"Determinación de los tratamientos más eficientes aplicados para la germinación de las semillas de la especie *Ochroma pyramidale*"

"Determination of more efficient treatments applied to *Ochroma pyramidale* specie at germination of seeds"

Gómez Villafuerte Jessie Paulina[1]

For2017035@uea.edu.ec

López Freire Melissa Macarena [2]

For2017052@uea.edu.ec

Rivero Guerra Aixa Ofelia, PhD.

arivero@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Facultad Ciencias de la Tierra, Carrera de Ingeniería Forestal

Resumen

El objetivo de la presente investigación bibliográfica fue analizar la evolución, crecimiento y variación de la germinación de las semillas de la especie *Ochroma pyramidale* en los diferentes hábitats en donde se encuentra distribuida, a través de una exhaustiva búsqueda de documentación y registro bibliográfico. *O. pyramidale* es un árbol nativo perteneciente al subtrópico americano según describen Toledo et al. (2019), y como afirma Baquero (2021) es una planta de importante impacto para el proceso económico y las exportaciones ecuatorianas. Además de conocer el alcance económico y ambiental del cultivo de esta especie. Al comprender que las semillas de *O. pyramidale* presentan una condición de latencia, es decir, que las semillas a pesar de estar en condiciones propicias son incapaces de germinar. Esta condición puede provocar una variación en el porcentaje y velocidad del proceso de germinación originando una fuerte heterogeneidad en su crecimiento. Condición que afecta en el proceso de germinación y cultivo de esta importante especie vegetativa.

Palabras clave: Ochroma pyramidale, semillas, germinación, tratamientos.

Abstract

This bibliographic research has the objective of analyzing the evolution, growth, and variation at the germination of the seeds of *O. pyramidale* specie in the habitats where is distributed, through an exhaustive search of documentation and bibliographic record. *O. pyramidale* is a native tree belonging to the American subtropics as described by Toledo et al. (2019), as affirm Baquero (2021), it's an important crop tree for the economic process and Ecuadorian exportations. In addition, knowing the economic and environmental scope of the cultivation of this specie. By understanding that the seeds of the genus *O. pyramidale* have a latency condition, in other words, seeds despite of being in favorable conditions are unable to germinate. This condition can cause a variation in the percentage and speed of the germination process, causing a strong heterogeneity in its growth. Condition that affects the process of germination and cultivation of this important vegetative specie.

Keywords: Ochroma pyramidale, seeds, germination, treatments.

1. Introducción

La especie *Ochroma pyramidale (Cav. Ex Lam)* , comúnmente llamada "balsa" en Ecuador produce madera que es altamente cotizada en el mercado global, de acuerdo con la información que provee The Observatory of Economic Complexity para el año 2020, Ecuador es el principal exportador de esta madera a nivel mundial, comprende el 32,5% de las exportaciones globales, produciendo $138M en un mercado en donde las exportaciones de balsa alcanzaron en 2020 la cantidad de $424M, posicionando en el ranking 2842do a la balsa dentro de los productos más comercializados.

Según Francis (1991) la distribución natural y de naturalización de *O. pyramidale* abarcan áreas tropicales y en suelos cuya elevación no es mayor a 1000 m, desde el sur de México hasta Bolivia, Venezuela y Brasil; además de países del Caribe. Los extremos latitudinales son 22º N hasta alrededor de 15º S. Esta especie también se ha cultivado con éxito en los siguientes países: India, Sri Lanka, Malasia, Vietnam, Borneo, Fiji, Islas Salomón, Filipinas y Papúa Nueva Guinea. Es una especie de crecimiento rápido, cuyo hábitat comprende las regiones Costa y Amazonía del Ecuador, es de fuste recto en forma de cilindro que puede alcanzar una altura de 30 m y un diámetro a la altura del pecho

(DAP) de 70 cm en su etapa de madurez; sus hojas son simples, alternas, pentalobulares; con flores grandes, vistosas campanuladas y sus frutos están formados por un mechón que cubre las semillas. En condiciones naturales, esta especie se regenera naturalmente al caer las semillas al suelo, no soporta la sombra al ser una especie heliófila, se desarrolla exponencialmente en condiciones de bosques primarios, secundarios, claros (Vinueza, 2012), es una especie que habitualmente crece en suelos cuya vegetación ha sido alterada.

