

# MÉTODOS DE ESCARIFICACIÓN QUÍMICA Y SUS EFECTOS EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb.

## METHODS OF CHEMICAL SCARIFICATION AND THEIR EFFECTS ON THE GERMINATION OF SEEDS OF *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb.

**<sup>1</sup>Virleydys Ríos-Geovo, <sup>2</sup>Leonomir Córdoba-Tovar, <sup>3</sup>Pedro Luis Ramírez Mosquera, <sup>4</sup>José Harry Copete Arroyo, <sup>5</sup>Pablo Andrés Ramos Barón**

<sup>1</sup>Ingeniera Agroforestal Especialista en Implementación de Buenas Prácticas Agropecuarias.

<sup>2</sup>Biólogo estudiante de Doctorado en Estudios Ambientales y Rurales. <sup>3</sup>Ingeniero Agroforestal, <sup>4</sup>ingeniero agrónomo Magister en Ciencias de la Educación. <sup>5</sup>Ecólogo Doctor en Estudio y Manejo de Conflictos

<sup>1, 3, 4</sup>Universidad Tecnológica del Chocó "Diego Luís Córdoba". Quibdó, Colombia

<sup>2, 5</sup>Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia

<sup>1</sup>virleydys28@hotmail.com, <sup>2</sup>leonomir-cordoba@javeriana.edu.co <sup>3</sup>siso.pedro@gmail.com

<sup>4</sup>d-jose.copete@utch.edu.co, <sup>5</sup>p.ramos@javeriana.edu.co

### RESUMEN

**Introducción:** la *Ochroma pyramidale* es una especie con alto potencial restaurador y se adapta fácilmente en áreas perturbadas; sin embargo, la germinación de la semilla se ve afectada por ser ortodoxa y experimentar latencia.

**Vacío de conocimiento:** variación de la capacidad germinativa entre distintos tratamientos y condiciones ambientales.

**Propósito del estudio:** evaluar el porcentaje de germinación de semillas de *O. pyramidale* por medio de diferentes métodos de escarificación química.

**Metodología:** se aplicó un diseño experimental de tres bloques, tres repeticiones y 15 unidades de ensayos. Los tratamientos fueron: T1 (agua caliente a 80°C), T2 (NaClO al 0,5%), T3 (NaClO al 1,0%), T4 (NaClO al 2,0%), T5 (HCl al 1%).

**Resultados y conclusiones:** la germinación de semillas de *O. pyramidale* en todos los tratamientos inició al cuarto día después de la siembra con algunas diferencias de semillas germinadas entre tratamiento con respecto al primer día de germinación con algunas variaciones entre tratamientos. El mayor porcentaje de germinación ocurrió en el tratamiento 1

DOI: <https://doi.org/10.22490/21456453.3727>

(T1) con 88 semillas (59%), seguido del tratamiento 2 (T2) con 65 (43%). El tratamiento 1 (agua 80°C) tuvo mayor influencia en la germinación de semillas de *O. pyramidale*. Por lo tanto, se concluyen que los tratamientos por ebullición no solo contribuyen en el incremento de la germinación, sino que además las semillas logran mayor velocidad germinativa.

**Palabras clave:** escarificación química, semillas, germinación, latencia.

### ABSTRACT

**Introduction:** *Ochroma pyramidale* is a species with high restorative potential and adapts easily in disturbed areas; however, seed germination is affected by being orthodox and experiencing dormancy.

**Knowledge gaps:** Variation in germination capacity between different treatments and different environmental conditions.

**Purpose:** To evaluate the germination percentage of *O. pyramidale* seeds by means of

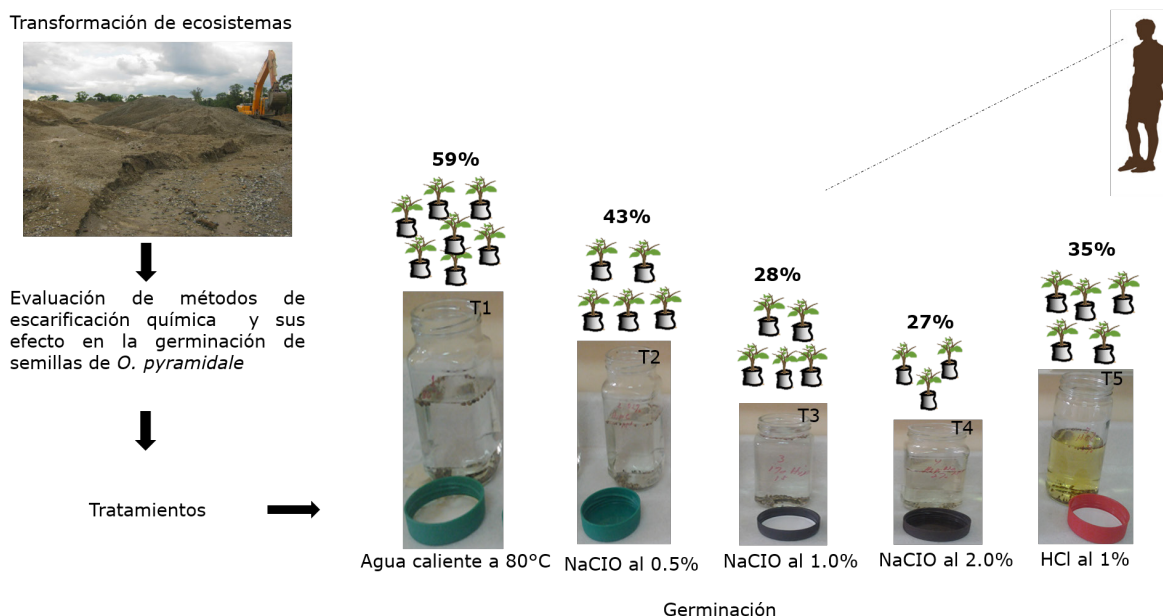
different chemical scarification methods.

