3,6	4,73	6,1	0,67
T4	Lrp (cm)	8,0	8,10	8,2	0,10	13,4	15,57	17,7	2,15	19,6	22,70	27,3	4,41
	Nrs (n)	29,0	35,67	41,0	6,11	49,0	52,33	56,0	3,51	64,0	69,67	76,0	6,03
	H (cm)	18,1	20,85	24,8	1,94	19,1	22,05	26,2	2,16	19,6	23,85	32,5	3,07
	Nh (n)	2	3,33	4	0,73	2	3,71	5	0,72	3	5,14	7	0,91
	Lh (cm)	6,4	8,89	10,18	1,06	7,97	10,53	12,93	1,36	9,65	12,38	16,12	1,70
	Ah (cm)	2,0	2,90	3,9	0,52	3,0	3,97	4,9	0,55	3,6	4,74	6,0	0,67
T5	Lrp (cm)	7,7	8,33	8,9	0,60	13,8	15,63	17,1	1,68	20,1	22,67	26,0	3,51
	Nrs (n)	25,0	32,67	40,0	7,51	47,0	52,67	59,0	6,03	69,0	73,33	79,0	5,13

Tratamientos	Variables	Evaluación											
		Inicio (10 días)				3 meses (90 días)				6 meses (180 días)			
		Min	Med	Max	D.E.	Min	Med	Max	D.E.	Min	Med	Max	D.E.
T5	H (cm)	17,7	20,64	23,7	1,54	18,4	21,59	24,6	1,51	20,1	22,97	25,7	1,59
	Nh (n)	2	3,33	4	0,66	3	3,52	5	0,60	4	4,76	6	0,77
	Lh (cm)	5,73	8,4	10,33	1,20	6,8	9,95	11,8	1,21	7,85	11,37	13,7	1,25
	Ah (cm)	1,8	2,96	4,3	0,57	2,3	3,91	5,1	0,56	3,1	4,52	5,7	0,57
T6	Lrp (cm)	6,3	7,47	8,7	1,20	11,1	13,83	15,7	2,42	18,2	20,67	23,5	4,23
	Nrs (n)	32,0	37,00	45,0	7,00	62,00	64,0	67,0	2,65	78,0	91,00	101,0	11,79
	H (cm)	15,6	20,76	24,0	2,31	16,5	21,96	25,3	2,31	18,2	23,43	30,3	2,87
	Nh (n)	2	3,24	4	0,77	2	3,57	4	0,60	3	4,76	6	0,83
	Lh (cm)	5,23	8,08	11,03	1,34	6,47	9,48	12,5	1,35	8,55	10,91	14,8	1,51
	Ah (cm)	1,6	2,98	4,6	0,69	2,4	3,76	5,1	0,65	3,3	4,43	6,1	0,67
T7	Lrp (cm)	7,2	8,33	9,1	1,00	15,4	16,60	17,5	1,08	18,7	24,17	25,8	1,89
	Nrs (n)	21,0	33,67	54,0	17,79	49,0	55,67	68,0	10,69	74,0	85,00	103,0	15,72
	H (cm)	15,5	20,80	25,0	2,35	18,4	22,09	25,4	1,93	18,7	23,26	26,7	2,15
	Nh (n)	2	3,24	4	0,77	3	3,57	5	0,60	4	5,14	7	0,91
	Lh (cm)	6,1	8,12	11,58	1,32	7,65	9,45	12,5	1,24	8,55	11,23	13,92	1,72
	Ah (cm)	2,0	2,85	4,1	0,57	2,6	3,58	4,6	0,57	3,2	4,52	5,5	0,71

Nota. Min= Mínima; Med= Media; Max= Máxima; D. E= Desviación estándar y n= número

Tabla 5. Promedio general de las variables evaluadas al inicio, a los 3 y a los 6 meses.