La capacidad germinativa intrínseca de esta especie en condiciones naturales es casi nula debido a la impermeabilidad de la cubierta y a la latencia interna del propio embrión de la semilla como explican Jiménez et al. (2017), por lo que aún en condiciones favorables puede ser incapaz de germinar, esta característica puede implicar un déficit en la producción de productos forestales de alta calidad - rentabilidad, factor que depende de los procesos fisiológicos como la germinación, iniciación radicular, formación radicular y parte aérea de la planta. En Ecuador existe muy poca investigación disponible sobre la producción y aprovechamiento de plantaciones forestales de cualquier especie como sostiene el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [(INIAP), (2016)], no obstante, se han ejecutado estudios sobre las características y su germinación, concluyendo que un factor elemental es el efecto de viabilidad de las semillas. Para las empresas madereras el tiempo de germinación de las semillas de *O. pyamidale* representa una pérdida a la hora de optimizar la producción en ciclos y períodos planificados, por tal motivo es de interés para los productores de esta madera acelerar el tiempo de germinación como afirma Camacho et al. (2018). Definir los mejores tratamientos pre-germinativos adecuados para la especie que se estudia en la presente investigación generará mejores rendimientos en la producción de plántulas y un aumento sustancial en su calidad (Jiménez et al. 2017).

Para el método de cultivo de *O. pyramidale,* en condiciones de vivero es necesario adquirir semillas con certificación, de buena calidad y cuya procedencia sea conocida para asegurar un buen rendimiento. La germinación de esta especie sin tratamiento pre-germinativo, presenta una tasa de germinación sumamente baja de entre el 10 al 15%, iniciando su fase de brotación a los 7 días de haber sido sembrada, finalizando hasta los 20 días siguientes, sin embargo, al inducir a las semillas a procesos pre-germinativos. El propósito de esta investigación es conocer los diferentes tratamientos pregerminativos de la especie a través de la búsqueda de información y comparación de artículos científicos

que permitan determinar el tratamiento más apropiado para lograr un mayor porcentaje de germinación e índice de velocidad de germinación, cuyo proceso inicia según menciona Martínez (2016) con la hidratación de la semilla (imbibición) y termina cuando una parte de ésta (radícula en monocotiledóneas) atraviesa las estructuras envolventes que la rodean, por tanto podemos deducir que favorecer estos procesos fisiológicos, mediante modificación de condiciones físicas, mecánicas, químicas incidirá positivamente en la tasa de éxito de germinación de las semillas.

2. Objetivos.

2.1. Objetivo general.

- Determinar los tratamientos pregerminativos eficientes que permitan acelerar el proceso de germinación de la especie *O. pyramidale.*

2.2. Objetivos específicos

- Identificar los factores ambientales que favorecen la germinación de la semilla en la especie *Ochroma*.
- Identificar los tratamientos pregerminativos que pueden permiten mejorar la germinación de semillas de *O. pyramidale* en condiciones controladas.
- Establecer los factores ambientales que contribuyan a la eficiencia en la germinación de las semillas de *O. pyramidale*.

3. Metodología

Se desarrolló una investigación bibliográfica mediante la utilización de criterios de búsqueda con los siguientes términos: especie *O. pyramidale*, germinación de las semillas de *O. pyramidale,* características de la especie *O. pyramidale*, condiciones climatológicas del Ecuador, tratamientos pre-germinativos de las semillas de *O. pyramidale.*

Se aplicó el método de investigación analítico comparativo, orientado hacia la comparación de métodos cuantitativos, realizada de forma y en términos cualitativos, puesto que se limita a la determinación selectiva de los mejores tratamientos pregerminativos para la germinación de las semillas de *O. pyramidale* bajo condiciones de vivero.

La búsqueda y recopilación de documentación bibliográfica se basó en bibliotecas virtuales especializadas en artículos científicos como: UNIR Biblioteca, Google Académico, Dialnet y SCIELO, se examinaron artículos relacionados con la especie *O. pyramidale* arrojando un total de 430 resultados (libros, documentos, artículos científicos, reportaje y fichas técnicas) que permiten la sustentación teórica sobre los tratamientos para el proceso germinativo de la semilla de *O. pyramidale*, la identificación de los factores ambientales, definidos por varios autores basados en investigación experimental, prestando atención a dos variables: porcentaje de germinación (PG) e índice de velocidad de germinación (IVG).

4. Resultados

Una vez seleccionados y procesados los estudios relevantes de calidad investigativa, se seleccionaron 22 fuentes bibliográficas pertinentes y elegibles por su relación con el tema de la presente investigación, en base a una síntesis de criterios, en función de los objetivos previamente determinados, empleados para el proceso selectivo.

Se detecta que históricamente no se ha establecido una metodología estandarizada referente al intervalo de tiempo que se ha empleado para caracterizar la variación en el proceso germinativo de la especie.

Los registros obtenidos y que se expondrán son los más destacados de entre los resultados experimentales que los autores determinaron. Como se aprecia en la Tabla 1, se exponen resultados de la germinación de *O. pyramidale* en un rango de entre 8 a 10 días bajo condiciones ambientales (humedad implícita del sustrato), de sustrato (características químicas implícitas) y tratamientos pre-germinativos.

Tabla 1. Germinación de *Ochroma pyramidale* bajo la incidencia de tratamientos pre-germinativos y sustratos en un rango de 8 – 10 días.

