



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN AGRONOMÍA PARA LA
PRODUCCIÓN SUSTENTABLE**

TESIS

**“Germinación y emergencia de 3 tipos de pesos de semillas del árbol
paloescrito (*Dalbergia paloescrito*) producidos en condiciones de bajas
temperaturas a resiliencia climática”**

Para obtener el título de:

Ingeniero Agrónomo Para La Producción Sustentable

PRESENTA

Olguín Simón Juan Jhovanny

Director de la tesis:

Dr. Sergio Rubén Pérez Ríos

Codirector de Tesis:

Dra. Rodrigo Rodríguez Laguna

Comité tutorial:

Dr. Oscar Arce Cervantes

Dra. Iridiam Hernández Soto

Dra. Ma. Isabel Reyes Santamaría

Tulancingo de Bravo, Hgo, a 25 de noviembre del 2025.



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias Agropecuarias
Institute of Agricultural Sciences

Tulancingo de Bravo, Hidalgo., a 25 de noviembre de 2025

Asunto: Autorización de impresión

Mtra. Ojuky del Rocío Islas Maldonado
Directora de Administración Escolar de la UAEH

Por este conducto y con fundamento en el Título Cuarto, Capítulo I, Artículo 40 del Reglamento de Titulación, le comunico que el jurado que le fue asignado a él pasante de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía para la Producción Sustentable, **Juan Jhovanny Olguin Simón**, quien presenta el trabajo de Tesis denominado **“Germinación y emergencia de 3 tipos de pesos de semillas del árbol paloescrito (*Dalbergia paloescrito*) producidos en condiciones de bajas temperaturas a resiliencia climática”**, que después de revisarlo en reunión de sinodales, ha decidido autorizar la impresión de este, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación, se anotan las firmas de conformidad de los miembros del jurado:

PRESIDENTE Dra. Ma. Isabel Reyes Santamaría

SECRETARIO Dra. Iridiam Hernández Soto

VOCAL 1 Dr. Sergio Rubén Pérez Ríos

VOCAL 2 Dr. Rodrigo Rodríguez Laguna

VOCAL 3 Dr. Oscar Arce Cervantes

Sin otro particular por el momento, me despido de usted.

Atentamente
“Amor, Orden y Progreso”

Dr. Sergio Rubén Pérez Ríos
Coordinador de la Licenciatura en Ingeniería
en Agronomía para la Producción Sustentable



“Amor, Orden y Progreso”



2025



Avenida Universidad #133, Col. San Miguel Huatengo.
C.P. 43775. Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero,
Hidalgo, México.
Teléfono: 7717172000 Ext. 42000
pelaeza@uaeh.edu.mx

uaeh.edu.mx

Agradecimientos

En primer lugar, expreso mi sincero reconocimiento a mi director de tesis el Dr. Sergio Rubén Pérez Ríos, por su guía, paciencia y valiosas observaciones durante cada etapa de este trabajo.

De igual forma reitero mi agradecimiento al codirector de tesis el Dr. Rodrigo Rodríguez Laguna por su participación en el desarrollo de este trabajo.

Agradezco de igual forma al comité tutorial que fue conformado por el Dr. Oscar Arce Cervantes, la Dra. Iridiam Hernández Soto y la Dr. Ma. Isabel Reyes Santamaría, de quienes recibí orientaciones académicas, aportes técnicos y sugerencias que a través de su experiencia fueron de gran ayuda en la elaboración de este trabajo.

Así mismo, extendiendo mi gratitud a mis compañeros y compañeras de universidad y agradezco todo lo vivido durante nuestra formación.

A mis queridos amigos, Ángel Daniel Salinas Ramírez, Sonia Abigail Contreras Téllez, que en un principio fueron desconocidos, con el tiempo llegaron a convertirse en parte de mi familia por su apoyo, colaboración y motivación constante. En especial a mi compañera Noelia Salas Salas de quien recibí ayuda y apoyo.

A todos ellos muchas gracias.

Por último, pero no menos importantes a mis padres, Margarito Olgún López y Marisol Simón Huizache, que de no ser por ellos yo no estaría aquí presentando este trabajo, gracias a sus esfuerzos realizados fue que pudieron hacer realidad mi sueño de estudiar la universidad, estaré por siempre agradecido con ellos.

Finalmente, agradezco al Instituto de Ciencias Agropecuarias que facilitaron los laboratorios y los recursos necesarios para el desarrollo de esta investigación demostrando el compromiso que tienen con su alumnado.

A todos ustedes, muchas gracias.

Contenido

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
2. ANTECEDENTES	3
2.1 Taxonomía de Dalbergia palo-escrito.	3
2.2 Descripción de la especie	3
2.3 Importancia de la especie	3
2.4 Riesgos para la especie.	4
2.5 Conservación de la especie	4
2.6 Distribución mundial	5
3. JUSTIFICACION	5
4. HIPÓTESIS	6
5. OBJETIVOS	6
5.1 Objetivo general	6
5.2 Objetivos específicos	6
6.0 MATERIALES Y METODOS	6
6.1 Prueba de tetrazolio	6
6.1.4 Evaluación de la coloración	9
6.1.5 Programa Imagej	9
6.1.6 Criterios para determinar la viabilidad	10
6.1.7 Criterios para determinar la inviabilidad	10
6.2 Porcentajes de viabilidad	11
6.3 Análisis de los resultados	11
6.4 Calidad de la semilla	19
6.5 Temperatura	19

6.6 Siembra y acomodo de las semillas	20
6.6.1 Proceso de recolección y preparación de las semillas	20
6.6.2 Capacidad y uso de los tubetes	21
6.6.3 Posición de la semilla	21
6.6.4 División de las charolas de germinación	21
6.6.5 Número total de tubetes utilizados	22
7. RESULTADOS	23
7.1 Análisis de Resultados	24
7.2 Implicaciones	25
8. CONCLUSIÓN	25
9. BIBLIOGRAFÍA	26