**Methodology:** An experimental design of three blocks, three replicates and 15 test units was applied. The treatments were: T1 (hot water at 80°C), T2 (0.5% NaClO), T3 (1.0% NaClO), T4 (2.0% NaClO), T5 (1% HCl).

**Results and conclusions:** Germination of *O. pyramidale* seeds in all treatments started on the fourth day after sowing with some differences in germinated seeds between treatments with respect to the first day of germination with some variations between treatments. The highest percentage of germination occurred in treatment 1 (T1) with 88 seeds (59%), followed by treatment 2 (T2) with 65 (43%). Treatment 1 (water 80°C) had the greatest influence on the germination of *O. pyramidale* seeds. Therefore, boiling treatments not only contributed to increase germination, but also the seeds achieved a higher germination rate.

**Keywords:** chemical scarification, seeds, germination, dormancy.

### RESUMEN GRÁFICO



Fuente: autores

## 1. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas tropicales alojan la mayor diversidad biológica del planeta en casi todas las formas de vida (Gentry, 1988; Gaston, 2000; Hartshorn, 2002). La gran diversidad se debe a condiciones geográficas, ambientales y complejidad ecológica (Duivenvoorden, 1995; Gentry, 1998; Hartshorn, 2002). Por esto, la variedad de especies vegetales y animales que albergan estos ecosistemas favorecen el sostenimiento de la vida (Galeano, 2000; Hartshorn, 2002). A nivel global los ecosistemas naturales están siendo amenazados por actividades antrópicas de tipo extractivista (Patnaik, 2018; Agus et al., 2020), como deforestación, ganadería, minería y asentamiento humano, las cuales implican cambio de uso del suelo (Etter et al., 2008; Shi et al., 2009; Agus et al., 2020). Estas actividades generan transformación del paisaje, pérdida de servicios ecosistémicos y contaminación (Marrugo-Negrete et al., 2015b; Valois-Cuesta & Martínez-Ruiz, 2016; Patnaik, 2018). Esta problemática despierta interés por el desarrollo de investigaciones enfocadas a demostrar los efectos de actividades económicas sobre el ambiente y sus componentes, como también proponer alternativas de gestión (Shi et al., 2009; Marrugo-Negrete et al., 2015b; Valois-Cuesta & Martínez-Ruiz, 2016; Palacios-Torres et al., 2018).

Una alternativa de mitigación ha sido y sigue siendo la recuperación de ecosistemas a través de especies forestales con potencial restaurador (Marenco et al., 2003); sin embargo, existen especies que tienen semillas ortodoxas, es decir, tiene cubierta dura lo cual dificulta la aceleración de su germinación tal como ocurre con *O. pyramidale* (Herrera & Alizaga, 1999). *O. pyramidale* ha sido objeto de múltiples estudios debido a su importancia ecológica y su potencial para recuperar áreas degradadas (Whitmore & Wool-Khoun, 1983; Toledo-González et al., 2019). Tiene amplia distribución

geográfica que va desde las Antillas, suroeste de México, Ecuador, Colombia, Brasil y Bolivia (Sandi & Flores, 2010) y es pionera e indicadora de paisajes degradados y recién perturbado (Whitmore & Wooi-Khoun, 1983; Marenco et al., 2003).

Muchos de los estudios han estado enfocados a probar diferentes métodos para acelerar la germinación con el propósito de elegir y proponer el método más apropiado para facilitar procesos de restauración (Whitmore & Wooi-Khoun, 1983; Toledo-González et al., 2019). Los principales métodos empleados para la germinación de semillas de *O. pyramidale* han sido el físico (agua a 80°C) y químico (ácido sulfúrico) (Herrera & Alizaga, 1999). Adicionalmente, dentro de los métodos pre-germinativos más utilizados son el físico que consiste en raspar o lijar la semilla, y biológico el cual consiste en remojar las semillas en agua (Carmacho et al., 2018). En cuanto a la efectividad de los métodos, la mayoría de los estudios documentan que por medio de métodos físicos a temperatura > 60°C se logran porcentajes de germinación entre el 64 (Herrera & Alizaga, 1999) y 68% (Toledo-González et al., 2019). Este interés se debe en gran parte a que la semilla por ser ortodoxa y tener latencia física, presenta dificultad de germinación (Herrera & Alizaga, 1999; Jiménez et al., 2017).

A pesar de las múltiples investigaciones que existen sobre el tema, aún se requiere información sobre la variación de la capacidad germinativa en distintos tratamientos y bajo diferentes condiciones ambientales (Espitia et al., 2016; Toledo-González et al., 2019). Este estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes métodos de escarificación química en la germinación de semillas de *O. pyramidale* aplicando cinco tratamientos: T1 (agua caliente a 80°C), T2 (hipoclorito de sodio NaClO

