

Aceleración de la germinación en las especies *Dalbergia retusa* var. *cuscatlanica* y *Dalbergia calderonii*, aplicando tratamientos de Hormonas de crecimiento, Micorriza y Agua

Germination acceleration In Dalbergia retusa var. *Cuscatlanica* and *Dalbergia Calderonii*, applying growth Hormones, Mycorrhiza and water treatments.

María José Pineda Romero¹, Edmidlia Guzmán²,
Carlos Gerardo Vásquez Gallardo³, Juan Manuel Pérez Gómez⁴

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo determinar el efecto en la germinación de semillas de las especies forestales *D. retusa* var. *cuscatlanica* y *D. Calderonii*, al utilizar tratamientos de hormonas, micorrizas y agua en comparación a una muestra testigo, y comprobar su eficacia para la propagación de las especies en estudio. Las variables evaluadas en el proceso son: tasa de germinación, velocidad de germinación, altura de tallos y longitud de raíz. En el caso de la variable de semillas germinadas se desarrolló una pre-evaluación germinativa, prosiguiendo con las normas de análisis del International Seed Testing Association (ISTA). Los resultados expresados en el capítulo VI indican que no existe diferencia significativa entre los tratamientos y la mayoría de las variables; teniendo un porcentaje de confiabilidad del 95 %, obteniendo en la tasa de germinación (TG) $0.963247038 > 0.05$, en la longitud de raíz $0.457387442 > 0.05$, y altura $0.615186075 > 0.05$, en el caso de la velocidad de germinación tenemos un resultado de $0.01827807 < 0.05$ que expresa que el tratamiento de agua es más efectivo en la aceleración de la germinación en ambas especies, que los demás tratamientos.

Palabras clave:

Dalbergia, tratamientos, hormona, micorriza, germinación, forestal.

Abstract

The present investigation has as purpose determine the effect on seed germination of forest species *D. retusa* var. *cuscatlanica* and *D. calderonii*, by using hormone, mycorrhizal and water treatments compared to a control sample, and verifying their efficacy for the propagation of the species under study. The variables evaluated in the process are: germination rate, germination speed, stem height, and root length. In the case of the germinated seeds variable, a germination pre-evaluation was developed, continuing with the analysis standards of the International Seed Testing Association (ISTA). The results expressed in Chapter VI indicate that there is no significant difference between the treatments and most of the variables; having a 95 % reliability percentage, obtaining in the germination rate (TG) $0.963247038 > 0.05$, in the root length $0.457387442 > 0.05$, and Height $0.615186075 > 0.05$, in the case of the germination speed we have a result of $0.01827807 < 0.05$ in which it expresses that the Water treatment is more effective in accelerating germination in both species than the other treatments.

Keywords:

Dalbergia, treatments, hormone, mycorrhiza, germination, forestry.

¹ Egresado de la carrera de Ingeniería en Agrobiotecnología, Facultad de Agricultura e Investigación Agrícola. Universidad Dr. José Matías Delgado. e-mail: mp9297@gmail.com

² Asesor Técnico, Especialista en Recursos Naturales y Medio Ambiente, y docente de Facultad de Agricultura e Investigación Agrícola. Universidad Dr. José Matías Delgado. e-mail: eguzman@ujmd.edu.sv

³ Asesor Estadístico, Consultor de Investigación de Facultad de Agricultura e Investigación Agrícola ". Universidad Dr. José Matías Delgado. e-mail: cgvasquezg@ujmd.edu.sv

⁴ Asesor de Forma, Facultad de Agricultura e Investigación Agrícola ". Universidad Dr. José Matías Delgado. e-mail: jmperezg@ujmd.edu.sv

1. Introducción

Las especies forestales son un recurso natural con diversidad de usos, que el ser humano ha aprovechado desde siempre. El desarrollo de un mercado forestal no solo produjo una fuente de ingresos y negocios, sino también el desabastecimiento de especies forestales con baja capacidad de restauración, provocando períodos de escases, como sucedió con el género *Dalbergia*, que comprende especies con maderas de alta calidad. La extracción de la madera en El Salvador tuvo un volumen de 67.75 m³ en 2017 y en 2018 de 47.87 m³ debido al aumento en la aplicación de reglamentos para su explotación. En otras regiones esta extracción ha llevado a algunas especies a considerarse vulnerables, amenazadas e inclusive en peligro de extinción. En este documento, se proporciona información de la evaluación de los efectos de tratamientos de Hormonas, Micorrizas y Agua, comparado con un testigo de las especies *D. retusa* y *D. calderonii*, ambas presentes en el territorio salvadoreño, pero con una presencia de especímenes limitada, ya sea por efectos bióticos, plagas, enfermedades o abióticos, climáticos o por prácticas de contrabando existentes.