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. SITIO DE DONDE SE OBTUVO LA SEMILLA.	7
FIGURA 2. CLASIFICACIÓN DE LAS SEMILLAS POR PESO.	8
FIGURA 3. RESGUARDO DE LAS PRUEBAS DE TETRAZOLIO.	8
FIGURA 4. RESULTADO DE LA PRUEBA DE TETRAZOLIO, SEMILLA CON UNA TONALIDAD ROJIZO.	9
FIGURA 5. LA IMAGEN MUESTRA UNA SERIE DE TETRAZOLIO ORGANIZAS EN SEMILLAS VIABLES Y NO VIABLES.	10
FIGURA 6. A) ÁREA DE LA SEMILLA; B) COLORACIÓN DE TEJIDO VIVO; C) PORCENTAJE DE COLORACIÓN. LAS BARRAS REPRESENTAN EL ERROR ESTÁNDAR DE LA MEDIA DE ACUERDO CON LA PRUEBA DE DIFERENCIA MÍNIMA SIGNIFICATIVA DE FISHER ($A = 0,05$); $N = 16$ ERROR ESTÁNDAR.	18
FIGURA 7. SEMILLAS CLASIFICADAS PARA GERMINACIÓN. A) SEMILLA GRANDE. B) SEMILLA MEDIANA. C) SEMILLA CHICA.	20
FIGURA 8. ELABORACIÓN DEL SUSTRATO VIVERO IAPS-ICAP (UAEH). SANTIAGO TULANTEPEC, HGO.	21
FIGURA 9. ARREGLO EXPERIMENTAL DE LAS SEMILLAS EN LAS CHAROLAS FORESTALES. VIVERO IAPS-ICAP (UAEH). SANTIAGO TULANTEPEC, HGO.	22
FIGURA10. SIEMBRA DE TODAS LAS SEMILLAS. VIVERO IAPS-ICAP (UAEH). SANTIAGO TULANTEPEC, HGO.	23

Lista de tablas

TABLA 1: RANGO DE PESO EN GRAMOS (G) DALBERGIA PALO-ESCRITO.-----	7
TABLA 2: ANÁLISIS DE RESULTADOS (RANGO DE PESO CHICO).-----	11
TABLA 3: OBSERVACIONES DE COLORACIÓN (RANGO DE PESO CHICO). -----	12
TABLA 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS (RANGO DE PESO MEDIANO).-----	13
TABLA 5: OBSERVACIONES DE COLORACIÓN (RANGO DE PESO MEDIANO). -----	14
TABLA 6: EVALUACIÓN DE COLORACIÓN (RANGO DE PESO GRANDE). -----	15
TABLA 7: OBSERVACIONES DE COLORACIÓN (RANGO DE PESO GRANDE). -----	16
TABLA 8: RESUMEN DE VIABILIDAD DE LOS 3 RANGOS DE PESO (CHICO, MEDIANO Y GRANDE). -----	17
TABLA 9. MUESTRA LAS TEMPERATURAS PROMEDIO DE TODO EL AÑO EN TULANCINGO HIDALGO. -----	19
TABLA 10: DIVISIÓN DE CHAROLAS PARA LA GERMINACIÓN.-----	22
TABLA 11: CALIDAD Y VIABILIDAD DE LA SEMILLA. -----	23

RESUMEN

El trabajo que se presenta se evaluó la viabilidad germinativa de semillas del árbol *Dalbergia palo-escrito* mismas que en su última etapa fenológica de madurez presentaron la incidencia de baja temperatura en el ciclo agrícola otoño / invierno. Con el objetivo de obtener información sobre si es capaz de tolerar contextos de cambios climáticos con la finalidad de implementar proyectos de producción de plántula sin afectar la calidad de la misma. Así, dar la oportunidad de multiplicar plantas que permitan la restauración de los habitats que han sido degradados y conservar especies que habiten en ellas asegurando así su supervivencia.

La recolección de las semillas del presente estudio proviene de ejemplares del árbol *Dalbergia palo-escrito* mismo que tienen 14 años de madurez y están situados en el vivero agrícola del programa educativo de Ingeniería en Agronomía para la Producción Sustentable del Instituto de Ciencias Agropecuarias (UAEH). Posterior a la recolección, las semillas fueron clasificadas por tamaños en categoría chica, mediana y grande, siendo el criterio agronómico el rango de peso de la semilla.

Para la siembra, las semillas llevaron un protocolo de desinfección con hipoclorito de sodio al 5%, esto para garantizar la eliminación de posibles patógenos y garantizar un desarrollo del embrión, como sustrato se utilizó una mezcla homogénea entre peat moss, perlita y vermiculita. Posterior a ello se usaron tubetes para su germinación previamente desinfectados y fueron distribuidos en repeticiones experimentales.

En el proceso de toda la investigación se fueron registrando las fechas de germinación y emergencia, así como las mediciones de viabilidad que tuvo cada semilla de cada rango, los resultados obtenidos aportan elementos técnicos para optimizar su propagación en lugares con climas de baja temperatura y poder garantizar su desarrollo.

Palabras clave: *Dalbergia palo-escrito*, clasificación de semilla, germinación, emergencia, tetrazolio.

1. INTRODUCCIÓN

Comúnmente conocido como Palo escrito, escrito, tlajuilocuáhuatl (náhuatl), tzipil, tzipilín (huasteco), tlacuilo y tlanchinol. Su morfología incluye un tamaño considerable, alcanzando hasta 35m de altura y un diámetro de hasta 80 cm, corteza externa rugosa de color castaño amarillento, corteza interna de color crema, hojas folioladas, perennifolio con ramillas jóvenes con pelos rojizos o blanquecinos; las de años anteriores grisáceas, ambas caras con escasos pelos cortos, las flores se agrupan en racimos, son blanquecinas y tienen un olor poco agradable. El fruto es oblongo, conteniendo de una a cuatro semillas, viables por hasta cinco años bajo condiciones adecuadas de almacenamiento. Se describe *Dalbergia palo-escrito sp. n.*, es una planta endémica del bosque mesófilo de montaña de la Sierra Madre Oriental del estado de Hidalgo, así como de zonas adyacentes de San Luis Potosí y Querétaro, se distribuye en bosques mesófilo de montaña, bosques de coníferas, bosques tropicales caducifolios y en selvas medianas perennifolias. (Rzedowski & Guridi-Gomez, 1988)

Perteneciente a la familia de las leguminosas (familia Fabaceae), se desarrolla en suelos arcillosos amarillos con fragmentos de piedra de clima cálido a una altitud de 300 a 1,500 msnm. Se ha reportado que las especies del género *Dalbergia* establecen relaciones simbióticas con rizobios para la fijación de nitrógeno, función muy importante en los ecosistemas mejorando la fertilidad de los suelos (Gómez Sánchez, Trujillo Santos, Garía Valencia , & Rodríguez Mesa, 2019)

Además de su importancia ecológica, *Dalbergia palo-escrito* tiene un valor económico significativo la madera se utiliza en diversas aplicaciones, incluyendo la fabricación de muebles y en la industria musical, debido a sus excelentes propiedades acústicas. Sin embargo, la especie enfrenta amenazas por la deforestación y la explotación insostenible, lo que ha llevado a la necesidad de implementar medidas de conservación y manejo sostenible para asegurar su supervivencia en el medio silvestre. Debido a esto ha experimentado una importante reducción poblacional de más del 70% a principios del siglo XXI debido a esta demanda de su madera tanto a nivel local como internacional. La planta está clasificada como 'En peligro' en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN. (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza; González-Espinosa et al., 2011)

2. ANTECEDENTES

2.1 Taxonomía de *Dalbergia palo-escrito*.

Reino: Plantae

División: Tracheophyta

Clase: Equisetopsida.