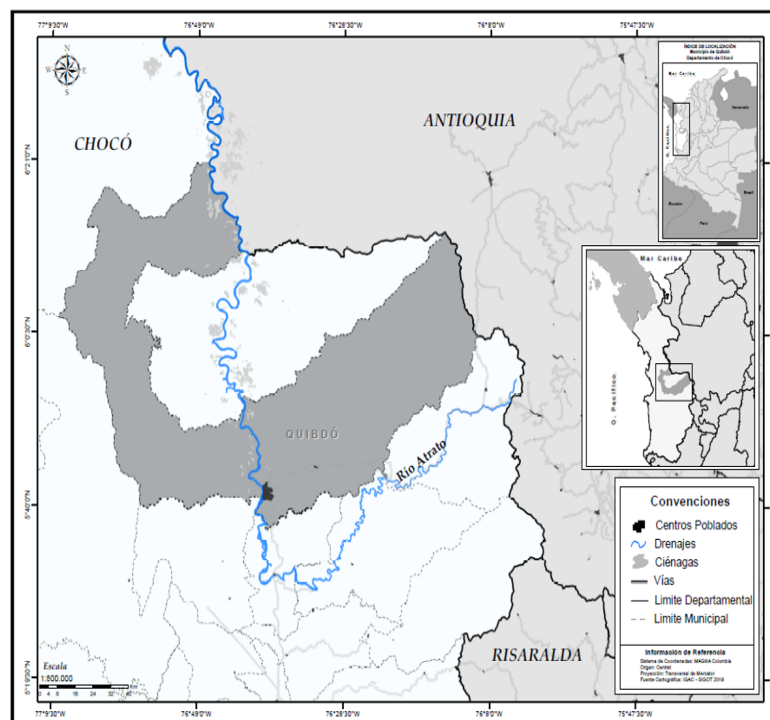
0,5%), T3 (hipoclorito de sodio NaClO 1,0%), T4 (hipoclorito de sodio NaClO 2,0%) y T5 (ácido clorhídrico HCl al 1%). Particularmente, el estudio experimental responde a la necesidad de generar información útil para la toma de decisión en torno a la recuperación ambiental.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El estudio se realizó en el municipio de Quibdó capital del departamento del Chocó, Colombia.

Quibdó se ubica geográficamente  $5^{\circ}41'32''$  N y  $76^{\circ}39'29''$  O (Figura 1) y ecológicamente corresponde a las zonas de vida de bosque muy húmedo tropical (bmh-T) y bosque pluvial tropical (pb-T). Se caracterizan por altas precipitaciones y temperaturas superiores a  $24^{\circ}\text{C}$  (Holdridge, 1967). Se registran precipitaciones entre 5.000 y 10.000 mm al año. Una evaporación media variada durante el año. Los meses de mayor evaporación son abril (140,2 mm) y septiembre (146,3 mm) (Gómez & Cadena, 2018).



**Figura 1.** Ubicación geográfica del área de estudio.

**Fuente:** Elaborado por el Geógrafo Juan Camilo Ospino Contreras.

### Método

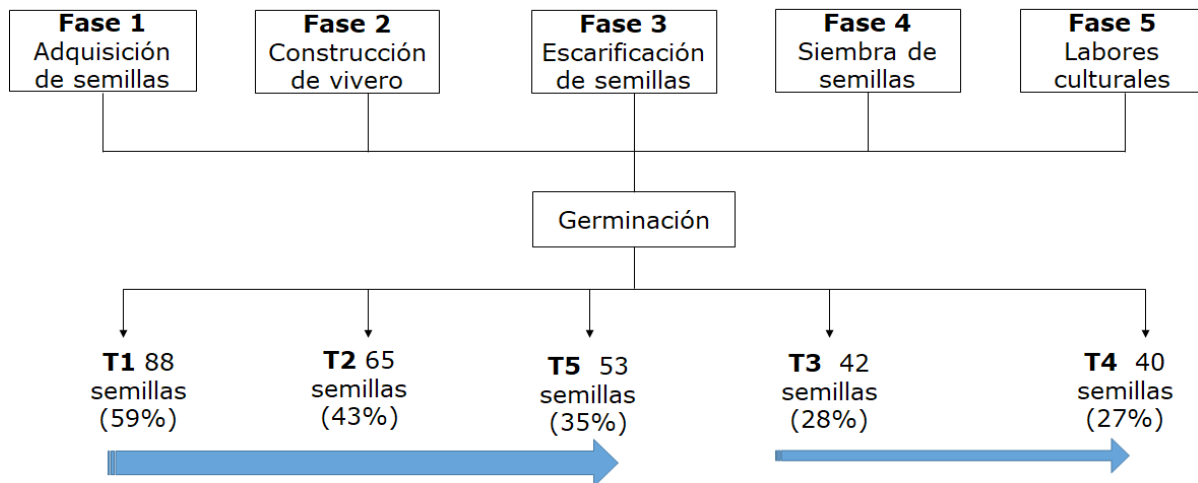
Se aplicó un diseño de tres bloques completamente aleatorio y tres repeticiones. El estudio se realizó mediante cinco fases descritas a continuación en la figura 2. La fase 1 consistió en la adquisición de las semillas. Se obtuvieron semillas certificadas de la tienda agro SEMICOL S.A.S, Bogotá. En la fase 2, se construyó un vivero con techo de plástico temporal

de  $5,25\text{m}^2$  con dimensiones de 3,5 m de largo por 1,5 m de ancho, en el cual se establecieron tres bloques de 1m de ancho por 1m largo.

En la fase 3, se desarrolló el proceso de escarificación química aplicando cinco tratamientos (T1, T2, T3, T4, T5) en el laboratorio del grupo de investigación "Sistemas Productivos de la Universidad Tecnológica del Chocó".

