



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2026,
Volumen 10, Número 1.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i1

IMPACTO DEL NITRÓGENO LÍQUIDO COMO TÉCNICA DE ESCARIFICACIÓN PARA LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS EN TRES TIPOS DE ÁRBOLES

**IMPACT OF LIQUID NITROGEN AS A SCARIFICATION TECHNIQUE
FOR SEED GERMINATION IN THREE TYPES OF TREES**

Roger Steven Valdivieso Rezabala

Investigador Independiente

Jean Carlos Anchundia Espinal

Investigador Independiente

Andy Joel Renjifo Yáñez

Investigador Independiente

Brayan Roy Cedeño Zambrano

Investigador Independiente

Ninfa Clementina Renjifo Arroyo

Investigador Independiente

Impacto del Nitrógeno Líquido como Técnica de Escarificación para la Germinación de Semillas en Tres Tipos de Árboles

Roger Steven Valdivieso Rezabala¹

roger17steven@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0006-3742-3164>

Investigador Independiente

Jean Carlos Anchundia Espinal

cjean1997@hotmail.com

<https://orcid.org/0009-0001-2961-9347>

Investigador Independiente

Andy Joel Renjifo Yáñez

andyrenjifo1997@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0003-7936-8878>

Investigador Independiente

Brayan Roy Cedeño Zambrano

bcedeno8671@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0008-9508-7474>

Investigador Independiente

Ninfa Clementina Renjifo Arroyo

melljustin@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0008-1060-7857>

Investigador Independiente

RESUMEN

La finalidad del estudio fue establecer cuán eficaz es el nitrógeno líquido como técnica de escarificación para favorecer la germinación en tres especies forestales: *Prosopis juliflora* (Sw.) DC, *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb y *Albizia guachapele* (Kunth) Dugand. El experimento se llevó a cabo en el Laboratorio de Biotecnología de la Universidad Estatal del Sur de Manabí y los tratamientos observados fueron: inmersión de las semillas en nitrógeno líquido durante 24 horas (T1), por 48 horas (T2), por 72 horas (T3) y tratamiento testigo. Se empleó un diseño experimental de bloques completamente al azar, las variables estudiadas incluyeron la germinación de las semillas y rasgos morfológicos como el número de hojas, la altura de la planta (en cm) y la longitud de la raíz (en cm). Las semillas de *Prosopis juliflora* (Sw.) DC, sometidas a tratamientos de inmersión, presentaban diferencias significativas más grandes ($p < 0,05$) y una germinación más elevada que las semillas de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb y *Albizia guachapele* (Kunth) Dugand; además, la inmersión en NL no tuvo un efecto sobre la germinación.

Palabras clave: semillas ortodoxas, dormancia, nitrógeno líquido, escarificación, germinación

¹ Autor principal

Correspondencia: roger17steven@gmail.com

Impact of Liquid Nitrogen as a Scarification Technique for Seed Germination in Three Types of Trees

ABSTRACT

The purpose of this study was to establish the effectiveness of liquid nitrogen as a scarification technique in promoting germination in three tree species: *Prosopis juliflora* (Sw.) DC, *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb, and *Albizia guachapele* (Kunth) Dugand. The experiment was carried out at the Biotechnology Laboratory of the Universidad Estatal del Sur de Manabí, and the treatments studied were: seed immersion in liquid nitrogen for 24 hours (T1), 48 hours (T2), and 72 hours (T3), and a control treatment. A completely randomized block design was used; variables studied included seed germination and morphological traits such as leaf number, plant height (in cm), and root length (in cm). *Prosopis juliflora* (Sw.) DC seeds, subjected to immersion treatments, showed greater significant differences ($p<0.05$) and higher germination than *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb *Albizia guachapele* (Kunth) Dugand seeds; furthermore, immersion in NL had no effect on germination.

Keywords: orthodox seeds, dormancy, liquid nitrogen, scarification, germination

Artículo recibido 15 diciembre 2025

Aceptado para publicación: 20 enero 2026



INTRODUCCIÓN

La dormancia que poseen las semillas es el principal motivo de su baja y lenta velocidad de germinación. La latencia o dormancia es el estado que evita la germinación en semillas viables, a pesar de que estén en condiciones adecuadas de humedad, oxígeno y temperatura para que esto ocurra (Bailly, 2019). Es una de las características adaptativas más relevantes que tienen las plantas. Por esta razón, las semillas logran sobrevivir en situaciones adversas y desfavorables (Manzo *et al.*, 2022)

Arguedas et al. (2018) afirman que la latencia física se ha interrumpido en las muestras de control de crioconservación y que, si las plántulas de especies cultivadas como el maíz o el tomate silvestre se exponen a NL (-196 °C), pueden experimentar un cambio en su germinación y crecimiento inicial. En ciertas especies, la recuperación natural de los bosques es difícil porque la mayoría de las semillas están en algún estado de reposo, lo que dificulta una germinación apropiada debido a la latencia física, uno de los principales problemas (Terán *et al.*, 2026)

La investigación actual se centra principalmente en cómo el NL, como técnica de escarificación, afecta la germinación de semillas de especies forestales. Los experimentos tuvieron lugar en el laboratorio de Biotecnología de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, y se emplearon tres especies forestales como material biológico: *Prosopis juliflora* (Sw) DC, *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb y *Albizia guachapele* (Kunth) Dugand son las especies mencionadas.