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Nombre científico: *Dalbergia palo-escrito* sp. n. (Rzedowski & Guridi-Gomez, 1988)

Nombres comunes: Palo escrito, escrito, tlajuilocuáhuatl, (náhuatl), tzipil, tzipílin (huasteco) tlacuilo y Tlanchinol (García Valencia , 2020)

2.2 Descripción de la especie

El Palo escrito es una especie de árbol el cual pertenece a la familia *Fabaceae*, es un árbol que puede alcanzar una altura de hasta 35 m de alto y un diámetro de hasta 80 cm, se puede encontrar principalmente en los estados de Hidalgo, San Luis Potosí y Querétaro, aunque también se ha reportado su presencia en otros estados como los son Oaxaca, Chiapas y tabasco (Rzedowski & Guridi-Gomez, 1988)

El palo escrito al pertenecer a la familia *Fabaceae* que son conocidas por ser fijadoras de nitrógeno, lo cual le permite al palo escrito enriquecer al suelo de forma natural reduciendo la necesidad de usar fertilizantes nitrogenados (Cherlinka, 2024)

2.3 Importancia de la especie

Dalbergia palo-escrito posee una de las maderas más valiosas en México esto derivado a sus características que es resistente, densa y de colores atractivos. La madera de *Dalbergia palo-escrito* es apreciada por su color y veteado, utilizándose en la fabricación de muebles, carpintería general y construcción de casas y botes. (Gómez Sánchez , Trujillo Santos , García Valencia , & Rodriguez Mesa , 2019)

El árbol mantiene interacciones importante en el ecosistema, al ser leguminosas estas fijan nitrógeno en el suelo mediante bacterias asociadas a sus raíces y esto mejora la fertilidad del suelo y ayuda a la restauración de suelos degradados, sus flores y frutos sirven de alimento para:

insectos polinizadores, aves y algunos mamíferos, así mismo la estructura del árbol provee de refugio y sombra para los animales teniendo así un papel importante en la biodiversidad.

2.4 Riesgos para la especie.

Muchas de las especies del este género *Dalbergia*, conocidas como “palo escrito”, son consideradas de alto valor económico por la belleza, durabilidad y excelentes propiedades físicas, mecánicas y acústicas de su madera, estas especies han sido utilizadas de manera tradicional para la construcción de muebles, instrumentos musicales, artesanías y objetos diversos como consecuencia crea una problemática que es la sobreexplotación y tráfico ilegal, las especies de *Dalbergia* en México se distribuyen en ecosistemas altamente amenazados, como los bosques tropicales caducifolios, bosques tropicales subcaducifolios, bosques tropicales perennifolios y los bosques mesófilos de montaña (Duno de Stefano, y otros, 2016).

Por otra parte, las especies vegetales que tienen maderas preciosas, como es el caso de las especies arbóreas de *Dalbergia* son generalmente escasas en sus hábitats y presentan lento crecimiento, por lo que puede considerarse que tienen una vulnerabilidad biológica alta. Aunado a ello, las semillas de algunas de las especies son depredadas por insectos, lo que limita el reclutamiento en las poblaciones (Rubio Tobón, 2025).

2.5 Conservación de la especie

La falta de información sobre su ecología, distribución específica, volúmenes y existencias, unido a la dificultad de diferenciar entre las especies del género por parte del personal de aduanas, hace que su alta demanda y la falta de controles comerciales efectivos hayan acelerado el comercio ilegal. Esta tendencia se ha extendido en los últimos años a América Latina, donde esta madera se ve amenazada por la deforestación, la conversión forestal para el desarrollo agrícola y humano y la tala legal e ilegal para proveer a los mercados nacionales y globales. Para asegurar que la exportación de especímenes de una especie determinada no tendrá repercusiones negativas en la supervivencia de dicha especie en el medio silvestre, es imprescindible la emisión de un Dictamen de Extracción No Perjudicial (NDF) por parte de una autoridad científica como establece el convenio CITES. (Blanco Romero, 2020)

Además, es importante implementar acciones para la preservación de esta especie como son poder implementarlos en potreros ya que pueden funcionar como barreras vivas, brindar

sombra, y por ser fijadoras de nitrógeno beneficiaria al crecimiento de pasto para poder alimentar ganado

2.6 Distribución mundial

Dalbergia palo-escrito tiene una distribución pan tropical en África, Asia, Centroamérica y Sudamérica. Sus hábitats son diversos e incluyen bosques tropicales lluviosos, bosques tropicales estacionalmente secos, bosques subtropicales húmedos y secos, zonas boscosas y pastizales arbolados (Blanco Romero, 2020).

3. JUSTIFICACION

Dalbergia palo-escrito es una especie endémica que juega un papel crucial en los ecosistemas donde se encuentra. Su capacidad para adaptarse a condiciones climáticas cambiantes es vital para la conservación de la biodiversidad local. La investigación sobre la germinación y emergencia de sus semillas puede proporcionar información sobre su resiliencia y su potencial para sobrevivir en un contexto de cambio climático, lo que es esencial para la restauración de hábitats degradados y la conservación de especies en peligro asegurando así la disponibilidad de este recurso a largo plazo.

A pesar de la importancia de *Dalbergia palo-escrito*, existe una falta de información sobre sus características de germinación y las condiciones que favorecen su crecimiento inicial. Este estudio llenará un vacío en la literatura científica, proporcionando datos que pueden ser utilizados por investigadores, ecólogos y conservacionistas para desarrollar estrategias de conservación más efectivas.

La investigación también tiene implicaciones para las comunidades locales que dependen de los recursos forestales. Fomentar la resiliencia de *Dalbergia palo-escrito* puede beneficiar a estas comunidades, proporcionando empleo y recursos sostenibles. Además, la educación sobre la importancia de la conservación de esta especie puede promover prácticas de manejo forestal responsable entre los habitantes locales.

4. HIPÓTESIS

Las semillas de *Dalbergia palo-escrito* presentaran diferencias en su capacidad de germinación y emergencia puestos en condiciones de bajas temperaturas estas dependiendo de su peso.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Evaluar la germinación y emergencia de tres tipos de pesos de semillas de *Dalbergia palo-escrito* bajo condiciones de resiliencia climática, para determinar su potencial de adaptación y supervivencia en un contexto de cambios ambientales.