El T1 consistió en someter las semillas en agua caliente a 80°C hasta enfriar. Después, se dejaron en remojo con agua a temperatura ambiente durante dos días cambiándoles el agua diariamente. T2 se remojaron en solución de hipoclorito de sodio NaClO al 0,5% durante 15 minutos. Luego se vertió la solución junto con las semillas sobre un colador de malla de alambre y se lavó con agua hasta que el olor a cloro desapareciera. Posteriormente, se colocaron en remojo con agua expuestas a temperatura

ambiente durante dos días. En el T3 y T4 se aplicó el mismo procedimiento con la diferencia de concentración NaClO al 1,0% por 15 min y NaClO al 2,0% por 15 min respectivamente. Por último, en el T5 las semillas se remojaron en ácido clorhídrico HCl al 1% durante 1 minuto. Se vertió la solución junto con las semillas sobre un colador de malla de alambre y se lavó con agua hasta que el olor a cloro desapareciera. Luego se pusieron en remojo con agua a temperatura ambiente durante dos días.

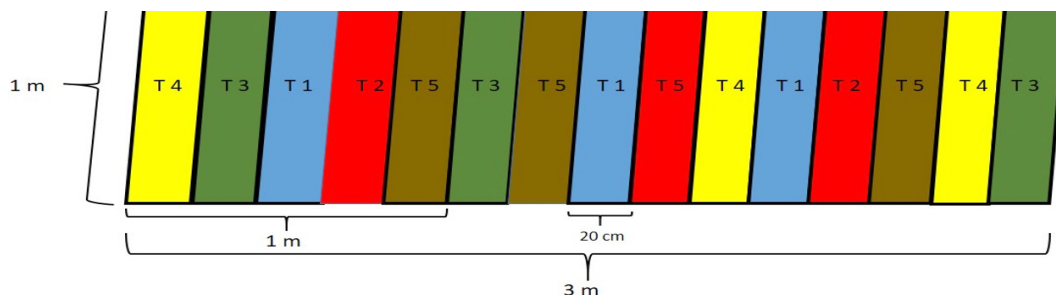


**Figura 2.** Metodología del ensayo. Las flechas en color azul indican los porcentajes de mayor a menor en función a los tratamientos aplicados.

**Fuente:** Autores.

La fase 4 consistió en la siembra de semillas. En cada tratamiento se sembraron 50 semillas y 250 en cada bloque para un total de 750 semillas. Las distancias de siembra fueron de

2 cm entre semilla y 2 cm entre surco dando como resultado de 15 unidades experimentales (Figura 3). Se utilizó como único sustrato arena sencilla desinfectada con agua caliente.



**Figura 3.** Representación gráfica del diseño experimental utilizado.

**Fuente:** Autores.

La fase 5 consistió en desarrollar actividades diarias de monitoreo y control (Figura 4). El monitoreo de la germinación se realizó todos los días a las 4:00 pm durante 30 días. Las variables evaluadas fueron germinación, supervivencia y vigor de semillas. Para cuantificar el porcentaje de germinación se aplicó la ecuación 1, y para el vigor de semillas la ecuación 2.

### Germinación

(1):  $PG = (SG/SS) * 100$  donde PG (porcentaje de germinación), SG (semillas germinadas) y SS (semillas sembradas).

### Vigor germinativo

(2):  $VG = VM * GDM$ , donde VM es el valor máximo o pico que se presenta entre los valores de germinación y se obtienen dividiendo porcentaje acumulado de germinación y la cantidad de días que se tarda la germinación; y GDM es la germinación media diaria calculada como la razón entre el porcentaje final de germinación y el número de días transcurridos para llegar el porcentaje final. En síntesis, el vigor es un valor compuesto único que refleja en un solo valor los cambios en el pico de germinación, la germinación total y la velocidad de germinación de las semillas (Czabator, 1962).



**Figura 4.** (A) Lote de semillas, (B) aplicación de tratamientos, (C) adecuación de vivero, (D) inicios de la germinación de semillas de *O. pyramidale*

### Análisis de datos

Una vez que se verificara que los datos cumplieran el supuesto de normalidad, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) ajustado a un modelo de efectos mixtos a un nivel de confianza de 0.05. Este modelo explica las variaciones y efectos de una variable en el tiempo, y determina diferencias entre variables. Los tratamientos y bloques se codificaron como efectos fijos, donde los bloques fueron denominados como

replicas quedando el modelo de la siguiente manera (porcentaje de germinación vs tratamientos, replicas). Adicionalmente, los datos del valor máximo o pico de germinación acumulada se trataron con un ANOVA de un factor para determinar diferencia entre tratamientos en función a la velocidad máxima de germinación. Los datos se reportan como media más desviación estándar. Para ambas pruebas se utilizó el paquete estadístico Minitab versión 19.1.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Resultados

##### Germinación

La germinación de semillas de *O. pyramidale* en todos los tratamientos inició al cuarto día después de la siembra con algunas diferencias de semillas germinadas entre tratamiento con respecto al primer día de germinación. Por ejemplo, en los tratamientos T2 y T5 del bloque 1, al primer día de inicio germinaron 15 y 12 respectivamente, mientras que en el T1 del bloque 3 fueron 26 semillas. Por el contrario, en el T5 del

bloque 2, la germinación inicio al quinto día, T3 bloque 3 al quinto día, y T4 bloque 3 al séptimo día. Adicionalmente, se observó germinación hasta los 30 días de observación.

El porcentaje de germinación media diaria por tratamiento fue mayor en el T1 (4,4%) y T2 (3,2%). Mientras que en el T3 (2,4%), T4 (1,7%) y T5 (2,7%). Finalmente, el mayor porcentaje de germinación general ocurrió en el tratamiento uno (T1) con 88 semillas (59%), seguido del tratamiento dos (T2) con 65 (43%), T3 42 (28%), T4 40 (27%) y T5 35 (35%) (Figura 5, Tabla 1).