Media general	Variables evaluadas							
	Lrp (cm)	Nrs (n)	H (cm)	ICT_H (cm)	IMT_H (cm/mes)	Nh (n)	Lh (cm)	Ah (cm)
Inicio (10 días)	8,18	33,67	20,74	--	--	3,24	8,57	3,05
3 meses (90 días)	15,60	56,21	22,23	1,49	7,41	3,72	10,04	3,92
6 meses (180 días)	22,73	80,17	24,01	1,78	4,00	5,21	11,72	4,66

DISCUSIÓN

Días a la germinación y porcentaje de germinación

Las semillas comenzaron a germinar entre los 24 a 32 días después de ser sembradas, finalizando entre 60 a 72 días, resultados semejantes a estudios realizados por Bauer y Francis (1998), Niembro et al. (2006), Pérez (2017), Chan-Quijano et al. (2012) y Gómez et al. (2016) quienes reportan que las semillas comienzan a germinar entre 10 a 25 días y llegando finalizar a los 40 a 70 días. Respecto al porcentaje de germinación los tratamientos pregerminativos la germinación osciló entre el 63,16 y el 85,96 %, estos resultados son inferiores a los reportados por Chan-Quijano et al. (2012), quienes reporta 90 a 93 % porcentaje de germinación. Con respecto al, tratamiento control (T0) alcanzó un porcentaje de germinación del 74,44 %, resultado que concuerda con investigaciones realizados por Rivera y Lowy (2009), Acosta et al. (2011), Román et al. (2012), quienes reportan porcentajes germinación entre 56 al 86 %. Las diferencias de los valores pueden ser debido a las condiciones ambientales (temperatura, humedad), el tratamiento pregerminativo provocando: muerte de la semilla por alagamiento y daño de la semilla causando que se hinche o se deformen, lo que dificulta su germinación o incluso puede hacer inútiles, así como el tipo de semilla certificada versus no certificada y al tipo de sustrato (retención de la humedad) empleado en la germinación de las semillas.

Sobrevivencia

La media de sobrevivencia registrada fue del 100 % semejante a los obtenidos por Chan-Quijano et al. (2012) y Vásquez (2014), quienes reportaron entre 93 y 100 %. La concordancia entre estos estudios es la adecuada adaptación de las plantas a las condiciones climáticas del área de estudio, al tipo de sustrato utilizado, a la alta capacidad adaptativa, y un buen manejo favoreciendo desarrollo de plantas fuertes y resistentes. Otros factores como las condiciones climáticas idóneas de la especie, a la alta adaptabilidad de la especie, la genética y un manejo silvicultural eficiente, nos permite alto porcentajes de sobrevivencia.

La sobrevivencia es una variable o un indicador de adaptabilidad es la capacidad que tiene la especie de adaptarse a condiciones adversas tanto como vivero o en campo (Palacios et al., 2015) es influenciada por la genética y manejo de vivero; el trasplante, tasas enraizamiento, tallo vigoroso, estado fitosanitario, el riego, fertilización, el sustrato, la iluminación y temperatura (Ramírez et al., 2010; Zanabria et al., 2014; MADES, PNUD y FMAM, 2021).

Longitud de raíz principal y número de raíces secundarias

La longitud de raíz principal al inicio del experimento registró un promedio 8,18 cm, resultado similar a lo presentado por Marín (2018), quien registró un crecimiento de 8,13 cm. En lo que respecta a los 3 meses, se obtuvo una media de 15,59 cm, resultado semejante a los obtenidos por Díaz et al. (2013), quienes en cuatro sustratos reportaron un crecimiento de longitud de raíz de 15,25 a 17,75 cm; por otro lado, resultado es inferior a los reportados por Giménez y Berrio (2018), quienes en tres sustratos diferentes registraron una longitud de raíz entre 20,47 a 21,95 cm. En cuanto al tamaño de las semillas. Por último, a los 6 meses, se registró un promedio de longitud de 22,73 cm, resultado similar a lo reportado por Lanares (2007), quien registró una longitud de raíz de 19,10 a 22,97 cm. Por otro lado, resultado es superior a los presentados por Vásquez (2014), quien obtuvo un crecimiento de raíz de 17,05 y 21,09 cm.