Se llevó a cabo en dos etapas. La primera fue un análisis in vitro (en laboratorio) para establecer cuán eficaz es el NL como método de escarificación para mejorar la germinación de las semillas que se estaban analizando. En la segunda fase, se realizó una evaluación ex vitro (en vivero) para observar las propiedades morfológicas de las especies empleadas tras su inmersión en NL.

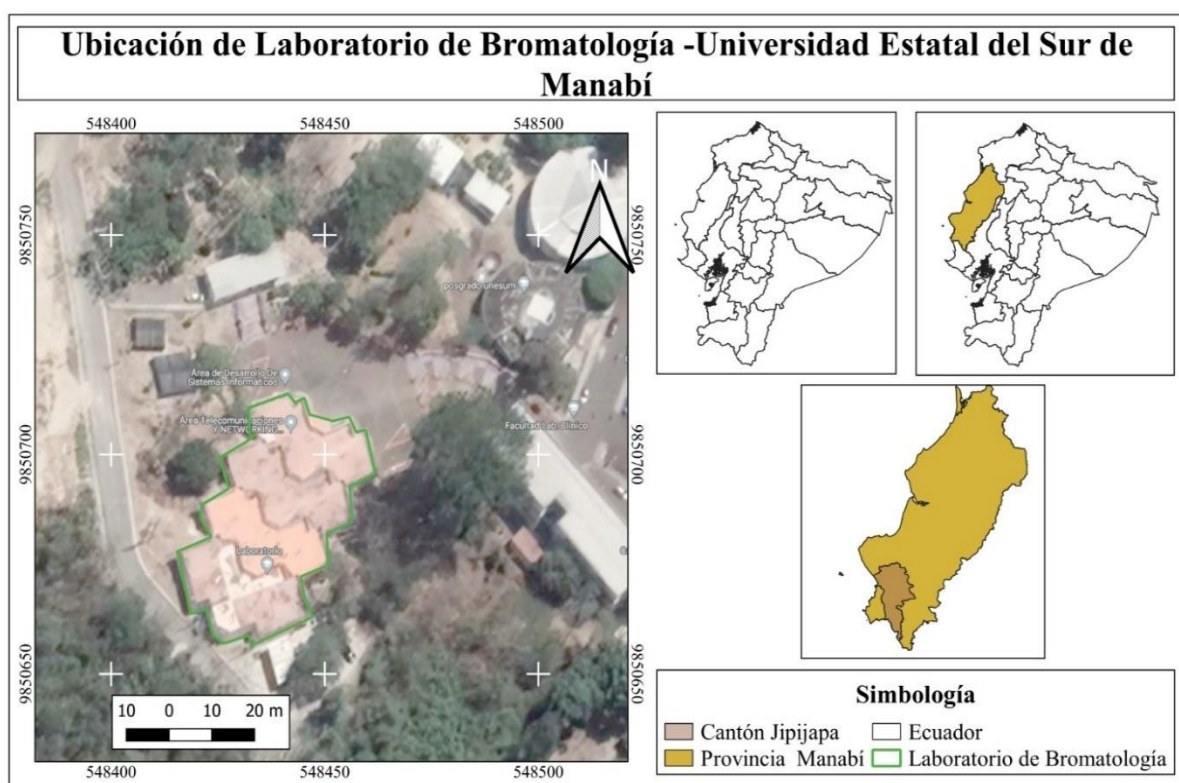
MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de estudio

El experimento se llevó a cabo en el laboratorio de Biotecnología Vegetal de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, situada en el cantón Jipijapa. La posición geográfica es x: 548192 e y: 9850643 (coordenadas UTM).



Figura 1. Georreferenciación del área de estudio



Métodos

En este estudio, los tratamientos que se analizaron para las tres especies forestales fueron la inmersión de semillas en NL durante 24 horas (T1), 48 horas (T2) y 72 horas (T3), así como la ausencia de inmersión (Testigo). El trabajo de investigación se realizó en dos etapas. Para la Fase 1, se llevó a cabo una evaluación *in vitro* (en laboratorio) con el objetivo de encontrar el tratamiento que favoreciera la germinación más rápida de las semillas analizadas. Para la Fase 2, *ex vitro* (en vivero), se buscó obtener información sobre los rasgos morfológicos de las especies empleadas tras ser sumergidas en NL.

Evaluación *in vitro* (laboratorio)

Se emplearon semillas de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb, *Albizia guachapele* (Kunth) Dugand y *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. Su recolección estuvo condicionada por la forma y la altura del árbol, las características de sus frutos, las condiciones del lugar y las competencias existentes (Roche et al., 2005). Se utilizaron, además, 480 semillas de cada una de las especies analizadas. Se asumió que procedían de plantaciones con edades y períodos de cosecha semejantes y que eran recientes. Para obtenerlas, se recogieron limpiando el suelo alrededor de los árboles y desechando cualquier semilla en

mal estado, comprobándose que no presentaran daños físicos ni indicios de contaminación por enfermedades o plagas.