1.1. Género *Dalbergia* sp

El género *Dalbergia* produce un número de maderas de alto valor decorativo, entre ellas las denominadas “Rosewood” (1 pág. 511). Granadillo, Cocobolo, Funera o Palo de rosa son algunos de los nombres con los que se conoce a la madera y a las especies de *Dalbergia*, un género de plantas perteneciente a la familia de las Leguminosas. Se

conocen cerca de 250 especies, distribuidas en los trópicos de todo el mundo, pero la mayor parte de ellas se concentran en África, Madagascar, Sur de Asia, Centro y Sudamérica. Cerca de 20 especies se comercializan por su fina madera, entre las que destacan el African blackwood (*Dalbergia melanoxylon*), la jacaranda de Brasil (*D. nigra*), el cocobolo (*D. retusa*), el sisu (*D. sissoo*) y el corazón azul (*D. stevensonii*). Muchas de ellas se encuentran en peligro de extinción debido a la sobreexplotación y para algunas otras, hay regulaciones estrictas que buscan limitar su extracción y comercio internacional (2 pág. 6).

Por su excesiva demanda ha llegado a un estado vulnerable según la Lista Roja UICN, por lo que la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres CITES, promueve e incentiva distintos proyectos para un desarrollo forestal adecuado, y sostenible. La CITES presentó en el año 2016 la propuesta de la enmienda de los Apéndices I y II, donde solicitó la introducción del género *Dalbergia* en el apéndice II de la convención, donde se incluiría las distintas especies del género, exceptuando las especies que ya están incluidas en el apéndice I (3).

Los principios fundamentales adoptados por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres en sus apéndices I y II del Artículo II para asignar el género *Dalbergia*, son los siguientes:

Apéndice I: especies en peligro de extinción que son o pueden ser afectadas por el comercio; en el mismo apartado se realiza una excepción para la comercialización, siempre que la actividad esté sujeta a reglamentación

estricta, con el objetivo de no poner en peligro la supervivencia de la especie (4).

- Apéndice II:** a) todas las especies que, si bien en la actualidad no se encuentran necesariamente en peligro de extinción, podrían llegar a esa situación a menos que el comercio en especímenes de dichas especies esté sujeto a una reglamentación estricta.
- b) aquellas otras especies no afectadas por el comercio, que también deberán sujetarse a reglamentación con el fin de permitir un eficaz control del comercio en las especies a que se refiere el subpárrafo a) del presente párrafo (4).

Apéndice III: todas las especies que cualquiera de las Partes manifieste que se hallan sometidas a reglamentación dentro de su jurisdicción con el objeto de prevenir o restringir su explotación y que necesitan la cooperación de otras Partes en el control de su comercio (4).

El 26 de noviembre de 2019 entraron en vigencia los Apéndices I, II y III incorporando al género *Dalbergia* (5), regulando 61 especies del género: 1 especie en el Apéndice I, 55 especies en el Apéndice II y 5 especies en el Apéndice III (3 pág. 12).

1.2. Hormonas Vegetales

En 1935, el descubrimiento del efecto estimulante de las hormonas sobre el enraizamiento de estacas, hizo posible la elaboración de nuevas técnicas de propagación. Se ha encontrado que algunas auxinas, como el ácido indol-butírico (AIB) y el ácido indol acético (AIA), estimulan la producción de raíces. También existen inductores químicos artificiales, elaborados con ácido alfa-nafta-

lenacético (ANA) como ingrediente activo (6).

Desde 1993, el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) ha ejecutado el Proyecto de Semilla Forestal (PROCEFOP), con el objetivo de fortalecer el desarrollo de la silvicultura, utilizando métodos de propagación vegetativa, siendo uno de estos métodos la utilización de sustancias enraizadoras en estacas, para aumentar el porcentaje de enraizamiento, la reducción del tiempo de aparición de raíces y mejorar la calidad radical (7 pág. 15).

1.3. Micorriza

Las micorrizas fueron descubiertas en 1831 por Carlo Vittadini, doctor y micólogo italiano, quien publicó sus observaciones sobre la manera en que diferentes especies de trufas se asociaban con las raíces de algunas especies de encinos (*Quercus sp.*) y otras plantas vasculares (8 pág. 84). Pero el término “Micorriza” fue acuñado por Albert Bernhard Frank, patólogo forestal alemán, en 1877, al estudiar las raíces de algunos árboles forestales. Frank define a las micorrizas en términos funcionales y estructurales, como órganos de absorción dobles que se forman cuando los hongos simbioses viven dentro de los órganos de absorción sanos (raíces, rizomas o talos) de las plantas terrestres, acuáticas o epífitas (9 pág. 4). Esta mutua colaboración de especies les permite aumentar sus recursos y una mayor adaptabilidad ante el clima y patógenos. Al tener en cuenta los beneficios de esta interrelación, es razonable que haya un interés en la utilización de las micorrizas para mejorar y asegurar la calidad y supervivencia de la reproducción de estas especies vegetales.

