



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

“GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE *Dalbergia stevensonii* Standl”

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A:

KATIA ESMERALDA ALATORRE SAAVEDRA

CODIRECTORES

DRA. KARLA MARÍA AGUILAR DORANTES

DRA. CONCEPCIÓN MARTÍNEZ PERALTA

CUERNAVACA, MORELOS

JUNIO, 2021

Agradecimientos

Quiero agradecer a todas las personas que me tendieron su mano en el transcurso de este proyecto:

A la Dra. Karla María Aguilar Dorantes, directora de este proyecto, que depositó su confianza en mí y me dio todo su apoyo, orientación y conocimientos que ayudaron a mi formación académica. Gracias por su tiempo, consejos y cariño.

A la Dra. Concepción Martínez Peralta, co directora de este proyecto, por la confianza puesta en mí y también por el aporte de las semillas en compañía del Consejo Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) a través del proyecto CMP “Diagnostico de poblaciones y aspectos relevantes de la polinización de *Dalbergia granadillo* y *D. stevensonii*” Fase 3: Biología floral y biología reproductiva de *D. granadillo* y *D. stevensonii*”, así como a Felipe Valencia por la ayuda en la recolección de semillas de *D. stevensonii*.

Al Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación (CIByC) y a todo su personal por permitirme llevar a cabo este proyecto en sus instalaciones.

A comité evaluador, M. en C. Gabriel Flores Franco y M. en C. Alejandro Flores Morales, por sus comentarios y aportaciones en cada seminario de investigación para mejorar este proyecto, a la Dra. María Luisa Alquicira Arteaga y el Dr. Juan Carlos Flores Vázquez por su participación para mejorar esta tesis.

A todos mis profesores de la Facultad de Ciencias Biológicas por todos los conocimientos que me brindaron a lo largo de la carrera y que de una u otra forma me ayudaron a descubrir lo que más me gusta de esta bonita ciencia.

Al trío de oro, mis muy queridos amigos Ana y Héctor, por todos los momentos felices que pasamos en este largo camino, en las clases juntos, en trabajos, en las buenas y en las malas, por todas las tardes de pláticas, comida y risas infinitas, por su ayuda en los días que pasábamos en el vivero y sus motivaciones que me ayudaban a ser mejor persona y a afrontar las dificultades de este proyecto y de nuestros desafíos estudiantiles. Gracias infinitas a mi amigo Toro, por todas las veces que me acompañaba al vivero para que no estuviera sola, y me ofrecía su

ayuda, y a Raquelita por todo su apoyo incondicional y ayuda cuando más la necesitaba. Siempre los llevo en mi mente y corazón.

A mi amigo Piña por su ayuda en el vivero y siempre estar presente las veces que lo necesito y compartir todos estos años de amistad.

A todos los amigos que encontré en la facultad, y que ayudaron aún en lo más mínimo para la realización de este proyecto, a todos aquellos con los que compartí alguna clase y que llegamos a compartir buenos momentos, a todos gracias por sus comentarios y buenos deseos que siempre son recíprocos.

A mi familia, pero sobre todo a mi madre, Teresita, por confiar siempre en mis sueños y locuras, por acompañarme siempre.

A mi tía Gely, por enseñarme a trabajar y enseñarme a ser una persona de bien.

Gracias infinitas a todos.

Dedicatoria

A mi madre, Tere, que nunca dudó de mí y nunca me ha dejado sola en todos mis sueños y decisiones, por ser mi gran amiga, aconsejarme y convertirme en una persona de bien, por sentirse orgullosa siempre de nosotros, criarnos y cuidarnos con mucho amor.

A Angélica, mi querida tía que ha sido como una segunda madre para mí, que siempre nos ayudó a atravesar por las adversidades que nos puso la vida y nos apoyó en todo momento.

A mi hermano Jair, que siempre me hace enojar, pero sobre todo me ha enseñado la dicha que es compartir la vida con un hermano mayor.

A Carlos, mi amigo y compañero, por todos los buenos momentos y el cariño que hemos compartido estos años, por apoyarme en todo momento y crecer juntos, gracias por enseñarme a disfrutar la vida y compartir momentos muy felices.

A Guada, un ángel en la tierra que siempre me procuró y me quiso como a una hija. Gracias por llenarme de apapachos, consentirme y ser mi amiga.

Y a Vaneciny, donde quiera que estés siempre te llevo en mi corazón.

Today is the greatest day I've ever know.

ÍNDICE

RESUMEN

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Generalidades de la germinación.....	3
1.2 Factores extrínsecos que controlan la germinación.....	5
1.3 Factores intrínsecos que controlan la germinación.....	6
1.4 Descripción de la especie.....	7
1.5 Importancia económica de la especie.....	10
1.6 Factores de riesgo para la especie.....	10
1.7 Estado de conservación de la especie.....	10
1.8 Distribución de la especie en México.....	11
1.9 Germinación en especies de <i>Dalbergia</i>	12
2. JUSTIFICACIÓN.....	13
3. HIPOTESIS.....	13
4. OBJETIVO GENERAL.....	14
4.1 OBJETIVOS PARTICULARES.....	14
5. MATERIALES Y METODOS.....	14
5.1 Sitio de colecta.....	14
5.2 Colecta y procesamiento de semillas.....	15
5.3 Diseño experimental.....	16
5.3.1 Germinación de las semillas.....	16
5.3.2 Caracterización de las condiciones de germinación.....	18
5.3.3 Análisis estadístico.....	19
6. RESULTADOS	20
7. DISCUSIÓN.....	26
8. CONCLUSIONES.....	30
9. APENDICE I. Desarrollo de semillas de <i>Dalbergia stevensonii</i> ...	33
10. BIBLIOGRAFIA.....	40

RESUMEN

Dalbergia es un género de plantas representado por especies maderables que poseen una madera muy hermosa y duradera, lo que ha provocado que varias especies de este género sean taladas ilegalmente y sobreexplotadas al punto de encontrarse en peligro de extinción.

Dalbergia stevensonii es un ejemplo de esta situación, ya que debido al atractivo color de su madera, es talada y sustraída de su hábitat silvestre. Difícilmente se ha registrado información sobre su reproducción, ciclo de vida e interacciones con su entorno, que ayuden a la conservación y preservación de esta especie.

Por lo anterior, en este estudio se evaluó el porcentaje de germinación de semillas de *D. stevensonii* bajo tres diferentes sustratos (tierra negra, tierra negra + tepezil y tierra negra + tierra banco), y bajo dos condiciones diferentes vivero y traspatio. Además, se evaluó el establecimiento de la plántula de las semillas germinadas.

Encontramos que en el sustrato de tierra negra + tierra banco las semillas germinaron con un 4.2%, de tierra negra con un 1.7% de las semillas incubadas, mientras que el sustrato de tierra negra + tepezil obtuvo un porcentaje de germinación del 1.2%.

El establecimiento de las plántulas en vivero fue nulo, a pesar de que 4 semillas presentaron desarrollo en primordios foliares, y en traspatio solamente se presentó en una plántula pero ninguna de ellas pudo establecerse exitosamente.

1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con The Angiosperm Phylogeny Group (APG IV), *Dalbergia* es un género perteneciente a la familia Fabaceae, está conformada con aproximadamente 250 de especies distribuidas, principalmente en los trópicos, registrándose la mayor diversidad en África, Madagascar, sur de Asia, Centro y Sur de América (Vatanparast *et al.*, 2013).

Este género presenta diferentes formas de vida como: árboles, arbustos y bejucos, que van desde los 5 hasta los 30 metros de altura formando parte del subdosel de los bosques, pero también se pueden encontrar en zonas abiertas. Las flores tienen forma de mariposa (llamada papilionoidea), florecen durante la primavera, a partir del verano se pueden encontrar los frutos inmaduros, y es en invierno o incluso en la primavera siguiente cuando liberan sus semillas de frutos indehiscentes, de forma alada y aplanada que se dispersan con ayuda del viento (Cervantes, 2016).

Algunas especies de este género se utilizan para la fabricación de muebles, instrumentos musicales y adornos, esto gracias a que poseen una madera fina y preciosa con un alto contenido de sustancias químicas como pigmentos y alcaloides que le brindan color, durabilidad y dureza (Cervantes, 2016).

En México se encuentran 20 especies, de las cuales 5 son endémicas: *D. glomerata* Hemsl, *D. modesta* Linares y M. Sousa, *D. palo-escrito* Rzed. Y Guridi-Gómez, *D. rhachiflexa* Linares y M. Sousa y *D. tabascana* Pittier (Cervantes *et al.*, 2019), y estas especies se pueden encontrar en el occidente y centro de México, en el sureste del país y en la península de Yucatán, las especies de este género crecen principalmente en el bosque mesófilo de montaña, bosque tropical caducifolio y subcaducifolio, bosque de pino-encino y bosque tropical perennifolio (Cervantes, 2016). En el Estado de Morelos se encuentran dos especies: *D. congestiflora* Pittier y *D. palo-escrito* Rzed. Y Guridi-Gómez (CONABIO, 2015).

Dalbergia stevensonii Standl es una especie nativa, que se distribuye al sureste de México, que también se encuentra en Guatemala, Belice y Honduras, es un árbol decíduo de 20 a 30 metros de altura, en México se distribuye en el estado de Chiapas donde podemos encontrar otras especies pertenecientes al

género: *D. retusa* Baill, *D. glomerata* Hemsl, *D. melanocardium* Pittier, *D. calderonii* Standl, *D. calycina* Benth y *D. tucurensi* Don. Sm. (Cervantes *et al.*, 2019).

D. stevensonii se distribuye dentro del bosque tropical perennifolio (Herrera *et al.*, 2016), bosques que son constantemente amenazados por los asentamientos humanos irregulares, la deforestación, el cambio de uso de suelo a zonas agrícolas y ganaderas, saqueo de flora y fauna silvestres, tala selectiva de especies maderables preciosas y extracción de no maderables (Mathews, 2006).

La madera de *D. stevensonii* tiene gran valor comercial y económico debido a las cualidades de su madera, por presentar alta dureza y densidad, el color del duramen que va de púrpura parduzco a café claro, su albura es de un color amarillo pálido. Además de poseer propiedades acústicas para la fabricación de instrumentos musicales, principalmente marimbas y xilófonos, guitarras, pianos, violines, clarinetes, flautas y mandolinas, así como también, para la fabricación de artículos decorativos como marcos, muebles y chapas (Cervantes, 2016). Esto ha dado paso a su tala excesiva e ilegal, aunque no se conocen datos exactos en México sobre el impacto de esta actividad a las poblaciones de esta especie en condiciones silvestres, su estado de conservación ha sido clasificado como “en peligro de extinción” de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, y también se encuentra incluida en el Apéndice II de la CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres).

A pesar de sus múltiples usos, en México no existe la propagación de esta especie, la madera se obtiene de pequeñas poblaciones silvestres lo que hace que esta especie sea escasa y repercuta en forma negativa en sus poblaciones.

Además, aún se desconocen los procesos y aspectos básicos de su biología reproductiva (por ejemplo, su polinización) (Cervantes, 2016). Por lo anterior el presente estudio, evaluará el porcentaje de germinación de semillas de *D. stevensonii* bajo diferentes condiciones, y así generar suficiente información que permita diseñar estrategias de conservación de la especie.