	TRATAMIENTO PRE-GERMINATIVO				SUSTRATO			
	H_2O a 100º C (15 s)[1]	**Agua de coco (12 h)[1]**	**Escarificación[1]**	**Calor seco 96º C (5 min)[1]**	**Tierra negra + zeolita 7g/kg[1]**	**Tierra negra + humus nacaro 7 g/kg[1]**	**Tierra negra + humus UTEQ 0,70 g/kg[1]**	**Vermiculita[2]**
PG	19,14	20,57	20,85	21,04	17,57	16,80	16,04	45,00
IVG	-	-	-	-	-	-	-	1,29

[1] Jiménez et al. (2017). 8 días.

[2] Oliveira et al. (2007). 10 días.

En tratamientos para un período de 8 a 10 días se obtiene que para los pre-germinativos el que ofrece mejores resultados para PG la aplicación de calor seco (96° C) directamente a las semillas durante 5 minutos, mientras que, para los factores ambientales, el tratamiento más prometedor es la vermiculita, sustrato que ofrece un alto porcentaje de germinación, aún cuando no se aplicaron tratamientos pre-germinativos.

En la Tabla 2 se aprecian los resultados de la acción del sustrato, factores ambientales (humedad y temperatura del sustrato) y tratamientos pre-germinativos para la germinación de las semillas de *O. pyramidale* en un rango de 20 – 35 días.

Tabla 2. Germinación de *Ochroma pyramidale* bajo la incidencia de tratamientos pre-germinativos y sustratos en un rango de 20 – 35 días.

	TRATAMIENTO PRE-GERMINATIVO									SUSTRATO	
	H_2O a 80º C/ 8º C (10 min)	**H_2O a 80º C/ 8º C (15 min)**	**H_2O a 80º C/ 8º C (20 min)**	**H_2O a 80º C /8º C (25 min)**	**H_2O a 100º C (15 s)**	**H_2O a 100º C (60 s)**	**H_2O desde 80º C hasta que se enfríe [a]**	**Escarifi-cación + 26º C**	**Calor seco 96º C**	**Sustrato + H_2O (relación 1,5 mL/g) + Tº 35º C**	**Sustrato + H_2O (relación 3,0 mL/g) + Tº 35º C**
PG	100[1]	100[1]	95[1]	100[1]	84[4]	85[4]	59[2]	85[4]	78[4]	85[3a]	84[3a]
IVG	2,65[1]	2,36[1]	1,90[1]	2,06[1]	-	-	4,40[2]	-	-	4,08[3a]	4,05[3a]

[1] Jesus et al. (2016). 20 días en adelante.
2 Ríos et al. (2021). 30 días.
[3] Ramos et al. (2006). 21 días.
[4] Vásquez et al. (1974). 35 días

En tratamientos para un período de 20 a 35 días se obtiene que para los pre-germinativos se obtiene mejores resultados en PG al someter a las semillas en agua caliente (80° C) por intervalos de 10 a 25 min, mientras que para los tratamientos basados en factores ambientales favorecen a la germinación sustratos en donde exista alto porcentaje de humedad y temperaturas de 35° C, en cuanto al IVG el se obtiene el valor más alto cuando se sumerge las semillas en agua caliente (80° C) y permanecen ahí hasta que el agua alcance temperatura ambiente, sin embargo en sustratos con alto porcentaje de humedad y temperatura de 35° C, el IVG presenta valores altos y apenas por debajo del obtenido al sumergir las semillas en agua caliente hasta que se enfríe.

Barbosa et al. (2004) aborda características que otros autores ya han experimentado, es decir tratamientos pre-germinativos, factores ambientales (temperatura del sustrato) y además incluye características morfológicas: madurez del fruto, DAP de los árboles de donde se obtiene la semilla y temperatura ambiente durante la germinación, como se puede apreciar en la Tabla 3:

Tabla 3. Germinación de *Ochroma pyramidale* considerando factores ambientales, pre-germinativos y de morfología vegetal.

	CARACTERÍSTICAS DEL FRUTO + TRATAMIENTO PREGERMINATIVO					**CARACTERÍSTICAS DEL FUSTE (17 meses)**		**T. PREGERM.**
	Fruto dehiscente (20-30° C) [a]	**H_2SO_4 * 30 s (fruto sin cápsula) a 25° C [b]**	**H_2SO_4 * 60 s (fruto sin cápsula) a 25° C [b]**	**H_2SO_4 * 30 s (fruto con cápsula) a 25° C [b]**	**H_2SO_4 * 60 s (fruto con cápsula) a 25° C[b]**	**DAP pequeño (5,4 cm) a 30° C [c]**	**DAP mediano (9,1 cm) a 30° C [c]**	**H_2O a 80° hasta que se enfríe [b]**
PG	88	86,5	84,5	83,5	84,5	97	92	88,5
IVG	2,27	10,75	10,47	9,39	10,04	6,5	5,0	7,23

[a] 35 días.
[b] 60 días.
[c] 20 días.