5.2 Objetivos específicos

- Clasificar la semilla en chica, mediana y grande utilizando el criterio del peso de la misma semilla.
- Determinar la tasa de germinación y el tiempo de emergencia por efecto de las variaciones en el peso de las semillas.

6.0 MATERIALES Y METODOS

6.1 Prueba de tetrazolio

Para conocer la viabilidad de una semilla existe una prueba rápida que se elabora en laboratorio para conocer el estado de la semilla, dicha prueba es conocida como prueba de tetrazolio o ensayo topográfico de tetrazolio, el cual nos permite conocer una estimación rápida de la viabilidad de la semilla.

Esta prueba consiste en hidratar la semilla para generar su actividad fisiológica. La función del tetrazolio permitirá que las células vivas se tiñan de un tono rojizo, lo cual indicará la capacidad potencial de germinación. De manera que, las células muertas no serán teñidas (Semillas, 2018)

Para esta investigación, se recolectaron semillas de árboles progenitores que forman parte de un proyecto de agricultura climáticamente inteligente en un vivero gestionado por el programa educativo "Ingeniería en Agronomía para la Producción Sustentable". Este vivero se encuentra ubicado en el Instituto de Ciencias Agropecuarias en Tulancingo de Bravo, Hidalgo (Figura1).



Figura 1. Sitio de donde se obtuvo la semilla.

6.1.1 Preparación de la muestra

Para esto se dividió la semilla de *Dalbergia palo-escrito* en 3 rangos de peso (Figura 2), a continuación, se muestran los rangos de peso.

Tabla 1: Rango de peso en gramos (g) *Dalbergia palo-escrito*.

Rango de peso en gramos (g) <i>Dalbergia palo-escrito</i> .		
Chica	Mediana	Grande
0.03g – 0.05g	0.07g – 0.09g	0.11g – 0.13g



Figura 2. Clasificación de las semillas por peso.

6.1.2 Preparación de la solución:

Se prepararon una concentración de 1ml disuelto en 1 litro de agua, se aseguró una buena disolución de la sal de Tetrazolio en el agua y se almaceno en un frasco el cual se cubrió con aluminio y se colocó en un lugar fresco y oscuro ya que las sal se descompone rápidamente en contacto con la luz del sol (Figura 3).



Figura 3. Resguardo de las pruebas de tetrazolio.

6.1.3 Pre acondicionamiento de la muestra:

Para la prueba de Tetrazolio la semilla a utilizar se hidrato previamente lenta y uniformemente, esto permite mejorar la penetración de Tetrazolio y lograr una coloración homogénea para facilitar la identificación de tejidos vivos y de los tejidos muertos.

6.1.4 Evaluación de la coloración

Después de la inmersión, se observa el color del embrión y los tejidos. Las semillas que muestran una coloración roja intensa (Figura 4) son consideradas viables, mientras que aquellas que no presentan coloración indican tejido muerto y, por lo tanto, no son viables.



Figura 4. Resultado de la prueba de tetrazolio, semilla con una tonalidad rojizo.

6.1.5 Programa Imagej

Para interpretar los resultados de la prueba de tetrazolio y determinar la viabilidad de cada semilla, se deben considerar los siguientes aspectos:

Área de la semilla: Este valor indica el tamaño total de la semilla analizada. Mientras más alto sea el número, mayor será el tamaño de la semilla.

Coloración de tejido vivo: Este valor representa la intensidad de la coloración roja en los tejidos vivos de la semilla después de la prueba de tetrazolio. Cuanto más alto sea el número, más

intensa será la coloración roja, indicando una mayor actividad respiratoria y, por lo tanto, una mayor viabilidad.

6.1.6 Criterios para determinar la viabilidad

Semillas viables: Presentan una coloración roja brillante y uniforme en todo el embrión, sin áreas descoloridas o dañadas. Los valores de coloración de tejido vivo deben ser altos y cercanos al área total de la semilla.

Semillas inviables: No presentan coloración roja o esta es muy débil y desuniforme. Pueden tener áreas descoloridas o dañadas en el embrión. Los valores de coloración de tejido vivo serán bajos en comparación con el área total de la semilla (Figura 5).



Figura 5. La imagen muestra una serie de tetrazolio organizadas en semillas viables y no viables.

Fuente: Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas.

6.1.7 Criterios para determinar la inviabilidad

Coloración de tejido vivo: Las semillas viables deben mostrar una coloración roja brillante, lo que indica actividad metabólica. Un color verdoso o descolorido sugiere daño y falta de actividad respiratoria, lo que es indicativo de que la semilla no es viable.

Porcentaje de coloración: Para que las semillas sean consideradas inviables, el porcentaje de coloración de tejido vivo debe ser significativamente bajo, generalmente inferior al 50% del área total de la semilla. Esto se traduce en que la mayoría del tejido no está vivo o no está funcionando adecuadamente.

Área de la semilla: Aunque el área de la semilla puede ser normal, la coloración es un factor crítico. Si la semilla tiene un área adecuada, pero presenta una coloración deficiente, esto puede indicar que, a pesar de su tamaño, no es viable.

6.2 Porcentajes de viabilidad

Semilla viable: más del 80% de coloración.

Semilla poco viable: más del 50% y menos del 80% de coloración.

Semilla no viable: menos del 50% de coloración.

6.2.1 Cálculo de porcentajes de coloración

Para determinar la viabilidad, se calculará el porcentaje de coloración de tejido vivo en relación con el área de la semilla. Utilizaremos la fórmula:

$$\text{Porcentaje de coloración} = \left(\frac{\text{Promedio de coloración}}{\text{Promedio del área}} \right) * 100$$

6.3 Análisis de los resultados

A continuación, se presenta un análisis de cada semilla basado en los datos proporcionados.

Se calculará el porcentaje de coloración de tejido vivo en relación con el área de la semilla:

Tabla 2: Análisis de resultados (Rango de peso chico).

Análisis de resultados (Rango de peso chico)				
Semilla	Área de la semilla	Coloración de tejido vivo	% Coloración	Interpretación
1	0485-0494	0421-0484	92.5%	Viable
2	0484-0508	0416-0448	86.8%	Viable
3	0419-0550	0401-0547	97.8%	Viable
4	0446-0568	0112-0138	24.6%	No viable
5	0470-0550	0463-0538	98.2%	Viable
6	0439-0442	0430-0432	97.5%	Viable
7	0443-0456	0104-0125	25.5%	No viable

8	0465-0471	0146-0185	35.3%	No viable
9	0470-0504	0451-0494	97.0%	Viable
10	0463-0521	0456-0488	95.9%	Viable
11	0478-0534	0451-0517	95.6%	Viable
12	0489-0549	0428-0497	89.0%	Viable
13	0449-0529	0433-0511	96.5%	Viable
14	0481-0537	0452-0490	92.5%	Viable
15	0457-0567	0444-0495	91.7%	Viable
16	0491-0584	0486-0535	94.9%	Viable

Los dos números por cada medición representan un rango de valores obtenidos, lo cual es útil para entender la variabilidad en las muestras analizadas. Esto es fundamental en estudios de viabilidad de semillas, ya que permite una evaluación más precisa del estado de las semillas.