1.1 Generalidades de la germinación

La germinación es el conjunto de procesos en donde el embrión, originario de una planta madre, comenzará a crecer dando origen a una nueva planta que pueda vivir por sí misma (De la cuadra, 1998). En las plantas con semilla, el embrión se encuentra en estado de vida latente y cuando se reanuda su crecimiento, se dice que la semilla germina, dando origen a la plántula (Valla, 1979). La germinación se inicia con la absorción de agua y culmina con la emergencia de la radícula a través de la o las cubiertas de la semilla.

El inicio de la germinación depende de la hidratación de la semilla, es necesario que las estructuras que rodean al embrión sean permeables. La toma de agua por la semilla es fundamental para la activación del metabolismo y el crecimiento de células vivas. Por lo que consta de tres fases (Figura 1):

Fase I Imbibición

Se lleva a cabo la entrada de agua a la semilla. Esta va a depender de las relaciones hídricas de la semilla y el suelo, el agua en estado líquido contiene moléculas en constante movimiento, dependiendo de su energía libre.

La variable más empleada para expresar y medir el estado de energía libre del agua es el potencial hídrico, que se representa como la energía potencial que posee una determinada masa de agua y la capacidad de las moléculas para moverse. En la imbibición se lleva a cabo la reparación del material genético, mitocondrias y sistemas de membranas, esto gracias a los elementos preexistentes como el RNA, DNA y mitocondrias y se reinicia la síntesis de proteínas.

Fase II Fase estacionaria

En esta fase el contenido de agua de la semilla va volviéndose constante poco a poco. Se genera un equilibrio entre el potencial hídrico de la semilla y el microambiente.

Los procesos bioquímicos comienzan a generarse con mayor intensidad y se inician nuevos procesos como la renovación del sistema mitocondrial, movilización de sustancias de reserva y la elongación de la radícula.

También se da la síntesis de enzimas hidrolíticas como la alfa-amilasa y ribonucleasa, beta-amilasa que permiten a las reservas almacenadas ser hidrolizadas y degradadas para proveer energía al embrión.

Fase III: Elongación y crecimiento

Se da la emergencia de la radícula a través de la o las cubiertas de la semilla, la germinación se ha completado, y esta fase continúa con el crecimiento de la plántula.

Cabe destacar que, si el potencial hídrico es más bajo del requerido para la emergencia de la radícula, no ocurrirá la germinación.

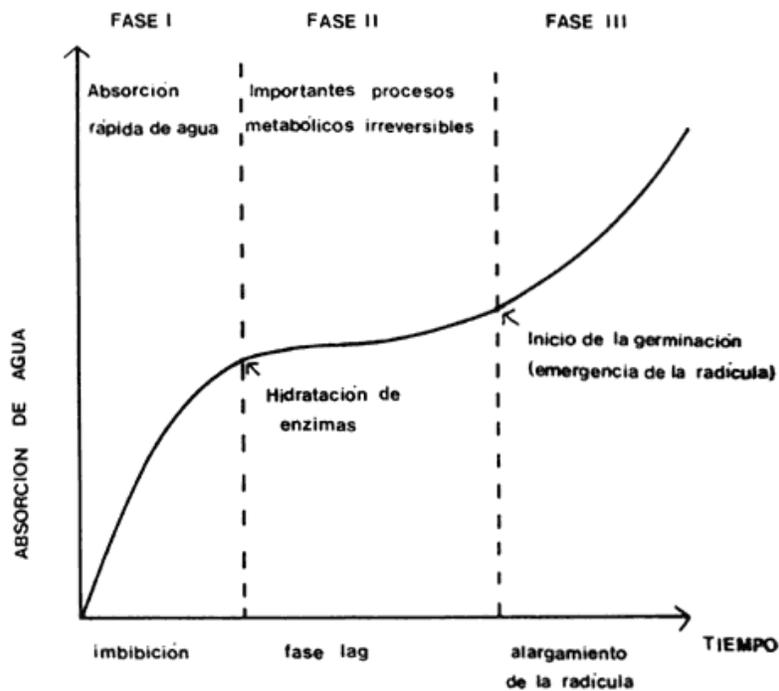


Figura 1. Fases de la germinación (Tomado de Vázquez-Yanes *et al.*, 1997).

La duración de cada fase depende de ciertas propiedades de las semillas. Estas fases también están afectadas por las condiciones del medio, tales como el nivel de humedad, las características y composición del sustrato, la temperatura, entre otros factores (Doria, 2010).

1.2 Factores extrínsecos que controlan la germinación

Para que se produzca la germinación, es indispensable la acción de diversos factores extrínsecos relativos al ambiente, estos pueden variar según el estado de maduración de las semillas, que serán las encargadas de reaccionar a los factores del entorno.

Los factores extrínsecos más importantes que influyen en la germinación son la temperatura, agua, aire, luz y gases (Márquez-Guzmán *et al.*, 2013).

Temperatura. Es una magnitud física que caracteriza la transferencia de energía térmica de un sistema a otro (también se conoce como calor). La temperatura es un factor principal en la germinación de semillas, ya que actúa sobre las enzimas que intervienen en el proceso, afectando tanto la tasa como el porcentaje final de germinación (Faccini y Purelli, 2006).

La temperatura óptima para que el fenómeno se lleve a cabo varía según la especie, existiendo un intervalo óptimo donde las semillas germinan en mayor porcentaje y en mejor tiempo. También existe una temperatura máxima y otra mínima en donde la semilla es expuesta a temperaturas letales que obligan a la germinación a que sea imposible.

Luz. Compuesta por la radiación electromagnética proveniente del sol. La calidad espectral de la luz tiene variaciones a lo largo del día, el año, entre años, el espacio, difiere de un sitio a otro, presenta cambios relacionados con el dosel y su continuidad. La germinación regulada por la luz está controlada por una familia de pigmentos fotosensibles, los fitocromos. Algunas semillas pueden presentar fotoblastismo, si la luz estimula la germinación significa que la semilla tiene

fotoblastismo positivo, pero si la germinación es inhibida en presencia de la luz, se habla de fotoblastismo negativo (Piedrahita, 1997).

Agua. La disponibilidad de agua en cantidad suficiente es un factor muy importante para que se produzca la germinación, ya que deben activarse los sistemas enzimáticos y los orgánulos preexistentes, lo que requiere un estado de hidratación mayor que en el de las semillas secas (Márquez-Guzmán *et al.*, 2013).

Gases. La mayoría de las semillas requieren un medio suficientemente aireado, que permita una adecuada disponibilidad de O₂ y CO₂. De esta forma, el embrión obtiene la energía imprescindible para mantener sus actividades metabólicas. Para que la germinación tenga éxito, el O₂ disuelto en el agua debe poder llegar hasta el embrión (Doria, 2010).

Hormonas. Las hormonas vegetales o fitohormonas son sustancias orgánicas que ejercen efectos reguladores que van desde la estimulación hasta la inhibición de un proceso vegetal. Se encuentran en cantidades bajas y son sintetizadas en cierto lugar de la planta y se traslocan a otro. Existen cinco grupos de fitohormonas las auxinas, giberelinas, citoquininas, ácido abscísico y etileno (Duval, 2006).

1.3 Factores intrínsecos que controlan la germinación

Madurez de la semilla. Se dice que una semilla se encuentra madura cuando esta se desprende de la planta (De la Cuadra, 1998), esto es evidente cuando la semilla ha alcanzado su completo desarrollo morfológico, esto puede influir la cantidad de absorción de agua necesaria para la germinación, y por lo tanto, dar paso a la germinación.

Viabilidad de la semilla. Capacidad de la semilla para llevar a cabo una germinación exitosa y dar paso a una plántula normal, es necesario que el embrión no presente algún daño que dificulte su desarrollo (Suárez *et al.*, 2010).

Latencia. Incapacidad de una semilla de germinar bajo condiciones adecuadas. Existen diferentes rangos de intensidad de latencia y diferentes tipos como latencia por la cubierta de semillas, latencia morfológica, latencia interna, entre otras (Varela y Arana, 2011). En algunas semillas este factor se atribuye a la dureza de la testa, que interfiere con la entrada de agua a la semilla e intercambio gaseoso (Palma *et al.*, 2000).

1.4 Descripción de la especie

Dalbergia stevensonii Standl, de 20 hasta los 30 m. de altura, con un diámetro a la altura del pecho de hasta 80 cm, copa irregular, corteza grisácea, el color del duramen va de púrpura parduzco a café claro con líneas negras o café oscuro correspondientes a los anillos de crecimiento y la albura es blanquecina a un color amarillo pálido cuando es expuesta al ambiente (Figura 2 a, b).

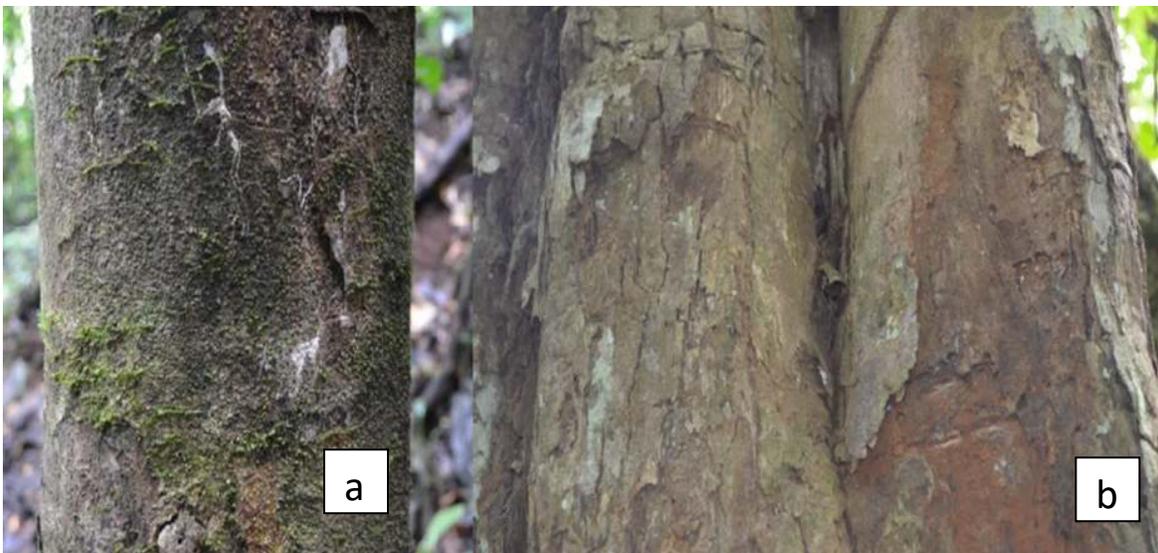


Figura 2. *Dalbergia stevensonii* Standl. a) Corteza juvenil, b) corteza adulta. (Foto: Pablo Ruiz, 2016. Manual para la identificación y descripción botánica y de la

madera de las especies forestales de Guatemala incluidas en el listado II de CITES).

Hojas pinnadas con 5 a 7 foliolos elípticos de 3.5 a 9.5 cm de largo, 2.5 a 4.5 cm de ancho, obtusos o redondeados en el ápice, algunas veces emarginados, verde oscuro en el haz, lustrosos, glabros (Figura 3, a y b).

Inflorescencias en panículas muy ramificadas (Figura 3, c).

Flores sésiles, escasas y muy pequeñas de 4 a 5.5 mm de largo, cáliz casi glabro de 1.5 a 5 mm de largo, 1 a 2 mm de ancho, pétalos blancos, vainas planas, oblongas, pequeñas, aladas de 4 a 4.5 cm de largo y 12 a 14 mm de ancho, redondeadas, o apiculadas en el ápice (Figura 3, d).