En el efecto simple de los tratamientos pre-germinativos para un período de entre 20 a 60 días obtuvieron los mejores resultados de germinación respecto a PG y al IVG el sumergir en agua caliente (80° C) hasta que se enfríe, Respecto a las características del fruto + tratamiento pre-germinativo, los resultados recopilados tienen una mínima diferencia en cuanto a PG, presentado una desviación estándar de 1.82%, mientras que en lo referente al IVG la aplicación de ácido sulfúrico por 30 – 60 segundos ofrece los mejores resultados sin importar si el tratamiento se aplica sobre el fruto con o sin cápsula

La absorción de agua por la semilla desencadena una secuencia de cambios metabólicos que incluyen la respiración, la síntesis proteica y la movilización de reservas. No obstante, ciertas semillas son incapaces de germinar ya que se encuentran en estado de latencia, aún cultivada en condiciones favorables.

5. Discusión

Daws et al., (2008) comparan la respuesta en la etapa de germinación de las semillas al potencial hídrico en especies pioneras del neotrópico, sugiriendo que la longitud de las semillas de las especies abordadas tiene una relación de proporción directa con los riesgos implícitos que pueden afectar la germinación de las semillas y que al igual que *Cecropia obtusifolia* poseen un rango de tiempo del período de latencia bastante mayor comparado al de semillas cuya longitud es menor, esta característica de las semillas de *O. pyramidale* cuyo potencial osmótico es muy bajo es presumiblemente el motivo por el cual les favorece germinar en sustratos con alto porcentaje de humedad.

Acorde a lo descrito por Vázquez (1974) las semillas de O. pyramidale responden bien a las altas temperaturas, lo que se evidencia en los resultados presentados, por lo que combinar tratamientos pre-germinativos con factores ambientales de alta humedad y de temperatura que emula la que predomina en el neotrópico.

Las investigaciones experimentales disponibles tienen cierto grado de inconsistencia en la actualidad, puesto que al momento de comparar indicadores como el porcentaje de germinación y el índice de velocidad de germinación se dispone de información cuyos intervalos de observación y registro es variado, es así que se obtienen datos referente a los dos indicadores previamente mencionados en intervalos de tiempo que van desde los 8 a las 60 días sin que haya una metodología estandarizada que permita homogeneizar los resultados en función del tiempo de germinación observable.

6. Conclusiones

Las semillas de *O. pyramidale* presentan una condición de latencia. Estas semillas a pesar de estar en condiciones propicias son incapaces de germinar. Esta condición puede provocar una variación en el porcentaje y velocidad del proceso de germinación originando una fuerte heterogeneidad en el aumento de su población.

O. pyramidale es una especie de clima tropical muy uniforme, germina en un hábitat natural en temperaturas de hasta 35º C y mínimas que rodean los 22º C, requiere de precipitaciones moderadas y constantes, con suelos especialmente derivados de materiales calizos, metamórficos e ígneos que permitan sin dificultad la filtración del agua. Sin embargo, es posible que, la episperma de la semilla de las variables de *O. pyramidale* presente una mejor permeabilidad en temperaturas altas beneficiando su germinación.

Los tratamientos pre-germinativos pueden mejorar el proceso de germinación de la semilla, ya que en condiciones naturales el PG e IVG es bajo, el sustrato que mejor puede influir en el porcentaje de germinación es la vermiculita, de la información recabada se obtuvieron valores prometedores de acuerdo a los indicadores que emplearon (Oliveira et al.2007), considerando que las semillas que sembraron en vermiculita tuvieron un alto porcentaje de germinación a los 10 días y sin haber empleado tratamientos pre-germinativos. El tratamiento aplicado por (Romero et al.2017), tierra negra + humus x remojo en agua de coco permite una mejor altura de plántula, lo que puede facilitar mayores niveles de competencia interespecífica en un bosque o área alterada. La interacción de tratamientos pre-germinativos con sustratos con alto porcentaje de humedad y a temperaturas de entre 30 a 35° C pueden brindar mejores resultados para la germinación de las semillas de *O. pyramidale*, optimizando la producción y calidad de plántulas.