Porcentaje de germinación de semillas.

Según la ecuación 1 de Domínguez *et al.* (2025), se estableció el porcentaje de germinación en base a la cantidad de semillas sembradas y la cantidad de semillas germinadas en cada tratamiento:

$$\% \text{ de germinación} = \frac{\text{Número de semillas germinadas}}{\text{Número total de semillas}} * 100$$

(1)

Días a germinación

Los días se contaron desde la siembra hasta que más de la mitad de las semillas germinaron en cada uno de los tratamientos. De acuerdo con el Manual para la gestión de semillas en bancos de germoplasma citado por Monteros *et al.* (2020), las semillas se colocaron en cajas Petri, cada una con papel filtro húmedo, y luego se cubrieron y aseguraron con una liga. Esto fue realizado para determinar cuántos días tardan en germinar y qué porcentaje lo hace. Se realizó un recuento manual para establecer cuántas semillas germinaron en cada tratamiento, teniendo en cuenta la aparición de la radícula como germinación. Asimismo, para observar con mayor claridad las semillas, se utilizaron dispositivos tecnológicos como estereoscopios y gafas ampliadoras.

Evaluación *ex vitro* (vivero, fase 2)

Se verificó el momento que sobresalió la planta del sustrato y verificación de hojas verdaderas. Para la conversión de plántulas en vivero se realizó lo siguiente:

La mezcla para el sustrato fue hecha con un 40 % de arena de río, un 20 % de cascarilla de arroz y un 40 % de tierra negra, en proporciones 2, 2 y 1. Después, se llevó a cabo la actividad subsiguiente empleando fundas de polietileno negras de 3 * 8 cm con agujeros para el drenaje. No obstante, la siembra fue hecha manualmente, colocando una semilla por funda a una profundidad equivalente al doble del diámetro de las semillas de cada especie. En cuanto al control de maleza (gramíneas y hoja ancha), se realizó manualmente, dependiendo de su presencia y agresividad. Por último, el riego se lo realizó de acuerdo a las necesidades hídricas de la planta utilizando regadera y manguera con boquilla de invernadero.

Variables morfológicas evaluadas

➤ Altura de planta (cm) a los 15, 30, 45 y 60 días posterior a la conversión en plántulas

Se recolectaron datos en esta actividad a los 15, 30, 45 y 60 días después de la conversión en plántulas y se utilizó una cinta métrica para medir la altura de las plantas desde la base del tallo hasta el extremo distal de la hoja más alta.

➤ Número de hojas a los 15, 30, 45 y 60 días posterior a la conversión en plántulas.

Los datos se recopilaban desde la aparición de las hojas verdaderas, y se contó el total de hojas a los 15, 30, 45 y 60 días.

➤ Longitud de raíz (cm) a los 60 días.

Se realizó una medición de la longitud en centímetros (cm) desde el cuello (donde se une el tallo y la raíz) hasta el extremo distal después de 60 días. Se trasladaron las plantas a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López (ESPAM MFL) para conseguir los datos de esta variable. Las raíces fueron colocadas en un escáner de raíz CI-600; después de capturar la imagen, se insertó en el sistema WinRHIZ para análisis de imagen.

Diseño estadístico y análisis de datos

Se utilizó un Diseño experimental de Bloques Completamente al Azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Cada unidad experimental contó con 30 semillas, y un total de 120 individuos por tratamiento, con una población de 480 semillas por especie. Los datos se sometieron a el Software Statistical Package for Social Sciences (SPSS) 2.6.1, además, se realizó la prueba de normalidad para determinar si hay diferencia entre sus medias, en caso de ser su grado de libertad > 50 , se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov y si su grado es < 50 se usó la prueba de Shapiro-Wilks.

Se aplicó la prueba de Homogeneidad de varianza (Levene) para evaluar la igualdad de medias en los tratamientos. Para el análisis de varianza, se utilizó la prueba de significación de Tukey ($P \leq 0,05$), como se muestra en la Tabla 1.



Tabla 1. Análisis de varianza

Fuente de Variación	G. L.	F – Tabla (0.05)
Tratamiento (t – 1)	3	
Bloque (b – 1)	3	
Error (t – 1) (b – 1)	9	
Total (n – 1)	15	

Nota: G.L = Grados de libertad; F= Frecuencia; t = tratamiento; b = bloque o repetición; n = número de datos

Delineamiento experimental para vivero

En la Tabla 2, se muestra el diseño de bloque completamente al azar que se utilizó para esta investigación.