2. Materiales y Métodos

La investigación tiene apoyo del proyecto “Generación de capacidades y lineamientos técnicos de manejo para la elaborar dictámenes de extracción no perjudicial orientados a las especies de *Dalbergia* en Guatemala, El Salvador y Nicaragua”, promovido por la Unión Europea y CITES. Su finalidad es velar porque el comercio internacional de especímenes de animales y plantas silvestres no se convierta en una amenaza para su supervivencia. El proyecto es ejecutado por La Fundación Naturaleza para la Vida (FNPV).

Este trabajo presenta aportes para el desarrollo del objetivo 3 del proyecto, el cual se refiere a lineamientos técnicos de manejo para sistemas de producción en plantaciones y sistemas agroforestales. La investigación cumple las siguientes fases:

Fases de la investigación

Fase 1. Inducción al proyecto “Generación de capacidades y lineamientos técnicos de manejo para la elaborar dictámenes de extracción no perjudicial orientados a las especies de *Dalbergia* en Guatemala, El Salvador y Nicaragua”.

Fase 2. Investigación bibliográfica de los tratamientos e información botánica de las especies *D. retusa* y *D. calderonii*.

Fase 3 Diseño y montaje de ensayos experimentales.

Fase 4. Observación y toma de datos.

Fase 5: Análisis de datos.

2.1. Métodos de evaluación

Los materiales vegetales estacas y semillas fueron donados por CITES y la Funda-

ción Naturaleza para la Vida (FNPV); las muestras fueron recolectadas de especímenes en Santa Rita Cimarrón, Chalatenango.

Semillas donadas por CITES:

- 300 *calderonii*
- 300 *retusa*
- Total: 600 semillas

Selección y preparación de las semillas

Las semillas se extraen de la vaina, se miden y seleccionan las que tengan las siguientes dimensiones: para *D. retusa* var. *cuacatlantica* 5.7 a 6.8 mm de largo, de 1.8 a 3.35 mm de ancho, y de 0.9 a 1.5 cm de alto. Para *D. calderonii* las medidas serán de 4.65 a 5.6 mm de largo, 1.15 a 1.6 de ancho, y 8.15 a 9,2 mm de alto; se observa que no sean vanas o tengan alguna picadura, daño mecánico u hongo.

Pre-pruebas para la evaluación en semilla de *Dalbergia retusa* y *calderonii*.

Los ensayos de germinación que se efectúan en laboratorio, tienen por finalidad principal estimar el número máximo de semillas que pueden germinar en condiciones óptimas (10). Se utilizaron 4 réplicas con 25 semillas en cada una de las especies, ya que este es el número mínimo permitido por las normas del International Seed Testing Association (ISTA).

Germinación

$$TG(\text{Tasa de germinación}) = \frac{\text{Número de semillas germinadas}}{\text{Número total de semillas ensayadas}} \times 100$$

Para la tasa de germinación se utilizaron las semillas puras; se colocaron en hojas de papel toalla, distribuidas las 25 semillas por replicas; las hojas de papel toalla fueron humedecidas completamente con agua destilada; las semillas se colocaron con un distanciamiento de 2 cm entre ellas y luego fueron recubiertas con plástico adherente de material de polietileno.

Se determinó la velocidad de germinación, que corresponde al día promedio, o sea, al índice de tiempo que tardan en germinar las semillas de la muestra. Un menor tiempo indica que la semilla posee mayor vigor. Para expresar numéricamente la velocidad se utilizó el índice de Kotowsky, que nos indica el coeficiente de velocidad germinativo de la prueba.

$$\text{Días promedio (D)} = \frac{(\sum n_i \times d_i)}{n}$$

$$\text{Índice de kotowsky}(i_k) = \left(\frac{1}{\text{días promedio}} \right) \times 100$$

Se realizó el ensayo con diseño estadístico de bloques, completamente al azar.

Tabla 1: Elementos del diseño estadístico de bloques completamente al azar

Semillas			
Tratamientos: 4	Repeticiones: 3		
Bloques: 2			
1. Hormonas	10 de	30	
2. Micorrizas	10 de	30	
3. Agua	10 de	30	
Testigo/Control	10 de	30	
Total de semillas evaluadas	120 por especie		
Total de semillas requeridas	170 por especie		

2.2. Sustrato

Se preparó una formulación de sustrato de 60 % tierra negra, 30 % materia orgáni-

ca y 10 % de arena, resultando un sustrato mezclado de 10 lb. de peso, al cual se le agregó ½ L de óxido de calcio (CaO) también llamada Cal o Cal viva, y se revolvió hasta hacerla visiblemente homogénea. Se dejó reposando un día antes de la siembra.

