

Artículos

Tratamientos pregerminativos y diferentes sustratos en la germinación de semillas de *Juglans neotropica* Diels, Ecuador

Pre-germination treatments and different substrates on seed germination of *Juglans neotropica* Diels, Ecuador

Jorge Luis Cué-García¹ 
Jorge-Luis Ramírez-López¹ 
Eduardo Jaime Chagna Ávila¹ 

¹Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Imbabura, Ecuador

RESUMEN

Se indagó determinar los tratamientos y sustratos más efectivos para la germinación de semillas de *Juglans neotropica*. Se realizaron dos experimentos: en el primero se utilizaron cinco tratamientos físicos, mientras que en el segundo se combinaron tres tratamientos físicos y tres sustratos, en un diseño completamente al azar. Se monitoreó la germinación de forma diaria, a partir de los 30 días después de la siembra, y se evaluó la capacidad de germinación y la distribución de la germinación en el tiempo, considerando variables como: el porcentaje y vigor de germinación, tiempo promedio de germinación, coeficiente e índice de velocidad de germinación y coeficiente de uniformidad de germinación. Se encontró que los tratamientos de pregerminación con temperaturas de 40 y 50°C en horno con ventilación forzada durante dos horas, así como el testigo, presentaron diferencias significativas en todas las variables evaluadas, excepto en el coeficiente de uniformidad, en comparación con los tratamientos de escarificación con lijado. El mayor porcentaje de germinación acumulada (76%) se obtuvo con los tratamientos pregerminativos a una temperatura de 40°C en estufa con ventilación forzada durante dos horas. La interacción entre los sustratos y los tratamientos pregerminativos no mostró diferencias significativas, en las variables germinativas analizadas. Cabe destacar que las semillas de *Juglans neotropica* presentan una germinación asincrónica.

Palabras clave: Escarificación; Nuez; Latencia; Porcentaje de germinación; Vigor de germinación

ABSTRACT

The objective was to determine the treatments and substrates that show the best behavior in relation to the germination of *Juglans neotropica* seeds. Five physical treatments were used in experiment one and in experiment two three physical treatments and three substrates were combined with completely randomized designs. Germination was monitored daily from 30 days after sowing. The evaluation was related to the germination capacity and the distribution of germination over time, such as: germination percentage, germination vigor, average germination time, speed coefficient, germination speed index and germination uniformity coefficient. The pre-germination treatments with a temperature of 40 and 50 oC in a stove with forced ventilation for two hours and the control, showed significant differences for all the variables, except the coefficient of uniformity, with respect to the scarification treatments with sanding. The highest accumulated germination percentage, 76%, was reached with pre-germination treatments at a temperature of 40 oC in an oven with forced ventilation for two hours. The interaction of substrates with pre-germination treatments do not show significant differences in the germination variables analyzed. *Juglans neotropica* seeds show asynchronous germination.

Keywords: Scarification; Walnut; Dormancy; Germination percentage; Germination vigor

1 INTRODUCCIÓN

Las comunidades de la zona andina de Suramérica, lugar de origen de la especie *Juglans neotropica* Diels, utilizan la misma de múltiples formas (Toro Vanegas; Roldán Rojas, 2018). Esta especie se desarrolla normalmente en ambas cordilleras y en valles interandinos de Ecuador, donde muestra su mejor rendimiento en altitudes de 1.800 a 3.000 metros sobre el nivel del mar (Valenzuela, 2020). La madera de *Juglans neotropica* es utilizada con diferentes destinos, entre ellos, el arte del tallado, que es relevante, en la localidad de San Antonio de Ibarra. Además, se emplea con fines medicinales (Guambo Tapia; Valenzuela Erazo; Saeteros Hernández; Noboa Silva, 2020) y se han encontrado propiedades antioxidantes, astringentes, antibacterianas y antisépticas, según Hurtado-Manrique, Jurado Teixeira, Ramos Llica y Calixto Cotos (2015). En la alimentación son empleadas sus semillas en las típicas nogadas de la ciudad de Ibarra, apetecidas por su sabor y valor nutricional. En la producción textil se utiliza como tinturante (Palacios-Ochoa; Ullauri, 2020) y también se utiliza en actos religiosos.

La especie *Juglans neotropica* se encuentra catalogada, en peligro crítico de extinción (EN A2cd) desde 1998, (Maza; Abad; Malagón; Armijos, 2021) en el rango geográfico que abarca Colombia, Ecuador y Perú, condición que se mantiene a la fecha. Su madera, de alto valor, ha sido objeto de una explotación indiscriminada en las poblaciones naturales de la especie, afectando hasta el 52% de las mismas (Gómez; Toro; Piedrahita, 2013), especialmente, en los bosques secos y montanos (Morales; Armenteras, 2013). El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, reconocen a *Juglans neotropica* como una especie forestal prioritaria en los programas de investigación, conservación y reforestación en Ecuador (Grijalva; Checa; Ramos; Barrera; Vera; Sigcha, 2016). Ambos institutos tienen fuentes semilleras identificadas en Chimborazo (sitio Trigoloma) y Napo (sitios Cuyuja-San Víctor y Molana, respectivamente).

La explotación intensa y sin un adecuado manejo técnico ha afectado negativamente la regeneración natural de las poblaciones de *Juglans neotropica* (Gómez; Toro; Piedrahita, 2013). Debido a esto, la especie ha sido catalogada como de aprovechamiento condicionado para un manejo sustentable del Bosque Andino (Grijalva; Checa; Ramos; Barrera; Vera; Sigcha, 2016). Además, forma parte de las especies elegibles en el plan de forestación y reforestación de la provincia de Imbabura, donde se recomienda su uso para mejorar los servicios ecosistémicos y las actividades agropecuarias (Paredes, 2020).