Legumbre plana oblonga, más o menos samaroides de 4.7 a 7.1 cm de largo, 1.3 a 1.8 cm de ancho, redondeado o apiculado en el ápice, pardo pálido, indehiscente, glabro, con una semilla de 1.3 cm de largo, 0.61 cm de ancho (Figura 4 y 5).

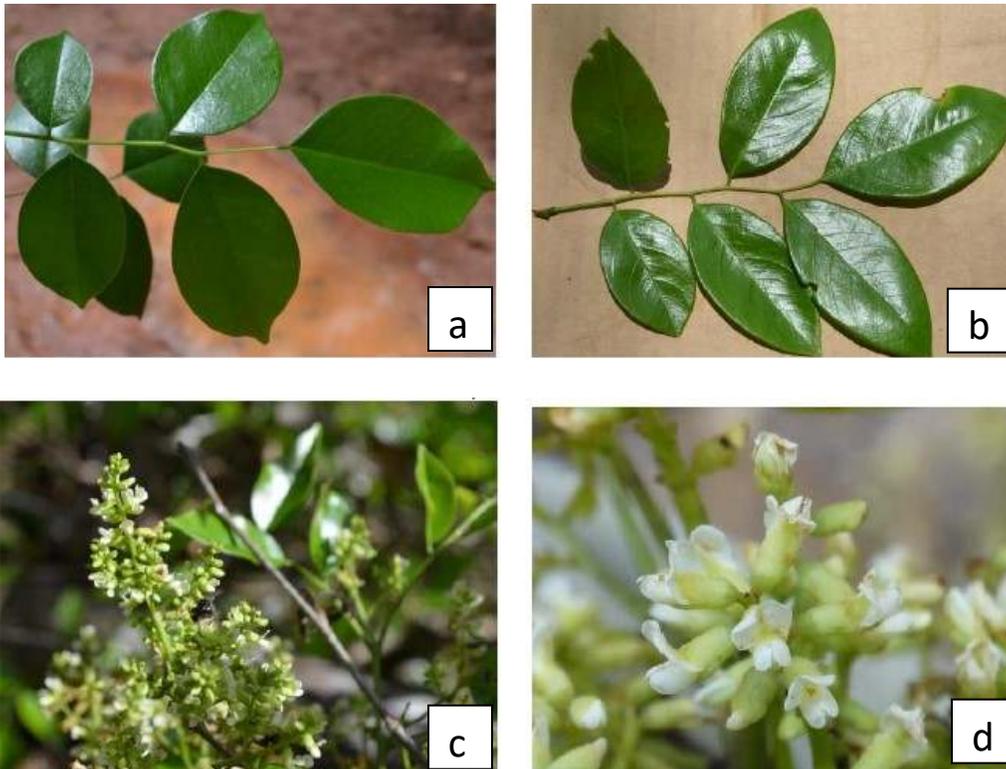


Figura 3. *Dalbergia stevensonii* a) hojas juveniles, b) hojas maduras, c) inflorescencias, d) flores (Foto: Pablo Ruiz 2016. Manual para la identificación y descripción botánica y de la madera de las especies forestales de Guatemala incluidas en el listado II de CITES).



Figura 4. Frutos maduros de *D. stevensonii* (Foto: Katia Alatorre).



Figura 5. Semilla de *D. stevensonii* (Foto: Katia Alatorre).

Nombre común: Palisandro de Honduras (CITES, 2013)

Sinónimos: No se han registrado sinónimos para esta especie, en general las especies del género *Dalbergia* son conocidas como: Granadillo, palo de rosa, y cocobolo (Cervantes, 2016).

1.5 Importancia económica de la especie

La madera de *D. stevensonii* es utilizada para la creación de instrumentos musicales, marcos para cuadros, escultura y muebles decorativos. Se exporta como madera y en troncos, principalmente es importada a Japón, China, Alemania y Polonia.

En 2014, China importó 1.96 millones de metros cúbicos de madera de *Dalbergia*, por un valor de 2 600 millones de dólares (Blanco, 2020)

1.6 Factores de riesgo para la especie

El hábitat donde se distribuye *D. stevensonii* se restringe a los estados de Chiapas y Oaxaca en México, Guatemala y Belice en Centroamérica, se encuentra en el bosque tropical perennifolio, considerado como uno de los ecosistemas más amenazados en México y que atraviesa por una alta deforestación lo que provoca que esté en riesgo de desaparecer. Entre los años de 1978 y 2000 se estimó que la región del sureste de México tenía una tasa de deforestación de 190,000 hectáreas al año lo que corresponde a 4.2 millones de hectáreas en 22 años y Chiapas fue uno de los estados en donde se concentró la mayor conversión forestal a pastizales y zonas agrícolas (Díaz-Gallegos *et al.*, 2010). Es así que tasas altas de deforestación implican que las poblaciones están en declinación y la tala selectiva empeora el problema especialmente para especies con maderas valiosas como *D. stevensonii*.

1.7 Estado de conservación de la especie

D. stevensonii es considerada como una especie escasa y vulnerable, reporta un alto grado de tala ilegal en México, aunque no existe información disponible sobre el impacto de esta actividad en las poblaciones silvestres (Jenkins *et al.*, 2012), debido a lo anterior, la especie ha sido clasificada como “En peligro de extinción” de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

D. stevensonii se encuentra enlistada en el Apéndice II de la CITES (CITES, 2013), que contempla especies que no se encuentran necesariamente en peligro

de extinción, pero cuyo comercio deber controlarse a fin de evitar una utilización incompatible con su supervivencia, sin embargo, esta medida no ha sido suficiente para frenar la explotación de las especies dado que no es posible distinguir la madera en rollo de *Dalbergia* a nivel de especie, por lo que se sigue explotando.

D. stevensonii también se encuentra en la Lista Roja de Árboles de Guatemala (Vivero *et al.*, 2006) donde hay prohibiciones para su exportación desde junio de 2013.

1.8 Distribución de la especie en México

D. stevensonii es una especie nativa de México, se ha reportado únicamente para el estado de Chiapas y Oaxaca (Figura 6), se distribuye dentro del bosque tropical perennifolio, el cual posee suelos ricos en materia orgánica, de clima cálido y subhúmedo, este bosque cubre cerca de 11% de la superficie de México (Rzedowski, 2006). El bosque tropical perennifolio está compuesto de comunidades vegetales densas, con alrededor del 75% de especies perennifolias en donde los árboles del dosel tienen una altura de 20 hasta 45 metros, también podemos encontrar otros estratos arbóreos que van de los 5 a los 20 metros de altura; tienen también una gran abundancia de lianas, epífitas, plantas herbáceas, arbustivas y palmas (Ibarra-Manríquez y Cornejo, 2010). El bosque tropical perennifolio se encuentra en altitudes entre 0 hasta los 1 000 msnm y para algunas zonas de Chiapas asciende hasta los 1 500 msnm. Su temperatura media anual es inferior a los 20°C ((Rzedowski, 2006).

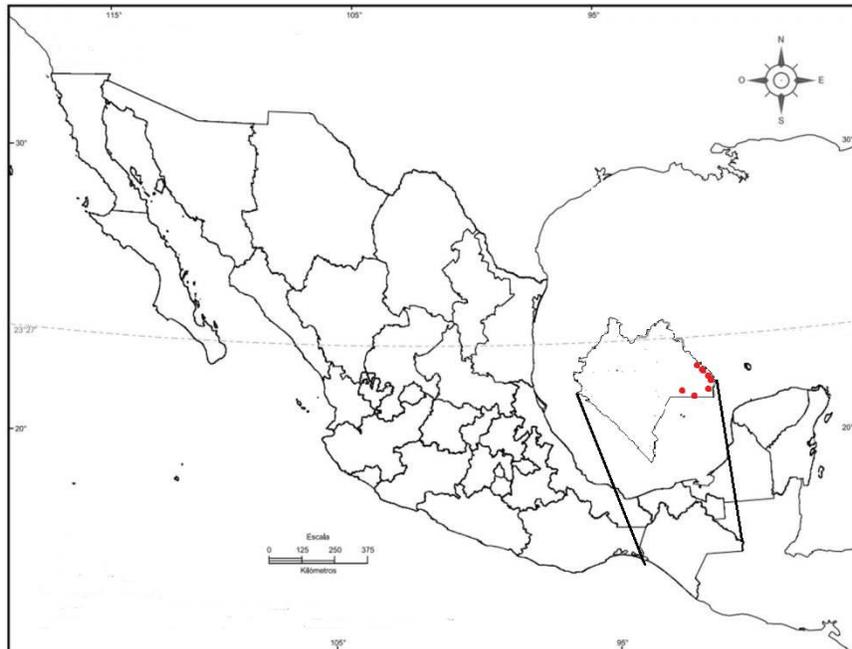


Figura 6. Mapa de distribución de la especie *D. stevensonii* en México, representada en puntos rojos. (Tomado y modificado de Cervantes *et al.*, 2019).

1.8 Germinación en especies de *Dalbergia*

Los datos sobre la germinación para especies del género *Dalbergia* son escasos y pocas investigaciones detallan información, pero se conoce, por ejemplo, para *D. retusa* se ha registrado que las semillas germinan entre los 3 y 5 días de iniciada la imbibición, que es cuando brota la radícula, pero poco se sabe sobre los factores que influyen para su germinación (Molina *et al.*, 1996). Para *D. retusa* la temperatura de 30°C fue la más estimulante, donde hubo un mayor porcentaje de semillas germinadas, a menos de 25°C se retrasa la germinación hasta casi su inhibición total a los 15°C y a temperaturas más altas a 40°C se obtuvieron valores menores al 15% de germinación.

Por otro lado, *D. caerensis* presenta un mayor porcentaje de germinación en temperaturas de 25°C (98%), 30°C (95%) y 35°C (74%) (Barboza Nogueira *et al.*, 2014), y algunas semillas fueron capaces de germinar hasta temperaturas mayores a los 40°C (49%). En contraste, *D. nigra* es muy susceptible a cambios de temperatura y en condiciones extremas del entorno puede llegar a sufrir daños irreparables para la semilla, y es a los 25°C la temperatura ideal para la

germinación de esta especie, donde hasta los 30.59°C hubo un alto porcentaje de germinación (98%), en comparación a los 45°C donde la germinación fue nula (Batista-Matos *et al.*, 2015).

2. JUSTIFICACIÓN

La germinación es un proceso importante para la conservación de especies arbóreas en peligro de extinción, por lo tanto el conocimiento de este proceso es esencial para la conservación de *D. stevensonii*, ya que aún se desconocen varios aspectos básicos sobre su biología, entre ellos el proceso y factores que influyen a una germinación exitosa ya que se cree es una especie de lento crecimiento y con bajo reclutamiento en las poblaciones naturales, por otro lado, las semillas tienen un alto grado de aborción, además de sufrir una gran depredación por parte de insectos, principalmente escarabajos, de forma que la continuidad de la especie depende principalmente de los árboles maduros capaces de producir semillas y de la incorporación de estas como reclutas nuevos a las poblaciones.

A pesar de que esta especie se encuentra incluida en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) para poder regular su comercio internacional, se ha detectado la tala ilegal de árboles maduros en etapa reproductiva que son los responsables de seguir produciendo semillas (Cervantes, 2016).

