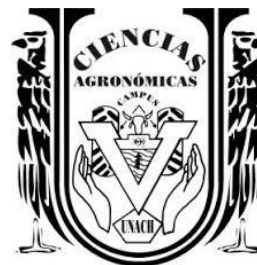




**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
CAMPUS V**



**Calidad de semilla almacenada de granadillo (*Dalbergia granadillo*
Pittier) y caoba (*Swietenia macrophylla* King)**

TESIS

que para obtener el grado de

**MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA
TROPICAL**

presenta

YOVANI GUZMÁN ALFONZO J101023

Director de tesis

DR. SAÚL ESPINOSA ZARAGOZA

Villaflores, Chiapas, México, noviembre de 2021



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS, CAMPUS V.
DIRECCIÓN



Villaflores, Chiapas
04 de noviembre de 2021
Oficio N° D/0353/21

C. YOVANI GUZMÁN ALFONZO
MAESTRANTE EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS CAMPUS V.
P R E S E N T E.

En atención a que usted ha presentado los votos aprobatorios del Honorable Jurado, designado para su evaluación de posgrado, de la tesis titulada: "**Calidad de semilla almacenada de granadillo (*Dalbergia granadillo Pittier*) y caoba (*Swietenia macrophylla King*)**", por este conducto le comunico que se le autoriza la impresión del documento, de acuerdo a los lineamientos vigentes de la Universidad.

Sin otro particular, le envío un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR LA CONCIENCIA DE LA NECESIDAD DE SERVIR"


M. C. CARLOS ALBERTO VELÁZQUEZ SANABRIA
ENCARGADO DE LA DIRECCIÓN

FACULTAD DE
CIENCIAS AGRONÓMICAS



C. c. p. Archivo

CAVS/MARH.

Carretera Ocozocoautla-Villaflores Km. 84.5 C.P. 30470 Villaflores, Chiapas. Teléfono y Fax 01 (955) 65 2 14 77, 65 5 32 72
Correo electrónico: fac.agronomicas@unach.mx



Código: FO-113-09-05

Revisión: 0

CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LA TESIS DE TÍTULO Y/O GRADO.

El (la) suscrito (a) Yovani Guzmán Alfonso,

Autor (a) de la tesis bajo el título de "Calidad de semilla almacenada de granadillo (*Dalbergia granadillo* Pittier) y caoba (*Swietenia macrophylla* King)"

presentada y aprobada en el año 2021 como requisito para obtener el título o grado de Maestro en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical,

autorizo a la Dirección del Sistema de Bibliotecas Universidad Autónoma de Chiapas (SIBI-UNACH), a querealice la difusión de la creación intelectual mencionada, con fines académicos para que contribuya a la divulgación del conocimiento científico, tecnológico y de innovación que se produce en la Universidad, mediante la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Consulta del trabajo de título o de grado a través de la Biblioteca Digital de Tesis (BIDITE) del Sistema de Bibliotecas de la Universidad Autónoma de Chiapas (SIBI-UNACH) que incluye tesis de pregrado de todos los programas educativos de la Universidad, así como de los posgrados no registrados ni reconocidos en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad del CONACYT.
- En el caso de tratarse de tesis de maestría y/o doctorado de programas educativos que sí se encuentren registrados y reconocidos en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), podrán consultarse en el Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma de Chiapas (RIUNACH).

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; a los 15 días del mes de noviembre del año 2021.

Nombre y firma del Tesista o Tesistas

DEDICATORIA

A Dios

A mi Dios Jehová, por haberme regalado la vida, salud, amor y las ganas de seguir adelante. Gracias por darme la oportunidad de disfrutar lo hermoso que es vivir, guiarme por el buen camino y así poder finalizar este proyecto que contribuye a mi desarrollo personal y profesional.

A mis padres

Sra. Floribel Alfonzo Espinoza y Sr. Víctor Guzmán Pérez

A mi madre hermosa con toda mi admiración, respeto y amor incondicional, ese amor verdadero que siempre me demostraste, esta tesis va dedicada con todo mi amor a ti mamá. Gracias por todo tu tiempo, sacrificio y por darme esa oportunidad de ser tu hijo, haciendo de mí una persona honorable. Por eso y más, te doy mi trabajo por todo aquello que compartiste conmigo. Todos mis logros te los debo a ti. **Gracias mamá.** Tu bendición me protege y me lleva por el bien camino, ese apoyo moral y psicológico que me diste para concluir mis estudios. **Gracias papá.**

A mis hermanos

Gracias por sus palabras de fe y esperanza, por confiar y creer siempre en mí, con quienes he tenido momentos felices y triste, y por el apoyo moral que siempre me brindaron.

A mis abuelos

Por inculcarme esa fuerza espiritual, por el apoyo que me han brindado para superarme como persona y profesionista. Gracias por su apoyo moral.

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma de Chiapas**. Facultad de Ciencias Agronómicas.
Campus V. Villaflores, por haberme dado esa oportunidad de formarme
profesionalmente como Maestro en Ciencias

A mi director de tesis

Dr. Saúl Espinosa Zaragoza

Gracias por confiar en mí, por su apoyo incondicional, por transmitirme sus conocimientos, experiencias, aprendizajes, por siempre motivarme a seguir superándome y creciendo en lo personal y profesionalmente. Así como su tiempo constante en la elaboración, corrección y finalización de este trabajo de investigación.

A mis asesores

Dr. Juan Francisco Aguirre Medina, Dr. Arnoldo Wong Villarreal, por sus sugerencias importantes en el proyecto, su tiempo necesario y recomendaciones puntuales para concluir con un buen trabajo y presentación de la investigación.

Al

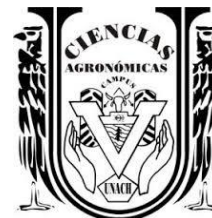
Laboratorio de Recursos Genéticos Forestales de la Facultad de Ciencias Agrícolas.
Campus IV. Huehuetán.

Ing. Industrial. Jorge Luis Salvador Castillo

Coordinación de Investigación y Posgrado de la Facultad de Ciencias Agronómicas.
Campus V. Villaflores.



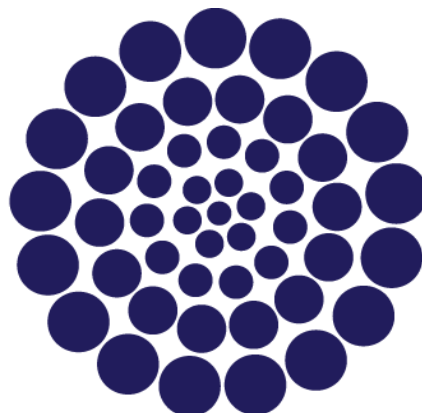
**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
CAMPUS V**



Esta tesis titulada CALIDAD DE SEMILLA ALMACENADA DE GRANADILLO (*Dalbergia granadillo* Pittier) Y CAOBA (*Swietenia macrophylla* King) forma parte del programa de Uso y Conservación de Recursos Fitogenéticos, registrado en la Coordinación de Investigación y Posgrados de la Facultad de Ciencias Agronómicas bajo la dirección del Dr. Saúl Espinosa Zaragoza.