El número de raíces secundarias al inicio del experimento se registró un promedio de 33,67 raíces por planta, resultado mayor a lo reportado por Müller (2013) quien obtuvo 6,33 raíces por planta. Respecto a los 3 meses, se registró un promedio de 56,21 raíces por planta, resultado superior a los reportados por Díaz et al. (2013) quienes, en cuatro tipos de sustratos, registraron entre 10,43 y 13,01 raíces por planta. Finalmente, a los 6 meses, se registró un promedio de 80,17 raíces por planta, resultado diferente a los presentados por Pérez et al. (2019), quienes obtuvieron entre 74,85 a 97 raíces por planta.

La longitud de la raíz principal y el número de raíces secundarias presentan similitudes con algunos estudios y diferencias con otros, esta inconsistencia de resultados puede atribuirse factores como: un diferente sustrato utilizado para el crecimiento de las plantas con materiales diferentes y proporciones. Lo que es explicado por Iriyogen et al. (2005) al determinar que el sustrato es una parte fundamental para el crecimiento y desarrollo radicular, así como un factor clave que pueden haber favorecido al crecimiento de la raíz principal y la proliferación de raíces secundarias, explicando las variaciones observadas respecto a otros estudios.

Número de hojas y tamaño de las hojas

El número de hojas al inicio del experimento, tuvo una media de 3,24 hojas por planta, resultado similar a lo presentado por Pazmiño (2015) quien registró 3,24 hojas por planta; concuerda con lo reportado por Yari (2022) quien en 4 sustratos registró 3,17 a 4 hojas por planta. En cuanto a los 3 meses, se registró un promedio de 3,72 hojas por planta, resultado inferior a lo reportado por Giménez y Berrío (2018) quienes en tres sustratos diferentes registraron 15 a 20 hojas por planta. Por último, a los 6 meses se registró un promedio de 4,66 hojas por planta, resultado semejante a los presentados por Díaz (2002) quien registro entre 3 y 5 hojas por planta. Este resultado es inferior a lo reportado por Caldas (2016) quien registró 8,15 hojas por planta.

La longitud de las hojas al inicio del experimento en promedio fue de 8,57 cm. En lo que concierne a los 3 meses, se registró un promedio de 10,04 cm, resultado inferior a los obtenidos por Giménez y Berrio (2018) quienes en tres sustratos diferentes registraron longitudes 9,60 a 11,47 cm. Finalmente, la longitud a los 6 meses, se registró una media de 11,72 cm, resultado ligeramente superior a lo expuesto por Ureta et al. (2017) quienes registraron una longitud de 11,55 cm. En lo que refiere al ancho de las hojas al inicio del experimento se obtuvo un promedio de 3,05 cm. Referente a los 3 meses, se registró un promedio de 3,92 cm, resultado inferior a los obtenidos por Giménez y Berrio (2018) quienes en tres sustratos diferentes registraron anchos de 5,08 a 8,17 cm. A los 6 meses, se registró un promedio de 5,21 cm, resultado semejante a lo reportado por Ureta et al. (2017) quienes registraron 4,72 cm de ancho.

Los resultados obtenidos en el número de hojas, la longitud y ancho de hoja muestran valores similares a algunas investigaciones e inferiores a otras, estas discrepancias puede deberse a factores como la radiación y la actividad fotosintética de la especie; ya que el crecimiento en altura y el desarrollo radicular está condicionada a la cantidad de luz absorbida y utilizada en los procesos metabólicos de la planta; así también puede inferirse al tipo de sustrato ensayado, con materiales y proporciones diferentes entre los experimentos que afectan la absorción de agua y nutrientes, así como a diferencias en el manejo silvicultural, incluyendo riego, fertilización y por ultimo las condiciones climáticas del área de estudio, estos argumentos son soportados por Di Benedetto y Tognetti (2016) y Giménez y Berrio (2018).

CONCLUSIONES

Los tratamientos pregerminativos aplicados a las semillas de *S. macrophylla* registran un alto porcentaje de germinación, oscilando entre el 63,16 y el 85,96 %, en comparación con el tratamiento control que alcanza un 74,44 % de germinación.