Tabla 3: Observaciones de coloración (Rango de peso chico).

Observaciones de coloración (Rango de peso chico)	
Semilla	Observaciones
1	Viable sin defectos, uniforme distribución de coloración, tinción rojo intenso y buena turgencia del tejido
2	Viable defecto severo con daños mecánicos
3	Viable sin defectos, uniforme distribución de coloración, tinción rojo intenso y buena turgencia del tejido
4	Daño por helada (tejido verdoso)
5	Viable sin defectos, uniforme distribución de coloración, tinción rojo intenso y buena turgencia del tejido
6	Viable defectos moderados con daños mecánicos
7	Daño por helada (tejido verdoso)

8	Daño por helada (tejido verdoso)
9	Viable defectos moderados con daño mecánicos
10	Viable sin defectos, uniforme distribución de coloración, tinción rojo intenso y buena turgencia del tejido
11	Viable sin defectos, uniforme distribución de coloración, tinción rojo intenso y buena turgencia del tejido
12	Viable defectos moderados con tinción desigual
13	Viable sin defectos, uniforme distribución de coloración, tinción rojo intenso y buena turgencia del tejido
14	Viable defectos moderados con daño mecánicos
15	Viable sin defectos, uniforme distribución de coloración, tinción rojo intenso y buena turgencia del tejido
16	Viable sin defectos, uniforme distribución de coloración, tinción rojo intenso y buena turgencia del tejido

Tabla 4: Análisis de resultados (Rango de peso mediano).

Análisis de resultados (Rango de peso mediano)				
Semilla	Área de la semilla	Coloración de tejido vivo	% Coloración	Interpretación
1	0498-0507	0470-0477	94.3%	Viable
2	0501-0538	0490-0508	95.9%	Viable
3	0537-0551	0530-0529	97.3%	Viable
4	0499-0514	0481-0518	98.6%	Viable
5	0483-0499	0478-0469	96.4%	Viable
6	0512-0539	0322-0375	66.2%	Poco viable
7	0503-0532	0401-0423	79.2%	Poco viable

8	0516-0528	0493-0519	96.9%	Viable
9	0505-0532	0422-0455	84.5%	Viable
10	0493-0505	0436-0460	89.9%	Viable
11	0498-0510	0456-0467	91.5%	Viable
12	0495-0516	0442-0460	89.2%	Viable
13	0521-0540	0500-0521	96.2%	Viable
14	0487-0506	0465-0492	96.4%	Viable
15	0488-0507	0463-0488	95.6%	Viable
16	0501-0522	0452-0471	90.2%	Viable

Tabla 5: Observaciones de coloración (Rango de peso mediano).

Observaciones de coloración (Rango de peso mediano)	
Semilla	Observaciones
1	Viable sin defectos, uniforme distribución de coloración, tinción rojo intenso y buena turgencia del tejido.
2	Viable sin defectos, uniforme distribución de coloración, tinción rojo intenso y buena turgencia del tejido.
3	Viable sin defectos, uniforme distribución de coloración, tinción rojo y buena turgencia del tejido.
4	Viable sin defectos, uniforme distribución de coloración, tinción rojo intenso y buena turgencia del tejido.
5	Viable sin defectos, uniforme distribución de coloración, tinción rojo intenso y buena turgencia del tejido.
6	Poco viable, poca tinción del tejido (rojo-verdoso).
7	Poco viable, poca tinción del tejido (rojo-verdoso).
8	Viable sin defectos, uniforme distribución de coloración, tinción rojo intenso y buena turgencia del tejido.

9	Viable sin defectos, uniforme distribución de coloración, tinción rojo intenso y buena turgencia del tejido.
10	Viable sin defectos, uniforme distribución de coloración, tinción rojo intenso y buena turgencia del tejido.
11	Viable sin defectos, uniforme distribución de coloración, tinción rojo intenso y buena turgencia del tejido.
12	Viable sin defectos, uniforme distribución de coloración, tinción rojo intenso y buena turgencia del tejido.
13	Viable sin defectos, uniforme distribución de coloración, tinción rojo intenso y buena turgencia del tejido.
14	Viable sin defectos, uniforme distribución de coloración, tinción rojo intenso y buena turgencia del tejido.
15	Viable sin defectos, uniforme distribución de coloración, tinción rojo intenso y buena turgencia del tejido.
16	Viable sin defectos, uniforme distribución de coloración, tinción rojo intenso y buena turgencia del tejido.

Tabla 6: Evaluación de coloración (Rango de peso grande).

Evaluación de coloración (Rango de peso grande)				
No. de semilla	Área de la semilla	Coloración de tejido vivo	Resultados	Observaciones
1	0545-0567	0451-0484	82.5%	Viable
2	0511-0545	0501-0532	97.8%	Viable
3	0566-0581	0552-0567	97.4%	Viable
4	0586-0619	0570-0607	97.7%	Viable
5	0592-0646	0580-0624	97.4%	Viable
6	0589-0648	0575-0630	97.4%	Viable
7	0594-0642	0576-0628	97.4%	Viable

8	0592-0537	0442-0468	80.6%	Viable
9	0643-0670	0623-0642	96.3%	Viable
10	0655-0687	0645-0678	98.6%	Viable
11	0668-0691	0657-0679	98.3%	Viable
12	0637-0670	0609-0622	94.2%	Viable
13	0654-0696	0531-0564	81.1%	Viable
14	0650-0689	0561-0582	85.2%	Viable
15	660-0687	0566-0592	85.9%	Viable
16	0610-0654	0593-0639	97.5%	Viable

Tabla 7: Observaciones de coloración (Rango de peso grande).