Se incluye e la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento: Uso y Conservación de Recursos Naturales, del Cuerpo Académico Agricultura Tropical Ecológica.

Se incluye e la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento: Caracterización y Conservación de Recursos Genéticos del Programa de Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical.



CONACYT

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Esta tesis titulada “**Calidad de semilla almacenada de granadillo (*Dalbergia granadillo* Pittier) y caoba (*Swietenia macrophylla* King)** fue realizada por el Ing. **Yovani Guzmán Alfonzo**, bajo el apoyo y financiamiento del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, como requisito parcial para obtener el grado de **MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL**.

Este trabajo de investigación fue dirigido por el Dr. Saúl Espinosa Zaragoza de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Chiapas y se realizó en el marco del programa de Uso y Conservación de Recursos Fitogenéticos en colaboración con Mesoamericano Global Development S.A de C.V.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
CAMPUS V



Esta tesis titulada: "CALIDAD DE SEMILLA ALMACENADA DE GRANADILLO (*Dalbergia granadillo* Pittier) Y CAOBA (*Swietenia macrophylla* King)" fue realizada por el ING. YOVANI GUZMÁN ALFONZO, bajo la dirección y asesoría del Comité Tutorial indicado, como requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL.

COMITÉ TUTORIAL

DIRECTOR

DR. SAÚL ESPINOSA ZARAGOZA

ASESORES:

DR. JUAN FRANCISCO AGUIRRE MEDINA

DR. ARNOLDO WONG VILLARREAL
Universidad Tecnológica de la Selva



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÓNOMICAS
CAMPUS V



Esta tesis titulada: "CALIDAD DE SEMILLA ALMACENADA DE GRANADILLO (*Dalbergia granadillo* Pittier) Y CAOBA (*Swietenia macrophylla* King)" fue realizada por el ING. YOVANI GUZMÁN ALFONZO, ha sido aprobada por la Comisión Revisora indicada, como requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL.

COMISIÓN REVISORA

DR. SAÚL ESPINOSA ZARAGOZA

DR. JUAN FRANCISCO AGUIRRE MEDINA

DR. ARNOLDO WONG VILLARREAL

CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE CUADROS	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
RESUMEN.....	xix
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.1 Objetivos específicos	3
1.1.2 Hipótesis	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Ecosistemas forestales en el mundo	4
2.2 Germoplasma y semillas forestales.....	5
2.2.1 Importancia del germoplasma forestal	6
2.3 Conservación de recursos genéticos forestales	6
2.3.1 Banco de germoplasma	7
2.4 La semilla	7
2.4.1 Estructura de la semilla.....	8
2.4.2 Almacenamiento de semillas.....	9
2.4.2.1 Potencial del almacenamiento de semillas	10
2.5 Calidad de semilla	12
2.5.1 Longevidad de semillas.....	12
2.5.2 Latencia de semillas.....	13
2.5.2.1 Clasificación de latencia	13
2.6 Propagación in vitro.....	14
2.6.1 Cultivo <i>in vitro</i> de semillas.....	14
2.6.2 Medio de cultivo	15
2.7 Reguladores del crecimiento vegetal	16
2.7.1 Hormonas del crecimiento vegetal	17
2.7.1.1 Auxinas	17
2.7.1.2 Citocininas	18
2.7.1.3 Giberelinas.....	20
2.7.1.4 Etileno.....	20

2.7.1.5 Ácido abscísico	21
2.8 Género <i>Dalbergia</i>	23
2.8.1 Especies de <i>Dalbergia spp</i> en peligro	24
2.8.3 Variabilidad genética	24
2.8.4 Descripción de <i>Dalbergia granadillo</i>	25
2.8.4.1 Clasificación taxonómica	26
2.8.4.2 Origen y distribución	26
2.8.4.3 Importancia	27
2.9 Descripción de <i>Swietenia macrophylla</i> King	28
2.9.1 Información taxonómica	28
2.9.2 Origen y distribución	28
2.9.3 Situación actual.....	29
2.9.5 Propiedades de la madera	31
3. MATERIALES Y MÉTODOS	32
3.1. Localización geográfica.....	32
3.1.1 Clima y temperatura.....	33
3.2 Colecta de semillas de granadillo.....	33
3.2.1 Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la germinación	33
3.2.2 Respuesta de la germinación al fotoperiodo	35
3.2.3 Germinación <i>in vitro</i>	35
3.3 Colecta de semillas de caoba.....	36
3.3.1 Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la germinación	36
3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	42
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
4.1 Pruebas de calidad inicial de semillas de granadillo	55
4.2 Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la germinación	55
4.3 Respuesta de la germinación al fotoperiodo	62
4.4 Germinación <i>in vitro</i>	64
4.5 Pruebas de calidad de semilla de caoba.....	66

4.6 Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la germinación	67
5. CONCLUSIONES.....	73
6. LITERATURA CITADA	74
7. ANEXOS.....	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de las semillas. Hidroponía (2018).....	9
Figura 2. Origen y distribución de <i>Dalbergia granadillo</i> , según CONABIO, 2015.....	27
Figura 3. Distribución de la caoba en México. CONAFOR 2012.	29
Figura 4. Localización del área del experimento	32
Figura 5. Colecta de frutos de <i>Dalbergia granadillo</i> Pittier	37
Figura 6. Color de semillas de <i>Dalbergia granadillo</i> Pittier. A (Verde), B (Negra) y C (Marrón). D (Tamaño de semilla).....	38
Figura 7. Peso de 100 semillas de <i>Dalbergia granadillo</i> Pittier y prueba de germinación en papel	39
Figura 8. Cámara bioclimática en la FCA de Huehuetán	40
Figura 9. Germinación <i>in vitro</i> de semillas de <i>Dalbergia granadillo</i> Pittier.....	40
Figura 10. Peso y selección de semillas de <i>Swietenia macrophylla</i> King.....	41
Figura 11. Siembra y prueba de germinación de <i>Swietenia macrophylla</i> King.....	42
Figura 12. Viabilidad de semillas de <i>Dalbergia granadillo</i> Pittier durante su almacenamiento. Los promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes ($\alpha \leq 0.05$).....	58
Figura 13. Semillas viables en tono rojo intenso a rosada teñidas con TZ (lado izquierdo). Semillas inviables sin coloración (lado derecho)	59
Figura 14. Germinación de semillas de <i>Dalbergia granadillo</i> Pittier durante su almacenamiento. Los promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes ($\alpha \leq 0.05$).....	60
Figura 15. Proceso de germinación de semillas de <i>Dalbergia granadillo</i> Pittier	60
Figura 16. Correlación lineal de viabilidad y germinación de semillas de <i>Dalbergia granadillo</i> Pittier.....	61
Figura 17. Viabilidad y germinación de semillas de <i>Dalbergia granadillo</i> Pittier durante su almacenamiento. Los promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes ($\alpha \leq 0.05$).....	61