Los tratamientos pregerminativos y las condiciones de siembra iniciales (profundidad, sustrato, humedad, temperatura), juegan un papel importante en la eficiencia de germinación y crecimiento de plantas de *S. macrophylla.*

La supervivencia y crecimiento en altura de *S. macrophylla* muestran la potencialidad de establecimiento de plantaciones homogéneas y agroforestales con objetivos de conservación y mejoramiento genético.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

KJ: Realizó la formulación y el desarrollo y estructura del artículo, KJ y BPH: redacción — preparación del primer borrador original, Metodología, Discusión, Investigación, KJ: realizo la elaboración la supervisión y revisión y edición del borrador final. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

Aguirre, Z., León, N., Palacios, B. y Aguirre, N. (2013). Dinámica de crecimiento de 29 especies forestales en el Jardín Botánico el Padmi, Zamora Chinchipe. Revista CEDAMAZ, 3(1), 18-36.

Aguirre, Z., Loja, Á., Solano, C. y Aguirre, N. (2015). Especies forestales más aprovechadas del sur del Ecuador (1.a ed.). Universidad Nacional de Loja. EdiLOJA.

Acosta, F., Orantes, C. y Garrido, E. (2011). Germinación y crecimiento de plántulas de caoba (Swietenia macrophylla King, Meliaceae) en condiciones de vivero. Revista Lacandonia, 5(1), 13-20.

Arriaga, V., Cervantes, V. y Vargas, A. (1994). Manual de reforestación con especies nativas (1.a ed.). Instituto Nacional de Ecología y Universidad Nacional de México.

Bauer, G. y Francis, J. (1998). Swietenia macrophylla King Caoba hondureña, Honduras mahogany. Biotecnología de árboles nativos y exóticos de Puerto Rico y las Indias Occidentales. Río Piedras, PR, US Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Foresty. 492-498.

Caldas, B. (2016). Influencia del tamaño de bolsa y la edad de los plantones de caoba (Swietenia macrophylla King.) sobre la calidad en vivero y terreno definitivo, Tingo María–Huánuco. Tesis. UNAS.

Chan-Quijano, J. G., Ochoa, S., Pérez, I., Gutiérrez, M. A. y Saragos, J. (2012). Germinación y

sobrevivencia de especies arbóreas que crecen en suelos contaminados por hidrocarburos. Teoría y Praxis, (12), 102-119.

Centeno, M. (1993). Inventario Nacional de Plantaciones Forestales en Nicaragua. Universidad Nacional Agraria, Managua.

CIFOP (Colegio de Ingenieros Forestales de Pichincha). (2007) Propuesta Nacional para el Manejo Sostenible De La Swietenia macrophylla King Caoba en Ecuador.

Contento, C., Aguirre, N., Grana, J. y Aguirre, Z. (2022). Productos forestales no maderables de origen vegetal en comunidades rurales de la parroquia El Tambo, cantón Catamayo, provincia de Loja, Ecuador. Revista Journal of Agricultural Sciences Research, 2(1), 2–15.

Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M. y Robledo, C.W. (2020). Infostat versión 2020. Centro de Transferencia Infostat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Díaz, A. (2002). Evaluación de siembra directa de caoba (Swietenia macrophylla G. King) en un bosque primario en Tingo María. Tesis. UNAS.

Díaz, P., Torres, D., Sánchez, Z. y Arévalo, L. (2013). Comportamiento morfológico de cedro (Cedrela odorata) y caoba (Swietenia macrophylla) en respuesta al tipo de sustrato en vivero. Revista Folia Amazónica, 22(1-2), 25-34.

Fischer, G. (2010). Condiciones ambientales que afectan crecimiento, desarrollo y calidad de las pasifloráceas. En Memorias Primer Congreso Latinoamericano de Passiflora; Corporación Centro de Investigación para la Gestión Tecnológica de Passiflora del departamento del Huila- CEPASS Huila-y la Hortofrutícola de Colombia, Huila, Colombia

Giménez, C. y Berrío, T. (2018). Efecto de tres sustratos sobre el crecimiento de plántulas de caoba (Swietenia macrophylla King) en vivero: Effect of three substrates on seedling growth mahogany (Swietenia macrophylla King) nursery. Revista Unellez de Ciencia y Tecnología, 36, 1-7.

Gómez, A., Beraun, L., Gómez, O. y Llatas, E. (2016). Germinación y morfología de la caoba Swietenia macrophylla King en la región Lambayeque. INIA. Estación Experimental Agraria Vista Florida – Lambayeque.