Una estrategia evolutiva de las plantas para protegerse de condiciones adversas es la latencia, pero en los viveros esta característica puede generar inconvenientes, como una disminución y retraso en la germinación, una mayor no uniformidad de las plántulas y una ineficiencia en el proceso productivo (Flores; Poggi; Garcia; Catraro; Gariglio, 2017). La latencia de las semillas de *Juglans neotropica* se considera innata y puede ser producida por causas fisiológicas o físicas. Su dura testa le confiere latencia e impide la entrada de agua, aire, difusión hacia el exterior de posibles inhibidores

endógenos de la germinación (Negi; Nautiyal; Thakur; Negi; Kumari, 2017 y Bareke, 2018). También son casuales de su latencia (Negi; Nautiyal; Thakur; Negi; Kumari, 2017) la inmadurez del embrión después de la maduración en almacenamiento seco, los inhibidores de la germinación y la sensibilidad de las semillas a la luz. La principal barrera para la germinación de las semillas de *Juglans neotropica* está asociada con la retención de inhibidores presentes en su gruesa testa. Además, la dureza de la testa dificulta la entrada de agua y el intercambio gaseoso, lo que sugiere que su mecanismo de impermeabilidad involucra sustancias impermeabilizantes. Este comportamiento es común en especies de ambientes tropicales y retarda y limita la germinación de las semillas (Raoufi; Vahdati; Karimi; Roozban, 2020).

Debido a que la semilla de *Juglans neotropica* cuenta con una nuez de endocarpio grueso y duro, se requieren emplear tratamientos pregerminativos para mejorar su germinación. Entre estos, destacan la hidratación durante ocho días con cambio de agua diario o exposición al sol durante 48 horas, según indican Toro Vanegas y Roldán Rojas (2018). Además, se han obtenido resultados favorables, en cuanto al aumento del poder germinativo y la reducción del tiempo de germinación, mediante tratamientos pregerminativos como la escarificación mecánica con lijado de la pared externa, agua en ebullición por cinco minutos y la estratificación, tal como lo muestran los resultados de Ramírez-López, Vallejos-Álvarez y Añazco-Romero (2023). Se han obtenido resultados positivos en la germinación de las semillas de *Juglans regia* mediante tratamientos pregerminativos, según estudios realizados por Parvin, Khezri, Tavasolian y Hosseini (2015), Negi, Nautiyal, Thakur, Negi y Kumari (2017) y Lamichhane, Thapa, Thapa y Ahamad (2021). Sin embargo, Raoufi, Vahdati, Karimi y Roozban (2020) sostienen que los métodos convencionales de estratificación que implican períodos prolongados de enfriamiento húmedo tienen una eficacia baja, en esta especie.

Considerando la latencia presente en las semillas de la especie, que afecta la uniformidad y la tasa de germinación, se propuso como objetivo evaluar el efecto de diferentes tratamientos pregerminativos y sustratos en las semillas de *Juglans neotropica* Diels.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Recolección de material de propagación

El ensayo de germinación fue realizado en el Campus Yuyucocha de la Universidad Técnica del Norte, ubicado en la ciudad de Ibarra, al norte del Ecuador (0°21'24"N - 78°07'18"W, 2256 msnm).

Los frutos maduros fueron recolectados en abril de 2022, de forma aleatoria, de la copa de 20 individuos para garantizar una muestra representativa de la diversidad genética presente.

Posteriormente, se lavó el material recolectado para separar el mesocarpio de la testa de las semillas y se secó al aire libre bajo sombra para evitar la propagación de hongos. Las semillas fueron preseleccionadas, por tamaño mediante un tamiz y se distribuyeron proporcionalmente en cada unidad experimental. Finalmente, se llevó a cabo una inspección visual para descartar semillas imperfectas.

2.2 Ensayo de germinación

El ensayo se llevó a cabo en platabandas, mediante la instalación de dos experimentos que se iniciaron en mayo y finalizaron en agosto del 2022. En ambos experimentos se utilizó un diseño completamente al azar, con cuatro repeticiones y 25 semillas por unidad experimental. En total, se evaluaron seis y nueve tratamientos respectivamente (Tabla 1), y las características del diseño se establecieron a través de un experimento preliminar.

El sustrato utilizado en el experimento uno se compuso de suelo del lugar, materia orgánica y cascarilla de arroz, en una relación volumétrica de 7-2-1 respectivamente, con un pH de 8,11 y un contenido de materia orgánica del 4,63%, N del 0,23%, P₂O₅ de 258,5 mg/kg y K₂O de 3,05 cmol/kg. En el experimento dos se elaboraron tres sustratos diferentes utilizando combinaciones de compost vacuno, humus de lombriz y pomina, en proporciones específicas indicadas en la Tabla 1 correspondiente a los tratamientos del experimento.