Figura 18. Efecto de la luz sobre la germinación de semillas de <i>Dalbergia granadillo</i> Pittier durante su almacenamiento. Los promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes ($\alpha \leq 0.05$)	63
Figura 19. Semillas inviables de <i>Dalbergia granadillo</i> Pittier sin coloración (lado izquierdo), semillas viables en tono rojo intenso a rosada teñidas con TZ (lado derecho)	64
Figura 20. Germinación <i>in vitro</i> de semillas de <i>Dalbergia granadillo</i> Pittier en diferentes medios de cultivo. Los promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes ($\leq \alpha 0.05$)	65
Figura 21. Proceso de germinación <i>in vitro</i> de semillas de <i>Dalbergia granadillo</i> Pittier	65
Figura 22. Medios de cultivos usados para favorecer la germinación de semillas de <i>Dalbergia granadillo</i> Pittier, superior izquierda (A: MS al 100%), superior derecha (B: MS al 25%), inferior izquierda (C: MS al 100% más carbón activado) inferior derecha (D: Yasuda)	66
Figura 23. Viabilidad de semillas de <i>Swietenia macrophylla</i> King durante su almacenamiento. Los promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes ($\alpha \leq 0.05$)	70
Figura 24. Viabilidad de semillas de <i>Swietenia macrophylla</i> King a 8 meses después del almacenamiento	70
Figura 25. Germinación de semillas de <i>Swietenia macrophylla</i> King durante su almacenamiento. Los promedios con distinta letra son estadísticamente derentes ($\alpha \leq 0.05$)	72
Figura 26 Correlación lineal de viabilidad y germinación de semillas de <i>Swietenia macrophylla</i> King	72

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición del medio de cultivo MS y componentes orgánicos (Murashige y Skoog, 1962)	16
Cuadro 2. Taxonomía de <i>D. granadillo</i> Pitter	26
Cuadro 3. Taxonomía de <i>S. macrophylla</i> King	28
Cuadro 4. Calidad de semilla de <i>Dalbergia granadillo</i> Pittier -	55
Cuadro 5. Crecimiento (cm) del hipocótilo en respuesta a diferentes fotoperiodos...	63
Cuadro 6. Calidad de semilla de <i>Swietenia macrophylla</i> King	67
Cuadro 7. Contenido de humedad de semillas de <i>Swietenia macrophylla</i> King en diferentes periodos de almacenamiento.....	69

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza para la variable de germinación de semillas de <i>D. granadillo</i> Pittier 120 días después de la siembra	91
Anexo 2. Análisis de varianza para la variable de viabilidad de semillas de <i>D. granadillo</i> Pittier 120 días después de la siembra	91
Anexo 3. Análisis de varianza para la variable de contenido de humedad de semillas de <i>D. granadillo</i> Pittier 120 días después de la siembra	91
Anexo 4. Análisis de varianza para la variable de germinación de semillas de <i>D. granadillo</i> Pittier 5 días después de la siembra	92
Anexo 5. Análisis de varianza para la variable de germinación de semillas de <i>D. granadillo</i> Pittier 10 días después de la siembra	92
Anexo 6. Análisis de varianza para la variable de germinación de semillas de <i>D. granadillo</i> Pittier 15 días después de la siembra	92
Anexo 7. Análisis de varianza para la variable de longitud de radícula de <i>D. granadillo</i> Pittier 5 días después de la siembra	93
Anexo 8. Análisis de varianza para la variable de longitud de radícula de <i>D. granadillo</i> Pittier 10 días después de la siembra	93
Anexo 9. Análisis de varianza para la variable de longitud de radícula de <i>D. granadillo</i> Pittier 15 días después de la siembra	93
Anexo 10. Análisis de varianza para la variable de longitud de radícula de <i>D. granadillo</i> Pittier 20 días después de la siembra	94
Anexo 11. Análisis de varianza para la variable longitud de hipocótilo de <i>D. granadillo</i> Pittier 5 días después de la siembra	94
Anexo 12. Análisis de varianza para la variable longitud de hipocótilo de <i>D. granadillo</i> Pittier 10 días después de la siembra	94
Anexo 13. Análisis de varianza para la variable longitud de hipocótilo de <i>D. granadillo</i> Pittier 15 días después de la siembra	95

Anexo 14. Análisis de varianza para la variable longitud de hipocótilo de <i>D. granadillo</i> Pittier 20 días después de la siembra	95
Anexo 15. Análisis de varianza para la variable de germinación de <i>D. granadillo</i> Pittier 20 días después de la siembra en medios de cultivo	95
Anexo 16. Análisis de varianza para la variable de germinación de semillas de <i>S. macrophylla</i> King a un año después de la colecta	96
Anexo 17. Análisis de varianza para la variable de germinación de semillas de <i>S. macrophylla</i> King a 10 meses después de la colecta.....	96
Anexo 18. Análisis de varianza para la variable de germinación de semillas de <i>S. macrophylla</i> King a 8 meses después de la colecta.....	96
Anexo 19. Análisis de varianza para la variable de germinación de semillas de <i>S. macrophylla</i> King a 6 meses después de la colecta.....	97
Anexo 20. Análisis de varianza para la variable de germinación de semillas de <i>S. macrophylla</i> King a 4 meses después de la colecta.....	97
Anexo 21. Análisis de varianza para la variable de germinación de semillas de <i>S. macrophylla</i> King a 2 meses después de la colecta.....	97
Anexo 22. Análisis de varianza para la variable de viabilidad de semillas de <i>S. macrophylla</i> King a un año después de la colecta	98
Anexo 23. Análisis de varianza para la variable de germinación de semillas de <i>S. macrophylla</i> King a 10 meses después de la colecta.....	98
Anexo 24. Análisis de varianza para la variable de germinación de semillas de <i>S. macrophylla</i> King a 8 meses después de la colecta.....	98
Anexo 25. Análisis de varianza para la variable de germinación a 6 meses después de la colecta	99
Anexo 26. Análisis de varianza para la variable de germinación a 4 meses después de la colecta	99
Anexo 27. Análisis de varianza para la variable de germinación a 2 meses después de la colecta	99
Anexo 28. Análisis de varianza para la variable de contenido de humedad un año después de la colecta.....	100

Anexo 29. Análisis de varianza para la variable de contenido de humedad 10 meses después de la colecta.....	100
Anexo 30. Análisis de varianza para la variable de contenido de humedad 8 meses después de la colecta.....	100
Anexo 31. Análisis de varianza para la variable de contenido de humedad 6 meses después de la colecta.....	101
Anexo 32 Análisis de varianza para la variable de contenido de humedad 4 meses después de la colecta.....	101
Anexo 33. Análisis de varianza para la variable de contenido de humedad 2 meses después de la colecta.....	101