2.3. Aplicación de tratamientos

Los tratamientos evaluados fueron agua, micorrizas proporcionadas por el producto BioAmigo, el cual posee hongos micorrizogenos arbusculares (HMA) como *Glomus sp.*, hormonas de extractos de origen vegetal del producto BIOZYME TF, contra un testigo el cual no tuvo ninguna aplicación o tratamiento previo a la siembra.

Para la inoculación de la micorriza en las semillas se agregó 100 g de Bioamigo en 600 ml para 30 semillas durante 30 minutos, se mezcló para homogenizar y se dejó reposar en el precipitado de la mezcla; este procedimiento se realizó para cada especie. En el caso de las hormonas se realizó la mezcla de 100 ml en 1 litro de agua, se mezcló con un agitador y se dejaron reposando las semillas por 30 minutos.

Con el tratamiento del agua, se dejaron reposar 30 semillas de cada especie en agua, durante 24 horas.

Parámetros de medición para hacer ANOVA

- **Germinación.** Se realizó observación visual dos veces diarias, anotando la cantidad de semillas germinadas. Se consideraron germinadas las semillas que emergieron al exterior del sustrato.
- **Velocidad de germinación.** Para medir la velocidad se utilizó el índice de

Kotowsky, considerando los días de germinación y la cantidad observada, comparando los resultados con los de la pre-prueba.

- **Altura de tallo.** Se midieron la altura de las plántulas cada 6 días, empezando

después del periodo de 16 días para germinación.

- **Longitud de raíz.** Se midió con cinta métrica el tamaño de la raíz central de las plántulas, 34 días después de la siembra.

3. Resultados y Discusión

Pre-prueba germinativa

Tabla 2: Resultados de pre-prueba germinativa

Especies	TG	Días promedio	Índice kotowsky
<i>D. retusa</i> var. <i>cuscatlanica</i>	77 %	5.1	19.5
<i>D. calderonii</i>	91 %	3.9	25.9

Los resultados de la pre-prueba indican que la especie *D. calderonii* posee un mayor índice de velocidad germinativa comparado con *D. retusa* var. *cuscatlanica*. Los índices de germinación kotowsky fueron 25.9 y 19.5 respectivamente. También indican que germinan en menor tiempo y mayor número las semillas de *D. calderonii*, con un 91 % alcanzando en la prueba de *D. retusa* var. *cuscatlanica*. la mitad más uno de germinación en 4 días. Tuvo una germinación del 77 % en 9 días alcanzando su promedio en 5 días, Estos datos fueron utilizados para compararlos con los resultados del ensayo en bandejas.

3.1. Germinación

Imagen 1: Semillas germinadas en bandejas de almacigo



Se obtuvo una Tasa de germinación del 56.66 % en la especie *D. retusa* var. *Cuscatlanica*, menor a la de la pre-prueba de germinación, e igualmente de 68.33 % en *D. calderonii*.

Tabla 3: Análisis de varianza de la germinación de ambas especies y tratamientos

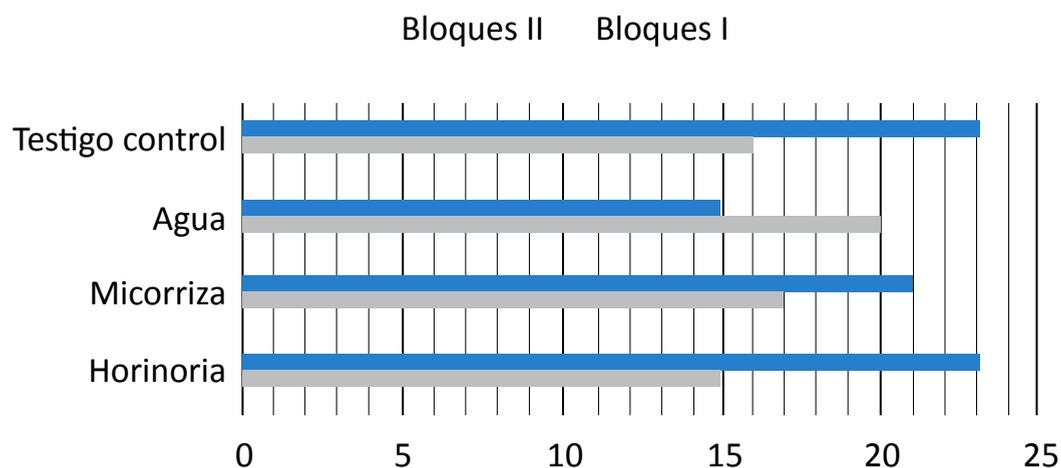
Variaciones	+ de cuadrados	GL	X de los cuadrados	F	P	Valor crítico para F
Tratamientos	4.5	3	1.5	0.085714	0.9632470	9.2766281
Bloques	24.5	1	24.5	1.4	0.3219462	10.127964
Error	52.5	3	17.5			
Total	81.5	7				

GL: Grados de libertad, P: Probabilidad; X: Promedio

Se trabajó con un 95 % de confianza por lo que se usó un nivel de desconfianza del 5 % (0.05). En la Tabla 3, el análisis de varianza muestra el resultado de los tratamientos respecto a la germinación es $0.963247038 > 0.05 <$, determinando que no existe diferencia significativa entre los tratamientos. El resultado entre los bloques es de $0.321946221 > 0.05$ expresa que tampoco existe diferencia significativa.