Tabla 1 – Tratamientos pregerminativos evaluados en los experimentos

Código	Tratamiento - descripción
Experimento uno	
T1-1	Escarificación con lija N°. 80 con empleo de máquina, debe perder el brillo natural de la semilla en el extremo apical, después sumergir las semillas en agua caliente al primer hervor ($\approx 100^{\circ}\text{C}$), retirar de la llama e introducir las semillas durante 5 minutos.
T2-1	Escarificación con lija N°. 80 con empleo de máquina, debe perder el brillo natural de la semilla en el extremo apical, después sumergir las semillas en agua caliente al primer hervor ($\approx 100^{\circ}\text{C}$), retirar de la llama e introducir las semillas durante 15 minutos.
T3-1	Escarificación con lija N°. 80 con empleo de máquina, debe perder el brillo natural de la semilla en el extremo apical, después sumergir las semillas en agua caliente al primer hervor ($\approx 100^{\circ}\text{C}$), retirar de la llama e introducir las semillas durante 30 minutos.
T4-1	Aplicar temperatura de 40°C en estufa con ventilación forzada por dos horas.
T5-1	Aplicar temperatura de 50°C en estufa con ventilación forzada por dos horas.
T6-1	Testigo
Experimento dos	
T1-2	Escarificación con lija N°. 80 con empleo de máquina, sumergir en agua caliente en ebullición, retirando el recipiente de la llama y dejando las semillas, en la misma agua, hasta 24 horas y sustrato de 50% compost - 30% humus de lombriz - 20% pomina
T2-2	Escarificación con lija N°. 80 con empleo de máquina, sumergir en agua caliente en ebullición, retirando el recipiente de la llama y dejando las semillas en la misma agua hasta 24 horas y sustrato de 50% humus de lombriz - 30% pomina - 20% compost
T3-2	Escarificación con lija N°. 80 con empleo de máquina, sumergir en agua caliente en ebullición, retirando el recipiente de la llama y dejando las semillas en la misma agua, hasta 24 horas y sustrato de 50% pomina - 30% compost - 20% humus de lombriz
T4-2	Temperatura de 40°C en estufa por dos horas y sustrato de 50 % compost - 30% humus de lombriz - 20% pomina
T5-2	Temperatura de 40°C por dos horas y sustrato de 50% humus de lombriz - 30% pomina - 20% compost
T6-2	Temperatura de 40°C por dos horas y sustrato de 50% pomina - 30% compost - 20% humus de lombriz
T7-2	Agua en movimiento (corriente) durante cinco días y aireado diario por 10 minutos y sustrato de 50% compost - 30% humus de lombriz - 20% pomina
T8-2	Agua en movimiento (corriente) durante cinco días y aireado diario por 10 minutos y sustrato de 50% humus de lombriz - 30% pomina - 20% compost
T9-2	Agua en movimiento (corriente) durante cinco días y aireado diario por 10 minutos y sustrato de 50% pomina - 30% compost - 20% humus de lombriz

Fuente: Autores (2023)

La germinación se monitoreó diariamente, a partir de los 30 días después de la siembra, y se consideró germinada a aquellas semillas que mostraron la emergencia de los brotes e hipocótilo con hojas. Según Toro Vanegas; Roldán Rojas

(2018), la especie registra germinación hasta los 300 días después de la siembra, pero en el ensayo se extendió el registro hasta el día 90.

En la evaluación de los tratamientos pregerminativos, se midieron variables relacionadas con la capacidad germinativa y la distribución de la germinación en el tiempo (Espitia; Cardona; Araméndiz, 2016; Barrutia Rodríguez; Barrutia Barreto; Marin Velasquez, 2020), las cuales se describen en la Tabla 2.

Tabla 2 – Variables analizadas en los experimentos

Variable	Ecuación	Número	Descripción
Porcentaje de germinación (%)	$PG = \frac{Sg}{Ss} \cdot 100$	(1)	Sg: Total semillas germinadas. Ss: Total semillas sembradas.
Vigor germinativo (adimensional)	$VG = \frac{Pg}{\sum t_i} \cdot \frac{Pg}{\sum t}$	(2)	Pg: Pico de germinación PG: Porcentaje de germinación t _i : número de días después de la siembra. t: tiempo de germinación desde la siembra hasta la germinación de la última semilla.
Tiempo promedio de germinación (días)	$Tg = \frac{\sum(n_i t_i)}{\sum n_i}$	(3)	t _i : número de días después de la siembra. n: número de semillas germinadas el día i.
Coefficiente de velocidad (días ⁻¹)	$CV = \frac{\sum n_i}{\sum(n_i t_i)}$	(4)	t _i : número de días después de la siembra. n: número de semillas germinadas el día i.
Índice de germinación	$IG = \frac{\sum(n_i t_i)}{N}$	(5)	IG= índice de germinación, n _i = número de semillas germinadas el día i, t _i = número de días después de la siembra, N= total de semillas sembradas
Índice de velocidad de germinación (adimensional)	$M = \sum \left(\frac{n_i}{t}\right)$	(6)	n: número de semillas germinadas el día i. t: tiempo de germinación desde la siembra hasta la germinación de la última semilla.
Coefficiente de uniformidad de germinación (adimensional)	$CUG = \frac{\sum n_i}{\sum[(g-t_i)^2 n_i]}$	(7)	g: tiempo promedio de germinación. n _i : número de semillas germinadas el día i. t _i : número de días desde la siembra.

Fuente: Autores (2023)

2.3 Análisis estadístico

Se llevó a cabo un análisis estadístico mediante un MANOVA que incluyó todas las variables dependientes, con el objetivo de determinar si existían diferencias

significativas, entre los tratamientos en términos de capacidad germinativa y distribución de la germinación en el tiempo (α : 0.05). Previamente, se comprobaron los supuestos paramétricos del modelo, incluyendo la normalidad multivariada (Shapiro Wilks multivariado: α : 0.05), la linealidad (Pearson; α : 0.05) y la homocedasticidad (matrices de covarianza: α : 0.05). Además, se realizó un análisis de componentes principales y de conglomerados para contrastar las variables más influyentes y el grado de asociación entre los tratamientos.

Se llevaron a cabo análisis adicionales para cada variable, utilizando ANOVA y pruebas de comparación de medias de Tukey con un nivel de significancia de 0.05. Antes de estos análisis, se evaluaron los supuestos de normalidad (utilizando el test de Shapiro Wilks con un nivel de significancia de 0.05) y homocedasticidad (evaluado utilizando el test de Levene con un nivel de significancia de 0.05) para cada variable individualmente.