RESUMEN

El granadillo es una especie forestal tropical, considerado como una especie valiosa en México por su madera y rareza en el medio silvestre. La caoba es un árbol valorado como la especie maderable con mayor importancia económica, alto valor comercial y de mercado nacional e internacional en el neotrópico, es pilar de los aprovechamientos forestales de la industria maderera. Sin, embargo estas especies están sujetas a fuertes presiones antropogénicas disminuyendo las poblaciones naturales, por otra parte, sufren una pérdida rápida de viabilidad de las semillas durante su almacenamiento en condiciones ambientales, por lo tanto, en este trabajo se evaluó la calidad de semilla de granadillo y caoba durante su almacenamiento. La colecta de las semillas de granadillo se llevó a cabo en Cacahoatán, Chiapas y las de caoba fueron provenientes de una unidad productora de germoplasma forestal en el estado de Quintana Ro. Las variables de contenido de humedad, germinación y viabilidad se evaluaron a los 15, 30, 60 y 120 días después de la colecta de las semillas de granadillo, para las semillas de caoba se midieron cada dos meses durante un año. Se evaluó el efecto de la luz y el uso de medios de cultivo sobre la germinación de semillas de granadillo. Se beneficiaron y almacenaron las semillas de granadillo en condiciones ambientales ($28\pm 2^{\circ}\text{C}$) en envases resellables de plástico, por otro lado, las semillas de caoba se almacenaron en el ambiente y en refrigeración ($6\pm 2^{\circ}\text{C}$). Los resultados indican que la calidad de semilla de granadillo disminuye durante los primeros 30 días después de la colecta y beneficio. La luz tiene un efecto en el porcentaje y días a germinar en semillas de granadillo, por otra parte, el uso de medios de cultivo no incrementó el porcentaje de germinación con semillas recién colectadas. La calidad de semilla de caoba disminuyó con el paso del tiempo en ambas condiciones de almacenamiento, aunque la calidad se puede conservar en refrigeración ($6\pm 2^{\circ}\text{C}$) por un tiempo de 6 meses después de la colecta, por lo que existe la disponibilidad para su propagación.

Palabras clave: calidad de semilla, contenido de humedad, germinación, viabilidad.

ABSTRACT

The granadillo is a tropical forest species, considered a valuable species in Mexico for its wood and rarity in the wild. Mahogany is a tree valued as the timber species with the greatest economic importance, high commercial value and national and international market in the Neotropics, it is a pillar of the forest exploitation of the timber industry. However, these species are subject to strong anthropogenic pressures, decreasing natural populations, on the other hand, they suffer a rapid loss of seed viability during storage under environmental conditions, therefore, in this work, the quality of granadillo and mahogany seed was evaluated during storage. The collection of granadillo seeds was carried out in Cacahoatán, Chiapas and the mahogany seeds came from a forest germplasm producing unit in the state of Quintana Ro. The variables of moisture content, germination and viability were evaluated at 15, 30, 60 and 120 days after the collection of granadillo seeds, for mahogany seeds they were measured every two months for one year. The effect of light and the use of culture media on the germination of granadillo seeds was evaluated. The granadillo seeds were benefited and stored under ambient conditions ($28 \pm 2^{\circ}\text{C}$) in resealable plastic containers, on the other hand, the mahogany seeds were stored in the environment and in refrigeration ($6 \pm 2^{\circ}\text{C}$). The results indicate that the quality of granadillo seed decreases during the first 30 days after collection and processing. Light has an effect on the percentage and days to germinate in granadillo seeds, on the other hand, the use of culture media did not increase the germination percentage with freshly collected seeds. The quality of mahogany seed decreased with the passage of time in both storage conditions, although the quality can be preserved in refrigeration ($6 \pm 2^{\circ}\text{C}$) for a time of 6 months after collection, so there is availability for its propagation.

Keywords: seed quality, moisture content, germination, viability.

1. INTRODUCCIÓN

El árbol de granadillo o cocolobo (*Dalbergia granadillo*), especie forestal endémica de México, se encuentra en los estados de Chiapas, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nayarit y Oaxaca (CONABIO, 2017), se encuentra catalogado y enlistado en un estatus de peligro de extinción, tanto en la NOM-059- SEMARNAT- 2010 (SEMARNAT, 2010), como en los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies (CITES, 2016). La caoba (*Swietenia macrophylla* King) es una especie forestal que se distribuye naturalmente desde el sureste de México hasta la región amazónica de Sudamérica (Vester-Navarro, 2007), la comercialización de madera de caoba se encuentra regulada por el Apéndice II de la CITES (CITES, 2017).

Ambas especies son de interés económico por sus excelentes cualidades maderables, por otra parte, el grado de riesgo de extinción en que se encuentran; el granadillo se considera como una especie endémica y valiosa en México por las características de su madera, aunadas a su rareza en el medio silvestre, que la ha posicionado con un alto valor monetario, mayor que el de otras maderas preciosas como la caoba real o el cedro rojo. La madera de granadillo es apropiada para la fabricación de diferentes muebles e instrumentos musicales llegando a tener un buen precio de venta debido a sus características por su color, durabilidad, dureza y por el contenido de sustancias químicas, como pigmentos y alcaloides (Cervantes, 2016), por su parte la caoba, valorada como la especie maderable con mayor importancia económica, con alto valor comercial y de mercado nacional e internacional en el neotrópico debido a las características de su madera y su facilidad para trabajar, por sus diferentes usos: reforestación en zonas degradadas, empleada en sistemas agroforestales y apicultura (Negreros *et al.*, 2014), en México, la caoba es representada como especie pilar de los aprovechamientos forestales de la industria maderera (Cruz, 2003).

Sin embargo, hay una presión directa sobre las poblaciones naturales de estas especies, siendo afectadas por la sobreexplotación, el tráfico ilegal, la deforestación y la fragmentación de los hábitats, lo que conlleva a la disminución de las poblaciones e intensos cambios en la estructura del ecosistema, siendo más afectados los árboles adultos por el aprovechamiento selectivo de los mismos, impidiendo así la regeneración de la especie porque se extraen las fuentes de germoplasma, por ende, el suministro de semillas; además, la presencia de plagas en árboles jóvenes, la escasez natural, lento crecimiento, ha conllevado como altamente vulnerables a peligro de extinción (*op. cit*).

Por otro lado, estas especies sufren una pérdida rápida de viabilidad de las semillas durante su almacenamiento en condiciones ambientales, resalta la necesidad de realizar estudios alternativos que permitan la protección y difusión de la especie, bajo esta perspectiva y con el ánimo de contribuir al conocimiento para la conservación de las especies, aunado a la escasa información, falta de técnicas para el beneficiado, manejo, almacenamiento de semillas y su uso para la propagación, afectando la regeneración de granadillo y caoba. Por lo tanto, es necesario seleccionar previamente las fuentes de germoplasma y estudiar la calidad de las semillas, pues es la base fundamental de la propagación forestal, esta investigación puede contribuir a optimizar la cantidad de semillas a utilizar en la propagación y permitir conservar las especies forestales.

El almacenamiento de semillas es considerada como una alternativa para la conservación *ex situ* de especies propensas a algún grado de amenaza (Lascuráin *et al.*, 2009), la mayoría de las especies forestales presentan respuestas diferentes a las condiciones de almacenamiento, debido a las diferencias en sus atributo morfológicas y fisiológicos, una semilla de calidad debe ser viable ante condiciones ambientales extremas (Lallana, *et al.*, 2011); las semillas almacenadas requieren de ciertas condiciones, no estando presentes pueden perder la viabilidad y disminuir la germinación (Doria, 2010), por otro lado el almacenamiento de semillas es una forma efectiva de preservar el germoplasma forestal y de promover la reforestación, para ello se necesitan en condiciones controladas de temperatura, así prolongar por más tiempo la duración de su viabilidad y con esto mantener la diversidad genética, otra alternativa de conservar y/o reproducir estas especies es mediante el cultivo *in vitro*, esta puede ser una estrategia por permitir la multiplicación masiva de plantas (Engels y Visser, 2003; Rao *et al.*, 2007), por ello la germinación en medios de cultivo puede ser una opción factible para optimizar e incrementar la producción de plantas deseables.