El Gráfico 1 muestra que el tratamiento con hormona es similar al del Control, siendo los mejores resultados en el Bloque II que representa a la especie *D. calderonii*, seguido de la Micorriza y por último el Agua. El Bloque I, referente a *D. retusa* var. *Cuscatlanica*, muestra que el tratamiento del Agua fue el más efectivo para provocar la germinación, seguido de la Micorriza, después el Control y luego la Hormona.

Gráfica 1: Resultados de germinación por tratamiento entre las especies *D. retusa* var. *cuscatlanica* y *D. calderonii*



3.2. Velocidad de germinación

Tabla 4: Cuadro germinativo de las especies en el ensayo

Especies	TG (%)	TG Pre-prueba	DP	DP Pre-prueba	Índic Kotowky	Índice Kotowky
<i>D. retusa</i> var. <i>cuscatlanica</i>	56.66	77 %	8.3	5.1	12.1	19.5
<i>D. calderonii</i>	68.33	91 %	8.5	3.9	11.8	25.9

TG: Tasa germinación; DP: Días promedio.

La tasa de germinación nos indicó el porcentaje de germinación, y el día promedio el período de tiempo en el que germinaron más del 50 % de las semillas sembradas. La especie *D. retusa* var. *cuscatlanica* presentó como resultado de días promedio 8.3, comparado con 5.1 de la Pre-prueba, entonces necesitó un aumento de 3 días para que hubiera más del 50 % de germinación, por lo

tanto, se ralentizó el proceso de germinación en esta especie. En el caso de *D. calderonii* se aumentaron los días promedios hasta un 4.6 en donde se ve que su velocidad germinativa es afectada drásticamente, como lo indican los resultados del índice de Kotowsky mostrados en la Tabla 4 donde se observa cuál es el coeficiente de velocidad germinativa.

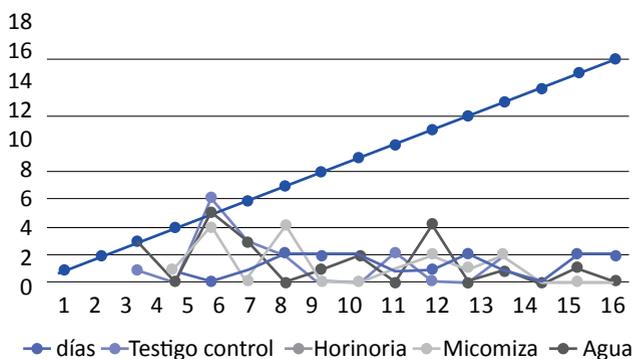
Tabla 5: Análisis de varianza de la velocidad de germinación de ambas especies y tratamientos

Variaciones	+ de cuadrados	GL	X de los cuadrados	F	P	Valor crítico para F
Tratamientos	18.2542711	3	6.08475704	19.304722	0.0182780	9.276628153
Bloques	0.01942314	1	0.0194231	0.0616225	0.81997185	10.12796449
Error	0.9455858	3	0.31519526			
Total	19.2192801	7				

GL: Grados de libertad, P: Probabilidad; X: Promedio

Respecto a la velocidad de germinación, el análisis de varianza muestra el resultado de $0.0182780 < 0.05$, que indica que entre los tratamientos, sí hay una diferencia significativa en el tiempo de germinación, por lo que la H_0 es aceptada.

Gráfica 2: Germinaciones de los tratamientos por día *D. retusa* var. *cuscatlanica*



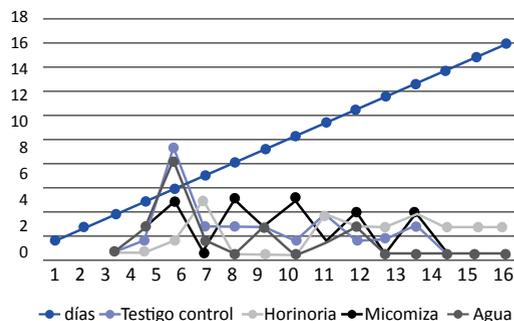
Se observa cómo la tasa de germinación va aumentando o disminuyendo según transcurren los días, y el momento de mayor germinación, Gráfico 2, muestra los puntos altos y bajos de cada uno de los tratamientos respecto a los días. La Tabla 6 muestra los días de mayor germinación según los tratamientos aplicados, indicando que el más efectivo es el tratamiento de Agua con 6.15, lo cual significa que son 6 días para obtener la mayor cantidad de semillas germinadas, seguido del Testigo/Control con 7.565217391, que equivale a 8 días por proximidad, muy similar a la Micorriza con 8.260869, de 8 días y por último las Hormonas de Biozyme TF con 11.1428 días.