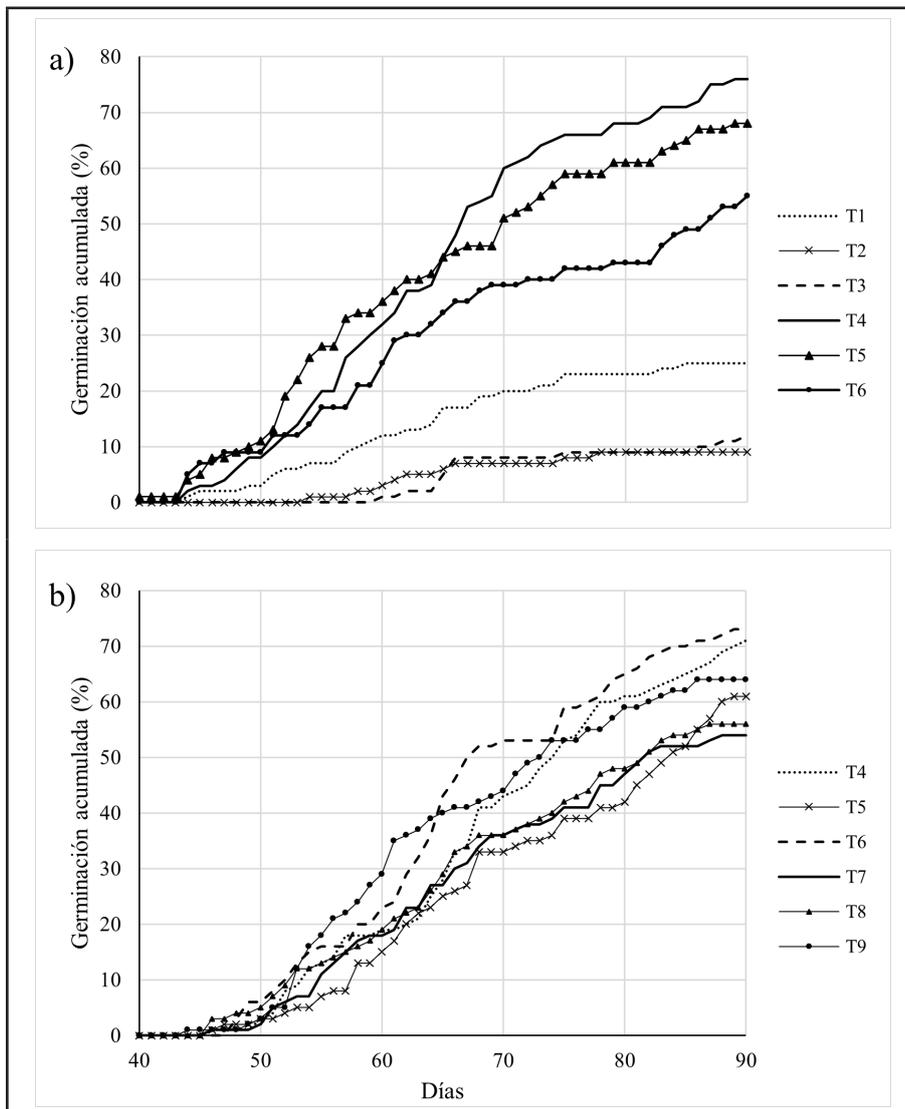
3 RESULTADOS Y DISCUSIONES

En el experimento uno, los tratamientos presentaron una variabilidad en cuanto a la germinación, siendo el T4-1 el que obtuvo el mayor porcentaje acumulado del 76%. Este tratamiento inició su emergencia al día 44 y alcanzó su pico acumulado al día 89 del seguimiento. Por otro lado, el T2-1 presentó la menor curva de germinación, sin cambios significativos entre el día 52, en el que inició su germinación, y el día 78 en que alcanzó su máximo acumulado (ver Figura 1a). Es importante mencionar que los efectos de la temperatura pueden ser determinantes en la germinación de las semillas de *Juglans neotropica*. Según Pooja; Honnabyraiah (2022), cuando la temperatura se encuentra en rangos adecuados, debilita la cubierta de la semilla y aumenta el potencial de crecimiento del embrión, lo cual reduce el tiempo de germinación y promueve un mayor porcentaje de germinación.

En el experimento dos, ninguno de los tratamientos que implicaba escarificación mecánica con lija logró inducir la germinación de las semillas. Por lo tanto, se excluyeron

los tratamientos T1, T2 y T3 del análisis estadístico. A pesar de esto, los tratamientos restantes demostraron una tasa de germinación superior al 50%. El tratamiento T6 mostró la curva de germinación más alta con un 73% entre los días 43 y 89 después de la siembra. En cambio, el tratamiento T7 registró la tasa de germinación más baja con un 54% durante el período de 48 a 88 DDS (Ver figura 1b).

Figura 1 – Curva de germinación acumulada de los tratamientos pregerminativos en a) experimento uno y b) experimento dos



Fuente: Autores (2023)

En el experimento uno, los tratamientos pregerminativos que involucraron lijado e inmersión, en agua caliente, mostraron una menor capacidad germinativa,

como se puede observar en la Figura 1a. Este resultado es consistente con el obtenido por Azas (2016), quien reportó una germinación del 17,19% al aplicar esmerilado. La disminución en el poder germinativo podría deberse a una mayor apertura de la sección de unión de la testa de la semilla, lo que permitiría una entrada de agua más rápida y directa, en lugar de a través de los poros, por el proceso de imbibición. Además, estos tres tratamientos se combinaron con una inmersión en agua a 100°C durante 5 a 15 minutos, lo que podría haber acelerado aún más la entrada de agua.

Un exceso en la entrada de agua puede inhibir la preparación adecuada de los procesos internos de la semilla que desencadenan la germinación por razones asociadas a la carencia de oxígeno. Una vez realizada la siembra, componentes del sustrato y el agua entran en contacto con el embrión de la semilla, unido al alto contenido de aceites en sus reservas (Azas, 2016), pueden facilitar la descomposición de los tejidos. En observación de algunas semillas no germinadas se constató la muerte y putrefacción del embrión, en lo posible dado por un exceso de humedad, (Rodríguez; Aguilar, 2013).

También es sugerente la posibilidad de que el lijado haya elevado la temperatura en el extremo apical de la semilla y producido vibraciones, lo que podría haber dañado el embrión que se encuentra en ese punto. En ambos experimentos, los valores de poder germinativo para T1, T2 y T3 son inferiores al tratamiento con lijado del 66% reportado por Ramírez-López, Vallejos-Álvarez y Añazco-Romero (2023) y a las experiencias en *Juglans regia* con tratamientos mecánicos de ruptura de la testa desarrollados por Lamichhane, Thapa, Thapa y Ahamad (2021) con un 53,25% y Raoufi, Vahdati, Karimi y Roozban (2020) con un 66,1% y 83,7%.