Tomando en cuenta lo anterior, y con la finalidad de generar información sobre la propagación de granadillo y caoba, se plantea este proyecto de investigación y tiene como objetivo general evaluar la calidad de semilla almacenada de granadillo y caoba en el Soconusco, Chiapas, México. Esta información podrá ser útil para establecer medidas apropiadas para la conservación de los recursos genéticos en estas poblaciones y su disponibilidad para su propagación.

1.1 Objetivo General

Evaluar la calidad de semilla almacenada de *Dalbergia granadillo* Pittier y *Swietenia macrophylla* King.

1.1.1 Objetivos específicos

Evaluar la viabilidad y germinación de *Dalbergia granadillo* Pittier y *Swietenia macrophylla* King durante su almacenamiento.

Identificar la condición de almacenamiento de semillas de *Dalbergia granadillo* Pittier y *Swietenia macrophylla* King que permita facilitar la disponibilidad para su propagación

1.1.2 Hipótesis

El almacenamiento en temperatura ambiente influye negativamente en la viabilidad y germinación de semillas de caoba y granadillo.

La germinación de semillas de caoba y granadillo se mantiene por al menos 90 días después de su colecta.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Ecosistemas forestales en el mundo

Los ecosistemas forestales, además de ser los principales reservorios de la diversidad biológica, también proporcionan servicios y bienes de valor inestimable que son fundamentales para la sobrevivencia y bienestar de la vida humana. Aportan alimentos y recursos maderables y no maderables; captan el agua de lluvia que se infiltra en el suelo y alimenta manantiales, ríos, lagos y humedales; producen y mantienen en su lugar suelos fértiles; capturan el bióxido de carbono de la atmósfera atenuando el calentamiento planetario, y brindan belleza escénica (CONAFOR, 2012).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2020) evaluó los recursos forestales mundiales y afirma que el mundo tiene una superficie forestal total de 4.06 mil millones de hectáreas (31% de la superficie total de la tierra). El dominio tropical tiene la mayor proporción de los bosques del mundo (45%), seguido de los dominios boreales, templados y subtropicales. La tasa de pérdida neta de bosques disminuyó de 7,8 millones de ha por año en la década 1990-2000 a 5,2 millones de hectáreas al año en 2000-2010 y 4,7 millones de ha al año en 2010-2020. La deforestación continúa, pero a un ritmo más bajo, en el último período de cinco años (2015–2020), la tasa anual de deforestación se estimó en 10 millones de ha, frente a los 12 millones de ha en 2010-2015. Más del 90 por ciento de los bosques del mundo se han regenerado naturalmente.

A nivel mundial, alrededor de 1.150 millones de hectáreas de bosque se gestionan principalmente para la producción de madera y productos forestales no madereros (30 por ciento de todos los bosques), cerca del diez por ciento de los bosques del mundo se destina a la conservación de la biodiversidad (*op. cit.*).

2.1.1 Ecosistemas forestales en México

Según la CONAFOR (2018), México cuenta con una superficie de 137.8 millones de hectáreas cubiertas por algún tipo de vegetación forestal. De éstas, 65.7 millones de ha (47.7%) corresponden a superficie arbolada por bosques, selvas, manglares y otras asociaciones vegetales; 56.3 millones de hectáreas (40.8%) están cubiertas de matorral xerófilo, es decir, vegetación de zonas áridas y semiáridas; y otras áreas forestales cubren 15.8 millones de ha (11.5%). La situación de la cobertura forestal en nuestro país se ha reducido notablemente en las últimas décadas; sin embargo, de acuerdo con los reportes presentados ante la FAO, la deforestación de bosques y

selvas pasó de 354 000 ha/año en el periodo 1990-2000 a 155 000 ha/año en promedio en el periodo 2005-2010. Además de la deforestación, se estima que se degradan entre 250 y 300 mil hectáreas de bosques cada año (CONAFOR, 2012).

Las plantaciones forestales son un poderoso instrumento del que disponen los ingenieros forestales en sus permanentes esfuerzos por elevar la productividad por unidad de superficie, la única manera de conciliar la creciente demanda de productos y servicios forestales, por un lado, con el descenso de la superficie de tierra dedicada a la silvicultura por otro. La combinación de una preparación intensiva del terreno con la utilización de material de vivero uniforme y bien desarrollado, plantado con un espaciamiento uniforme, incrementa el crecimiento y el rendimiento, reduce la duración de la rotación, facilita los cuidados y la cosecha y mejora la calidad y uniformidad de la madera en comparación con el bosque natural, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2010).

Las plantaciones ofrecen también la posibilidad de utilizar a gran escala el material genéticamente mejorado. Aunque no se trata de sustituir indiscriminadamente todo el bosque natural por plantaciones, la utilización sensata de éstas puede reducir por sí misma, al ofrecer otra posible fuente de productos forestales, la presión que se ejerce sobre el bosque natural que aún existe y de esa manera contribuir a conservarlo como hábitat y fuente de diversidad genética.

2.2 Germoplasma y semillas forestales

La demanda de las semillas forestales está relacionada con la demanda de árboles según el fin de uso ya sea para reforestación, plantación, etc., así mismo está en función en las exigencias de sus productos forestales obtenidos. Para plantaciones comerciales la demanda de semillas presenta una demanda inelástica. Uno de los factores determinantes de la demanda de semillas, depende de la cantidad que se va a plantar, esto determinara el número de plántulas por hectárea y el porcentaje de replante esperado (CONAFOR, 2010).

Según la CONAFOR (2015) el germoplasma forestal es el material vegetal vivo, en forma de semillas, esporas, bulbos, tejidos, polen, etc., que contiene la estructura portadora de todas las características hereditarias de una especie. Se recolecta y se conserva con fines de producción y/o conservación, según sea el interés nacional o de la sociedad, mediante proceso científico, este material se preserva y aprovecha para conservar ciertas especies vegetales o para hacerlas de mejor calidad, más resistentes y productivas, más adaptables a ciertos climas, entre otras características que se

pueden potenciar. Pimentel (2009) reporta que el germoplasma puede ser por reproducción sexual (semillas) y/o reproducción asexual (acodos, estacas, tejidos, etc). La importancia del germoplasma forestal como soporte de desarrollo de la actividad forestal, lleva a la utilización frecuente de algunos términos forestales que no siempre son empleados adecuadamente (Delouche, 2002).

2.2.1 Importancia del germoplasma forestal

Según CONAFOR (2012), el material vegetal vivo se preserva y aprovecha para conservar ciertas especies vegetales o para hacerlas de mejor calidad, más resistentes y productivas, más adaptables a ciertos climas, entre otras características que se pueden potenciar:

- 1) Preservación de especies
- 2) Producción de plantas de calidad
- 3) Experimentación de mejora de diferentes especies
- 4) Información genética
- 5) Herencia
- 6) Nuevas necesidades como la sustitución de recursos.