REFERENCIAS

- Baquero, D. (12 de julio de 2021). Alerta roja: la fiebre de la madera balsa en Ecuador ya es detectada por los satélites. *Mongabay*. https://es.mongabay.com/2021/07/madera-balsa-ecuador-deforestacion-amazonia/#:~:text=El%20boom%20de%20la%20madera,del%20Banco%20Central%20del%20Ecuador.
- Barbosa, A., Sampaio, P., Campos, M., Varela, V., Gonçalves, C. & Iida, S. (2004). Tecnología alternativa para a quebra de dormência das sementes de pau-de-balsa (*Ochroma lagopus* Sw., Bombacaceae). *Acta Amazónica.*
- Camacho, R., Odelanti, M., García, D., Merino, P. & Loor, W. (22 de octubre de 2018). Aceleración de la germinación de semillas de balsa (Ochroma pyramidale (por medio de métodos físicos y biológicos. *Revista UTCiencia "Ciencia y Tecnología al servicio del pueblo",* [s.l], v 5, n. 3, p. 207-213. ISSN 2602-8263. https://investigacion.utc.edu.ec/revistasutc/index.php/utciencia/article/view/272/212
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (sf). *Ochroma pyramidale.* https://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/15-bomba6m.pdf
- Costa, C., Mattos, C. & Cuce, M. (2007). Estrategia PICO para la construcción de la pregunta de investigación y la búsqueda de evidencias. *Revista Latino-am Enfermagem*. 15. 1038-1042.
- Ecuador Forestal. (2012). *Ficha tecnica No. 5 Balsa* (pp. 1–2). http://www.ecuadorforestal.org/download/contenido/balsa.pdf
- Ecuador Forestal. (2018). *Ficha tecnica No. 7 Balsa* (pp. 4–7). http://www.ecuadorforestal.org/download/contenido/balsa.pdf
- Fernández, U. (2012). Efecto de la Fertilización sobre el Crecimiento de la Balsa *Ochroma pyramidale* Cav., en la Hacienda Mira, Cantón Buena Fé, Provincia de los Ríos. Tesis de Pregrado. *Universidad Técnica Estatal de Quevedo. https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/2142/1/T-UTEQ-0021.pdf*
- Francis, John K. (1991). *Ochroma pyamidale* Cav. Balsa. *SO-ITF-SM-41. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station*, 6.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (2016). *Modelación forestal como innovación tecnológica para el manejo silvicultural y aprovechamiento económico de la Balsa, Región Costa-Ecuador*. Quito: Cañadas, Á., Rade D., Domínguez, J. M., Murillo, I. & Molina, C.
- Jalca, I., García, L., Castro, J., Villamar, R. & Guachambala, M. (2019). Condiciones óptimas para almacenamiento del polen de *Ochroma pyramidale*. *Bosque.* DOI: 10.4067/S0717-92002019000200227
- Jesus, D., Deuner, C., Meneghello, G., Ferreira, A. & Motta, F. (2016). Superação de dormência em sementes de pau de balsa (*Ochroma pyramidale*). *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimiento Sustentável*. DOI: http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v11i3.4191

- Jiménez Romero, E., Garcías Franco, L., Carranza Patiño, M., Carranza Patiño, H. M., Morante Carriel, J., Martínez Chévez, M., & Cuásquer Fuel, J. (2017). Germinación y crecimiento de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. en Ecuador. *Scientia Agropecuaria*, 8(3), 243-250. https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.03.07
- Martínez, D. (2016). Manual Teórico: Fisiología Vegetal. *Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Escuela de Biología*. https://cmas.siu.buap.mx/portal_pprd/work/sites/biologia/resources/PDFContent/552/FISIOLOGIA%20VEGETAL%20PRIMAVERA%202017.pdf
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2014). *Programa de Incentivos para la Reforestación con Fines Comerciales*. [Folleto].
- Oliveira, F. & Pinto, B. (2007). Efeito de diferentes substratos na germinação de *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex. Lam.) Urb. (Bombacaceae). *Ci*ência Florestal, Santa Maria, v.17, n.1, p.71-75. ISSN 0103-9954.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (1991). Guía para la Manipulación de Semillas Forestales. *Estudio FAO Montes.* https://www.fao.org/3/ad232s/ad232s10.htm
- Paola, V. C. L. (2020). *EVALUACIÓN DE LA FASE DE GERMINACIÓN In vitro EN BALSA Ochroma pyramidale (Cav. ex Lam.) Urb. 3*(2017), 54–67. http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf
- Pita, J., & Perez, F. (2008). Germinación de semillas. *Hojas Divulgadoras*, *1*, 1–20. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1998_2090.pdf
- Ramos, M., Varela, V. & Melo, M., (2006). Influência da temperatura e da quantidade de agua no susbstrato sobre a germinação de sementes de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex. Lam.) Urban (pau-de-balsa). *Acta Amazónica.*
- Ríos, V., Córdova, L., Ramírez, P., Copete, J. & Ramos, P. (2021). 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.*
- The Observatory of Economic Complexity (2021) *Comercio, Complejidad y Clasificaciones Actualizados de 2020. Madera, baboen, caoba, Imbuia, Balsa.* https://oec.world/es/profile/hs92/lumber-baboen-mahogany-imbuia-balsa?growthSelector=value2
- Toledo-González, Karina A., Levy-Tacher, Samuel I., Macario-Mendoza, Pedro A., & Nova-Vázquez, José A. de. (2019). Germinación de dos variedades de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. de la Selva Lacandona, Chiapas. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 25(1), 85-94. Epub 15 de febrero de 2021. https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2018.06.046
- Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. (15 de abril de 2022). *Ochroma pyramidale (Cav. ex Lam.) Urb.* https://tropicos.org/name/3900204
- Vázquez-Yañes, C. (1974). Studies on the germination of seed of *Ochroma lagopus* Swartz. *Turrialba.* 24: 176-179.
- Vinueza, Marco. (2012). Ficha Técnica Nº7: BALSA. *Ecuador Forestal*. https://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-7-balsa/