La prueba MANOVA arrojó resultados significativos, en tres de los cuatro estadísticos evaluados, en el primer experimento (ver Tabla 3). Se identificaron dos grupos de tratamientos en función de las variables de germinación analizadas. Por otro lado, en el experimento dos, ninguno de los estadísticos resultó significativo, lo que sugiere que los tratamientos se comportaron de manera estadísticamente similar.

Tabla 3 – Análisis de varianza multivariado para los dos experimentos

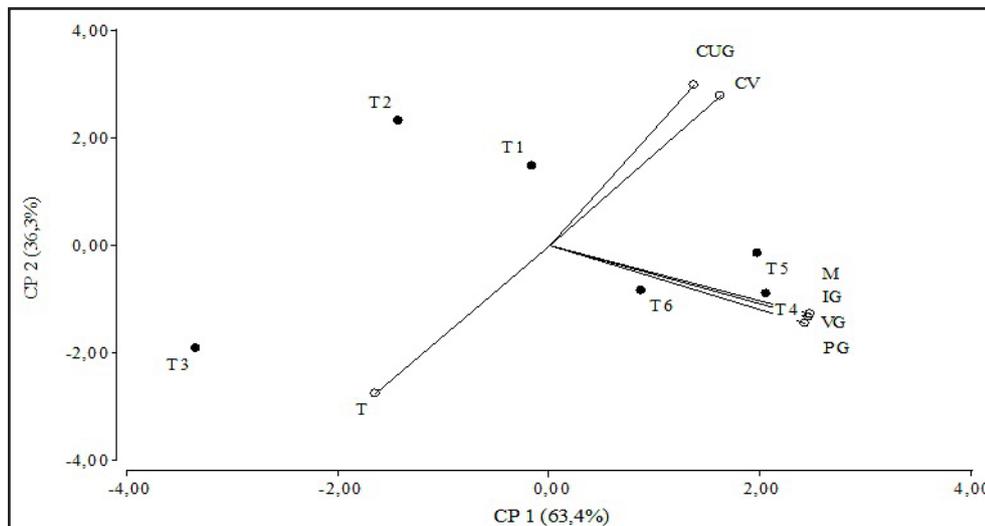
MANOVA				
Tratamientos	F - Wilks	F - Pillai	F - Hotelling	F - Roy
Experimento 1	2,34**	1,50 ^{ns}	3,87**	24,88**
Experimento 2	0,87 ^{ns}	0,97 ^{ns}	0,75 ^{ns}	2,36 ^{ns}

Hotelling Experimento 1								
Tratamientos	PG	VG	Tg	Cv	IG	M	CUG	
T2-1	10,67	0,01	62,63	1,62	5,79	0,03	0,026	a
T3-1	18,00	0,01	69,83	1,44	8,54	0,04	0,021	a
T1-1	25,00	0,04	61,44	1,61	15,55	0,08	0,025	a
T6-1	55,00	0,11	64,48	1,56	35,36	0,17	0,024	b
T5-1	68,00	0,17	62,53	1,60	41,93	0,20	0,025	b
T4-1	76,00	0,18	63,51	1,58	48,34	0,22	0,024	b

Fuente: Autores (2023)

Se observó que el grupo compuesto por T4-1, T5-1 y T6-1 en el experimento uno presentó valores altos en las variables correlacionadas, tales como: porcentaje de germinación, vigor germinativo, índice de germinación e índice de velocidad de germinación, a diferencia de los tratamientos restantes, como se puede observar en la figura 2.

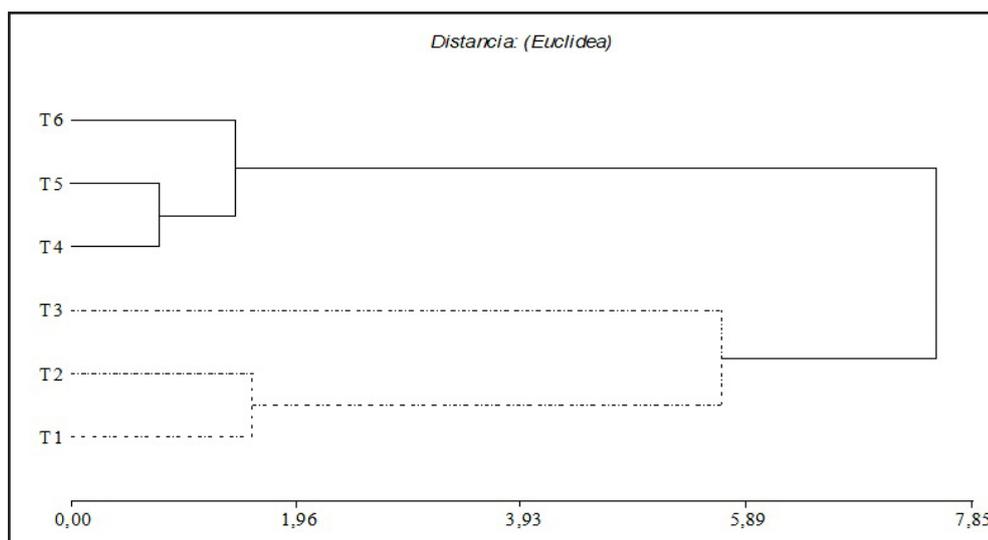
Figura 2 – Análisis de componentes principales experimento uno



Fuente: Autores (2023)

La figura 3 muestra que el análisis de conglomerados respalda los resultados obtenidos en el MANOVA, ya que se observa una agrupación más definida entre los tratamientos T4-1, T5-1 y T6-1.

Figura 3 – Análisis de conglomerados experimento uno



Fuente: Autores (2023)

La confirmación de los resultados del análisis multivariado se obtuvo mediante el análisis de varianza de cada variable. En el experimento uno, se mantuvieron dos grupos definidos en la mayoría de las variables, excepto en tiempo de germinación y CV, donde no hubo diferencias significativas (Tabla 4). El tratamiento T4-1 mostró el mejor resultado, aunque sin diferenciarse significativamente de los tratamientos T5-1 y T6-1. En el experimento dos, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos en ninguna de las variables analizadas.