Tabla 2. Delineamiento experimental utilizado en el experimento

Tipo de diseño	DBCA
Tratamientos	4
Repeticiones	4
Unidades experimentales	16
Número de semilla en unidad experimental	30
Número de semillas por tratamiento	120
Número de semillas por repetición	120
Población	480
Muestra en unidad experimental	12
Muestra total de la investigación	192
Ancho de la unidad experimental	1 m
Largo de la unidad experimental	4, 80 m
Área de la unidad experimental	4,80 m ²
Área total de la investigación	4,80 m ²

Nota: DBCA = diseño de bloque completamente al azar; m²= metros cuadrados; m = metros



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Germinación de semillas de las especies *Prosopis juliflora* (Sw.) DC, *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb y *Albizia guachapele* (Kunth) Dugand

El análisis de varianza (SPSS) de las especies *Albizia guachapele* (Kunth) Dugand, *Prosopis juliflora* (Sw.) DC y *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb se muestra en la tabla 3, y este análisis facilitó determinar que: Según los hallazgos de la Tabla 3, se determinó que las semillas de *Prosopis juliflora* (Sw.) DC, con inmersión en NL si aumentaron su germinación y que hubo diferencias significativas entre los tratamientos con un 95 % de confianza. Por lo tanto, se admitió la hipótesis alternativa y se desechó la nula, lo que señala que el NL sí tuvo un impacto en la germinación. Para las especies *Albizia guachapele* (Kunth) Dugand y *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb, no hubo diferencias significativas; las semillas con inmersión en NL no aumentaron su germinación. Por lo tanto, se aceptó la hipótesis nula y se desechó la alternativa, lo que indica que el NL no tuvo un efecto sobre la germinación de estas especies.

Tabla 3. Análisis de varianza (SPSS) de las especies objeto de estudio en porcentaje de germinación
ANOVA *Prosopis juliflora* (Sw.) DC

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	50,69	3	16,89	11,11	0,001
Intersección	1620,06	1	1620,06	1065,24	0,000
TRATAMIENTO	50,69	3	16,89	11,11	0,001
Error	18,25	12	1,52		
Total	1689,00	16			
Total, corregido	68,94	15			
CV	11,26				

ANOVA *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	8,500	3	2,833	1,015	0,420
Intersección	400,000	1	400,000	143,284	0,000
TRATAMIENTO	8,500	3	2,833	1,015	0,420
Error	33,500	12	2,792		
Total	442,000	16			
Total, corregido	42,000	15			
CV	27,08				

ANOVA *Albizia guachapele* (Kunth) Dugand

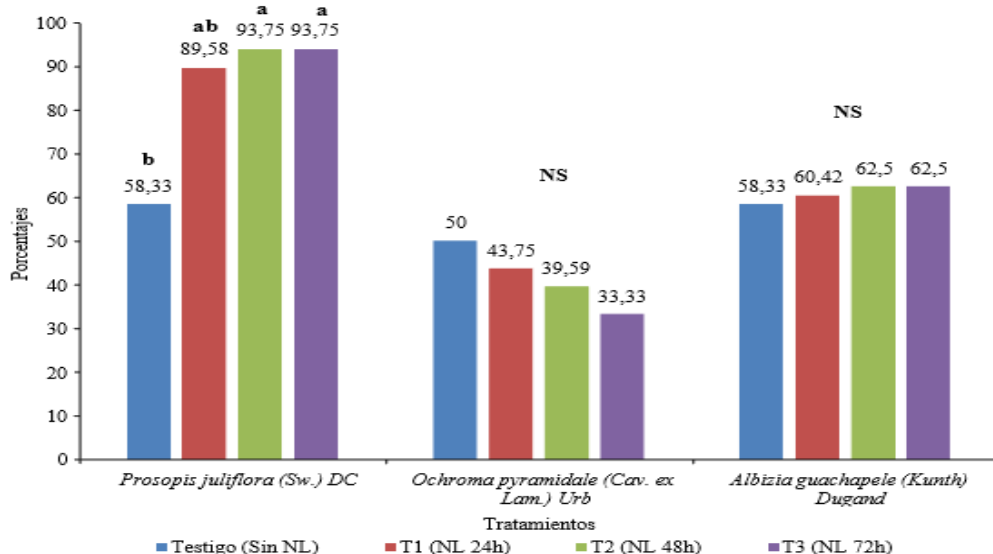
Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	3,07	3	1,023	0,944	0,450
Intersección	650,593	1	650,593	600,363	0,000
TRATAMIENTO	3,07	3	1,023	0,944	0,450
Error	13,004	12	1,084		
Total	666,667	16			
Total, corregido	16,074	15			
CV	34,34				

Nota: Gl = grados de libertad; F = frecuencia; = Sig = significación; CV = coeficiente de variación

En la Figura 2, se muestran los porcentajes de germinación de las tres especies objeto de estudio, la cual se detallan a continuación.