2.3 Conservación de recursos genéticos forestales

Los recursos genéticos forestales, son el material hereditario que se encuentra dentro y entre arbustos y árboles que tienen un valor social, científico, ambiental o económico real o potencial. Los RGF son fundamentales para los procesos de adaptación y evolución de los bosques y los árboles, así como para mejorar su productividad (Mallén, 2014). La conservación y gestión sostenible de los RGF es, por lo tanto, una cuestión básica para garantizar que las generaciones actuales y futuras continúen beneficiándose de los bosques, en general, y de sus componentes, en particular.

Lascuraín *et al.* (2009) mencionaron que la conservación de la flora se desarrolla en dos formas básicas: dentro del hábitat natural o conservación *in situ* y fuera del mismo, es decir, conservación *ex situ*. Así mismo la FAO (2007) indica que la conservación *ex situ* de los recursos genéticos de árboles forestales trata principalmente del muestreo y el mantenimiento de la mayor cantidad posible de variación genética que existe dentro de y entre las poblaciones de las especies seleccionadas. Por otro lado, Vargas (2003) señala que la conservación *ex situ* considera reducir la presión sobre los recursos forestales, el riesgo de extinción de especies o poblaciones, en algunos casos con el propósito de restablecer poblaciones nuevas en el hábitat natural y que puede

hacerse de muchas formas, tales como bancos de germoplasma, archivos genéticos en campo y almacenamiento de tejidos en instalaciones especiales.

2.3.1 Banco de germoplasma

La conservación de material biológico por excelencia se realiza en bancos de germoplasma, cuyo objeto es la conservación de la biodiversidad. Son recintos clave para evitar que se pierda la diversidad genética por la presión de factores ambientales, físicos y biológicos, y antropológicas (CICY, 2013). Los bancos de germoplasma de todo el mundo poseen colecciones muy diversas de recursos fitogenéticos, y su objetivo general es la conservación a largo plazo y la accesibilidad del germoplasma vegetal para los fitomejoradores, investigadores y otros usuarios (FAO, 2014).

El primer banco formal de germoplasma forestal en México se estableció en los años de 1960, con apoyo de la FAO, en el entonces Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (INIF). El principal énfasis de ese banco de germoplasma fue el estudio y la conservación de semillas de especies de coníferas, fundamentalmente especies de *Pinus*, debido al gran interés internacional por los pinos mexicanos en ese entonces (Vargas, 2003).

Engels y Visser (2003) indican de manera general dos objetivos de conservación de germoplasma: conservar material a largo plazo, con la intención de preservar la información genética de las accesiones y mantener el material que está actualmente en uso o que se usará pronto.

2.4 La semilla

Es la estructura mediante la que realizan la propagación las plantas. Se produce la maduración de un óvulo de una gimnosperma o angiosperma. Una semilla contiene un embrión del que puede desarrollarse una nueva planta bajo condiciones apropiadas. Pero también contiene una fuente de alimento almacenado y está envuelto en una cubierta protectora (Trujillo, 1995).

Según Nieto (2005) la semilla es la fase de la vida de una planta que está mejor adaptada para resistir las condiciones ambientales adversas. La semilla es el reino vegetal, constituyen en el órgano resultado de la unión de gametos femenino y masculino en la fecundación, teniendo como principal función la diseminación, dispersión, reproducción sexual y almacenamiento de reservas de los vegetales.

2.4.1 Estructura de la semilla

Una vez producida la fecundación, comienza el desarrollo del embrión, a partir del cigoto que es un proceso bastante complejo. Las semillas de la mayoría de las especies se encuentran dentro de los frutos hasta llegar a la madurez, aunque a veces es difícil distinguirlas como unidades diferentes, coincidiendo morfológicamente el frutos y semillas (Navarro y Gálvez, 2001).

Partes de las semillas:

Embrión. Corresponde al elemento esencial, ya que es el germen de la nueva planta, en él se diferencian un primordio de la raíz (radícula), el meristemo apical del vástago (epicótilo) y los cotiledones fijados en el eje embrionario (hipocótilo).

Endospermo. Es un tejido de almacenamiento de sustancias nutritivas, presentándose en forma de un tejido organizado (semillas endospermicas o albuminosas) o es sustituido por los cotiledones como órganos de reserva (semillas no endospermicas o exalbuminosas).

Perispermo. Tejido diploide procedente de la nucela que se presenta en diversas cantidades en las semillas de algunas especies.

Cubiertas seminales. Las cubiertas de las semillas proporcionan protección mecánica al embrión haciendo posible su transporte (dispersión) y almacenamiento (dormancia). Estas cubiertas en casos contienen sustancias reguladoras del proceso de germinación.

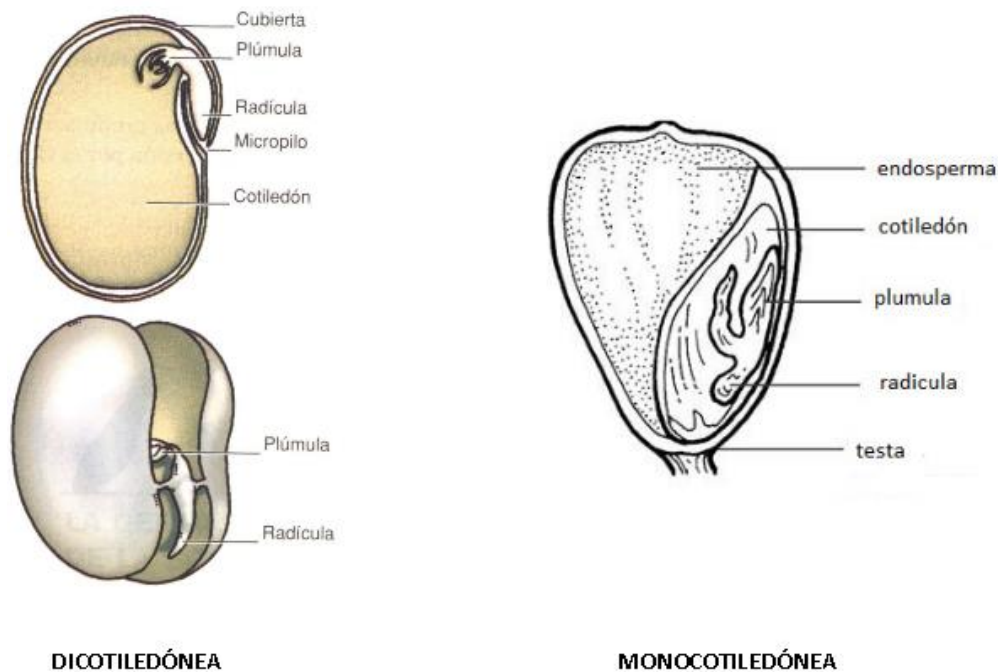


Figura 1. Estructura de las semillas. Hidroponía (2018)

2.4.2 Almacenamiento de semillas

Para que las semillas puedan germinar en la siembra, estas deben estar vivas; sin embargo, como cualquier organismo, también envejecen y mueren. El almacenamiento se puede considerar como el proceso de conservación de semillas vivas desde su recolección hasta su siembra (Meza, 2009).