Imaña, J. y Encinas, O. (2008). Epidometría Forestal (1.a ed.). Universidad de Brasilia, Departamento de Engenharia Florestal Mérida, Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales.

Juárez, Y. (2014). Dasometría apuntes de clase y guía de actividades prácticas (1.a ed.). Cochabamba, Bolivia.

Krisnawati, H., Kalio, M. y Kanninen, M. (2011). Swietenia macrophylla King: Ecology, silviculture and productivity.

Lanares, K. (2007). Efecto del nitrógeno, fósforo y potasio sobre el crecimiento de Swietenia macrophylla G. King Caoba, en fase de vivero. Tesis. UNAS.

Limongi, R., Pico, J., Morilloc, E., Buitrón, J., Meneses, S., Navarrete, B., Pinoargote, M. y Carrasco, B. (2022). Molecular characterization of mahogany tree (Swietenia macrophylla King, Meliaceae) in the remnant natural forest of Ecuador. Revista Neotropical Biodiversity, 8(1), 222–228.

Linares, E. (2005). Instructivo para determinar la supervivencia en plantaciones forestales (Instrucción Técnica No. 6). MINAG, 3-14.

Lombardi, I., Garnica, C., Carranza, J., Barrena, V., Ortiz, H., Gamarra, J. y Ponce, B. (2014). Evaluación de la Recuperación de las Poblaciones de Cedro y Caoba en el Perú (1.a ed.). Universidad Agraria La Molina.

MAE (Ministerio del Ambiente de Ecuador). (2015). Normas para el Manejo Forestal Sostenible de los Bosques Nativos Húmedo. Acuerdo Ministerial 0125. https://n9.cl/okszp

MAE. (2017). Establece en todo el territorio continental del Ecuador la veda de la especie Swietenia macrophylla. Acuerdo Ministerial 090.

MADES., PNUD. y FMAM. (2021). Viveros forestales urbanos: construcción y manejo. Proyecto “Asunción ciudad verde de las Américas – vías a la sustentabilidad”. Asunción, Paraguay.

Marín, B. (2018). Evaluación de la calidad de plantones forestales producidos bajo un vivero temporal en el distrito de santa rosa de alto yanajanca, provincia de Marañón, Huánuco-Perú. Tesis. UNAS.

Müller, M. (2013). Crecimiento y relación del tallo-raíz en plantones de cinco especies forestales durante la fase de vivero en Tingo María. Tesis. UNAS.

Niembro, A. (1997a). Efecto del peso de las semillas de caoba Swietenia macrophylla King sobre su germinación y el crecimiento inicial de las plantas bajo condiciones de vivero. En A. Sánchez, y E. Amador (Eds.), Memorias Congreso Regional de Ciencia y Tecnología de la Península de Yucatán (116-119). UAC.

Niembro, A., Márquez, J. y Ramírez, E. (2006). Emergencia y crecimiento inicial de plántulas de

20 familias de caoba [Swietenia macrophylla King - Meliaceae] procedentes de una plantación en el Estado de Campeche, México. Revista Foresta Veracruzana, 8(2), 33-39.

Palacios, B., Aguirre, Z. y Lozano, D. (2015). Experiencias de enriquecimiento forestal en bosque secundario en la microcuenca El Padmi, Zamora Chinchipe Ecuador. CEDAMAZ, 5(1).

Pazmiño, W. (2015). Comportamiento agronómico de cinco especies forestales del banco de germoplasma de la parte noroccidental de la provincia de Cotopaxi en el campo experimental la playita de la Universidad Técnica Cotopaxi Extensión La Maná. Año 2014. Tesis. UTC.

Pérez, E., Rodríguez, Y. y Falcon, E. (2019). Efecto de tres cepas de micorrizas en los parámetros morfológicos de Swietenia mahagoni (L.) Jacq. en vivero permanente, Guantánamo, Cuba. Foresta Veracruzana, 21(2), 11-16.

Pérez, J. (2017). Manual para el cultivo de la caoba. Instituto Laudato Si´ para la Custodia de la Creación, Centro de investigación, enseñanza y producción agroforestal (CEPIAGRY).