Figura 2. Porcentajes de germinación de semillas de las tres especies objeto de estudio



Nota: NS = no significativo; NL = nitrógeno líquido; h = horas; letras diferentes son significativas

Se notaron diferencias importantes entre los tratamientos en *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. Los tratamientos T2 y T3, que consistieron en una inmersión en nitrógeno líquido, obtuvieron el porcentaje más alto de germinación (93,75 %), frente al tratamiento control (58,33 %). Los hallazgos muestran que la inmersión en nitrógeno líquido promueve la ruptura de la dormancia física y acelera el proceso de germinación, lo cual es consistente con los informes de Fernandez *et al.* (2021), sobre investigaciones similares llevadas a cabo en *Tamarindus indica*.

En *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb no se observaron diferencias significativas entre tratamientos, registrándose la mayor germinación en el testigo (50,00 %) y la menor en T3 (33,33 %), lo que indica que la inmersión en nitrógeno líquido no influyó en este proceso, en *Albizia guachapele* (Kunth) Dugand no se evidenciaron diferencias significativas, aunque los tratamientos con nitrógeno líquido (T2 y T3) alcanzaron ligeramente mayores porcentajes de germinación resultados que coinciden con lo reportado por Mendoza (2021) en *Gmelina arborea* y *Tectona grandis*, confirmando que los métodos de escarificación

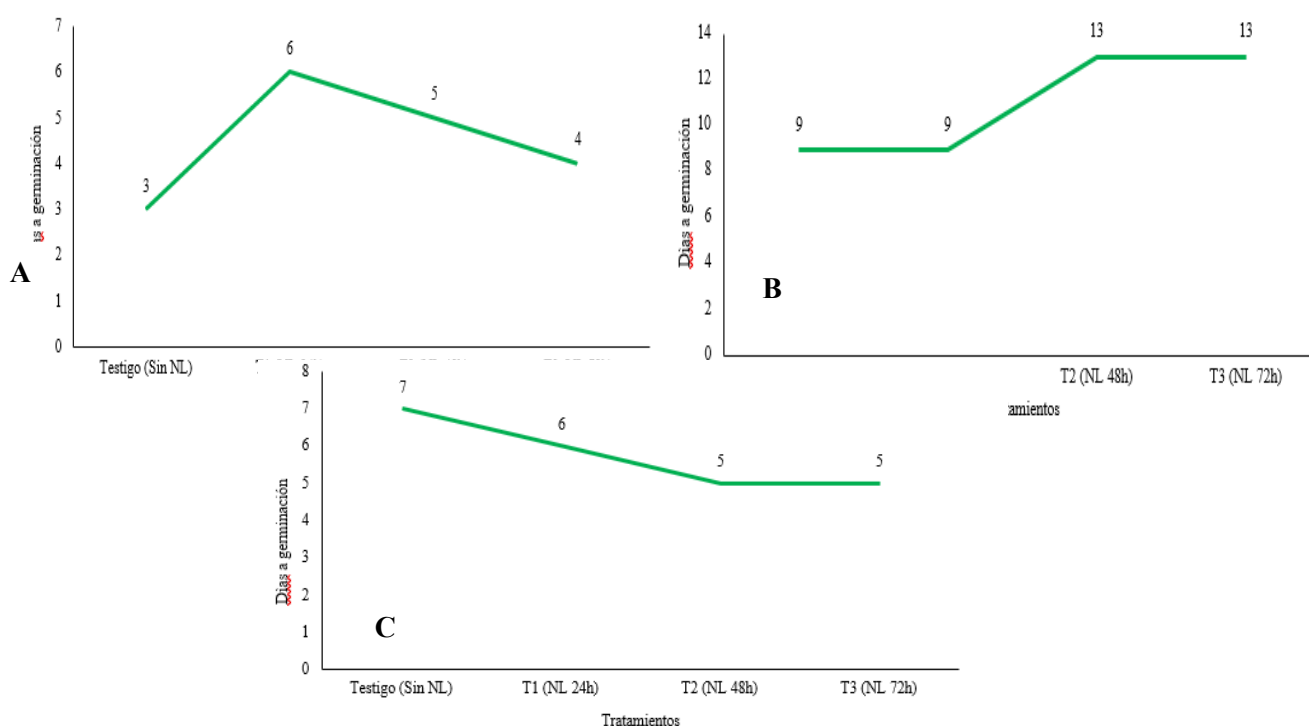
Las semillas de las tres especies forestales evaluadas mostraron alta supervivencia tras la exposición a nitrógeno líquido (-196°C), sin evidenciarse afectaciones significativas, lo que sugiere un comportamiento similar al de semillas ortodoxas y la posible aplicabilidad del nitrógeno líquido como método de conservación a largo plazo. No obstante, estos resultados difieren de lo reportado por Velasco

et al. (2022), quienes señalaron que la viabilidad y el desarrollo inicial de las plántulas podrían verse comprometidos por el proceso de descongelamiento a temperatura ambiente.

Días a germinación de la especie *Prosopis juliflora* (Sw.) DC, *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb y *Albizia guachapele* (Kunth) Dugand

La Figura 3, presenta los días transcurridos hasta la germinación en la especie *Prosopis juliflora* (Sw.) DC, *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb y *Albizia guachapele* (Kunth) Dugand, se puede observar que el tratamiento sin inmersión en NL acelero el tiempo de germinación, siendo especialmente notable en el tratamiento testigo, que logró la germinación a los tres días, mostrando una diferencia con los tratamientos con inmersión en NL, de uno a tres días.