Tabla 6: Velocidad de germinación por tratamiento, *D. retusa* var. *Cuscatlanica*

Tratamiento	Días promedio	Índice Kotowsky
Testigo	7.6	13.17
Hormona	10.5	9.55
Micorriza	8.1	12.41
Agua	6.2	16.25

A pesar de que los gráficos demuestran que para ambas especies el día de mayor germinación es el 5, *D. retusa* var. *cuscatlanica* con 15 nuevas plántulas y *D. calderonii* con 20, los días con mayor cantidad de germinaciones sobre el total de semillas germinadas difieren. El efecto de los tratamientos en la especie *D. retusa* var. *cuscatlanica* proporciona unos resultados menores a los del índice de kotowsky en la pre-prueba germinativa, y el coeficiente de velocidad germinativa mayor es el del tratamiento de Agua, con 16.25 con 6 días promedio.

Gráfico 3: Germinaciones de los tratamientos por día, *D. calderonii*



El Gráfico 3 representa la cantidad de germinaciones de cada tratamiento en la especie *D. calderonii*, la cual es levemente mayor a la de *D. retusa* var. *cuscatlanica*; en este caso el tratamiento de Agua vuelve a ser la opción con menor número de días para la mayor cantidad de germinaciones durante los 16 días de observación en que emergieron el total de las plántulas.

Tabla 7: Velocidad de germinación por tratamiento, *D. Calderonii*

Tratamientos	Días promedio	Índice Kotowsky
Testigo	7.6	13.22
Hormona	11.1	8.972
Micorriza	8.3	12.11
Agua	6.5	15.46

La velocidad de germinación en los tratamientos del Bloque II, *D. calderonii*, presenta los siguientes datos en la Tabla 7: el tratamiento con el mejor resultado de días promedio necesarios para tener el mayor porcentaje de semillas germinadas es del tratamiento de Agua con 6.46, con un coeficiente de velocidad de 15.46; aun así, estos resultados son menos favorables que los datos obtenidos en la pre-prueba mencionados en la Tabla 2.

1.1. Altura de tallos

Tabla 8: Análisis de varianza de los promedios de las alturas de ambas especies

Variaciones	+ de cuadrados	GL	X de los cuadrados	F	P	Valor crítico para F
Tratamientos	0.4555965	3	0.15186550	0.6921293	0.6151860	9.2766281
Bloques	7.6721789	1	7.67217895	34.966072	0.0096605	10.127964
Error	0.6582534	3	0.21941780			
Total	8.7860289	7				

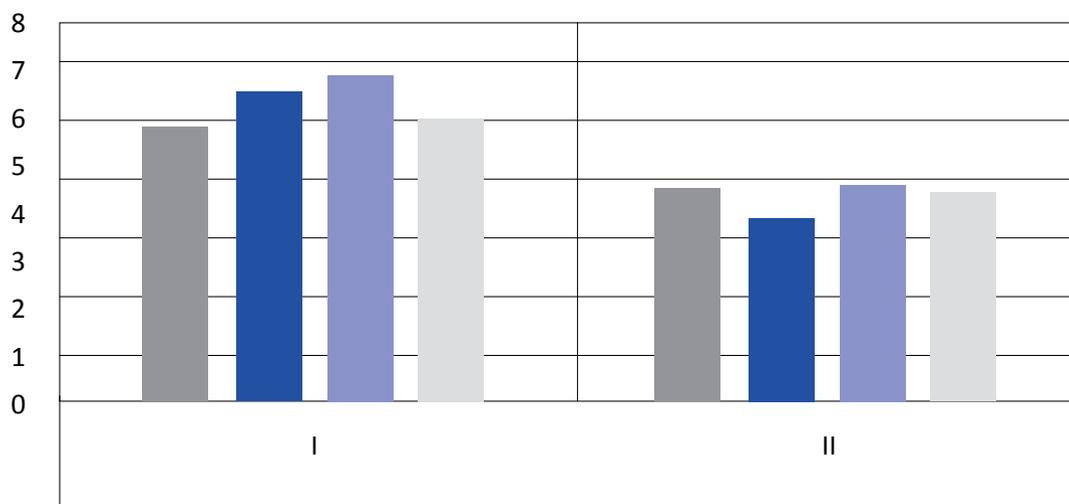
GL: Grados de libertad, P: Probabilidad; X: Promedio

Considerando el porcentaje de 95 % de confianza, podemos determinar que el resultado entre los tratamientos que tiene de probabilidad $0.615186075 > 0.05$, indica que no poseen la diferencia significativa para determinar si alguno de ellos tiene mejores beneficios en el crecimiento del tallo en los primeros 34 días después de la siembra. En cambio, al hacer el análisis de varianza respecto a los Bloques, podemos observar una diferencia significativa de 0.009660527

< 0.05 , lo que puede indicar particularidades de las especies donde una posee un desarrollo del tallo mayor que la otra.