Aunque no hay diferencias significativas entre las medias de los tratamientos T4, T5 y T6 en el experimento uno, los resultados sugieren que la aplicación de temperaturas de 40 y 50°C en una estufa con ventilación forzada durante dos horas favorece la germinación de las semillas de *Juglans neotropica* en términos de porcentaje, tiempo, vigor germinativo, índice de germinación, velocidad de germinación y coeficiente de uniformidad.

Tabla 4 – ADEVA por variables de los dos experimentos

		Resultados ANOVA						
		PG	VG	Tg	Cv	IG	M	CUG
F-valor	Experimento 1	26,09**	19,26**	1,38 ^{ns}	1,20 ^{ns}	23,98**	23,55**	0,97 ^{ns}
	Experimento 2	1,23 ^{ns}	1,17 ^{ns}	1,36 ^{ns}	1,36 ^{ns}	1,25 ^{ns}	1,25 ^{ns}	1,48 ^{ns}
	CV 1 (%)	17,34	26,21	14,05	16,13	22,10	20,32	24,78
	CV 2 (%)	11,46	29,45	2,58	2,68	11,52	11,45	5,17
Comparación de medias Tukey ($\alpha = 0.05$) - Experimento 1								
Tratamientos	T1-1	25,00 (a)	0,03 (ab)	61,44 (a)	1,61 (a)	15,55 (a)	0,08 (a)	0,025 (c)
	T2-1	9,00 (a)	0,01 (a)	62,23 (a)	1,62 (a)	5,79 (a)	0,03 (a)	0,026 (a)
	T3-1	12,00 (a)	0,01 (a)	69,83 (a)	1,44 (a)	8,54 (a)	0,04 (a)	0,021 (a)
	T4-1	76,00 (b)	0,17 (c)	63,51 (a)	1,58 (a)	48,34 (b)	0,22 (b)	0,024 (a)
	T5-1	68,00 (b)	0,15 (c)	62,53 (a)	1,60 (a)	41,93 (b)	0,20 (b)	0,025 (a)
	T6-1	55,00 (b)	0,11 (bc)	64,48 (a)	1,56 (a)	35,36 (b)	0,17 (b)	0,024 (a)
Comparación de medias Tukey ($\alpha = 0.05$) - Experimento 2								
Tratamientos	T4-2	71,00 (a)	0,13 (a)	67,09 (a)	1,47 (a)	48,26 (a)	0,21 (a)	0,021 (a)
	T5-2	61,00 (a)	0,10 (a)	70,38 (a)	1,42 (a)	42,82 (a)	0,18 (a)	0,020 (a)
	T6-2	73,00 (a)	0,17 (a)	65,90 (a)	1,52 (a)	47,71 (a)	0,22 (a)	0,023 (a)
	T7-2	54,00 (a)	0,11 (a)	65,46 (a)	1,53 (a)	35,70 (a)	0,16 (a)	0,023 (a)
	T8-2	56,00 (a)	0,07 (a)	65,24 (a)	1,54 (a)	36,81 (a)	0,16 (a)	0,023 (a)
	T9-2	64,00 (a)	0,17 (a)	65,13 (a)	1,54 (a)	41,46 (a)	0,19 (a)	0,023 (a)

Fuente: Autores (2023)

En el experimento dos, los tratamientos T7, T8 y T9, los cuales implicaron la aplicación de agua en movimiento (corriente) durante cinco días y aireado diario por 10 minutos, presentaron resultados similares al testigo del experimento uno, con un poder germinativo entre el 54 y 64%. Es importante señalar que Azas (2016) reportó una emergencia del 73,44% para *Juglans neotropica* al utilizar agua corriente por varios días.

En el experimento dos, se observa que los tratamientos que utilizaron una temperatura de 40°C mostraron los valores más altos en cuanto al poder germinativo, alcanzando un 71% y un 73%, respectivamente, además de valores favorables en el vigor germinativo, índice de germinación, velocidad de germinación y coeficiente de uniformidad. Estos tratamientos pregerminativos, que utilizan una temperatura controlada, pueden ser una alternativa a la solarización y presentan la ventaja de ser más manejables, ya que no dependen de las variaciones climáticas en términos de nubosidad y temperatura en el lugar.

Por su parte, Narváez, Torres, Granados y Delgado (2022) afirman que el mejor tratamiento fue el de la tierra abonada y escarificación mediante corte en la semilla de *Vochysia lehmannii*, con el 80 % de poder germinativo y el menor tiempo al inicio de la germinación.

Aunque se emplearon diferentes sustratos, no se encontraron diferencias significativas en la germinación. Estos resultados no concuerdan con los obtenidos por Mamani, Chuquillanqui, Chumbiauca, Sahley, Alonso y Linares-Palomino (2018), quienes observaron diferencias significativas, en el poder germinativo y la germinación acumulada diaria, al utilizar suelo y sustrato premezclado comercial en *Eriotheca vargasii*.

La asincronía en el proceso de germinación, en cuanto al tiempo de inicio y tiempo total, así como el comportamiento del coeficiente de uniformidad, se observó en ambos experimentos, lo que es característico en *Juglans neotropica*.

Los resultados de la investigación confirman que, al garantizar la humedad del sustrato durante el periodo de germinación mediante el riego, la germinación ocurre de manera similar con independencia del sustrato, siempre que este posea la porosidad requerida en función de la aireación. La disponibilidad de agua, como factor esencial, determina la imbibición y la activación de procesos metabólicos, como la rehidratación, la reparación de membranas, proteínas y ADN, la elongación celular y la aparición de la radícula (Hernández-López; Beltrán-Peña; Amancio; Nuñez; Avila-Alejandre, 2018).

4 CONCLUSIONES

Los tratamientos pregerminativos con temperaturas de 40 y 50 °C , durante dos horas, así como la hidratación de las semillas con agua corriente, favorecieron la germinación de las semillas de *Juglans neotropica* en comparación con la escarificación mecánica mediante lijado.