Observaciones de coloración (Rango de peso grande)	
Semilla	Observaciones
1	Viable sin defectos, uniforme distribución de coloración, tinción rojo y buena turgencia del tejido
2	Viable sin defectos, uniforme distribución de coloración, tinción rojo y buena turgencia del tejido
3	Viable defectos moderados (daños mecánicos), uniforme distribución de coloración, tinción rojo intenso y buena turgencia del tejido
4	Viable sin defectos, uniforme distribución de coloración, tinción rojo intenso y buena turgencia del tejido
5	Viable sin defectos, uniforme distribución de coloración, tinción rojo intenso y buena turgencia del tejido
6	Viable sin defectos, uniforme distribución de coloración, tinción rojo intenso y buena turgencia del tejido
7	Viable sin defectos, uniforme distribución de coloración, tinción rojo intenso y buena turgencia del tejido

8	Viable defectos moderados (daños mecánicos), des uniforme distribución de coloración, tinción rojo intenso y buena turgencia del tejido
9	Viable sin defectos, uniforme distribución de coloración, tinción rojo y buena turgencia del tejido
10	Viable sin defectos, uniforme distribución de coloración, tinción rojo intenso y buena turgencia del tejido
11	Viable sin defectos, des uniforme distribución de coloración, tinción rojo intenso y buena turgencia del tejido
12	Viable sin defectos, des uniforme distribución de coloración, tinción rojo y buena turgencia del tejido
13	Viable sin defectos, uniforme distribución de coloración, tinción rojo y buena turgencia del tejido
14	Viable sin defectos, uniforme distribución de coloración, tinción rojo y buena turgencia del tejido
15	Viable sin defectos, uniforme distribución de coloración, tinción rojo y buena turgencia del tejido
16	Viable sin defectos, uniforme distribución de coloración, tinción rojo intenso y buena turgencia del tejido

Resumen de la viabilidad

Tabla 8: Resumen de viabilidad de los 3 rangos de peso (chico, mediano y grande).

Resumen de viabilidad de los 3 rangos de peso (chico, mediano y grande)			
	Chica	Mediana	Grande
Semillas viables:	13	14	16
Semilla poco viable	0	2	0
Semillas no viables:	3	0	0

Análisis de los resultados

Los resultados obtenidos a partir de la prueba de tetrazolio indican que, en el rango de peso pequeño, 13 de las 16 semillas analizadas presentan características de viabilidad, mientras que 3 semillas no cumplen con los criterios de viabilidad establecidos. En el rango de peso mediano, 14 de las 16 semillas evaluadas muestran signos de viabilidad, mientras que 2 semillas podrían presentar problemas de viabilidad. Finalmente, en el rango de peso grande, todas las semillas analizadas se clasifican como viables (Figura 6).

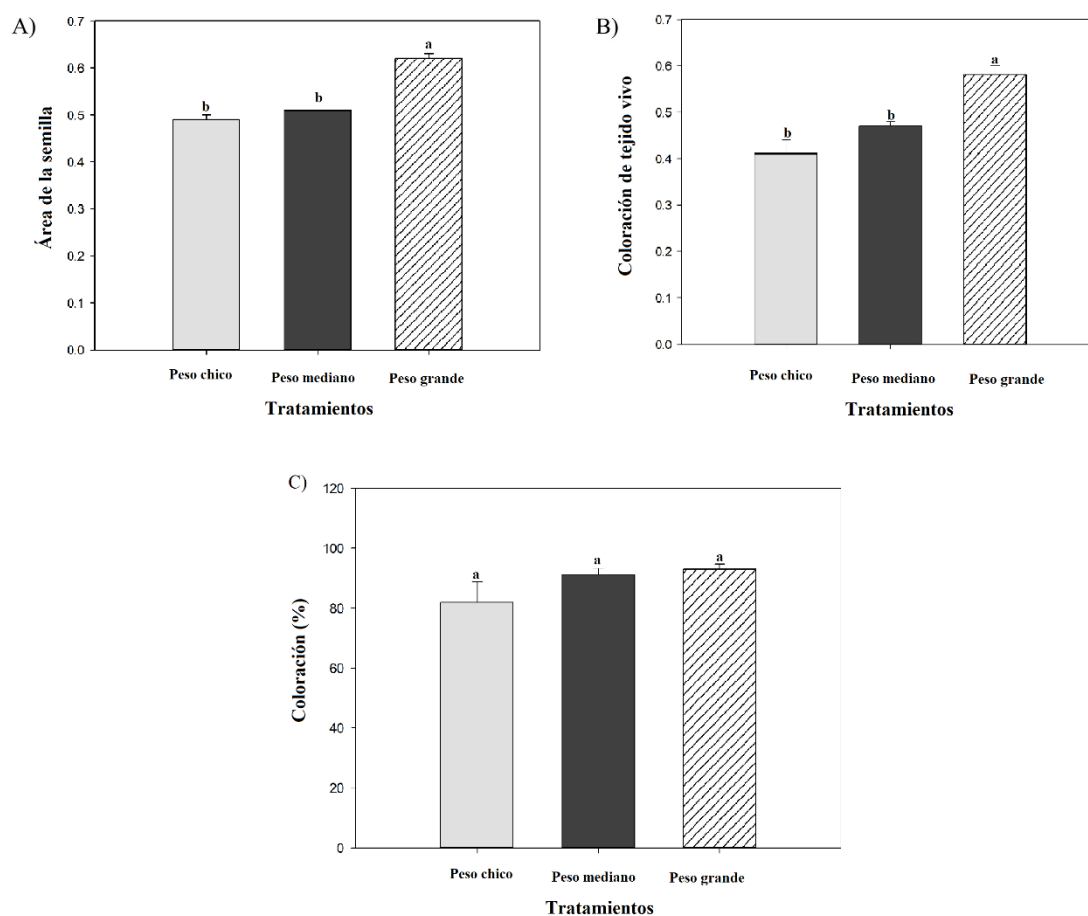


Figura 6. A) Área de la semilla; B) Coloración de tejido vivo; C) Porcentaje de coloración. Las barras representan el error estándar de la media de acuerdo con la prueba de diferencia mínima significativa de Fisher ($\alpha = 0,05$); $n = 16$ error estándar.

6.4 Calidad de la semilla

La calidad de la semilla está intrínsecamente relacionada con la germinación y la emergencia de las plántulas, ya que influye en su capacidad para desarrollarse adecuadamente en condiciones ambientales específicas. Los factores ambientales que afectan la germinación y emergencia de las semillas son diversos y pueden influir significativamente en el éxito del establecimiento de las plántulas. A continuación, se describen algunos de los principales factores identificados:

6.5 Temperatura

La temperatura es uno de los factores más críticos que regulan la germinación. Cada especie tiene un rango óptimo de temperatura para la germinación, que afecta la actividad enzimática y los procesos metabólicos dentro de la semilla. Temperaturas demasiado bajas o altas pueden inhibir la germinación o causar daños a las semillas (Arvensis, 2024).

Temperatura en el Valle de Tulancingo, Hidalgo.