El Gráfico 4 presenta cómo la especie *D. retusa* var. *cuscatlanica* desarrolla su altura con mayor rapidez que *D. calderonii*, con altitudes entre 5 a 7 cm en 34 días, mientras que *D. calderonii* desarrolla alturas entre 3 a 5 cm en el mismo período de 34 días.

Gráfica 4: Resultados de las longitudes promedio, tratamientos por bloque



1.2. Longitud de Raíz

Tabla 9: Resultado del análisis de varianza de los promedios de longitud de raíz de las especies

Variaciones	+ de cuadrados	GL	X de los cuadrados	F	P	Valor crítico para F
Tratamientos	1.7929446	3	0.59764820	1.1435900	0.45738744	9.2766281
Bloques	0.0002470	1	0.0002470	0.000472	0.98401753	10.127964
Error	1.5678211	3	0.52260703			
Total	3.3610128	7				

GL: Grados de libertad, P: Probabilidad; X: Promedio

Con respecto a la evaluación de las raíces, se tomaron datos de su longitud para obtener el análisis de varianza, determinándose que

no hay una diferencia significativa entre los tratamientos con $0.457387442 > 0.05$.

Figura 2: Medición de raíces de diferentes tratamientos.

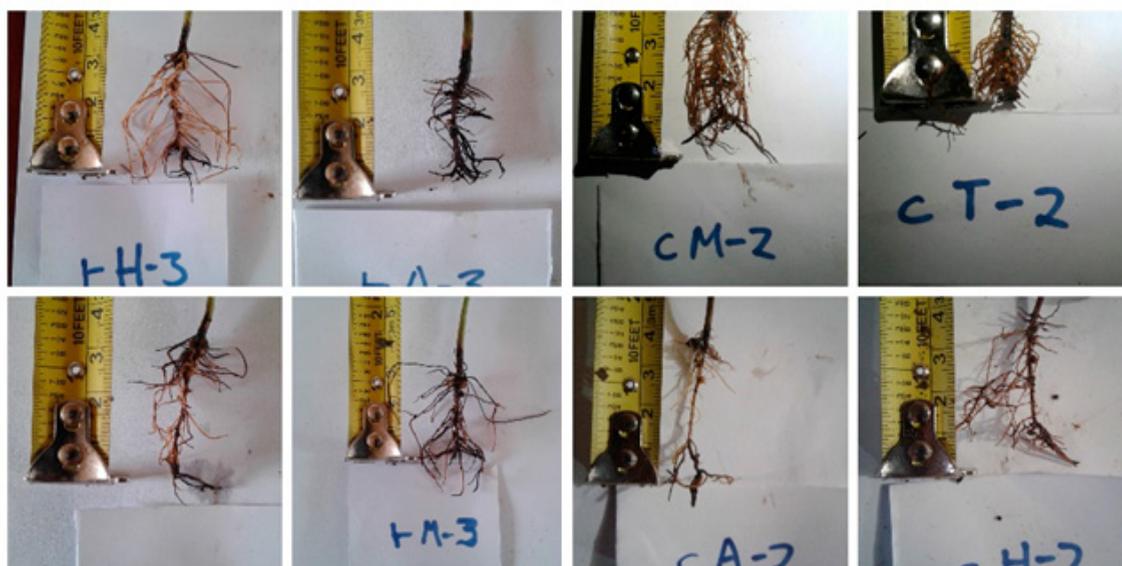


Tabla 10: Cuadro resumen de resultados de las variables

Tratamiento por especie	Tasa germinación	Velocidad de germinación (Días Promedio)	Altura de tallos	Longitud de raíz
rH	50 %	10.5	6.58	2.72
rM	56.60 %	8.1	6.52	3.03
rA	66.66 %	6.2	5.77	2.68
rT	53.30 %	7.6	5.71	4.81
cH	76.66 %	11.1	4.04	2.89
cM	70 %	8.3	4.53	3.42
cA	50 %	6.5	4.34	3.60
cT	76.66 %	7.6	4.56	3.37

Minúsculas = especie; Mayúscula= tratamiento; celda azul= datos con diferencia significativa.

La Tabla 10 presenta los resultados de las evaluaciones de todas las variables estudiadas, donde el tratamiento de Agua fue el único que presentó diferencia significativa en ambas especies, incidiendo en la variable que estudia la velocidad de germinación, con el resultado de uno a dos días de ventaja germinativa, comparada con los demás tratamientos. Con respecto a las demás variables los tratamientos presentan resultados similares, por lo que en relación a la aceleración de germinación, es el más efectivo.