7. Anexos

7.1. Marco Teórico

Las semillas de *O. pyramidale*, se clasifican como ortodoxas por las características relativas a la tolerancia a la deshidratación durante su desarrollo y por su capacidad de almacenarse en estado seco; constan de latencia física, es decir poseen una cubierta dura que dificulta la aceleración de su germinación (Ríos et al., 2020), por lo que aun en condiciones "favorables" o ideales para otro tipo de semillas, son incapaces de germinar. Sin embargo, cuando lo hacen pueden sobrevivir en condiciones desfavorables, esto implica la variación en la velocidad y porcentaje de germinación, entre semillas producidas bajo condiciones de vivero (con el empleo de técnicas específicas de germinación) y en su medio natural (Toledo-González et al. 2019).

Debido a su rápido crecimiento, su madera es cosechada en su mayoría de plantaciones forestales, cuando alcanza aproximadamente 20 m de altura y 75 cm de diámetro (madurez que llega entre los 5 a 8 años). La densidad de la madera que produce esta especie depende de su contenido de humedad y de sus fibras que decrecen por el largo del canto del fuste e incrementa en el grueso de sus paredes mientras la densidad aumenta, puede oscilar entre 100 y 250 kg/m^3, aunque puede variar entre 60 a 380 kg/m^3), su estructura celular está compuesta de fibras (66 -76%), rayos (20 - 25%) y buques (3 - 9%) (Borrega y Gibson 2015).

Descripción de la especie

Descripción botánica

Taxonomía:

De acuerdo con el catálogo de Ecuador, obtenido del Missouri Botanical Garden (2022), la taxonomía de *O. pyramidale* es la siguiente:

Tabla 4. *Taxonomía de Ochroma pyramidale*, de acuerdo con el catálogo de Ecuador

CLASE	Equisetopsida C. Agardh
SUBCLASE	Magnoliidae Novák ex Takht.
SUPERORDEN	Rosanae Takht.
ORDEN	Malvales Juss.
FAMILIA	Bombacaceae Kunth
GÉNERO	*Ochroma* Sw.
ESPECIE	***Ochroma pyramidale***
VARIEDAD	*Ochroma pyramidale var. bicolor (Rowlee) Brizicky*
VARIEDAD	*Ochroma pyramidale var. concolor (Rowlee) R.E. Schult.*

Fuente: Missouri Botanical Garden (2022).

Fisonomía del árbol (Forestal, 2018)

Árbol

Alcanza hasta 30 m de altura y 70 cm de DAP.

Tronco

El tronco es recto, generalmente corto, cilíndrico, de hasta 100 - 180 cm de diámetro, con contrafuertes cortos en árboles más viejos.

Corteza

Su corteza externa es gris y lisa.

Copa

Es amplia y redondeada, de gran tamaño.

Características Botánicas

Hojas

Es un árbol de hoja perenne o de intercambio de hojas, que tiene un promedio de 12 m de altura, pero puede alcanzar hasta 30 m en bosques. Sus hojas son grandes, dispuestas en

espiral, simples; estípulas ampliamente lanceoladas 1,5 cm x 1 cm; pecíolo 3-40 cm de largo; limbo ovado, levemente de 3-5 lóbulos, 10-40 cm × 11-35 cm, base cordada, ápice agudo o acuminado, margen ondulado, glabrescente en la parte superior, piloso en la parte inferior, palmado y pinnado nervado con 7-9 pares de nervios laterales, con pelos en el envés, con pecíolo casi del tamaño de la lámina foliar. Las hojas caen y se reemplazan durante todo el año. (Forestal, 2012).

Flor

Posee flores grandes en forma de campanas, estriadas, de color blancuzcas y verdosas, solitarias de 13 – 15 cm o más de largo con 5 pétalos, crecen como flores únicas en pedúnculos gruesos cerca del final de las ramas. La coloración de las flores también puede ser de color amarillo pálido y amarrillo pálido con un matiz rojo. Francis (1991) describe que las flores tienen un néctar, cuyo contenido de azúcar es del 11%. En áreas húmedas el florecimiento se da durante todo el año. (Paola, 2020)

Fruto

Es una cápsula oblonga de 12–25 cm × c. 2,5 cm, acanalado, con 5 válvulas, dehiscente, densamente lanoso por dentro, con muchas semillas pequeñas y negras; están cubiertas de lana para facilitar su diseminación con el viento y viajar grandes distancias, tiene una densidad de 0.10 a 0.15, lo que la hace más liviana que el corcho. En el oeste de Ecuador la fruta aparece al final de la temporada seca, pero en áreas húmedas como las que se encuentran al este de Ecuador el fruto se produce durante todo el año. (Paola, 2020)

Semillas.