Figura 3. Días transcurridos a germinación en la especie *Prosopis juliflora* (Sw.) DC, *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb y *Albizia guachapele* (Kunth) Dugand.



Nota: NL = nitrógeno líquido; h = horas

Nota: A: *Prosopis juliflora*, B: *Ochroma pyramidale* C: *Albizia guachapele*

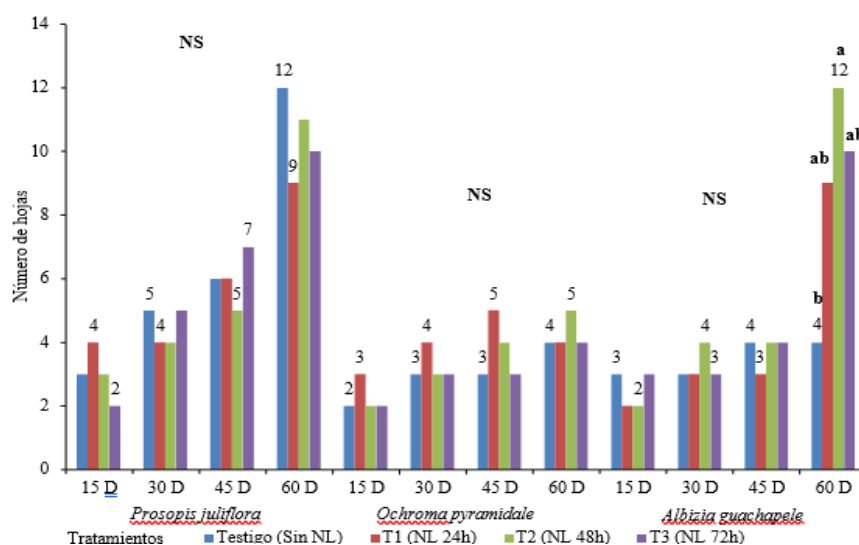
La inmersión en nitrógeno líquido mejoró significativamente la germinación y la ruptura de la dormancia física en *Prosopis juliflora*, aunque el testigo germinó más rápidamente. En *Ochroma pyramidale* no se evidenció influencia del tratamiento sobre la germinación ni el desarrollo morfológico. En *Albizia guachapele*, si bien no hubo diferencias significativas en el porcentaje de germinación, el nitrógeno

líquido redujo el tiempo de emergencia y favoreció el crecimiento inicial, particularmente en altura de planta y número de hojas a los 60 días, mismos datos coincidiendo con Saltos *et al.* (2023), en su investigación manifiesta que la exposición a NL aumentó para la germinación de las especies en estudio.

Número de hojas de las especies *Prosopis juliflora* (Sw.) DC, *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb y *Albizia guachapele* (Kunth) Dugand a los 15, 30, 45 y 60 días

En *Prosopis juliflora* (Sw.) DC y *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb no se registraron diferencias significativas entre tratamientos, lo que indica que la inmersión en nitrógeno líquido no influyó en el número de hojas durante los periodos evaluados. De igual manera, en *Albizia guachapele* (Kunth) Dugand no se observaron diferencias significativas a los 15, 30 y 45 días; sin embargo, a los 60 días la inmersión en nitrógeno líquido mostró un efecto significativo, incrementando el número de hojas y generando diferencias entre tratamientos.

Figura 4. Números de hojas de las tres especies objeto de estudio a los 15, 30, 45 y 60 días.



Nota: D = días; NL = nitrógeno líquido; h = horas; NS = no significativo; letras diferentes son significativa

En *Prosopis juliflora* (Sw.) DC y *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb no se registraron diferencias significativas en el número de hojas entre los tratamientos, evidenciando que la inmersión en nitrógeno líquido no influyó de manera significativa en esta variable. En *Albizia guachapele* (Kunth) Dugand tampoco se observaron diferencias significativas durante los primeros 45 días; sin embargo, a los 60 días los tratamientos con nitrógeno líquido, particularmente T2, presentaron un mayor número de hojas

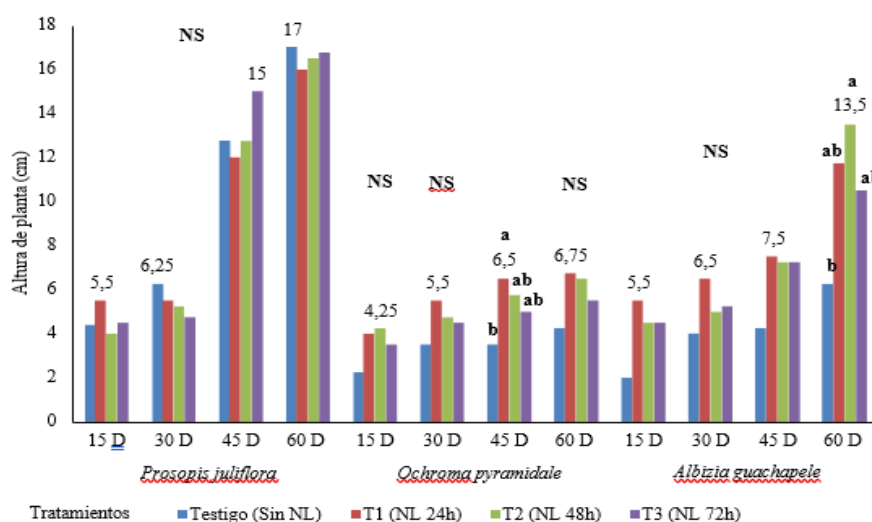
en comparación con el testigo, indicando un efecto positivo del tratamiento en etapas tardías del desarrollo.