La FAO (2019) reporta que el propósito del almacenamiento de semillas es mantenerlas en buenas condiciones físicas y fisiológicas, desde la cosecha hasta la siembra. La mayor parte de las semillas pasa tiempo entre la colecta y la siembra; las semillas tienen que guardarse en algún lugar durante este período y el almacenamiento, por lo tanto, es necesario. En el caso de algunos cultivos, las semillas se pueden sembrar casi de inmediato después de la cosecha, y hace falta poco o nada de almacenamiento. Por ejemplo, en algunos países las semillas de un cultivo en particular se pueden cosechar en las tierras altas y después, casi de inmediato, sembrar en las tierras bajas, o algunos cultivos, como el arroz, se pueden producir dos o tres veces al año, con lo que se reduce el período de almacenamiento de las semillas (*op. cit.*).

El almacenamiento de semillas puede tener vital importancia cuando la cosecha de semillas no es similar, es decir cuando no es posible contar con una cantidad constante cada temporada. Muchas especies poseen hábitos de fructificación que no son anuales, en este caso, en los años de buena producción, se requiere cosechar gran cantidad, que considere tanto la siembra de esa temporada como de las siguientes. En ocasiones es necesario almacenar por períodos más cortos, ya que la fecha de recolección de las semillas no coincide con la época de siembra (Sandoval, 2000).

Las semillas generalmente presentan condiciones de madurez fisiológica, la máxima calidad en términos de germinación y vigor, a partir de este momento ocurre un deterioro progresivo de la calidad de las mismas. El almacenamiento es fundamental para las especies, cuyas semillas pierden rápidamente su calidad fisiológica, principalmente cuando no pueden ser sembradas luego de la colecta. Las condiciones fundamentales para el almacenamiento de las semillas, son la humedad relativa y la temperatura del ambiente de almacenamiento. Durante el almacenamiento, la respiración de las semillas debe mantenerse en el nivel mínimo, ya que estos dos factores influyen directamente en la velocidad de respiración de las semillas (Oliva *et al.*, 2014).

Rao *et al.* (2007) indicaron que los bancos de semillas constituyen uno de los métodos más convenientes de conservación para la mayoría de las especies que se reproducen por semilla, ya que permiten almacenar una gran variabilidad genética en forma económica y práctica. La FAO e IPGRI (1994) menciona que las colecciones base de especies cuya semilla puede conservarse deben almacenarse en condiciones óptimas, de preferencia a -18°C . Sin embargo, las semillas de algunos cultivos permanecerán viables durante muchos años alrededor de los 4°C , con tal que su contenido de humedad sea suficientemente bajo y las semillas estén en recipientes especiales, como las bolsas de aluminio herméticamente sellados (FAO e IPGRI, 1994).

2.4.2.1 Potencial del almacenamiento de semillas

La respuesta al almacenamiento es una característica particular de las semillas que debe ser considerada a lo largo de todo el proceso de recolección. Ésta resulta fundamental debido a que determina la calidad final de la muestra y determina también el tipo de manejo que recibirán las semillas, en las etapas de transporte, procesamiento y almacenamiento tanto en campo como en laboratorio. Ésta es una respuesta fisiológica de las especies a la pérdida de humedad, y permite distinguir dos grandes grupos de semillas (INIA, 2014).

Las semillas difieren en su sensibilidad al secado y a la temperatura; algunas semillas pierden su viabilidad una vez que alcanzan cierto nivel de contenido de humedad. La humedad de la semilla es un factor crítico para determinar la viabilidad y longevidad de todos los tipos de semillas. Por esta razón, es fundamental identificar el tipo de semilla antes de considerar el método de almacenamiento. En cuanto a la longevidad de las semillas y los efectos del secado y el almacenamiento en la germinación, existen diferentes categorías de semillas:

- Semillas ortodoxas, de larga vida, pueden secarse hasta un contenido de humedad del 5% (es decir, inferior a lo que normalmente alcanzarían en la naturaleza) sin sufrir daños, se pueden empaquetar y toleran la congelación. La longevidad de las semillas ortodoxas aumenta con la reducción del contenido de humedad y la temperatura en una amplia variedad de entornos de almacenamiento. La conservación ex situ de semillas ortodoxas, por lo tanto, no es problemática. Ejemplos de semillas ortodoxas que pueden conservarse secas durante períodos prolongados son la mayor parte de los cultivos anuales y bienales (la mayoría de los cereales y las legumbres) y muchas semillas de hortalizas, por ejemplo: lechuga, repollo y semilla de canola (FAO, 2019).
- Semillas recalcitrantes, de corta duración, no se pueden secar a menos del 20% o 30% sin perjuicio, no toleran la congelación y, por lo tanto, no son susceptibles de almacenamiento prolongado. La conservación ex situ de semillas no ortodoxas es problemática y, por esta razón, las plantas que producen las semillas recalcitrantes se conservan en formas de crecimiento en vez de como semillas. Las especies recalcitrantes pertenecen sobre todo a árboles y arbustos; ejemplos comunes de plantas que producen semillas recalcitrantes son el aguacate, cacao, coco, mango, papaya y nogal. Las semillas recalcitrantes generalmente son más grandes que las semillas ortodoxas; de hecho, las semillas grandes a menudo tienen un alto contenido de aceite o humedad y generalmente son recalcitrantes en su comportamiento de almacenamiento (*op. cit.*).
- Semillas intermedias, no se ajustan plenamente a una categoría ortodoxa ni a la recalcitrante, tienen una tolerancia limitada al secado, pero son sensibles a las temperaturas de congelación. Ejemplos: semillas relativamente pequeñas agroforestales, como la de los cítricos, el café, el guayabo y el anacordo, (*op. cit.*).

2.5 Calidad de semilla

Según la FAO y AfricaSeeds (2019): expresaron el grado en que un determinado lote de semillas cumple las normas establecidas respecto a ciertos atributos que determinan la calidad de las semillas. La calidad de semilla es un conjunto de características deseables, que comprende varios atributos que refieren a la conveniencia o aptitud de la semilla para sembrarse, el número de características y/o cualidades no es estático, y que evoluciona constantemente conforme avanza el conocimiento y la tecnología, está dada fundamentalmente por su capacidad para germinar y producir una planta normal y determinada por un complejo de condiciones, que son el producto de las interacciones más favorables entre las posibilidades genéticas de la especie y el medio en el cual las semillas se producen, cosechan, procesan y almacenan (Doria, 2010).

Una de las principales habilidades en operaciones de emergencia es el suministro de semilla de calidad de las plantas y variedades adecuadas a los productores de manera oportuna, a fin de incrementar su seguridad en materia de semillas y su seguridad productiva. La calidad de las semillas es crítica para la producción agropecuaria; una semilla pobre limita el potencial de rendimiento y reduce la productividad de la mano de obra (FAO, 2014).