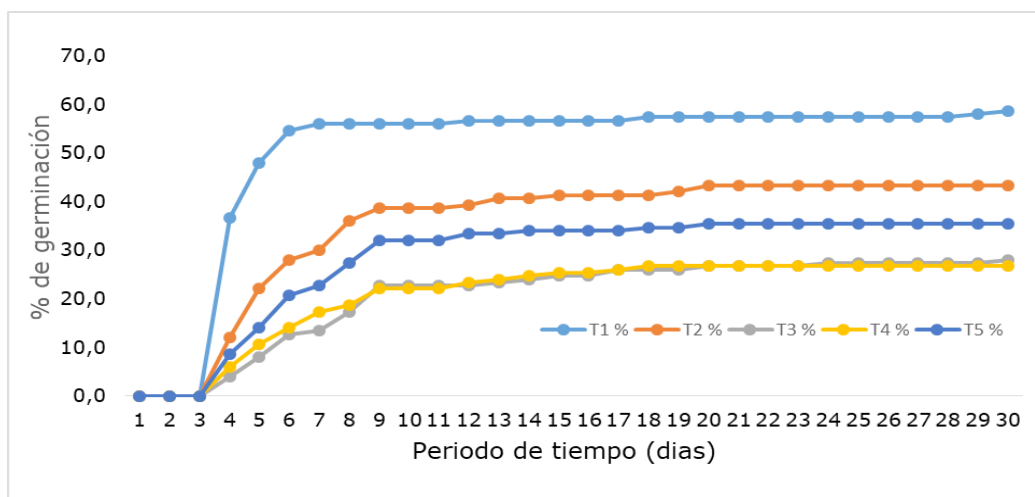


Figura 5. Porcentaje de germinación acumulado.

Fuente: Autores.

Tabla 1. Comparación del porcentaje de germinación acumulado diario.

Tratamientos	Media	Agrupación*
I	3,849	A
II	2,45	B
V	1,948	Bc
IV	1,42	C
III	1,356	C

\*Las medias que no comparte una letra son significativamente diferentes con P-Valor <0.05.

Fuente: Autores.

En cuanto al tiempo medio de germinación (TMG) en el T4 y T3 las semillas alcanzaron la mayor velocidad y dispersión de germinación con 9 y 11 semillas respectivamente. En el resto de tratamientos se distribuyó de la siguiente manera: T1 (6 semillas), y T2 y T5 ambos con 7 semillas. El análisis de varianza (ANOVA) indica que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en función al porcentaje de germinación. Es decir, los resultados de la prueba permiten aceptar la hipótesis nula revelando que no existen efectos significativos de los tratamientos sobre la variable de respuestas (porcentaje de germinación de semillas de *O. pyramidale*) (Tabla 2). La desviación estándar estimada del error aleatorio según el modelo fue de 0,182 y  $R^2 = 31,62\%$ , lo cual indica que el modelo explica el 31,6% de las variaciones de la germinación en los tratamientos.

**Tabla 2.** Resultados del análisis de varianza para la germinación de semillas de *O. pyramidale* entre tratamientos

Fuente	Varianza	% total	Valor Z	p-valor
Tratamientos	0,0102	23,44%	0,6430	0,260*
Error	0,0333	76,56%	2,2360	
Total	0,0435			

\*p > 0.05.

Fuente: Autores.

### Vigor germinativo

Los valores de vigor germinativo de las semillas presentaron variaciones entre tratamientos. Los mayores valores en el T1 del bloque dos (55,5), seguido del T5 del bloque uno (33,4) (Tabla 3). Esto indica que, por medio del T1, las semillas de *O. pyramidale* alcanzan

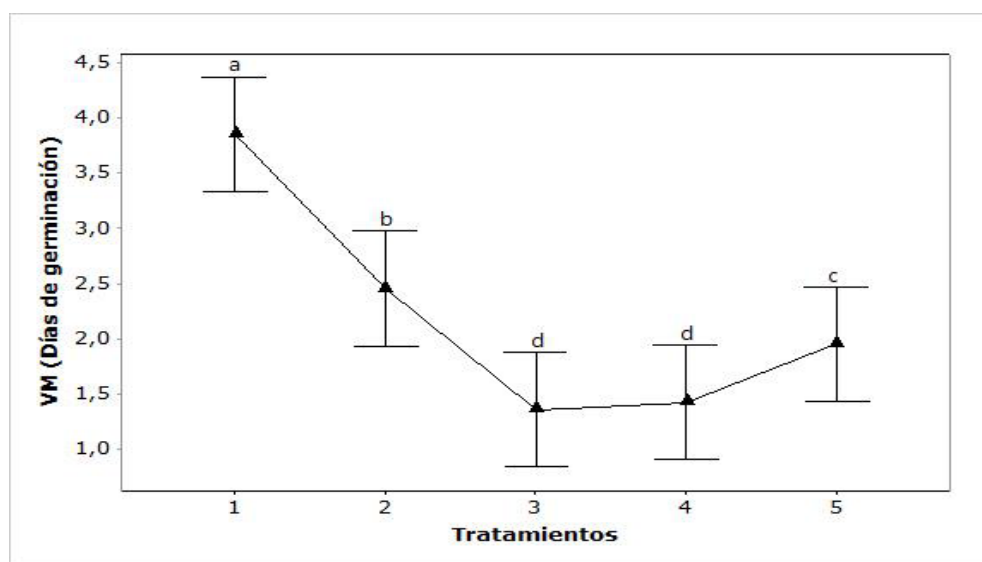
la mayor velocidad, o pico más alto para su germinación. Al mismo tiempo, el efecto es estadísticamente significativo con respecto a los demás tratamientos (Figura 6).