3. HIPOTESIS

De acuerdo con la distribución y características del hábitat de *D. stevensonii*, se espera obtener un mayor porcentaje de germinación en el sustrato con mayor materia orgánica disponible y en la condición de traspatio.

4. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la germinación de semillas de *D. stevensonii* bajo diferentes tipos de sustratos y temperaturas.

4.1 OBJETIVOS PARTICULARES

- 1) Evaluar el porcentaje de germinación de semillas de *D. stevensonii* en tres diferentes tipos de sustratos (tierra negra, tierra negra + tepezil y tierra negra + tierra banco) y dos condiciones de germinación (vivero y traspatio).
- 2) Evaluar el número de plántulas resultantes.

5. MATERIALES Y METODOS

5.1 Sitio de colecta. Las semillas fueron colectadas en el mes de abril del 2018, en la localidad de Zamora Pico de Oro, municipio Marqués de Comillas, Chiapas, México (Figura 7). Con coordenadas 16° 20' 6" de latitud norte y 90° 45' 51" de longitud oeste, que se encuentra en una altitud de 200 msnm. Con un clima cálido – subhúmedo con abundantes lluvias y temperatura de 24 – 28°C, y un rango de precipitación anual de 1 500 – 3 500 mm (INEGI, 2010).

Posee suelos mayoritariamente de tipo luvisol asociado con litosoles, regosoles, rendzinas y vertisoles (INEGI, 2005). Márques de Comillas cuenta con cuatro diferentes tipos de vegetación que son la selva alta perennifolia, donde predominan árboles de 45 metros de altura y abundan los bejucos, la selva mediana subperennifolia donde encontramos árboles de 15 a 25 metros de altura, la selva baja subperennifolia donde predominan especies menores a los 15 metros de altura y la vegetación hidrófita que está asociada a la afluencia del agua, principalmente a lo largo de ríos o cuerpos de agua (Heredia, 2007).

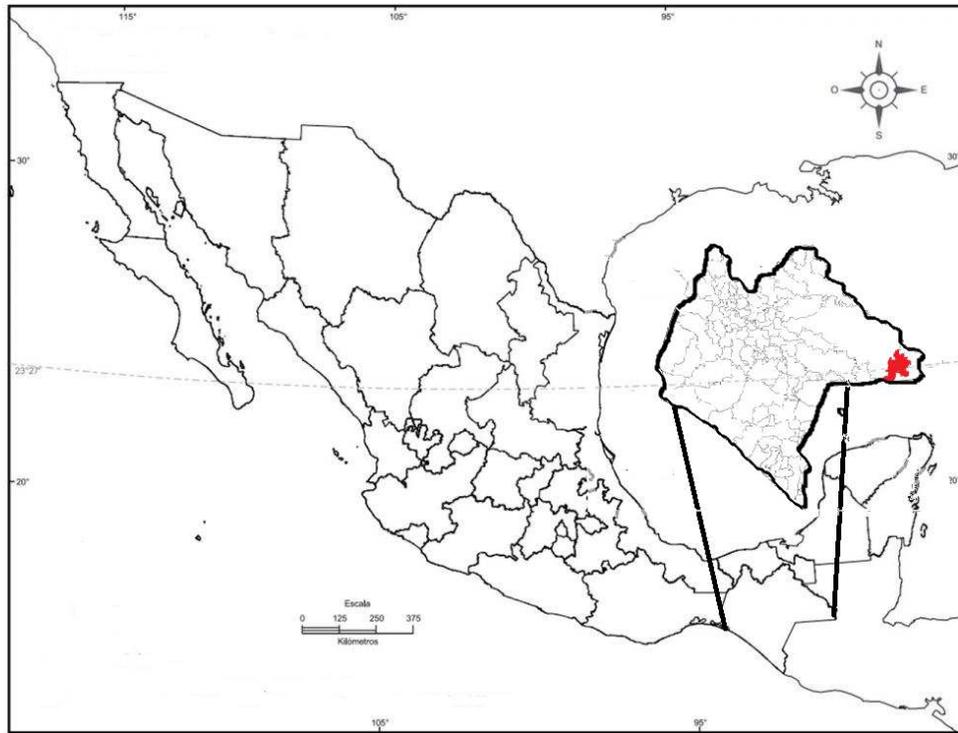


Figura 7. Ubicación geográfica de Zamora Pico de Oro, Marqués de Comillas, Chiapas, México (Tomado y modificado de: ceieg.chiapas.gob.mx).

5.2 Colecta y procesamiento de semillas. Las semillas colectadas provienen de 16 individuos diferentes, fueron tomadas del suelo cuando estas se desprendieron del árbol, en sitios fragmentados a bordo de carreteras y en potreros. Se desconocen datos del diámetro, altura y madurez de los individuos de donde fueron colectadas las semillas en Abril del 2018. Por individuo se colectaron de 82 a 135 semillas, teniendo un total de 1 876, y fueron almacenadas en bolsas pequeñas de papel estraza, hasta su procesamiento en Abril del 2019. Las semillas se extrajeron del fruto, separando las semillas que presentaban algún daño físico y también aquellas semillas que estaban parasitadas, quedando como resultado un total de 1 602 semillas.

Por otra parte se seleccionaron 50 semillas por individuo, a las cuales se midieron del ancho x largo x grosor, con un vernier de la marca Truper, para tener un registro aproximado de las medidas de las semillas.

5.3 Diseño experimental

5.3.1 Germinación de semillas

Las semillas fueron colocadas en tres sustratos diferentes conformados por: tierra negra (materia orgánica), tepezil y tierra banco (Cuadro 1), teniendo como resultado tres tratamientos: tierra negra (materia orgánica), tierra negra + tepezil y tierra negra + tierra banco (Figura 8: a, b, c).

Cuadro 1. Características de los sustratos.

Sustrato	Composición	Textura y color	Porosidad
Tierra negra	Proveniente de la descomposición de desechos orgánicos (hojas secas, restos de comida, desechos orgánicos de animales)	Textura gruesa, color negro oscuro.	Capaz de retener la cantidad de agua necesaria y proporcionar buen drenaje.
Tepezil	Origen mineral inerte natural.	Textura liviana, color rojizo.	Facilita la aireación y capilaridad para evitar la pudrición de raíces. Capacidad de drenaje.
Tierra banco	Materia orgánica, húmina, ácidos húmicos y fúlvicos.	Textura fina y sólida, color café oscuro.	Capacidad de retención de agua y nutrientes.

El diseño de germinación fue factorial, considerando el factor sustrato con tres niveles: tierra negra, tierra negra + tepezil y tierra negra + tierra banco, y el factor sitio con dos niveles: vivero y traspatio; por lo que se tuvieron 6 tratamientos.



Figura 8. a) tierra negra, b) tierra negra + tepezil, composición 1:1, c) tierra negra + tierra banco composición 1:1.

Por cada tratamiento se colocaron 10 réplicas con 25 semillas cada una para la condición de vivero, mientras que para las condiciones de traspatio se colocaron solo 3 réplicas con 25 semillas cada una para cada tratamiento, resultando un total de 975 semillas, todas con riego constante 3 días a la semana. Cabe destacar que las semillas seleccionadas para los diferentes tratamientos fueron las que presentaban mejor aspecto viable (tamaño grande sin daño físico aparente) y no fueron sometidas a ningún tratamiento y/o prueba para comprobar su viabilidad.

5.3.2 Caracterización de las condiciones de germinación

La germinación de semillas se llevó a cabo bajo dos condiciones experimentales de vivero y traspatio (Cuadro 2). Tanto en vivero como en traspatio se registraron los datos ambientales diarios de temperatura (°C), humedad relativa (%) y punto de rocío (%) en intervalos de 10 minutos con un logger (HOBO H-21, USB Micro Station Datalogger por aproximadamente 45 días, tiempo de la duración del experimento (Cuadro 2) que dio inicio en Octubre del 2019.

Cuadro 2. Condiciones de germinación (INEGI, 2010).

Condición de germinación	Localidad	msnm	Clima	T. promedio anual
Vivero	Cuernavaca, Morelos	1 804	Templado subhúmedo con lluvias en verano	21.5°C
Traspatio	Ayala, Morelos	1 298	Cálido subhúmedo con lluvias en verano	26°C

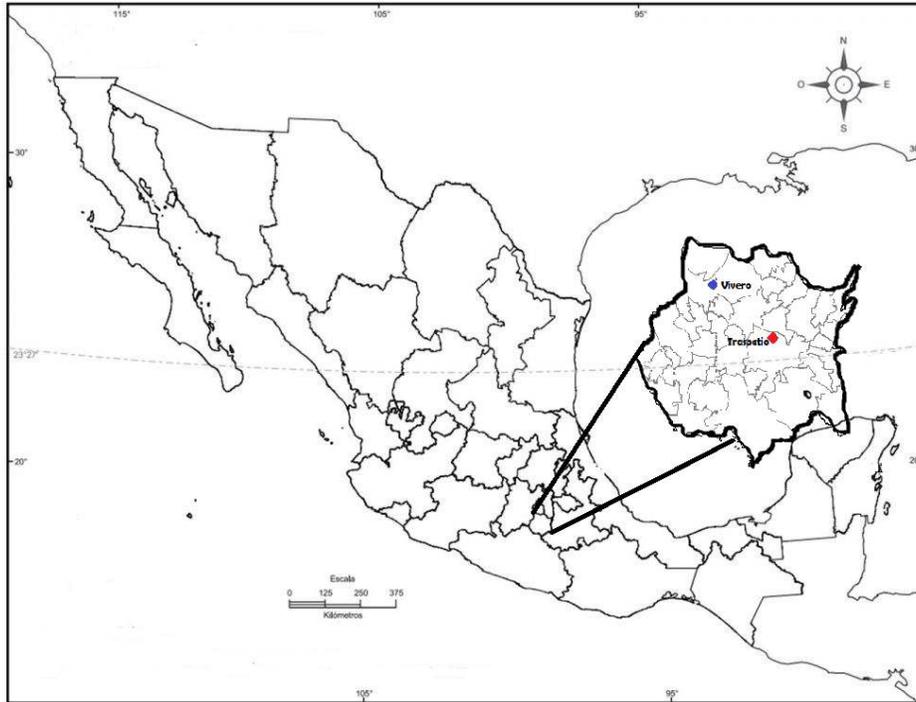


Figura 9. Ubicación geográfica de los sitios de germinación de *D. stevensonii*, donde el punto azul corresponde a las condiciones de vivero, y el punto rojo corresponde a las condiciones de traspatio (Tomado de: cuentame.inegi.org.mx).

5.3.3 Análisis estadístico.

Para la medición del porcentaje de germinación (PG) se utilizó la fórmula:

$$PG = \frac{\# \text{ semillas germinadas}}{\# \text{ semillas incubadas}} \times 100$$

6. RESULTADOS

De las 1 602 semillas viables resultantes de la colecta de frutos, se seleccionaron 50 semillas por individuo a las cuales se les midieron el ancho x largo x diámetro (Cuadro 3).