La interacción entre los sustratos y los tratamientos pregerminativos, no tuvo efectos significativos, en la germinación de las semillas de *Juglans neotropica*, en las condiciones del estudio.

La germinación de las semillas de *Juglans neotropica* se produce de manera asincrónica y no masiva, independientemente de los sustratos y tratamientos pregerminativos utilizados en este estudio.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Técnica del Norte por todo el soporte concedido.

REFERENCIAS

AZAS, R. D. **Evaluación del efecto de los tratamientos pregerminativos en semillas de nogal (*Juglans neotrópica* Diels) en el recinto Pumín provincia de Bolívar.** 2016. 48 págs. (Tesis de grado Ingeniero Agropecuario), Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, Santo Domingo de los Tsáchilas. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/10697>. Acceso el: 23 noviembre 2022.

BAREKE, T. Biology of seed development and germination physiology. **Advances in Plants & Agriculture Research**, v. 8, n. 4, p. 336-346. 2018. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/326913832_Biology_of_seed_development_and_germination_physiology. Acceso el: 12 diciembre 2022

BARRUTIA RODRIGUEZ, R. R.; BARRUTIA BARRETO, I.; MARIN VELASQUEZ, T. D. Germinación de semillas de *Cinchona officinalis* L. en tres tipos de suelos de Cajamarca, Perú. **Revista Cubana Ciencias Forestales**, v. 8, n. 1, p. 75-87, abr. 2020. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-34692020000100075&lng=es&nrm=iso. Acceso el: 22 enero 2022.

ESPITIA, M.; CARDONA, C.; ARAMÉNDIZ, H. Pruebas de germinación de semillas de forestales nativos de Córdoba, Colombia, en laboratorio y casa-malla. **Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient**, v. 19, n. 2, p. 307-315, 2016. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v19n2/v19n2a07.pdf>. Acceso el: 16 noviembre 2021.

FLORES, P.; POGGI, D.; GARCIA, S.; CATRARO, M.; GARIGLIO, N. Ruptura de la dormición y exigencias de luz para la germinación de semillas de *Juglans nigra*. **Ciencias Agrarias**. v. 16, n. 2, p. 33-46, dic. 2017. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/322086032_Ruptura_de_la_dormicion_y_exigencias_de_luz_para_la_germinacion_de_semillas_de_Juglans_nigra. Acceso el: 11 enero 2023.

GÓMEZ, M. L.; TORO, J. L.; PIEDRAHITA, E. **Propagación y conservación de especies arbóreas nativas.** Medellín, Colombia: Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia-CORANTIOQUIA, 2013. Disponible en: <https://repositorio.agrosavia.co/handle/20.500.12324/12678>. Acceso el: 11 enero 2023.

GRIJALVA, J.; CHECA, X.; RAMOS, R.; BARRERA, P.; VERA, R.; SIGCHA, F. **Estado de los recursos genéticos forestales en Ecuador**. Programa Nacional de forestería del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. INIAP, Quito. 2016, 100 págs. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2742>. Acceso el: 11 febrero 2022.

GUAMBO TAPIA, V. S.; VALENZUELA ERAZO, D. A.; SAETEROS HERNÁNDEZ, A. M.; NOBOA SILVA, V. F. Efectos de disoluciones nutritivas de nitrógeno, fósforo y potasio (N-P-K) sobre el crecimiento de plántulas de *Juglans neotropica* Diels. **Ciencia Digital**, v. 4, n. 1, p. 236-252, enero. 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v4i1.1097>. Acceso el: 14 diciembre 2022.

HERNÁNDEZ-LÓPEZ, A.; BELTRÁN-PEÑA, E. G.; AMANCIO, A. E.; NUÑEZ, O.; AVILA-ALEJANDRE, A. X. Preacondicionamiento del agua en la germinación y emergencia de *Capsicum chinense* Jacq. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, v. 9, n. 8, p. 1703-1714. 2018. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i8.1030>. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/10697/T-ESPE-002791.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acceso el: 17 enero 2023.

HURTADO-MANRIQUE, P.; JURADO TEIXEIRA, B.; RAMOS LLICA, E.; CALIXTO COTOS, M. Evaluación de la actividad antioxidante del extracto hidroalcohólico estandarizado de hojas de *Juglans Neotropica* Diels (nogal peruano). **Revista de la Sociedad Química del Perú**, v. 81, n. 3, p. 283-291, julio-septiembre. 2015. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2015000300010&lng=es&tlng=es. Acceso el: 22 noviembre 2022.

LAMICHHANE, S.; THAPA, R.; THAPA, P.; AHAMAD, K. Effect of different pre-sowing treatments on germination of persian walnut (*Juglans Regia* L.) In Rukum (East) District, Nepal. **Tropical Agroecosystem**, v. 2, n. 1, p. 57-61, abril. 2021. Disponible en: <http://doi.org/10.26480/taec.01.2021.57.61>. Acceso el: 19 enero 2023.

MAMANI, G.; CHUQUILLANQUI, H.; CHUMBIAUCA, S. L.; SAHLEY, C. T.; ALONSO, A.; LINARES-PALOMINO, R. Sustrato, humedad, temperatura y germinación de semillas del árbol endémico amenazado *Eriotheca vargasii* (Malvaceae). **Revista de Biología Tropical**, v. 66, n. 3, p. 1162-1170. Julio-Septiembre 2018. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44959350017>. Acceso el: 14 noviembre 2022.

MAZA, D.; ABAD, S.; MALAGÓN, O.; ARMIJOS, C. Productos Forestales No Maderables de la comunidad El Tundo: un remanente boscoso de biodiversidad y conocimiento ancestral del sur del Ecuador. **Bionatura**, v. 6, n. 4, s.p. 2021. DOI. 10.21931/RB/2021.06.04.5. Acceso el: 23 noviembre 2022.