Francis (1991) argumenta fundamentado en un manuscrito inédito de Brown Delmar de 1989 que la cápsula de semillas se abre en cinco partes, quedando expuesta una masa blanca, fibrosa y sedosa en donde se hallan las semillas de color castaño oscuro. En promedio cada cápsula produce 950 semillas en árboles del neotrópico oriental. En cada 100 g de seda (pelusa o lana) se encuentra entre 10 a 12 g de semillas. Las semillas de balsa deben ser almacenadas o conservadas en lugares con buena aireación, su dispersión es ornitoquiropterócora por aves o murciélagos frugívoros, la diseminación natural de las

semillas tiene propiedades anemócoras, por lo que pueden desplazarse considerables distancias siempre que el medio lo permita, las semillas llegan a germinar a los 8 días en promedio y muestran hasta un 70% de germinación en condiciones controladas. La recolección o extracción de frutos se cosechan semi verdes y se secan al ambiente con ayuda de radiación solar, al quinto día adquieren un color café-rojizo, son abundantes en las cápsulas recubiertas de lana, son de forma ovoide, de 3 a 5 mm de diámetro. Es preferible recolectar las cápsulas maduras en horas de la mañana de las ramas bajas o árboles tumbados, cuando la humedad ayuda a evitar que las cápsuas se quiebren en pedazos. Luego, al colocarlas al sol o en un lugar seco, las cápsulas se abrirán. Las semillas están cubiertas de lana que se puede separar a mano o mediante la quema de la seda. Las semillas no son fotoblásticas.

Germinación

La germinación se inicia con la entrada de agua en la semilla (imbibición) y finaliza con el comienzo de la elongación de la radícula. En condiciones de laboratorio, la posterior rotura de las cubiertas seminales por la radícula es el hecho que se utiliza para considerar que la germinación ha tenido lugar (criterio fisiológico). Sin embargo, en condiciones de campo no se considera que la germinación haya finalizado hasta que se produce la emergencia y desarrollo de una plántula normal. El porcentaje germinativo en semillas sin tratar es bajo, inferior al 10% por la resistencia mecánica del pericarpio de la semilla. La capacidad germinativa de las semillas tienen una especie de adaptación al fuego, por lo que luego de un incendio esta especie es de las pioneras en repoblar hábitats que fueron asolados por la acción ígnea. Pita & Perez (2008)

Latencia.

Las semillas de muchas especies arbóreas germinan enseguida cuando se las somete a condiciones de humedad y temperatura favorables, muchas otras especies poseen un determinado grado de latencia de la semilla. Cuando la latencia es fuerte, la regeneración artificial exige de manera esencial alguna forma de tratamiento previo de la semilla, a fin de obtener una tasa de germinación razonablemente alta en poco tiempo.

La vialidad de las semillas después del almacenamiento es hasta por 6 años en contenedores sellados a temperatura ambiente. Se recomienda almacenamiento en frío a aproximadamente 4º C. A falta de calor, humedad y niveles de luz solar apropiados, las semillas pueden entrar en fase de latencia por varios años en el suelo del bosque según Francis (1991).

Tipos de latencia:

Tabla 5. Estados de latencia de la semilla.

Tipo de latencia	Factor	Descripción
Exógena	Física Química Mecánica	Impermeabilidad de la cubierta o el pericarpio al agua. Inhibidores en el pericarpio o la cubierta. Resistencia mecánica del pericarpio o la cubierta al crecimiento del embrión.
Endógena (morfológica)	Morfológica	Subdesarrollo del embrión.
Endógena (fisiológica)	Intermedia Profunda Fisiológica Superficial	Mecanismo inhibidor débil. Mecanismo inhibidor intermedio. Mecanismo inhibidor fuerte. Mecanismo fisiológico inhibidor que impide la germinación.

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO, 1991).

Tratamientos pre-germinativos

Los tratamientos pre germinativos, son aquellos procedimientos necesarios para romper la etapa inactiva de las semillas, esto es, el estado en que se encuentran algunas tal que, estando vivas, no son capaces de germinar sino hasta que las condiciones del sustrato sean las adecuadas para ello.

Aplicaciones de tratamientos pre germinativos en la germinación de semillas

La germinación de semillas se realiza bajo condiciones controladas que simulan parámetros óptimos ideales, ya que, en muchas ocasiones, es difícil hacerlo en condiciones normales.

La finalidad de aplicar tratamientos pre-germinativos es romper la latencia inducida por la testa al ablandar, perforar, rasgar o abrir el pericarpio para hacerla permeable sin dañar el endospermo y el embrión. Algunos de ellos, aplicados en semillas de árboles aceleran y aumentan su germinación.

Pretratamiento de las semillas.