Cuadro 3. Conteo de frutos y semillas, de 50 frutos por individuo. Frutos maduros totales: 1 876. Semillas totales con aspecto viable (sin ningún daño físico ni parásitos que comprometieran el estado del embrión)

INDI VID UO	Frutos	Semillas Viabiles	% de semillas viables	% de semillas vanas	Promedio de medidas: 50 semillas x individuo		
					Largo	Ancho	Grosor
1	128	108	84.3%	15.7%	8.72	6.09	1.61
2	115	99	86.0%	14.0%	9.61	6.19	1.80
3	85	72	84.7%	15.3%	9.85	5.57	1.57
4	123	102	82.9%	17.1%	8.66	5.99	1.70
5	82	74	90.2%	9.8%	10.22	6.66	1.54
6	126	101	88.0%	12.0%	10.97	6.25	1.72
7	127	110	86.6%	13.4%	9.45	5.98	1.78
8	119	98	82.3%	17.7%	11.10	5.75	1.67
9	127	111	87.4%	12.6%	9.12	5.77	1.71
10	131	109	90.8%	9.2%	8.57	6.13	1.73
11	131	117	89.3%	10.7%	10.27	6.23	1.58
12	104	93	89.4%	10.6%	8.92	6.10	1.79
13	135	120	88.8%	11.2%	9.30	6.88	1.64
14	94	85	90.4%	9.6%	9.33	6.57	1.62
15	121	102	84.2%	15.8%	8.89	5.99	1.76
16	128	101	78.9%	21.1%	8.45	5.92	1.73

Los datos ambientales obtenidos en el periodo del experimento (Cuadro 4) de la condición de vivero fueron los siguientes, la temperatura promedio fue de 18°C, la humedad relativa fue de 52% y el punto de rocío 6%. En el caso de traspatio la

temperatura promedio fue de 24°C, humedad relativa 46% y el punto de rocío 10% (Figura 10 a, b y c).

Cuadro 4. Datos ambientales de los sitios de germinación

	Vivero	Traspatio
Temperatura	18.09°C	23.67°C
Humedad relativa	52.16%	45.95%
Punto de rocío	6.2%	10.11%

De 750 semillas que fueron puestas a germinar bajo la condición de vivero, sólo germinaron 2 semillas (0.8%) para el sustrato de tierra negra + tepezil y 4 semillas (1.6%) para el sustrato de tierra negra + tierra banco, en cambio el sustrato de tierra negra no presentó ninguna semilla germinada. Para la condición de traspatio se depositó un total 225 semillas de las cuales germinaron: 4 semillas (5.3%) para el sustrato de tierra negra, 1 semilla (1.3%) para el sustrato de tierra negra + tepezil y 6 semillas (8%) para el sustrato de tierra negra + tierra banco (Cuadro 5, Figura 11).

De acuerdo con los datos ambientales obtenidos de ambas condiciones de germinación, para la condición de vivero germinaron 6 semillas con una temperatura promedio de 18°C, humedad relativa de 52.16% y punto de rocío de 62% (Figura 10 a, b y c). Para la condición de traspatio germinaron un total de 11 semillas con una temperatura promedio de 23.63°C, humedad relativa de 45.95% y punto de rocío de 10.11% (Figura 10 a, b y c).

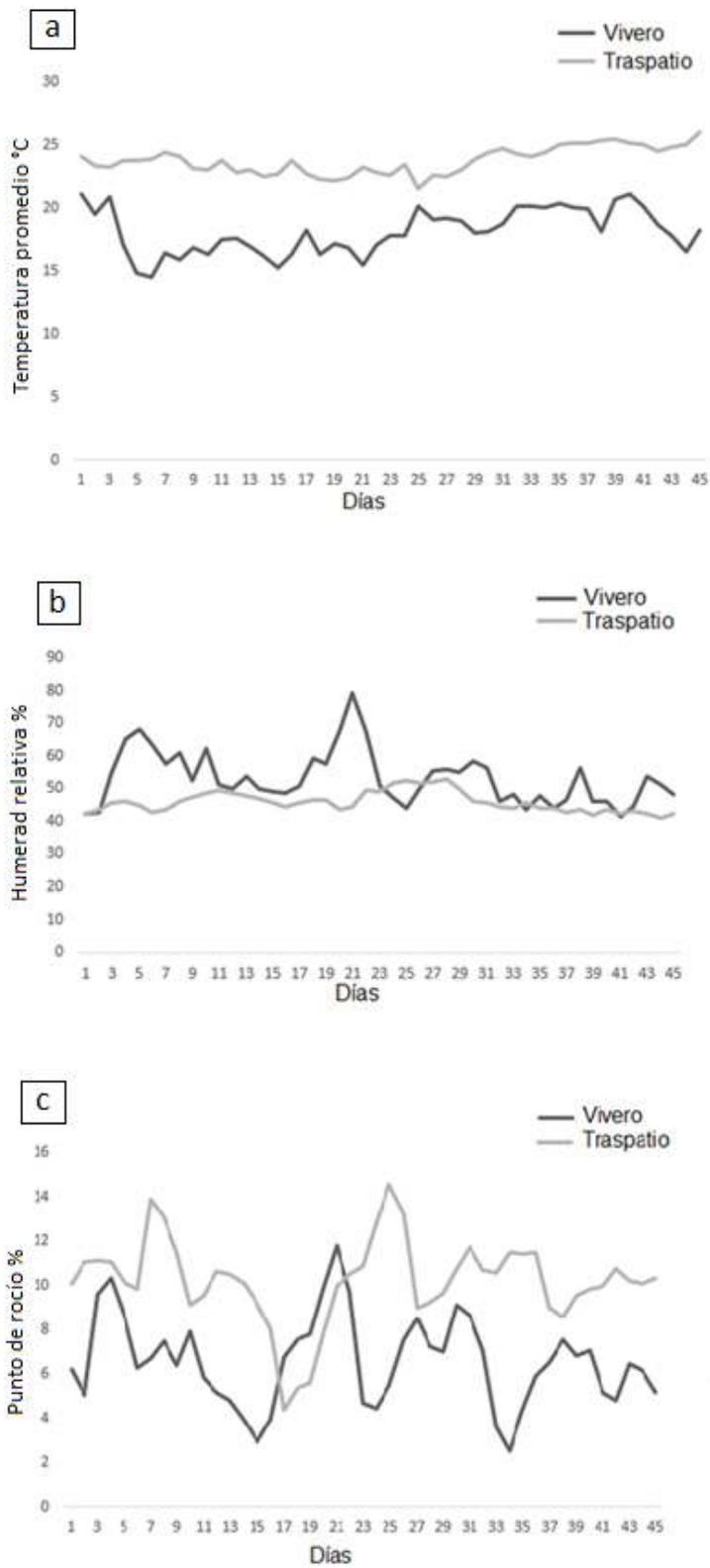


Figura 10. Datos ambientales de las condiciones de germinación de vivero y traspatio, a) temperatura promedio (°C), b) humedad relativa (%), c) punto de rocío (%).

Cuadro 5. Germinación de 975 semillas de *D. stevensonii* bajo tres tipos de sustratos y dos sitios de germinación.

TRATAMIENTO	SEMILLAS GERMINADAS				Total
	Número		Porcentaje		
	Vivero	Traspatio	Vivero	Traspatio	
Tierra negra	0	4	0%	1.7%	4
Tierra negra + tepezil	2	1	0.8%	0.4%	3
Tierra negra + tierra banco	4	6	1.6%	2.6%	10

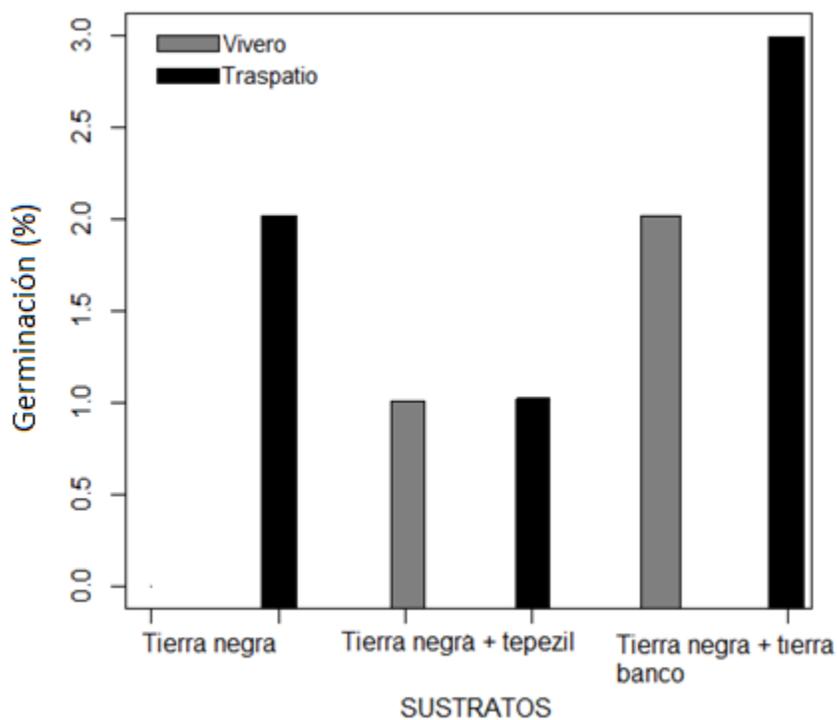


Figura 11. Porcentaje de germinación de 975 de *D. stevensonii*, bajo tres tipos de sustratos y dos condiciones de germinación.

En la condición de traspatio la primera emergencia de radícula se dio en el día 9, donde posteriormente en el día 18 emergieron los primeros cotiledones. Para la condición de vivero la primera radícula emergió en el día 25, para el día 30 surgieron los primeros cotiledones y hasta el día 42 surgieron los primeros cotiledones. La última emergencia de radícula se registró el día 32 en la condición de vivero (Cuadro 6).

Cuadro 6. Resumen del desarrollo de 975 semillas incubadas de *Dalbergia stevensonii* bajo tres tipos de sustratos y dos condiciones de germinación.

Semillas germinadas						
Tratamiento	Emergencia de la radícula		Primeros cotiledones		Primordios foliares	
	Vivero	Traspatio	Vivero	Traspatio	Vivero	Traspatio
Tierra negra	-	Día 9	-	Día 18	-	-
Tierra negra + tepezil	Día 32	Día 23	Día 35	-	-	-
Tierra negra + tierra banco	Día 25	Día 12	Día 30	-	Día 42	-

El establecimiento de la plántula en los primeros 70 días iniciada la germinación fue de 2 semillas para el sustrato de tierra negra + tepezil y 2 semillas para el sustrato de tierra negra + tierra banco ambos sustratos en el sitio de vivero, posterior a los 70 días el desarrollo de las plántulas fue nulo.

Cuadro 7. Establecimiento de la plántula de *D. stevensonii* a los 70 días, bajo tres tipos de sustratos y dos sitios de germinación.