4. Conclusiones

- En la variable Velocidad de germinación, el tratamiento de Agua presentó una diferencia significativa de $0.01827807 < 0.05$ con el mayor porcentaje de germinación en el intervalo de tiempo de 0 a 6.46, equivalente al sexto día en la especie *D. retusa* var. *cuscatlanica*. y en la especie *D. calderonii* un 7.0571-7, seguido del Testigo con 7.56-8 en *D. retusa* var. *cuscatlanica* y 7.3 -7 en *D.*

calderonii. Aun así, presentó una velocidad de germinación menor que en la prue-prueba de germinación, donde los resultados fueron de 5.1 días promedio para *D. retusa* var. *cuscatlanica* y 3.9 días promedio para *D. calderonii*. Esta ventaja pudo deberse a que el tratamiento consistió en sumergir las semillas en agua por 24 horas, lo que promovió la activación del embrión previo a la siembra.

- Las raíces inoculadas con Micorriza y Hormonas, presentan una raíz principal más pequeña que las del Testigo y el tratamiento con Agua, teniendo una longitud promedio de 3.42 y 2.89 cm en *D. retusa* var. *cuscatlanica* respectivamente y 3.02 y 2.72 cm en *D. calderonii*, pero a pesar de ser más pequeñas, producen una mayor cantidad de raíces secundarias, en donde algunas poseen mayor longitud que la raíz principal, en particular las inoculadas con micorrizas, que desarrollan una mayor cantidad de raíces secundarias y más largas, aportándole sostén y un mayor diámetro para facilitar la búsqueda de nutrientes.

- No existe diferencia significativa en las estaturas de las plántulas de parte de los tratamientos, pero sí entre las especies con $0.009660527 < 0.05$, siendo *D. retusa* var. *cuscatlanica* la que tiene una altura promedio mayor de 6.3 cm comparada con *D. calderonii* que tiene 4.34 cm, por lo que se concluye que la especie *D. retusa* var. *cuscatlanica* posee una mayor velocidad de desarrollo del tallo, a los 35 días después de la siembra.
- El índice de germinación no fue afectado por ningún tratamiento en particular ya que la diferencia entre ellos no es significativa, teniendo una probabilidad de $0.963247038 > 0.05$. Tampoco presenta una diferencia significativa entre las especies la cual es $0.321946221 > 0.05$, aunque *D. calderonii* posee una mayor capacidad de germinación, con 82 de 120 de semilla germinadas y 68 de 120 *D. retusa* var. *cuscatlanica*.

Referencias

(1). **Cordero, Jesus y Boshier, David H.** *Arboles de Centroamerica: un manual para extensionistas*. Turrialba : CATIE, 2003. ISBN 0 85074 161 0.

(2). **Cervantes Maldonado, Angelica.** La conservación del granadillo en México: una carrera con-

tra el tiempo, CONABIO. *Biodiversitas*. México. 2016. (128), pp. 6-11, ISSN 1870 - 1760.

(3). **CITES.** CoP17 prop 55. *Examen De Las Propuestas de Enmienda a los Apéndices I y II*. Johannesburgo, Sudafrica. 2016. Número de páginas 51.

(4). **IUCN (International Union for Conservation of Nature).** *CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre)*. Washington, EE.UU. Tratado internacional. 1973. Número de páginas 17.

(5). **CITES.** *Apéndices I, II y III en vigor apartir de 26 de noviembre de 2019*. Ginebra, Suiza. 2019. Número de paginas 80.

(6). **Giraldo C, Luz Adriana, Rios O. y otros.** Efecto de dos enraizadores en tres especies forestales promisorias para la recuperación de suelos. *(RIAA) Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. Colombia. 2009. 0(1), pp. 41-47. ISSN 2145-6453.

(7). **Mesen, Francisco.** *Enraizamineto de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub-irrigacion*. Turrialba. CATIE (Centro Agronómico Tropical de investigación y Enseñanza), 1998. ISBN 9977-57-304-2.

(8). **Andrade Torres, Antonio.** MICORRIZAS: Antigua interacción entre plantas y hongos *Cuercavanna : Academia Mexicana de Ciencias*. 2010. 61(1) pp. 84-90. ISSN 1405-6550.

(9). **Sara Lucía Camargo Ricalde y otros.** Micorrizas: una gran unión debajo del suelo. *Revista Digital Universitaria UNAM*. 2012. 13(7). ISSN1067-6079.

(10). **Willan, R. L.** *Guía para la manipulación de semillas forestales*. FAO (Organizacion de las Naciones Unidas para La Agricultura y La Alimentacion).1991. ISBN 92-5-302291-4.