Pino, U. y Nieto, S. (2024). Los 10 Árboles Semilleros Nativos Madereros más Importantes para el Manejo Ambiental de la Región de Mironó en la Comarca Ngäbe-Buglé Panamá. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 8(1), 532-544.

Puentes, D., Rodríguez, L. y Escalera, V. (2002). Consideraciones sobre el género Swietenia Jacq. (Swietenioideae, Meliaceae) en Cuba. Revista Botanica Complutensis, 26, 63–78. https://n9.cl/7dbtr

Ramírez, E., Márquez, J. y Arguelles, A. (2010). Sobrevivencia en vivero de Pinus oaxacana Mirov proveniente de dos cosechas de semillas. Revista Foresta Veracruzana, 12(1), 39-43.

Ramalho, P. (2006). Especies Arbóreas Brasileiras (Vol. 2). Brasilia, DF: Embrapa informacao Tecnologia; Colombo: Embrapa Florestas, 2003-2014.

Rivera, D. y Lowy, P. (2009). Reintroducción y propagación de especies maderables. Estudio de caso caoba Swietenia macrophylla King y cedro Cedrela odorata L. en la isla de San Andrés. Revista Cuadernos del Caribe, (13), 95-119.

Rodríguez, S., Vergara, M., Ramos, J. y Sainz, C. (2009). Germinación y manejo de especies forestales tropicales (1.a ed.). Universidad Veracruzana. https://n9.cl/052h3n

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. Environmental Leadership and Training Initiative--ELTI, Yale School of Forestry y Environmental Studies. https://n9.cl/5kr06

Samaniego, C., Prado, L., Ordoñez, L., Díaz, M., Zambrano, L. y Papa, R. (2011). Arboles Nativos de Orellana, Amazonia del Ecuador: Guía Técnica para la identificación, fenología, usos y características de árboles y maderas. Fundación Española Solidaridad Internacional. https://n9.cl/o8cq6

Synnott, T. (2009). La caoba en la península de Yucatán: ecología y regeneración. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Corredor Biológico Mesoamericano México. https://n9.cl/34r5eg

Toledo, M. y Snook, L. (2005). Efectos de la dispersión de semillas y tratamientos silviculturales en la regeneración natural de caoba en Belice1. Revista Recursos Naturales y Ambiente, 44, 68–75.

Trujillo, E. (2007). Guía de Reforestación (1.a ed.). El Semillero.

Trujillo, E. (2011). Guía de reforestación; Ilustrada, aumentada y corregida (3.a ed.). El Semillero.

UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza). (2023). Swietenia macrophylla King. La Lista Roja de Especies Amenazadas de La UICN 1998.

Ureta, D., Barrezueta, M., García, Y., y Arteada, Y. (2017). Evaluación de indicadores de calidad de la planta de cuatro especies forestales en vivero con fines de restauración en áreas degradadas. En R. Alemán., H. Reyes, y C. Bravo (Eds.), Libro de Memorias: Simposio internacional sobre Manejo sostenible de tierras y seguridad alimentaria – Ecuador 2017 (107). Universidad Estatal Amazónica, Ecuador.

Vásquez, G. (2014). Influencia de hongos micorrizales, en el crecimiento inicial de Cedrelinga catenaeformis Ducke, Swietenia macrophylla King, Guazuma crinita Martius-Río Negro–Satipo. UNCP.

Wegier, A., Barba, L., García, F., Pérez, J. y Flores, A. (2013). Método para el establecimiento in vitro de caoba (Swietenia macrophylla King) a partir de explantes vegetativos. (1.a ed.). CENID-COMEF, INIFAP.

Yari, K. (2022). Evaluación de cuatro sustratos para la propagación sexual de Swietenia macrophylla King (caoba) en la parroquia General Proaño cantón Morona provincia de Morona Santiago. Tesis. ESPOCH.

Zanabria, Y., Cuellar, J., Clemente, G., Leiva, H., Contreras, L. y Gala, S. (2014). Tecnologías de producción en viveros de cuatro especies forestales en el Valle del Mantaro (1.a ed.). INIA