ESTABLECIMIENTO DE LA PLÁNTULA				
TRATAMIENTO	No. Semillas germinadas		Plántulas resultantes	
	Vivero	Traspatio	Vivero	Traspatio
Tierra negra	0	4	0	0
Tierra negra + tepezil	2	1	2	0
Tierra negra + tierra banco	4	6	2	0

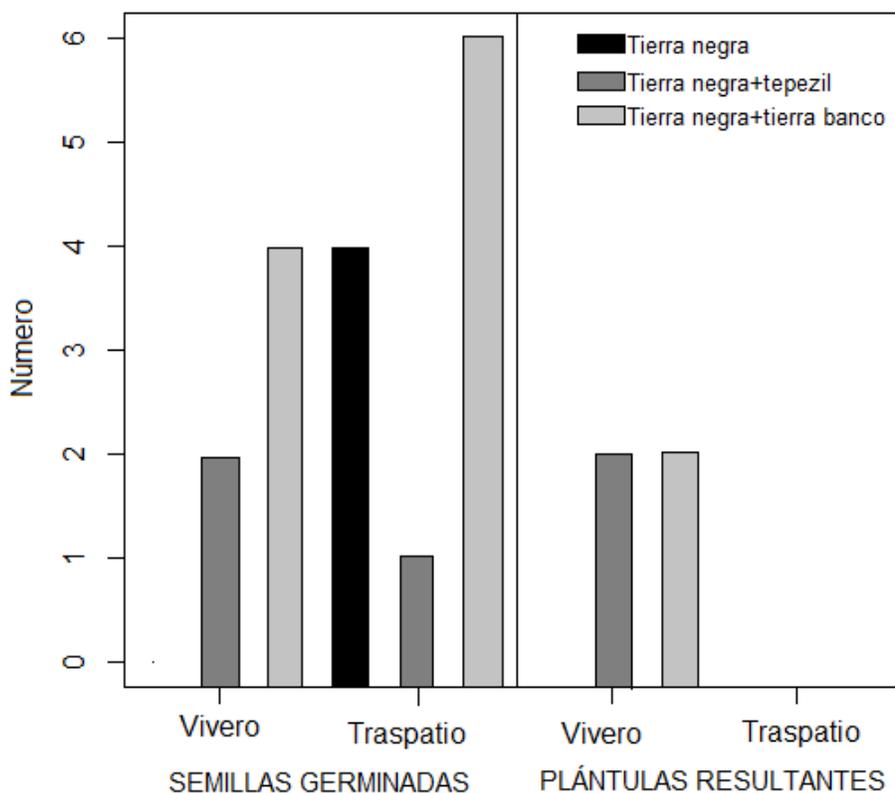


Figura 14. Establecimiento de la plántula de *D. stevensonii*, bajo tres sustratos diferentes y dos sitios de germinación.

7. DISCUSIÓN

La germinación de semillas de *D. stevensonii* fue muy baja con un total de 2.4% para las dos condiciones de germinación. Posiblemente debido a que durante el periodo en el que se pusieron a germinar las semillas se presentó un frente frío que trajo consigo tormentas y una disminución en la temperatura que fue de 15°C hasta 20°C como máximo, y provocó una alteración en las condiciones climáticas como la humedad y temperatura, teniendo como resultado que el sitio de germinación del vivero no fueran las adecuadas para el favorecimiento de la germinación de las semillas, con un registro de temperaturas de 14.51°C hasta los 20.60°C.

Contrario a lo que se registró en la condición de traspatio, en donde hubo una temperatura de 23°C y en donde germinó el 4.8% de semillas. Lo anterior coincide con otras especies del género como *D. retusa*, *D. cearensis* y *D. nigra*, que se distribuyen en el bosque tropical, donde la temperatura óptima para lograr un alto porcentaje de germinación exitosa es de 25°C (Molina, 1996; Batista-Matos *et al.*, 2005; Barboza Nogueira *et al.*, 2014).

Por otra parte, ninguna de las semillas de *D. stevensonii* presentaba algún daño físico aparente que explique el bajo porcentaje de germinación, a pesar de que no se realizaron pruebas de viabilidad en las semillas, se ha documentado que algunas especies de leguminosas presentan una epidermis gruesa que impide la permeabilidad de la cubierta seminal (Werker, 1981) y por consiguiente la obstaculización para la germinación exitosa de las semillas. Tal es el caso de *Stylosanthes hamata* donde se documentó una alta latencia asociada a características morfo-anatómicas e histoquímicas de las estructuras que conforman la cubierta seminal lo que hace que exista una baja germinación o una asincronía en la germinación (Castillo y Guenni, 2001). Por otra parte especies del género *Mimosa* presentan una testa dura e impermeable resistente a la abrasión, además de que está cubierta de una cera brillante, que hace necesario someterlas a algún tratamiento pre germinativo como la escarificación para romper la latencia de las semillas (Ferreira *et al.*, 1998). En este sentido, en el presente estudio, registramos que la primera semilla germinó el día 9 y la última al día 25, a

diferencia de especies como *D. retusa* donde generalmente a una temperatura de 25°C y a partir del día 3 al 5 comenzó la germinación, pasado este tiempo no hay geminación debido a que la semilla se pudre (García y Di Stefano, 2000). Estos valores nos indican que los factores ambientales de temperatura y no eran favorables ya que tenían un precedente de cambio continuo y descontrolado de acuerdo a las tormentas y frentes fríos presentado en el periodo de germinación que afectaron dichos valores.

Con base a los factores ambientales que influyen en la germinación exitosa de las semillas de *D. stevensonii*, para el sitio de germinación de Vivero, se presentó una temperatura promedio de 18.06°C con variaciones de temperatura por día desde los 14.51°C hasta los 20.60°C, y humedad relativa de 41.27% hasta 79.19%, en donde la primera semilla en emerger la radícula fue en el día 25 en el sustrato de tierra negra + tierra banco, con una temperatura de 20.07°C y una humedad relativa de 49.13%.

Los resultados de este estudio apoyan la idea de que *D. stevensonii* es una especie muy sensible a los cambios de temperatura, humedad y condiciones microambientales, y aún en su hábitat silvestre, si la especie llega a experimentar adversos cambios en el clima, puede disminuir su floración, así como la formación de frutos y semillas (Cervantes, 2016) que contribuyen a la disminución y extinción de la especie.

Las plántulas tuvieron un establecimiento nulo para la condición de vivero, a pesar de que cuatro semillas presentaron desarrollo en primordios foliares, estas no tuvieron las condiciones y nutrientes necesarios de la especie para un establecimiento exitoso. El establecimiento de la plántula es una etapa muy crítica en el ciclo de vida de la planta para su supervivencia (Harper, 1977), además de que influyen todo tipo de factores como abastecimiento de agua y luz solar, por ejemplo, en especies pertenecientes a la familia Fabaceae como *A. praecox*, *A. gilliesii*, *A. aroma*, *A. caven* y *A. atramentaria*, que sometidas a diferentes tratamientos de luz y estrés hídrico tienen una respuesta de adaptación muy variada para la supervivencia de la plántula (Venier *et al.*, 2013).

El sitio de Vivero presentó mejores condiciones para que las semillas germinadas pudieran dar paso a convertirse en plántulas, pero estas fueron viéndose afectadas por la diferencia de condiciones en comparación a su hábitat silvestre, y no se desarrollaron más allá de los primordios foliares.

Para el sitio de germinación de Traspatio hubo una temperatura promedio de 23.67°C, con variables de temperatura por día de 21.55°C hasta los 25.96°C y humedad relativa de 42.03% hasta 55.65% y no se presentó ningún fenómeno meteorológico que pudiera haber afectado las condiciones ambientales del lugar, y gracias a esto hubo un mayor porcentaje de emergencia de la radícula de las semillas, sin embargo, no hubo éxito en el desarrollo de dichas semillas a poder presentar los primeros cotiledones o primordios foliares y ninguna semilla se pudo establecer.

El hábitat silvestre de la especie, es el bosque tropical perennifolio, que presenta una temperatura media anual que no supera los 20°C, sin embargo, puede llegar hasta los 25.3°C o descender hasta 17°C (Rzedowski, 2006), las cuales son temperaturas que se asemejan a los sitios de germinación, pero no pudieron influir para que pudiera darse una germinación exitosa de las semillas.

Algunas especies del género *Dalbergia*, son susceptibles a cambios de temperatura ya que esta es un factor que puede atrofiar o beneficiar la germinación (García y Di Stefano, 2000), y en condiciones adversas la semilla puede llegar a sufrir daños irreparables, siendo los 25°C la temperatura óptima para la geminación en especies como *D. nigra*, 25°C hasta los 30°C para especies como *D. caerensis* (Barboza-Nogueira *et al.*, 2014), y en algunos casos en especies como *D. cearensis* puede llegar a darse la geminación de semillas después de los 40°C y hasta los 50°C (Barboza–Nogueira *et al.*, 2014).

Por otra parte, existe la posibilidad de que la madurez de las semillas de *D. stevensonii* haya influido en el porcentaje de la germinación de las semillas incubadas, ya que estas fueron almacenadas después de su colecta en Abril del 2018 hasta su procesamiento en Abril del 2019, y varias especies cuando alcanzan su madurez fisiológica a traviesan por varios eventos que comprometen la supervivencia de la semilla (Anderson, 1973), así como también disminuye la

capacidad del embrión para llevar a cabo una germinación exitosa (Romano *et al.* 2008), como en el caso de la especie perteneciente a la familia Fabaceae, *Amburana cearensis* que puede mantenerse almacenada de 3 a 12 meses sin presentar daños fisiológicos ya que tolera desecación, y mantiene la viabilidad de las semillas al 96% (Galíndez *et al.*, 2015).

La importancia de las semillas para la conservación de las poblaciones es un tema descrito pero poco estudiado (Orozco-Segovia *et al.*, 2003), el conocimiento biológico de las semillas es importante para su manejo, manipulación y supervivencia de plántulas que son parte fundamental del ciclo de vida de las plantas que conforman una población silvestre (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1993), de tal forma que la sensibilidad de las semillas *D. stevensonii* da paso a que puedan verse afectadas al momento de su germinación, además de que sus semillas pueden llegar a presentar un alto grado de aborción del que se desconocen las causas. Puede deberse en gran parte al estado de inmadurez de las semillas o que presenten algún tipo de latencia ya sea primaria o secundaria que impida su germinación, la latencia de las semillas puede deberse a un desbalance hormonal, inmadurez morfológica o fisiológica, latencia física, entre otros que pueden afectar significativamente el porcentaje de germinación de las semillas (Márquez *et al.*, 2013). Otra causa que puede afectar el ciclo de la germinación es el estado de madurez de los árboles que se encargan de producir las semillas ya que se ha determinado que la producción de semillas varía entre individuo, año, estación y hábitat (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1993), y la producción de semillas está relacionada con el diámetro del tronco, hasta llegar al tamaño en donde la producción es máxima y a partir de esta edad tiende a disminuir su producción de semillas o en su caso, se da una producción de semillas poco viables (Frederickzen, 2000) además de que no se conocen datos sobre la reproducción sexual de *D. stevensonii*, sí dependen de algún polinizador, o sufren autopolinización o reproducción entre árboles cercanos que afecten la viabilidad de las semillas.

Aún son desconocidos varios aspectos, y la importancia que tienen los factores ambientales que influyen para que la reproducción y germinación del género sean exitosos (Molina *et al.*, 1996), y sobre todo para especies como *Dalbergia stevensonii*, ya que no hay datos de estudio aproximados que ayuden a salvaguardar la continuidad de la especie.

Por último, en cuanto a la hipótesis planteada, hubo mayor porcentaje de germinación en el sustrato con mayor materia orgánica disponible (tierra negra + tierra banco), que es una de las características principales del bosque tropical perennifolio, en donde se distribuye la especie de manera silvestre, y con la temperatura de Traspatio, que fue más constante y no presentó cambios que pudieran afectar a las semillas de la especie, que es susceptible a cambios en el clima (Herrera *et al.*, 2016).