La temporada templada dura 2.3 meses, del 24 de marzo al 2 de junio, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 24 °C. El mes más cálido del año en el Tulancingo es mayo, con una temperatura máxima promedio de 25 °C y mínima de 12 °C. La temporada fresca dura 4.7 meses, del 14 de septiembre al 4 de febrero, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 21 °C. (weatherspark, 2016)

El mes más frío del año en el Tulancingo es enero, con una temperatura mínima promedio de 6 °C y máxima de 20 °C (tabla 9).

Promedio	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sep.	oct.	nov.	dic.
Máxima	20 °C	22 °C	24 °C	25 °C	25 °C	23 °C	22 °C	22 °C	21 °C	21 °C	21 °C	21 °C
Temp.	12 °C	14 °C	15 °C	17 °C	18 °C	17 °C	16 °C	16 °C	16 °C	15 °C	13 °C	13 °C
Mínima	6 °C	7 °C	9 °C	11 °C	12 °C	12 °C	11 °C	11 °C	11 °C	10 °C	8 °C	6 °C

Tabla 9. Muestra las temperaturas promedio de todo el año en Tulancingo Hidalgo.

Fuente: weather spark.

6.6 Siembra y acomodo de las semillas

6.6.1 Proceso de recolección y preparación de las semillas

Las semillas se recolectaron en la estación de invierno del mes de enero y febrero del 2023, posteriormente, en el Laboratorio de Semillas y Germoplasma del Área Académica de Ciencias Agrícolas y Forestales del Instituto de Ciencias Agropecuarias (UAEH) se pesaron las semillas utilizando una Balanzas Analíticas PW ADAM y se clasificaron en semillas chicas, medianas y grandes (Figura 7).

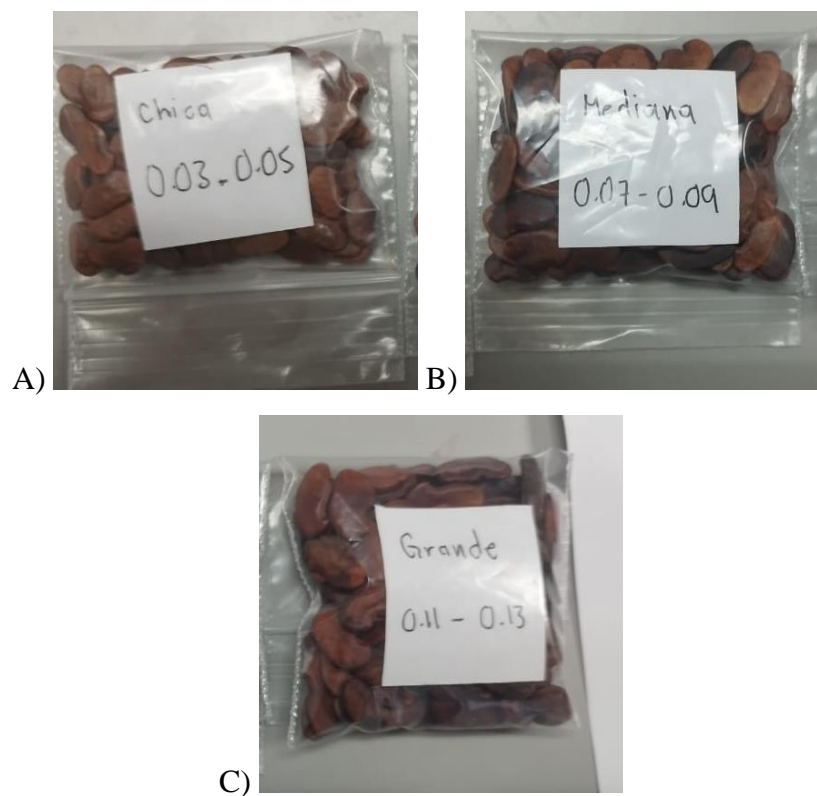


Figura 7. Semillas clasificadas para germinación. A) Semilla grande. B) Semilla mediana. C) Semilla chica.

Posteriormente, se acondicionaron 2 charolas de germinación por cada categoría de tamaño de semilla: chico, mediano y grande. En total se prepararon 6 charolas de germinación

6.6.2 Capacidad y uso de los tubetes

Una vez clasificada la semilla se plantaron en charolas forestales de 49 tubetes con capacidad de 135 ml de volumen y empleando como sustrato una mezcla de turba: perlita: vermiculita a razón de 50:25:25, respectivamente (Figura 8).



Figura 8. Elaboración del sustrato Vivero IAPS-ICAP (UAEH). Santiago Tulantepec, Hgo.

6.6.3 Posición de la semilla

Al momento de colocar la semilla en el tubete, se sembró a 2cm de profundidad de manera vertical.

6.6.4 División de las charolas de germinación

Cada charola se dividió en 2, dando en total 4 repeticiones por cada rango de peso, cada charola tiene capacidad para 49 tubetes, de los 49 solo se hizo uso de 42 dejando 7 tubetes de separación por lo tanto cada repetición posee 21 tubetes.

Cada una de las 6 charolas de germinación se dividió en 2 partes iguales, dando en total 4 repeticiones por cada rango de peso y resultando en un total de 12 repeticiones por los 3 tipos de rango de peso (Figura 9).



Figura 9. Arreglo experimental de las semillas en las charolas forestales. Vivero IAPS-ICAP (UAEH). Santiago Tulantepec, Hgo.

6.6.5 Número total de tubetes utilizados

Cada charola de germinación se dividió en 2 repeticiones de 21 tubetes cada una, por lo tanto, por cada rango de peso se utilizó 42 contenedores para sembrar, resultando en un total de 252 tubetes sembrados de los 3 tipos de rango de peso.

A continuación, se presenta una tabla que simplifica lo explicado para mayor comprensión de la división de charolas de germinación y los tubetes utilizados:

Tabla 10: División de charolas para la germinación.

Rango de peso	Repeticiones	Tubetes por cada repetición	Total de tubetes por cada rango de peso
Chico	4	21	84
Mediano	4	21	84
Grande	4	21	84
Total de repeticiones:	12	Total de tubetes utilizados:	252

Fecha de siembra de los 3 rango de peso (chico, mediano y grande)

Todos los rangos de peso se sembraron el mismo día 06 de junio del año 2023 (Figura 10).



Figura10. Siembra de todas las semillas. Vivero IAPS-ICAP (UAEH). Santiago Tulantepec, Hgo.

7. RESULTADOS

Germinación y emergencia

La germinación abarca todo el proceso desde la activación de la semilla hasta el crecimiento inicial del embrión, mientras que la emergencia es un evento específico que ocurre después de la germinación, marcando la transición de la plántula de un estado subterráneo a uno aéreo.