Los resultados obtenidos para el número de hojas en *Prosopis juliflora* (Sw.) DC y *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb difieren de lo reportado por García *et al.* (2024). En contraste, en *Albizia guachapele* (Kunth) Dugand se evidenció a los 60 días un efecto positivo del nitrógeno líquido sobre esta variable, en concordancia con dicho estudio, el cual destaca que la crioconservación favorece el desarrollo foliar y la adaptación en vivero. Estos hallazgos respaldan el potencial del nitrógeno líquido como técnica de conservación de semillas con fines de reforestación, aunque su efectividad depende de la especie evaluada.

Altura de planta (cm) de las especies *Prosopis juliflora*, *Ochroma pyramidale* y *Albizia guachapele* (Kunth) Dugand a los 15, 30, 45 y 60 días

En la prueba de homogeneidad de varianza (Levene), se observó que las tres especies en estudio presentaron condiciones paramétricas con valores mayores a 0,05. Esto indica que existió una distribución normal de los datos y una igualdad de varianza entre los tratamientos.

Figura 5. Altura de las tres especies objeto de estudio a los 15, 30, 45 y 60 días.



Los hallazgos sugieren que la altura de la planta de *Prosopis juliflora* y *Ochroma pyramidale*, se vio afectada negativamente a los 45 días, así como *Albizia guachapele* a los 60 días, lo cual se traduce en variaciones significativas en esta variable. La inmersión en nitrógeno líquido incrementó la altura de planta en *Ochroma pyramidale* y *Albizia guachapele*, mostrando mejores resultados en semillas tratadas

con NL, en concordancia con Entensa *et al.* (2022). Dicho estudio señala que, aunque las plántulas provenientes de semillas crioalmacenadas presentan un crecimiento inicial más lento, estas diferencias tienden a desaparecer en etapas posteriores, alcanzando tamaños similares a los del control.

Longitud de raíz (cm) de las especies *Prosopis juliflora*, *Ochroma pyramidale* y *Albizia guachapele* a los 60 días

La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, indicó significancias mayores a 0,05 en las tres especies evaluadas. Estos resultados revelan que existe una distribución normal en la longitud de raíz, detallándose en la Tabla 3. En la prueba de homogeneidad de varianza (Levene), se observó que las tres especies en estudio presentaron condiciones paramétricas con valores mayores a 0,05. Esto indica que existió una distribución normal de los datos y una igualdad de varianza entre los tratamientos.

ANOVA *Prosopis juliflora* (Sw.) DC

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	15,407	3	5,136	0,893	0,473
Intersección	4502,075	1	4502,075	782,604	0,000
TRATAMIENTO	15,407	3	5,136	0,893	0,473
Error	69,032	12	5,753		
Total	4586,513	16			
Total, corregido	84,439	15			
CV	14,30				

ANOVA *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	2,577	3	0,859	0,372	0,775
Intersección	1329,696	1	1329,696	575,530	0,000
Tratamientos	2,577	3	0,859	0,372	0,775
Error	27,725	12	2,310		
Total	1359,998	16			
Total, corregido	30,301	15			
CV	16,670				

ANOVA *Albizia guachapele* (Kunth) Dugand

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	5,575	3	1,858	0,872	0,482
Intersección	784,000	1	784,000	368,003	0,000
Tratamiento	5,575	3	1,858	0,872	0,482
Error	25,565	12	2,130		
Total	815,140	16			
Total, corregido	31,140	15			
CV	20,85				

Nota: Gl = grados de libertad; F = frecuencia; = Sig = significación; CV = coeficiente de variación

En la variable longitud de raíz no se registraron diferencias significativas entre tratamientos a los 60 días en ninguna de las especies evaluadas, lo que indica que la inmersión en nitrógeno líquido no tuvo un efecto favorable en este parámetro. Estos resultados difieren de lo reportado por López y Bravo (2019), quienes observaron un mayor desarrollo radicular en plantas del género *Phaseolus* provenientes de semillas tratadas con nitrógeno líquido.