La capacidad de germinación en las semillas de balsa no tratadas es baja como se ha mencionado, para lograr mejores resultados se recomiendan varias técnicas: entre ellas:

- Tratarlas con agua hirviendo por 30 a 60 segundos dejando las semillas en agua hasta que se enfríen por 15 minutos.
- Baño de agua caliente por 20 minutos.
- Baños de agua hirviendo por 2 – 3 minutos.
- Escarificación por medio del lijado de las semillas. (Paola, 2020)
- Remojar en agua de coco por 12 horas.
- Aplicación de fuego.

Los mejores resultados se obtuvieron con agua hirviendo por 15 segundos o la exposición a calor seco de 96º C por 5 minutos.

Tipos tratamientos Pre-Germinativos

Por lo general, el proceso de germinación de *O. pyramidale* se ve perjudicado por dos tipos de factores:

- **Extrínsecos:** agua, gases, temperatura (incidencia positiva) y luz (incidencia negativa).
- **Intrínsecos:** embriones fisiológicamente inmaduros, inhibidores, presencia de tegumentos duros; viabilidad de las semillas, tipo de semilla y su fisiología vegetal (incidencia dicotómica) (Jiménez et al. 2017).

Distribución Natural.

Se encuentra en bosques bajos perennifolios de crecimiento secundario, en condiciones naturales puede limitantes para el aumento de la densidad forestal por su mecanismo de dispersión física, características físicas y fisiológicas de la semilla y el proceso de germinación que puede verse afectado por las condiciones naturales de los bosques

primarios, ocasional en bosques secos y húmedos en terrenos de entre 30 a 830 m de elevación. Esta especie habita desde el sur de México hasta Bolivia, desde las Antillas hasta Brasil; en Ecuador su distribución natural se encuentra en las orillas del río Guayas de donde se ha obtenido la mayor cantidad de cosecha anual, sin embrago, a raíz de la pandemia de COVID-19, en el año 2020 hubo un gran crecimiento en la comercialización de la madera de esta especie, obtenida de árboles maduros no cultivados intencionalmente, motivo por el cual, desde entonces su cultivo ha experimentado un crecimiento en la región oriental del Ecuador, aún no se obtienen datos sólidos sobre el incremento del cultivo de la especie a nivel nacional en los últimos dos años. Además, al ser una especie maderera de rápido crecimiento, mantenimiento de bajo coste y de producción perenne de semillas, en la región amazónica en provincias como Sucumbíos, Napo, Orellana, Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe representa una alternativa socioeconómica rentable para sus habitantes. (Vinueza, 2012)

Condiciones Climáticas.

El Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca [(MAGAP), (2014)] afirma que la temperatura a la que esta especie se desarrolla oscila entre los 22 a 30º C, cuyas precipitaciones pueden estar entre los 500 a 3000 mm. Mediante un estudio realizado indica los requerimientos de la especie balsa; un clima cálido-húmedo, la cantidad mínima de precipitación que tolera es de alrededor de 1500 mm anuales, excepto a lo largo de las corrientes de agua, en donde el nivel del agua subterránea se encuentra de la superficie y puede ser absorbida por las raíces. Su máxima tolerancia son los 3000 mm anuales en algunos casos. La estación seca deberá ser de menos de 4 meses de duración. La especie no es resistente a las heladas.

Requerimientos de Suelo y Topografía.

La balsa demanda una rica provisión de nutrientes y un suelo bien drenado. De hecho, se reporta que los árboles de balsa mueren con facilidad debido a las inundaciones. La especie tiene su mejor crecimiento en suelos aluviales a lo largo de ríos y es aquí en donde

se le encuentra con mayor frecuencia. La balsa coloniza suelos arcillosos, margosos y limosos, e incluso el relleno de construcción recientemente depositado, pero no tolera los suelos de alta salinidad.

EL MAGAP en 2014 señala que, esta especie no tolera suelos con bajos niveles de humedad, ni suelos superficiales, por la alta susceptibilidad a volcamiento por presencia de vientos fuertes. Los suelos que han sido sometidos a quemas de vegetación suelen favorecer la presencia de la especie.

Tabla 6. Requerimientos climáticos.

ALTITUD	0 – 1.000 m.s.n.m.
PRECIPITACIÓN	500 – 3000 mm
TEMPERATURA	22 – 30 ° C

Fuente: MAGAP (2014)

Requerimientos de sombra y luminosidad.

Fernández en 2012 indica que la balsa es una especie heliófila de rápido crecimiento la cual no tolera la sombra teniendo como prioridad recibir la luz para realizar funciones como el desarrollo de la semilla en la etapa pre - germinativa y el desarrollo en etapas post - germinación. Sin embargo, como menciona la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [(CONABIO), s.f] la incidencia de luz solar sobre la semilla no favorece el proceso de germinación. Esta especie crece de manera óptima en lugares donde la exposición del sol es mayor en intervalos largos y frecuentes.