**Tabla 3.** Vigor germinativo de semillas de *O. pyramidale* por tratamiento durante los 30 días de observación. VM (valor máximo o pico de germinación), GMD (germinación media diaria), VG (vigor de germinación)

Tratamientos	Bloques	VM	GMD	VG
T1	1	1,3	0,9	1,2
T2		4,9	6,8	32,9
T3		4,3	4,0	17,3
T4		3,0	2,9	8,8
T5		5,6	6,0	33,4
T1	2	5,7	9,7	55,5
T2		2,1	2,2	4,7
T3		4,4	3,1	13,8
T4		2,4	2,0	4,7
T5		2,2	1,4	3,2
T1	3	0,8	2,7	2,1
T2		1,2	0,6	0,7
T3		0,8	0,2	0,2
T4		1,3	0,1	0,2
T5		1,2	0,6	0,7

Fuente: Autores.





**Figura 6.** Análisis germinativo en función al valor o pico máximo de germinación de semillas de *O. pyramidale* a los cuatro días. T1 ( $3,84 \pm 2,62$ ;  $P < 0,001$ ), T2 ( $2,45 \pm 1,29$ ), T3 ( $1,35 \pm 0,63$ ), T4 ( $1,42 \pm 0,68$ ) y T5 ( $1,94 \pm 0,98$ )

## Discusión

Los hallazgos de este ensayo demuestran que el método físico (agua caliente) ejerce mayor efecto en la germinación de las semillas de *O. pyramidale*. La germinación ocurrió al cuarto día después de la siembra en todos los tratamientos con algunas diferencias en cuanto al número de semillas germinadas entre tratamientos. Estos resultados son similares a los reportados por Camacho et al., (2018) quienes reportan la germinación en todos los tratamientos (sin alteración, semillas en remojo durante 6 horas e incisión) a los cuatro días después de la siembra. En contraste, difieren con Rojas-Rodríguez & Torres-Córdoba, (2009) y Ríos-García et al., (2016) quienes indican que la germinación ocurre a los ocho días posterior a la siembra.

El mayor porcentaje (59%) se observó en el T1 (agua 80°C). Lo cual coincide con lo reportado por Herrera & Alizaga, (1999) quien evalúa varios tratamientos (ácido giberélico 0, 100, 200 y 300mg/L, y nitrato de potasio 0,0,4, 0,8 y 1,2mg/L, agua a 80°C (0, 1, 2, y 3

minutos), y a 40°C (0, 24, 48 y 72 horas) obteniendo el 68% de germinación por medio de tratamientos por ebullición, siendo este el mayor porcentaje obtenido en comparación con el resto de tratamientos. Toledo-González et al., (2019) observan entre siete tratamientos, porcentajes entre el 62 y 69% en tratamientos que incluyeron agua caliente (100°C) con diferentes tiempos de exposición (tres y diez segundos) siendo los mayores porcentajes con diferencias estadísticamente significativas con respecto a los demás tratamientos evaluados. Por su parte, Rojas-Rodríguez & Torres-Córdoba, (2009) indican que aunque los porcentajes de germinación de *O. pyramidale* varíen entre 60 y 84%, pueden verse afectados por la calidad de la semilla.

Otras observaciones como las de Jiménez et al., (2017) informan que, a 80°C con exposición durante tres minutos, el porcentaje se ubica en un 8,76% y 19,14% cuando las semillas se exponen a 100°C por 15 segundos. Al contrario, Toledo-González et al., (2019) señalan que a 100°C tres segundos el porcentaje se

ubica en un 64%. Adicionalmente, la impermeabilidad de la cubierta, factores intrínsecos como agua, gases, tipo de sustrato y luz también pueden tener influencia en las variaciones de germinación Figueroa & Jaksic, (2004); Rojas-Rodríguez & Torres-Córdoba, (2009) y Jiménez et al., (2017).

Por consiguiente, Herrera & Alizaga, (1999) y Toledo-González et al., (2019) confirman que los tratamientos por ebullición facilitan el rompimiento de la testa de la semilla como resultado del impacto de la temperatura, lo cual favorece positivamente la germinación. Adicionalmente, es posible que el enriquecimiento de sustrato con polvillo de coco combinado con agrolita 1:2, perlita y vermiculita 70:20:10 aumente la probabilidad de obtener altos porcentajes germinativos de semillas de *O. pyramidale* y de otras especies forestales debido al contenido de nutrientes y citocinas Ayala-Sierra & Valdez-Aguilar, (2008); Patiño et al., (2011); Ríos-García et al., (2016) y Toledo-González et al., (2019). Adicionalmente y aunque el tiempo y condición de almacenamiento no fueron objeto de estudio, Zalamea et al., (2015) señalan que el periodo y condiciones de almacenamiento pueden afectar de alguna manera la proporción de semillas de *O. pyramidale*. Por lo tanto, Espitia et al., (2016) sugieren que las condiciones y tiempo de almacenamiento pueden ser factores importantes en los procesos de germinación de semillas forestales (*Cedrela odorata*, *Cariniana pyriformis*, *Anacardium excelsum*, *Bombacopsis quinata* y *Schizolobium parahybum*). Por lo tanto, Ríos García et al., (2018) informan que, en especies como *Cochlospermum vitifolium*, y *Quararibea funebris* a cero meses de almacenamiento se logran porcentajes del 99,6% de germinación, mientras que a los 12 meses del 71,3%.