CONCLUSIONES

La escarificación mediante la inmersión en nitrógeno líquido (NL) demostró ser un método eficaz para mejorar la germinación de semillas forestales, particularmente en *Prosopis juliflora* (Sw.) DC, donde se evidenció un incremento significativo en la tasa de germinación y una efectiva ruptura de la dormancia física. Además, el efecto de la inmersión en nitrógeno líquido sobre la germinación y el crecimiento inicial de las plántulas fue dependiente de la especie. En *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb y *Albizia guachapele* (Kunth) Dugand no se observaron diferencias significativas en el porcentaje de germinación entre tratamientos; sin embargo, en *Prosopis juliflora* el tratamiento con NL mostró resultados favorables. Estos hallazgos confirman que la respuesta a la escarificación con nitrógeno líquido es especie-específica, por lo que se requiere la evaluación de métodos pregerminativos adecuados para cada especie de interés. Por último, el uso del nitrógeno líquido como método de escarificación y tratamiento pregerminativo representa una alternativa prometedora para la propagación de determinadas especies forestales, con potencial aplicación en programas de reforestación y conservación de semillas, especialmente en aquellas especies que presentan dormancia física.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arguedas, M., Gómez, D., Hernández, L., Engelmann, F., Garramone, R., Cejas, I., Yabor, L., Martínez-Montero, M., y Lorenzo, J. C. (2018). Maize seed cryo- storage modifies chlorophyll, carotenoid, protein, aldehyde and phenolics levels during early stages of germination. *Acta Physiologiae Plantarum*, 40(6), 118. <https://doi.org/10.1007/s11738-018-2695-7>
- Bailly, C. (2019). The signalling role of ROS in the regulation of seed germination and dormancy. Portland Press, July, 3019–3032. <https://doi.org/https://doi.org/10.1042/BCJ20190159>
- Domínguez, Z. W., Vilela, S. J., Espinales, S. O., Burgos, C. B., & Nieto, C. C. (2025). Influencia de las técnicas de siembra directa y la germinación de semillas en bandejas para *Nicotiana*. *Reincisol*, 4(8), 3466–3483. [https://doi.org/10.59282/reincisol.V4\(8\)3466-3483](https://doi.org/10.59282/reincisol.V4(8)3466-3483)
- Entensa, Y., González-Morales, A., Linares, C., Vázquez, J. G., Martínez-Montero, M. E., Zevallos-Bravo, B. E., Hajari, E., Höfer, M., Villalobos-Olivera, A., y Lorenzo, J. C. (2022). Cryopreservation of seeds of the highly valued tropical timber species *Swietenia mahagoni*. *Cryo-Letters*, 43(6), 341–348. <https://doi.org/10.54680/fr22610110412>
- Fernandez, Y. A., Marrero, D. F., & Martinez, M. M. E. (2021). Liquid nitrogen as promotor of seeds germination and seedling growth in tropical legumes. *Inge CUC*, 17(2), 1–10. <https://doi.org/http://doi.org/10.17981/ingecuc.17.2.2021.01>
- García, Q. Y., López, M. E., García, D. S., Ureta, L. D., Vega, R. S., Bravo, M. C., & Arteaga, C. Y. (2024). Efecto de tres procedencias en la calidad de plántulas de *Ochroma pyramidale* (Malvaceae) en viveros de contenedores plásticos. *Revista Madera y Bosque*, 30, 1–20. <https://doi.org/10.21829/myb.2024.3032595>
- López, M., y Bravo, S. (2019). Crio-conservación de variedades del género *Phaseolus* mediante la viabilidad en la Parroquia Quiroga, Cantón Cotacachi. *Revista Amazónica. Ciencia Y Tecnología*, 8(2), 136–148. <https://doi.org/10.59410/RACYT-v08n02ep05-0114>
- Manzo, R. M. S., González, R. H., García, de lo S. G., Torres, T. C., Garcia, M. E., & Robledo, P. A. (2022). Viabilidad y germinación de semillas de cuatro especies amenazadas de cactáceas. *Revista Botanica*, 44(2), 209–220. <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/cal>



- Monteros, A. A., Tacán, P. C., & Paredes, L. N. (2020). Guía para el manejo y conservación de recursos fitogenéticos en Ecuador.
- Salto, A. R. V., Villacis, E. E. A., Tapuy, A. M. D., Pillco, B. M., & López, A. K. (2023). Agronomía Mesoamericana Germinación y crecimiento de Sterculia colombiana en Arosemena Tola , Germination and growth of Sterculia colombiana in Arosemena Tola , Napo , Resumen. Agronomía Mesoamericana, 34(2). <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/index>
- Terán, M. J., Moscos, M. J., Abad, D. M., & Cahuano, S. G. (2026). Estudio de valoración de plantaciones de Tectona grandis L . f . (teca) en distintas fases de crecimiento Study of valuation of plantations of Tectona grandis L . f . (teak) in different stages of growth Resumen. Revista ASCE Megazine, 5(1), 516–539. <https://doi.org/https://doi.org/10.70577/asce.v5i1.605>
- Velasco, M., Hernández, D., Muñoz, L., Castillo, C., Vallejo, M., y García, F. (2022). Crioconservación de semillas de Cedrela odorata L.: germinación y establecimiento temprano en vivero. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 13(69), 31–55. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i69.1198>