MORALES, M.; ARMENTERAS, D. Estado de conservación de los bosques de niebla de los Andes Colombianos, un análisis multiescalar. **Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural**, v. 17, n. 1, p. 64-72, enero-junio. 2013. <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v17n1/v17n1a06.pdf>. Acceso el: 15 noviembre 2022.

NARVÁEZ, I.; TORRES, L.; GRANADOS, Z.; DELGADO, I. Tratamientos pregerminativos y germinación de semillas de *Vochysia lehmannii* en los llanos orientales de Colombia. **Revista de Investigación Agraria y Ambiental**, v. 13, n. 2, p. 125-136, junio. 2022. Disponible en: <https://doi.org/10.22490/21456453.5433>. Acceso el: 22 octubre 2022.

NEGI, P.; NAUTIYAL, B. P.; THAKUR, N.; NEGI, M.; KUMARI, V. Effect of different pre-sowing treatments from seeds and growing walnut seedlings (*Juglans regia* L.). **Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci**, v. 6, n. 7, p. 3844-3849, julio. 2017. Disponible en: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.607.396>. Acceso el: 18 diciembre 2022.

PALACIOS-OCHOA, C.; ULLAURI, N. Revalorización de métodos ancestrales de tinturado natural en las provincias de Loja y Azuay del sur de Ecuador. **Siembra**, v. 7, n. 1, p. 050-059, marzo, 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.29166/siembra.v7i1.1914>. Acceso el: 18 diciembre 2022.

PAREDES, H. **Plan de Forestación y Reforestación de la Provincia de Imbabura**. Consorcio de Gobiernos Autónomos provinciales del Ecuador (CONGOPE), Ecuador. 2020. 173 p. Disponible en: 2022. Disponible en: <https://www.imbabura.gob.ec/phocadownloadpap/K-Planes-programas/CONGOPE%20PLAN%20FORESTAL.pdf>. Acceso el: 11 diciembre 2022.

PARVIN, P.; KHEZRI, M.; TAVASOLIAN, I.; HOSSEINI, H. R. El efecto del ácido giberélico y la estratificación por enfriamiento en la germinación de semillas de nogal negro oriental (*Juglans nigra* L.). **Revista de frutos secos**, v. 6, n. 1, p. 67-76, marzo. 2015. DOI: 10.22034/jon.2015.515650. Acceso el: 22 diciembre 2022.

POOJA, G. K.; HONNABYRAIAH, M. K. Impact of pre-sowing seed treatments on germination and seedling growth of different fruit crops: A review. **The Pharma Innovation Journal**, v. 11, n. 4, p. 470-478, abril. 2022. Disponible en: <https://www.thepharmajournal.com/archives/2022/vol11issue4/PartG/11-3-413-531.pdf>, Acceso el: 18 enero 2023.

RAMÍREZ-LÓPEZ, J. L.; VALLEJOS-ÁLVAREZ, H. V.; AÑAZCO-ROMERO, M. J. Evaluación de tratamientos pre-germinativos en semillas de *Juglans neotropica* Diels. en el norte del Ecuador. **Bosques Latitud Cero**, v. 13, n. 1, p. 83-93, enero. 2023. Disponible en: <https://doi.org/10.54753/blc.v13i1.1737>. Acceso el: 28 enero 2023.

RAOUFI, A.; VAHDATI, K.; KARIMI, S.; ROOZBAN, M.R. Optimizing seed germination and growth of seedlings in persian walnut. **Journal of Nuts**, v. 11, n. 3, p. 185-193, septiembre. 2020. DOI: 10.22034/JON.2020.1879623.1068. Acceso el: 22 diciembre 2022.

RODRÍGUEZ, J.; AGUILAR, C. Germinación de *Juglans jamaicensis* C. DC. subsp. jamaicensis, en vivero. **Revista Cubana de Ciencias Forestales**, v. 1, n. 1, p. 94-101, junio. 2013. Disponible en: <https://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/41>. Acceso el: 15 noviembre 2022.

TORO VANEGAS, E.; ROLDÁN ROJAS, I. C. Estado del arte, propagación y conservación de *Juglans neotropica* Diels., en zonas andinas. *Madera y bosques*, 24(1), e2411560. Epub 08 de marzo de 2018. Disponible en: <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2411560>. Acceso el: 22 enero 2022.

VALENZUELA, D. A. Efecto de la altura de poda en la producción de brotes o rametos ortotrópicos en condiciones de vivero. **Revista de Investigación Talentos**, v. 7, n. 1, p. 81-89, Enero – Junio 2020. Disponible en: <https://talentos.ueb.edu.ec/index.php/talentos/article/view/168>. Acceso el: 15 diciembre de 2022.

Contribución de los Autores

1 Jorge Luis Cué-García

Ingeniero Agrónomo, Doctor en Ciencias Forestales (PhD.), Docente Titular

<https://orcid.org/0000-0002-4156-1555> • jlcue@utn.edu.ec

Contribución: Conceptualización; Administración de proyecto; Investigación; Metodología; Escritura –borrador original; Escritura – revisión y edición

2 Jorge-Luis Ramírez-López

Ingeniero Forestal, Magíster en Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas, Docente Titular

<https://orcid.org/0000-0002-2029-2560> • jlramirez@utn.edu.ec

Contribución: Conceptualización; Investigación; Análisis estadístico; Escritura – revisión y edición

3 Eduardo Jaime Chagna Ávila

Ingeniero Forestal, Magíster en Seguridad y Prevención de Riesgos del Trabajo, Docente Titular

<https://orcid.org/0000-0003-2527-4334> • ejchagna@utn.edu.ec

Contribución: Conceptualización; Investigación; Escritura – revisión y edición

Cómo citar este artículo

CUÉ, J. L.; RAMÍREZ, J. L.; CHAGNA, E. J. Tratamientos pregerminativos y diferentes sustratos en la germinación de semillas de *Juglans neotropica* Diels, Ecuador. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 34, n. 1, e83757, p. 1-18, 2024. DOI 10.5902/1980509883757. Disponible en: <https://doi.org/10.5902/1980509883757>. Acceso en: día mes abr. año.