A continuación, se muestra una tabla que detalla los 3 rangos de peso y las variables que se calcularon para determinar si la semilla es viable o no.

Tabla 11: Calidad y viabilidad de la semilla.

Calidad y viabilidad de la semilla						
Rango de peso	Semillas totales	Semillas logradas	% germinación	% emergencia	Semillas perdidas	% semilla perdida
Chico	84	33	39.3%	39.3%	51	60.7%

Mediano	84	48	57.1%	57.1%	36	42.9%
Grande	84	70	83.3%	83.3%	14	16.6%

En esta tabla se muestra los resultados de la prueba de germinación para evaluar el % de germinación y emergencia de semillas de (palo escrito ssp.) evaluando tres rangos de peso diferentes: chico, mediano y grande, determinando la relación entre el peso de las semillas y su capacidad para germinar, así como el porcentaje de semillas no lograda.

7.1 Análisis de Resultados

Comparación entre los rangos de peso

Peso chico:

Las semillas más ligeras presentaron el menor porcentaje de germinación (39.3%). Esto sugiere que las semillas más pequeñas pueden tener menos reservas nutricionales o ser menos viables en condiciones específicas.

La alta tasa de semillas perdidas (60.7%) indica que muchas no lograron completar el proceso de germinación.

Peso mediano:

Las semillas medianas mostraron un rendimiento intermedio con un 57.1% de germinación. Esto sugiere que las semillas de tamaño mediano tienen una viabilidad mejorada en comparación con las pequeñas.

La tasa de semillas perdidas fue del 42.9%, lo que indica una mejora en la capacidad de germinación en comparación con las semillas pequeñas.

Peso grande:

Las semillas grandes tuvieron el mayor porcentaje de germinación (83.3%), lo que sugiere que este rango de peso tiene mejores reservas nutricionales y condiciones óptimas para el desarrollo.

Solo el 16.6% no logró germinar, lo que es un resultado muy favorable y muestra la alta viabilidad de estas semillas.

7.2 Implicaciones

Los resultados indican una clara tendencia en la relación entre el peso de las semillas y su capacidad para germinar. A medida que aumenta el peso, también lo hace el porcentaje de semillas logradas y disminuye el porcentaje de semillas perdidas:

Viabilidad del tamaño: Las semillas más grandes tienden a ser más viables, posiblemente debido a mayores reservas alimenticias que les permiten enfrentar mejor las condiciones adversas durante la germinación.

8. CONCLUSIÓN

El peso y tamaño en las semillas van relacionados con la cantidad de reservas nutricionales y energéticas que se asignaran para el crecimiento inicial en las plántulas y su desarrollo, una mayor cantidad de reservas almacenadas permite una mayor probabilidad de establecimiento, la variación en el tamaño de las semillas es un área importante porque el tamaño de las semillas puede afectar directamente en los procesos de germinación. (Lopes Souza & Fagundes, 2014)

En resumen, la prueba de germinación mostró que el peso de las semillas influye significativamente en su capacidad para germinar. Las semillas grandes demostraron ser las más efectivas, mientras que las pequeñas tuvieron un rendimiento notablemente inferior, esto debido a sus reservas de energéticas, a mayor tamaño mayor es la cantidad de reserva. En base a los resultados se sugiere que en un escenario donde se desee implementar árboles de *Dalbergia* palo-escrito en zonas con temperaturas bajas sean utilizadas semillas de tamaño grande para garantizar una tasa de germinación alta.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Arvensis. (23 de Diciembre de 2024). *Arvensis*. Obtenido de <https://www.arvensis.com/es/blog-fisiologia-de-la-germinacion-de-semillas/#:~:text=Temperatura:%20Cada%20especie%20vegetal%20tiene%20un%20rango,rango%2C%20la%20germinaci%C3%B3n%20puede%20ralentizarse%20o%20detenerse.>
- Blanco Romero, I. (2020). *El género Dalbergia en México: Evaluación poblacional y estudio de campo en la Región Costa de Oaxaca*.
- Cherlinka, V. (02 de Febrero de 2024). *EOS DATA ANALYTICS*. Obtenido de <https://eos.com/es/blog/fijacion-biologica-de-nitrogeno/>
- Duno de Stefano, R., Ibarra Manríquez, G., Ledis Linares, J., Quintanar Isaías, A., Ramírez Rodríguez, R., & Sotuyo Vásquez, J. S. (2016). *Evaluación del riesgo de extinción de las Dalbergias maderables de México en el marco de la NOM-059-SEMARNAT-2010*. México .
- García Valencia, S. (2020). *Evaluación de la actividad antioxidante y antimicrobiana de extractos de Dalbergia palo-escrito y su efecto sobre la calidad de la canal, la carne y un producto cárnico de conejo*.
- Gómez Sánchez, I., Trujillo Santos, O., García Valencia, A., & Rodríguez Mesa, R. (01 de Febrero de 2019). *Revive MX*. Obtenido de https://revivemx.org/Recursos/Fichas_propagacion/FichaPropagacion_F4_Dalbergia_paloescrito_PaloEscrito.pdf
- Gómez Sánchez, I., Trujillo Santos, O., García Valencia, A., & Rodríguez Mesa, R. (2019). *FICHAS DE PROPAGACIÓN DE ÁRBOLES CLAVE*. México: Red de viveros de biodiversidad.
- Lopes Souza, M., & Fagundes, M. (2014). El tamaño de la semilla como factor clave en la germinación y el desarrollo de las plántulas de *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae). *American Journal of Plant Sciences*.
- Rubio Tobón, C. A. (2025). *Por otra parte, las especies vegetales que tienen maderas preciosas, como es el caso de las especies arbóreas de Dalbergia son generalmente escasas en sus hábitats y presentan lento crecimiento*,. Tulancingo.
- Rzedowski, J., & Guridi-Gomez, L. (01 de Octubre de 1988). *Acta botanica Mexicana*. Obtenido de <https://doi.org/10.21829/abm4.1988.568>
- Semillas, S. N. (30 de Mayo de 2018). *Gobierno de México*. Obtenido de <https://www.gob.mx/snics/articulos/como-saber-que-tan-viable-es-una-semilla?idiom=es#:~:text=La%20prueba%20de%20viabilidad%20consiste,c%C3%A9lulas%20muestras%20no%20ser%C3%A1n%20te%C3%B1idas.>
- weatherspark*. (31 de Diciembre de 2016). Obtenido de <https://es.weatherspark.com/y/145841/Clima-promedio-en-Tulancingo-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o>