En definitivas, el efecto de los tratamientos por ebullición sobre la germinación de semillas forestales puede variar en función a las características naturales de la especie. Por ejemplo, en semillas de algarrobo (*Hymenaea courbaril* L.), a 80°C y cinco minutos se muestra un porcentaje del 20%. Por contrario, con ácido clorhídrico HCl al 98% (cinco y diez minutos) y ácido sulfúrico H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 98% (diez minutos) se logra hasta un 90% de germinación (Orozco-Cardona et al., 2010), guayacán (*Guaiaecum coulteri* A.) con agua a 60°C diez minutos (51,1%) (Sánchez-Soto et al., 2017). En contraste, en el abarco (*Cariniana pyriformis* Miers) bajo inmersión en agua a temperatura ambiente durante 24 horas se obtiene un 29,1% (Pinilla et al., 2016).

#### 4. CONCLUSIONES

El 59% de la germinación de semillas de *O. pyramidale* se obtuvo por medio del tratamiento por ebullición (agua 80°C) siendo el mayor porcentaje, en comparación con el resto de tratamiento. Los tratamientos por ebullición pueden ser la mejor elección para acelerar los procesos de germinación de semillas de *O. pyramidale*. Esto posiblemente se deba a la influencia de la temperatura en el rompimiento de la testa de la semilla. Además, este estudio demuestra que el efecto de los tratamientos por ebullición no solo contribuye al incremento de la germinación, sino que, además las semillas logran mayor velocidad germinativa, lo cual es una buena señal a la hora de tomar de decisiones rápidas relacionadas con procesos de recuperación ambiental.

#### CONTRIBUCIÓN DE LA AUTORÍA

**Primer autor:** metodología, investigación, conceptualización, análisis de información, **Segundo autor:** análisis de datos, escritura – revisión y edición. **Tercer autor:** investigación,

análisis de información. **Cuarto autor:** logística, supervisión y adquisición de recursos. **Quinto autor:** revisión, conceptualización y escritura.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al grupo de investigación en Sistemas Productivos de la Universidad Tecnológica del Chocó y al grupo de investigación Institucionalidad y Desarrollo Rural de la Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. También agradecen a los revisores ya que sus comentarios y sugerencias contribuyeron a mejorar sustancialmente el manuscrito.

## LITERATURA CITADA

- Agus, C., Ilfana, Z. R., Azmi, F. F., Rachmanadi, D., Widiyatno, Wulandari, D., Santosa, P. B., Harun, M. K., Yuwati, T. W., & Lestari, T. (2020). The effect of tropical peat land-use changes on plant diversity and soil properties. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17(3), 1703–1712. <https://doi.org/10.1007/s13762-019-02579-x>
- Ayala-Sierra, A., & Valdez-Aguilar, L. A. (2008). El polvo de coco como sustrato alternativo para la obtención de plantas ornamentales para trasplante. *Revista Chapingo, Serie Horticultura*, 14(2), 161–167. <https://doi.org/10.5154/rchsh.2006.04.018>
- Camacho, R., Odelanti, M., Garcia, D., Merino, P., & Loor, W. (2018). Aceleración de la germinación de semillas de balsa (*Ochroma pyramidale*) por medio de métodos físicos y biológicos Acceleration. *UTCiencias*, 5(3), 207–213.
- Czabator, F. (1962). *Germination Value: An index combining speed and completeness of pine seed germination*. 8(4), 386–396. <https://doi.org/10.1093/forestscience/8.4.386>
- Espitia, M., Cardona, C., & Araméndiz, H. (2016). Pruebas de germinación de semillas de forestales nativos de Córdoba, Colombia, en laboratorio y casa-malla. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 19(2), 307–315. <https://doi.org/10.31910/rudca.v19.n2.2016.84>
- Etter, A., McAlpine, C., & Possingham, H. (2008). Historical patterns and drivers of landscape change in Colombia since 1500: A regionalized spatial approach. *Annals of the Association of American Geographers*, 98(1), 2–23. <https://doi.org/10.1080/00045600701733911>
- Figueroa, J. A., & Jaksic, F. M. (2004). Latencia y banco de semillas en plantas de la región mediterránea de Chile central. *Revista Chilena de Historia Natural*, 77(1), 201–215. <https://doi.org/10.4067/s0716-078x2004000100016>
- Galeano, G. (2000). Forest use at the Pacific Coast of Choco, Colombia: A quantitative approach. *Economic Botany*, 54(3), 358–376. <https://doi.org/10.1007/BF02864787>
- Gaston, K. J. (2000). Global patterns in biodiversity. *Nature*, 405, 220–227. <https://doi.org/10.1038/35012228>
- Gómez, B., & Cadena, M. (2018). Validación de las fórmulas de evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) para Colombia. In *IDEAM-METEO/002*. <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21147/Evapotranspiracion+de+Referencia+ETo+para+Colombia.pdf/12700c18-c492-40cc-8971-46f48f144824>
- Herrera, J., & Alizaga, R. (1999). Ruptura de la latencia en semillas de balsa (*Ochroma pyramidale*). *Tecnología En Marcha*, 13, 34–40.
- Holdridge, L. R. (1967). Life zone ecology. In *Tropical Science Center*. <https://doi.org/Via10.1046/j.1365-2699.1999.00329.x>
- Jiménez, E., Garcías, L., Carranza, M., Carranza, H., Morante, J., Martínez, M., & Cuásquer, J. (2017). Germination and growth of *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. in Ecuador. *Scientia Agropecuaria*, 8(3), 243–250. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.03.07>
- Marenco, R., Gil, G., & Goncalves, J. (2003). Leaf micronutrient concentrations and potential photosynthesis in *Ochroma pyramidale* established in a degraded land. *Acta Amazonica*, 33(1), 23–31. <https://doi.org/10.1590/1809-4392200331031>
- Marrugo-Negrete, J., Pinedo-Hernández, J., & Díez, S. (2015b). Geochemistry of mercury in tropical swamps impacted by gold mining. *Chemosphere*, 134, 44–51. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.03.012>
- Orozco-Cardona, A. F., Franco-Herrera, N., & Taborada-Beltrán, L. A. (2010). Evaluación de tres métodos de escarificación en semillas de algarroba (*Hymenaea courbaril* L.). *Revista Universidad Del Quindío*, 9, 36–41.