8. CONCLUSIONES

- El mayor porcentaje de germinación de semillas de *Dalbergia stevensonii* fue de 4.2% en el sustrato de tierra negra + tierra banco, compuesto principalmente de desechos orgánicos (tierra negra) y materia orgánica con ácidos húmicos y fúlvicos (tierra banco).
- El sustrato de tierra negra + tepezil fue el que presentó menos semillas germinadas con un 0.4%, compuesto de materia orgánica (tierra negra) y mineral inerte (tepezil).
- La temperatura constante con más semillas germinadas fue 23.67°C, en las condiciones de Traspatio.
- Para las condiciones de vivero hubo una temperatura promedio de 18.09°C, donde germinó un menor número de semillas.
- En el sitio de vivero, cuatro de las semillas germinadas llegaron a presentar primordios foliares pero ninguna llegó a establecerse como plántula independiente.

- Para el sitio de Traspatio ninguna semilla germinada llegó a presentar primordios foliares para posteriormente establecerse como plántula.
- La primera emergencia de radícula se dio el día 9 en el sustrato de tierra negra y el sitio de traspatio mientras la última semilla germinada se dio en el día 32 en el sitio de vivero, un total de 23 días de diferencia.
- Los primeros cotiledones surgieron el día 18 en el sustrato de tierra negra, y posteriormente en el sitio de vivero al día 35 en el sustrato de tierra negra+tepezil, con 17 días de diferencia.
- Los primordios foliares aparecieron el día 42 únicamente para la condición de vivero.
- Posteriormente a los 42 días de iniciado el experimento no hubo desarrollo de primordios foliares de ninguna semilla ni establecimiento de las plántulas.
- Como se presenta en este estudio, *D. stevensonii* es muy sensible a las condiciones ambientales del medio, sobre todo a cambios desproporcionados de la temperatura, además de que requiere un clima específico para que las semillas puedan realizar la germinación exitosamente.
- Existen muy pocos estudios sobre especies del género *Dalbergia*, y los datos existentes están enfocados principalmente en la temperaturas óptimas para evaluar el porcentaje de germinación, aún faltan más aspectos por estudiar, desde las características morfológicas de las semillas y cómo interactúan con su medio, hasta el hábitat donde se encuentran las especies y cómo se han visto afectadas las poblaciones silvestres por causa de las actividades humanas que pueden causar un gran impacto en los árboles maduros que son responsables de la generación de semillas viables para la continuación del ciclo de vida de la especie. Además de que no hay medidas que ayuden a conservar la continuidad de la especie empezando desde sus poblaciones silvestres, que son taladas y sobreexplotadas para el comercio de su madera.

9. APÉNDICE I. Desarrollo de las semillas de *Dalbergia stevensonii*.

VIVERO

Tierra negra + tepezil



Día 32. Emergencia de la radícula



Día 35. Primeros cotiledones.

Tierra negra + tierra banco



Día 25. Emergencia de la radícula



Día 30. Primeros cotiledones



Día 42. Primordios foliares



Día 64.



Día 69.

TRASPATIO

Tierra negra



Día 9. Emergencia de la radícula.



Día 18. Primordios foliares.

Tierra negra + tepezil



Día 23. Emergencia de la radícula.

Tierra negra + tierra banco



Día 12. Emergencia de la radícula.



Día 16.

10. BIBLIOGRAFIA

- Anderson, J. 1973. Metabolic changes associate with senescence. *Seed Sci y Technol.* 1: 401-416p.
- Barboza-Nogueira, F., Gallão, M., Esmeraldo-Bezerra, A., y Medeiros Filho, S. 2014. The effect of the temperatura and light on the seed germination of *Dalbergia cearensis* Ducke. *Ciencia Forestal*, 24 (04). 997-1007p.
- Batista-Matos, A., Euclides de Lima, E. y Julio da Silva, L. 2015. Fisiologia da germinação de sementes de *Dalbergia nigra* (Vell.) sob diferentes temperaturas e tempos de exposição. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v. 39, 1: 115-125p.
- Blanco I., 2020. El género *Dalbergia* en México: Evaluación poblacional y estudio de campo en la región costa de Oaxaca. Universidad Politécnica de Madrir. 22-23p.
- Camargo-Ricalde, Sara L., y Grether, Rosaura. (1998). Germinación, dispersión y establecimiento de plántulas de *Mimosa tenuiflora* (Leguminosae) en México. *Revista de Biología Tropical*, 46:3, 543-554p.
- Castillo, R., y Guenni, O. (2001). Latencia en semillas de *Stylosanthes hamata* (Leguminosae) y su relación con la morfología de la cubierta seminal. *Revista de biología tropical*, 49:1, 287-299p.
- Cervantes Maldonado, A. 2016. La conservación del granadillo en México: una carrera contra el tiempo. *CONABIO. Biodiversitas*, 128: 6 -11p.
- Cervantes, A; Linares, J. y Quintero, E. 2019. An updated checklist of the Mexican species of *Dalbergia* (Leguminosae) to aid its conservation efforts. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 90: e902528.
- CITES (Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora). 2013. CoP16 Prop. 62. *Dalbergia stvensonii*, Inclusion en el Apéndice II. Belice. Disponible en: <https://cites.org/sites/default/files/eng/cop/16/prop/E-CoP16-Prop62.pdf>

- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2015. Taller para la evaluación del riesgo de extinción de las especies maderables del género *Dalbergia* en el marco de la NOM-059-SEMARNAT-2010.
- De la Cuadra, C. 1993. Germinación, latencia y dormición de las semillas. Hojas divulgadoras, 3-24p.
- Díaz-Gallegos, J.R., Mas, J.F. y Velázquez, A. 2010. Trends of tropical deforestation in Southeast Mexico. *Singapore Journal of Tropical Geography* 31: 180-196p.
- Doria, Jessica. 2010. Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales*, 31:(1) 00.
- Duval, R. 2006. Hormonas vegetales para el crecimiento y desarrollo de la planta. *Horticultura: Revista de industria, distribución y socioeconomía hortícola, frutas, hortalizas, flores, plantas, árboles ornamentales y viveros* 196(2): 22-27.
- Faccini, D. y Puricelli, E. 2006. Efecto de la temperatura y de la luz sobre la germinación de *Nicotiana longiflora* Cavanilles y *Oenothera indecora* Camb. *Agriscientia* 22: 15-21.
- Ferreira, A.G., Lipp-Joao, K.H. y Heuser, E.D. 1992. Efeitos de escarificação sobre a germinação e do pH no crescimento de *Acacia bonariensis* Gill e *Mimosa bimucronata* (DC.) Kuntze. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal* 4:63-65.
- Fredericksen, T.S. 2000. Aprovechamiento forestal y conservación de los bosques tropicales en Bolivia. Proyecto BOLFOR, Documento Técnico 95. 22p.
- Galíndez G., Malagrina G., Ceccato D. y Ledesma, T. 2015. Dormición física y conservación *ex situ* de semillas de *Amburana cearensis* y *Myroxylon peruiferum* (Fabaceae). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 50(2):153-161.
- García, E.G. y Di Stéfano, J.F. 2000. Temperatura y germinación de las semillas de *Dalbergia retusa* (Papilionaceae), árbol en peligro de extinción. *Revista de Biología Tropical* 48(1): 43-45.

- Galíndez G., Malagrina G., Ceccato D., y Ledesma T. 2015. Dormición física y conservación ex situ de semillas de *Amburana cearensis* y *Myroxylon peruiferum* (Fabaceae). Bol. Soc. Argent. Bot. 50 (2): 153-161.
- González Espinosa M, 2015. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. Árboles de Chiapas: registro georreferenciado de los ejemplares depositados en el herbario de la Academia de Ciencias de California (CAS). Version 1.7. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/lawnyb> accessed via GBIF.org on 2020-07-13.
- Harper, J. 1977. Population Biology of Plant. Academic. Londres, Inglaterra. 924 p.
- Heredía Cuevas, J. 2007. Salud y desarrollo comunitario: Estudio de caso Marqués de Comillas, Chiapas. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco. 22p.
- Herrera, M.E., Saravia, J.M., Castillo, J.J., López, E., Alonzo, W.G., Morales, M., Hernández, J., Liquez, M.A., Pascuala, E. y Ruiz, P.I. 2016. Manual para la identificación y descripción botánica y de la madera de las especies forestales de Guatemala incluidas en el listado II de CITES.
- Ibarra-Manríquez, G., y Cornejo-Tenorio, G. (2010). Diversidad de frutos de los árboles del bosque tropical perennifolio de México. *Acta botánica mexicana*, (90), 51-104.
- INEGI. 2005. Carta Edafológica, serie I. <https://www.inegi.org.mx/temas/edafologia/>
- INEGI. 2010. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de las Cartas de Climas, Precipitación Total Anual y Temperatura Media Anual, serie I. http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/
- Jenkins, A., Bridgland, N., Hembery, R., Malessa, U. 2012. Precious woods: exploitation of the finest timber. In Background paper 1: Chatham House Workshop: Tacking the trade in illegal precious woods 23-24 April. 3-18 p.
- Márquez-Guzmán, J., Collazo-Ortega, M., Martínez-Gordillo, M., Orozco-Segovia, A. y Vazquez-Santana, S. 2013. Biología de Angiospermas. Facultad de

- Ciencias: Coordinación de la Investigación Científica. UNAM, México, Distrito Federal. 602 p.
- Mathews, A.S. 2006. Ignorancia, conocimiento y poder. El corte de la madera, el tráfico ilegal y las políticas forestales en México. *Desacatos Revista Ciencias Sociales* (en línea).
- Molina, M. A., G. Brenes y D. Morales. 1996. Descripción y viverización de 14 especies forestales nativas del bosque seco tropical. Esfera, Grecia, Costa Rica.
- Orozco-Segovia, A., Batis A., Rojas-Aréchiga M. y Mendoza A. 2003. Seed biology of palms: a review. *Palms* 47: 79-94p.
- Palma, M., López, A. y Molina, J. 2000. Condiciones de almacenamiento y germinación de semillas de *Cenchrus ciliaris* L. y *Andropogon gayanus* Kunth. México. *Agrociencia* 34: 41-48p.
- Piedrahita, E. 1997. Germinación de semillas de *Jacaranda copaia* bajo condiciones contrastantes de luz. Colombia. *Crónica forestal y del medio ambiente*. 12: 1-4.
- Romano, A., Teves, I., Torres, N. y Cazón, L. 2008. Variaciones en la calidad de semillas de poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) por efectos del daño mecánico y su influencia en el vigor de las plántulas. *Idesia* 26(2): 83-87.
- Rzedowski, J., 2006. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. *Vegetación de México*. Capítulo 10: 169-177p.
- Suárez, D., y Melgarejo, L. M. 2010. Biología y germinación de semillas. *Experimentos en fisiología vegetal*, 13-25p.
- Valla, J. J., 1979. *Morfología de las plantas superiores*. Editorial Hemisferio Sur. Argentina. 332p.
- Varela, S.A. y Arana, V. 2011. Latencia y germinación de semillas. *Tratamientos pregerminativos*. *Sistemas Forestales Integrados* 3: 1-10.
- Vatanparast, M., Klitgard, B.B., Adema, F.A., Pennington, R.T., Yahara, T. y Kajita T. 2013. First molecular phylogeny of the pantropical genus *Dalbergia*:

- implications for infragenetic circumscription and biogeography. *South African Journal of Botany* 89: 143-149.
- Vázquez-Yanes, C., Orozco, A., Rojas, M., Sanchez, M.E. y Cervantes, V. 1997. Reproducción de las plantas: semillas y meristemas. Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 170 p.
- Venier, P., Cabido, M., Mangeaud, A. y Funes, G. 2013. Crecimiento y supervivencia de plántulas de cinco especies de *Acacia* (Fabaceae), que coexisten en bosques secos neotropicales de Argentina, en distintas condiciones de disponibilidad de luz y agua. *Revista de Biología Tropical* 61(2): 583-594.
- Vivero, J.L., Szejner, M., Gordon, J. y Magin, G. 2006. The Red List of Trees of Guatemala. *Flora and Fauna International*, Cambridge, UK. 50 p.
- Werker, E., Marbach, I. y Mayer, A.M. 1979. Relation between the anatomy of the testa, water permeability and the presence of phenolics in the genus *Pisum*. *Annals of Botany* 43: 765-771.
- Werker, E. 1981. Seed dormancy as explained by the anatomy of embryo envelopes. *Israel Journal of Botany* 29: 22-44



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

KARLA MARIA AGUILAR DORANTES | Fecha:2021-06-18 15:10:06 | Firmante

JntSqA6dggxcJmc55YA0na9Dr/Q34pMJ1kyhsig5mOmDKOTETvFK42SNYSBR844tGNzx22jmdvulwXbJR6NhevhRWULZCb01aTSXe7XodqWTC8cnwQBzugvD9v5uwHO6Qjabu9pNSbx6ZUPqH3r639zJPHEyRqMBL3p13CnHvj5isl9gYr8M2jqPhRiZ50pX7cbEZkjRFQx7vRR977CQtZcohToc+Hf7nmBipHCigywsKxrrNVtrn1qApMcT41LCdsMMW5xcnB8biPcX17zFdRxF/i7BOjUR+HLSaJdrjtJ+NTDftNOTXhVWooJJUhzxv9aHz3rfj6J27w2E0jApyw==

ALEJANDRO FLORES MORALES | Fecha:2021-06-18 16:44:55 | Firmante

Buxog9Gr6UwJM4BimSpB50d97gr3EJbBFCIxDrkPn19PSHZIEUzLpxbnQTOSUm4J8Ux72WJUOEGC8gxHo2NLEkE5E4ji8vRoy8sSbYcQ6Iz6kHQDHSjJZcuwalbHAwzFO03EguMUpBwq2tg8+ogEBobyA3vOfFoEqx8rmcpUYUTiVfIXGg4yuD6WCxY4w/WhJmKQ0MSrNRPLUfUXW60cm1CysRI6w7P5UPFNq+ChZH3Hb94UUB2I0g39ZosDCsmWRjR8ZYVEfcVfpu0I7RAkRWKWJas6VuLbuefZ66Cu4s3ztg3Cu8pCtaG1f2ZXqIEQwM1w77WLP1y0vI9U1Haw==

GABRIEL FLORES FRANCO | Fecha:2021-06-18 16:46:02 | Firmante

W6jQitHC0F+n4IgAchWSSQ9db4yyTiK7bNAQC76OB9KLeJEmlZgC4g8ZXW2m+E90L3SzOhQhJcRihCDjIxaFDsX4VHF3fxvARosMGQgJmpp+wlqRILbAun1Qw5IYB1IwcXNXnjRcZmN1TjAei85nRYQQ/2cgeJSSClk2uWVhgrB4mwiyeAKW17Kzc6vb4sCCPSSxl8ye73xSqDy2coOqP6RChjyRbSrvngmbWCP1Cf4t1MtSfytMX4WdkunzrLZBGDoD5kAJzBSFXfhqXPDPqBBUXr6Q0973e09S4Bcq2vwCCN7BIPKms+XzIBGyVoWab+NUKlK4w4bfVOjs97M5Nw==

CONCEPCION MARTINEZ PERALTA | Fecha:2021-06-21 18:09:29 | Firmante

X5s9ilwhJrItAoxE444+z3Uu5r9H5hiwBQDV2v9SxqD4tJv8cvMyD1RHOrpq6kujg8mXMUhxOjYAtuZvmP4ua7+nXObTW7H0Vg/K8dc0FifZwKaYFvVB+Z63DuuPVCRWt0CdqQxK3Ikqt2UQ0PBVcBsaZrwNBVLKt7k2hzD8wLESTs0goO34LdGMeVGMwhkNiTISaz2G5S+ZnsipPV5Ye3J+J3dTxy+C1E7C8JVWMDaq3HfrTHh3h9Mw6JFnP3oJys/lzETqlU+YXAVsJ9C/zFZStoSaaJP/Kfw4NkqP8ndX/UWcdP/zPzVkdreUOOWW3C9EccEPyB9Lknz5I5Q==

MARIA LUISA ALQUICIRA ARTEAGA | Fecha:2021-06-22 09:47:59 | Firmante

Gvn5a4LH6Fc+rb5z49GiOhRCDxvG07CWBFW/5zgGxEfPZB+m1k6wewaQib/NfUGabL0+4k3U64Po2+DqhcaWGoOGcD62KJMzIA13FyeEFlpKCTe1tBxC+ci6VtKw43Qid1zZ2B8KAf6wmub2JdrQG8U69e3o8+lfy0EUGlrcuWPomCvq0TBndX72IPAYEcF3gaXnPVTw6AOB5MUGSDHxCxPBPbHJV3Gbj/+UB01FVmt+yMslXGccCixQOEj0kY9orbzPrBeOJNaTmxJV5XV1TB7VJubiPs8z36gixMu7fcB8zkabUlyGe4jZ4bduUUsY5/9fiinta3v6mFrT6K+R.JmQ==

JUAN CARLOS FLORES VÁZQUEZ | Fecha:2021-06-22 19:19:44 | Firmante

dii47gWdTZE3VWaLsKG0NOWVR9FtCzj0+mNsi2B0W93gpqjjh0umLCB0pMAtdDv5jupUfU2PTOIgGxJyVKcJgz4ZdV59C9Qn8AVBYJ+1QkCszC3SuPdDentqgej2pAZDens+QGt4J3AC3iJigbxiUbV8PmHcJLJ5VD5fyo4QY2Txxrf4JJayOPG+STv20jx4PUUEdFX1FAhcyjXXqU8MbroJuw7vylTWAGLEoZaqUb9Fb5qNIXr5rlgpZn8YOlwgJ4BcrDLneDTwtHT10JInbsRQgP8w/JM2AEj2nE9spwJL3nMxc/W1kcdR5GTGDssR7TpuQW38CHHdeW6aBDmJg==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



D0awF9

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/zUz46kCwcnBflUqsP5Cn4Y1Ogbi5os3>



Cuernavaca, Morelos a 18 de mayo de 2021

DRA. DULCE MARÍA ARIAS ATAIDE
DIRECTORA GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES
P R E S E N T E.

Por este conducto, los catedráticos suscritos comunicamos a Usted, que hemos revisado el documento que presenta el Pasante de Biólogo: **KATIA ESMERALDA ALATORRE SAAVEDRA**, con el título del trabajo: **Germinación de semillas de *Dalbergia stevensonii* Standl.**

En calidad de miembros de la comisión revisora, consideramos que el trabajo reúne los requisitos para optar por la Modalidad de Titulación de **Trabajo de Tesis**, como lo marca el artículo 4° del Reglamento de Titulación Profesional vigente de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

A T E N T A M E N T E
Por una humanidad culta

JURADO REVISOR

FIRMA

PRESIDENTE: M. EN C. ALEJANDRO FLORES MORALES

SECRETARIO: M. EN C. GABRIEL FLORES FRANCO

VOCAL: DRA. KARLA MARÍA AGUILAR DORANTES

SUPLENTE: DRA. MARÍA LUISA ALQUICIRA ARTEAGA

SUPLENTE: M. EN C. JUAN CARLOS FLORES VÁZQUEZ



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

GABRIEL FLORES FRANCO | Fecha:2021-05-31 13:23:09 | Firmante

ndKcWtW8QqtjAGdvBfhhMeM5aVid/5vMVOo/p3x7tfN8kKhdnkKMBkiTC696wLMu/IWOD/1typQvS68X/Bb+/H0hT8M3fZ2z+HL+sC4tZKZUQegjWRiHb64/WhTQKldqfYaVUDXY11VkBOR8lhnfnvry+YpMjgqB9WHeuc4u8R0wt188RzWNU8SpTeTG5xtuocXRvR/XielBOBzN3mmtB0K0VzAr45X1SGYClpWWarZWOILvNPGoofBTSSzLQD4Gb5mTQhs3UEuqX7q3KKqPW5y3nTsl8AlcnOIBFM5d7zPK2rzjPdoE91plwMkDmyOxZN9D1yKPUkSPNXoG8ZZw==

ALEJANDRO FLORES MORALES | Fecha:2021-06-02 16:14:22 | Firmante

b/NGeHhHTA3yFWTIFFJbobFr0fX8Wvtj7K0ilYk7I5AtuMDI8EUH4w9VR8XYowMWTn9piYtT7ysLRyCS9o5QWzjOEN+O3EXmGF+OuH6RDZGLpp6alsSM1jHS1wY0f8X669p47VD8QSt/25f62k4UoDHbatPtN0aUkG+2z7q5LX9lOALyciNQSqXk37//+zf6vn0E++BwRtMtCdqsSSbQ7Qfj7m9lRln4vyEfgPKG5ptyPTvNorlWw3jWCAsBFvoecJfP/JF+aSiOBPEps0MHhhq6tU12maOoKqqrjL0kVY6Oh8qQCXGhrhqVNG+TEWMNfS6S/w9kEbzWm3c9FA==

KARLA MARIA AGUILAR DORANTES | Fecha:2021-06-04 13:04:27 | Firmante

qxPRaltF3pqgniu+3j1DfPk05bE9W1AZyl7LZbDwnpdv54sxFqDwzFQIK7uPzoCXErT43KbIH3Lm3p8ymwYh8F5mjB2gMJFHol7MFLPR21dYtny4BtGuznW99n4fVHUWI1x5Z3cRopRn8PzG+Yugkfsa7Sq2gYAcMsgzmYIBOsjouK77oD5m+3x7QPcBtDH3LfEbFajT4imap3Cf/MbBqs11R51cpZAA2rCcRGTHNUZc9iBAd3Rlhm+R379a+/Jxc7ofqvLCEyEMS06vXZx7xjckum1m305+JVqiAG3qRjmv5yJt2i6hzXntfPdQtFIFxDRwX0Mes34UQvbLxLRA==

MARIA LUISA ALQUICIRA ARTEAGA | Fecha:2021-06-16 15:12:30 | Firmante

jo/KHhm6seWccqjApPWXfnWWsVtrCVDRlRc0s2cynLyWbD3Noau5TLwihSK+5EF+GHGwfjuXJtOYKbFU3756DwqCFMmm0xm213NVlz4+11i2bVQsXT0WkaiFbMRAXfbLNfi/UNhyfEHoL3yHXnobDI3LQtp+Q1SrOMCy5Az7WbNvbjo4cBNupAADwXf82FSloPwhf9xZnin1L2V+L2PiKn1tMa9b8YZ1sslpD/kdk3Q4S+wQHYyBhCr9lj1jF00/T7MBduW/GbX6VAAQ2YCHZZmmcl5YSgqpwfhfKRXDXbmLnJHJR6ph5J3yoSUw2x8iVIDImTiJ1OYw2/7Gn6Kfuyw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



a05nPf

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/Bt21oj51zoLbGXH9egLFQSLJLofutCyp8>