- Palacios-Torres, Y., Caballero-Gallardo, K., & Olivero-Verbel, J. (2018). Mercury pollution by gold mining in a global biodiversity hotspot, the Choco biogeographic region, Colombia. *Chemosphere*, 193, 421–430. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.10.160>
- Patiño, C., Mosquera, F., & González, R. (2011). Efecto inductor del agua de coco sobre la germinación de semillas y brotamiento de los Cormos de la hierba de la equis *Dracontium graymianum*. *Acta Biologica Colombiana*, 16(1), 133–142.
- Patnaik, R. (2018). Impact of Industrialization on Environment and Sustainable Solutions - Reflections from a South Indian Region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 120(1), 0–8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/120/1/012016>
- Pico, Y., Belenguer, V., Corcellas, C., Diaz-Cruz, M. S., Eljarrat, E., Farré, M., Gago-Ferrero, P., Huerta, B., Navarro-Ortega, A., Petrovic, M., Rodríguez-Mozaz, S., Sabater, L., Santín, G., & Barcelo, D. (2019). Contaminants of emerging concern in freshwater fish from four Spanish Rivers. *Science of the Total Environment*, 659, 1186–1198. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.366>
- Pinilla, H., Medina, H., Torres, J., Córdoba, S., Córdoba, J., Mosquera, Y., & Martínez, M. (2016). Propagación y crecimiento inicial del abarco (*Cariniana pyriformis* Miers), utilizando semillas silvestres. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 7, 87–97.
- Ríos-García, C. A., Orantes-García, C., Moreno-Moreno, R. A., & Farrera-Sarmiento, O. (2016). Viabilidad y germinación de semillas de Jopi (*Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb.) (Malvaceae). *Lacandonia*, 10(December), 7–10. [https://www.researchgate.net/publication/313746805\\_Viabilidad\\_y\\_germinacion\\_de\\_semillas\\_de\\_Jopi\\_Ochroma\\_pyramidale\\_Cav\\_ex\\_Lam\\_Urb\\_Malvaceae](https://www.researchgate.net/publication/313746805_Viabilidad_y_germinacion_de_semillas_de_Jopi_Ochroma_pyramidale_Cav_ex_Lam_Urb_Malvaceae)
- Ríos García, C. A., Orantes García, C., Moreno Moreno, R. A., & Farrera Sarmiento, Ó. (2018). Efecto del almacenamiento sobre la viabilidad y germinación de dos especies arbóreas tropicales. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 5(13), 103. <https://doi.org/10.19136/era.a5n13.1161>
- Rojas-Rodríguez, F., & Torres-Córdoba, G. (2009). Árboles del Valle Central de Costa Rica: reproducción Grumichama. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 15(37), 70–72. <https://doi.org/10.18845/rfmk.v15i37.3603>
- Sánchez-Soto, B. H., Pacheco-Aispuro, E., Lugo-García, G. A., Reyes-Olivas, Á., & García-Moya, E. (2017). Métodos de escarificación en semillas de *Guaicum coulteri*, especie amenazada del bosque tropical caducifolio del norte de Sinaloa, México. *Gayana - Botánica*, 74(2), 262–268. <https://doi.org/10.4067/S0717-66432017000200262>
- Sandi, C., & Flores, M. (2010). *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. In A. Vozzo (Ed.), *Manual de semillas de arboles tropicales* (pp. 571–573). <https://rngr.net/publications/manual-de-semillas-de-arboles-tropicales/completo>
- Shi, Z., Chen, L., & Hao, J. (2009). *The effects of land use change on environmental quality in the red soil hilly region, China: A case study in Xianning County*. 295–306. <https://doi.org/10.1007/s10661-008-0231-8>
- Toledo-González, K. A., Levy-Tacher, S. I., Macario-Mendoza, P. A., & de Nova-Vázquez, J. A. (2019). Germination of two varieties of

Ochroma pyramidale (Cav. Ex Lam.) urb. From the Lacandon Jungle, Chiapas. *Revista Chapin-go, Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 25(1), 85–94. <https://doi.org/10.5154/r.rchs-cfa.2018.06.046>

Valois-Cuesta, H., & Martínez-Ruiz, C. (2016). Vulnerabilidad de los bosques naturales en el chocó biogeográfico colombiano: Actividad minera y conservación de la biodiversidad. *Bosque*, 37(2), 295–305. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002016000200008>

Whitmore, T., & Wooi-Khoon, G. (1983). Growth Analysis of the Seedlings of Balsa, *Ochroma Lagopus*. In *New Phytologist* (Vol. 95, Issue 2, pp. 305–311). <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1983.tb03497.x>

Zalamea, P. C., Sarmiento, C., Elizabeth Arnold, A., Davis, A. S., & Dalling, J. W. (2015). Do soil microbes and abrasion by soil particles influence persistence and loss of physical dormancy in seeds of tropical Pioneers? *Frontiers in Plant Science*, 5(JAN). <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00799>

#### Conflicto de Intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses



#### Licencia de Creative Commons

Revista de Investigación Agraria y Ambiental is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.