Menciona la FAO, (2019) que la calidad de semillas puede subdividirse en cuatro cualidades básicas:

- Genético: se refiere a las características genéticas específicas de la variedad de la semilla (pureza genética).
- Físico: tiene que ver con la condición de la semilla en el lote de específico de semillas (pureza física, presencia de otras semillas y contenido de humedad).
- Fisiológico: se refiere al rendimiento de las semillas (germinación, viabilidad y vigor).
- Sanidad: se refiere a la presencia de enfermedades y plagas en un lote de semillas.

2.5.1 Longevidad de semillas

La longevidad de las semillas depende de su calidad inicial, contenido de humedad y de la temperatura durante el almacenamiento. En general, un contenido de humedad bajo y una temperatura baja reducen la pérdida de viabilidad en las semillas. Para prolongar la viabilidad de las semillas durante el almacenamiento, se pueden utilizar diferentes combinaciones entre contenido de humedad y temperatura (Rao *et al.*, 2007).

La longevidad de las semillas, es decir, el período en que las semillas se mantienen viables durante su permanencia en el almacenamiento, está determinado por el potencial de almacenamiento genético y fisiológico de la especie y por manejo durante el almacenamiento, así como por la interacción entre los factores particulares (Navarro, 2001).

El proceso de deterioro ocurre en la semilla relativamente seca y se expresa durante la rehidratación de la misma. Al respecto, Castillejos (2019) describe los procesos que determinan el deterioro: acumulación de productos deletéreos relacionados con el rompimiento de macromoléculas que inactivan tanto a enzimas como a los ácidos nucleicos o bien la aparición de membranas no funcionales y la acumulación de sustancias mutagénicas; deterioro causado por el desgaste natural, en el cual se considera que un incremento en el uso de organelos, células y órganos, causan reducción general de su capacidad de funcionamiento; y mutaciones somáticas que aumentan en frecuencia con la edad de la semilla.

2.5.2 Latencia de semillas

Varela y Arana (2011) expresan que es la incapacidad de una semilla intacta y viable, de germinar bajo condiciones de temperatura, humedad y concentración de gases que serían adecuadas para la germinación, así mismo mencionan Lallana *et al.*, (2005) que la dormición de semillas es una propiedad adaptativa que les permite retener su viabilidad durante períodos prolongados de tiempo, lo que les permite sobrevivir en condiciones adversas. Además, esta adaptabilidad de las semillas se puede presentar en dos condiciones, según Doria (2010), las semillas no germinan porque las condiciones no son las más apropiadas para ello (latencia impuesta). Las semillas no germinan, aunque se encuentren en un ambiente favorable, al existir ciertas condiciones propias que se lo impiden (latencia innata).

2.5.2.1 Clasificación de latencia

El nivel de latencia varía con la procedencia de las semillas, con el año de cosecha y varía incluso dentro de un mismo lote de semillas (op. cit) indica que, dependiendo el origen de la latencia, se reconocen dos tipos de latencia: latencia innata o endógena y latencia impuesta o exógena.

Latencia innata o endógena, se presenta en las semillas que, durante su fase de desarrollo y maduración, el embrión no llegó a completar su desarrollo, siendo incapaz de germinar, por lo que son embriones no desarrollados o rudimentarios (Varela y

Arana, 2011), en ciertas semillas, la germinación es impedida por un mecanismo fisiológico inhibidor., lo cual los embriones disminuyen su actividad, en algunas semillas, es inducida principalmente por las cubiertas de las semillas y los tejidos de almacenamiento circundante (Lallana *et al.*, 2005).

Latencia impuesta o exógena, se presenta en semillas con cubierta seminal dura, lo que hace difícil la permeabilidad del agua, en otros casos los embriones están encerrados en capas impermeables (endocarpios leñosos), lo que impide la expansión del embrión, pues se encuentra aislado, existen semillas que presentan sustancias inhibitoras de la germinación, que se acumulan, ya sea en la testa o en el pericarpo de los frutos, esto sucede con *Byrsonima crassifolia* L. (*op, cit*).

2.6 Propagación *in vitro*

La propagación de especies forestales en condiciones *in vitro* permite conservar y micropropagar material vegetal específico y ofrece nuevas herramientas que se suman a las clásicas de la silvicultura, para cumplir dos objetivos básicos de la gestión forestal: mantenimiento de la diversidad de los bosques naturales para la conservación y la utilización de los recursos genéticos y mejoramiento genético en las plantaciones forestales (Martínez *et al.*, 2010).

Para la propagación *in vitro* de especies forestales es necesario utilizar material vegetal establecido en casas de cultivo y viveros que permitan reducir la incidencia de microorganismos patógenos y saprofitos y así obtener una respuesta rápida del explante. Los tejidos vegetales a cultivar deben proceder de plantas jóvenes. Las características del explante y su procedencia son importantes para lograr la homogeneidad necesaria en las plantas propagadas *in vitro* (de Fera *et al.*, 2008; Cantillo *et al.*, 2011).

2.6.1 Cultivo *in vitro* de semillas

El cultivo *in vitro* para la germinación de semillas es el procedimiento más frecuente para propagar las plantas, puesto que asegura una buena germinación, es una alternativa viable de producción de plantas, con ello se mejorarla respuesta a la germinación, tanto por aumento del porcentaje de plántulas obtenidas como por la disminución del tiempo necesario para ello (Cantos *et al.*, 1998). McKendrick, (2000) menciona que la germinación *in vitro* se reproducen semillas en frascos de vidrio o plástico sobre un medio de agar nutritivo que contiene los azúcares y minerales necesarios para que las semillas germinen y crezcan obteniendo un mayor número de

plantas que pueden ser cultivadas en un período de tiempo relativamente menor, por otro lado, Cantos *et al.* (1998) enumeran las ventajas de la germinación *in vitro* respecto a la producida en condiciones naturales:

1. inhibición total de la germinación, 2. aumentar la tasa de germinación, 3. reducir el tiempo y 4. homogeneizar la germinación.

El cultivo *in vitro* es una técnica de cultivo de plantas en un ambiente artificial, con dos características fundamentales: la asepsia y el control de los factores que afectan el crecimiento, exige un control específico del ambiente físico como químico, en el que se sitúa a la semilla o explante (Castillo, 2008).

Ventajas del cultivo *in vitro* en la propagación:

- 1) proporciona de una manera rápida plántulas que sirven como fuente de explantes para llevar a cabo la micropropagación;
- 2) es una manera de conservar plántulas con variabilidad genética natural, y
- 3) es un método que permite la germinación de semillas que de forma natural no lo hacen o es muy difícil de hacer en condiciones normales

2.6.2 Medio de cultivo

El medio de cultivo es el sustrato en el cual se desarrollan células, tejidos y órganos, luego de ser aislado de la planta madre. Estos contienen una combinación de nutrientes como: sales orgánicas, carbohidratos, vitaminas, aminoácidos y agua suplementados con reguladores de crecimiento y ocasionalmente con otras sustancias (CIAT, 1991).

Cuadro 1. Composición del medio de cultivo MS y componentes orgánicos (Murashige y Skoog, 1962)

Macronutrientes	
NH ₄ NO ₃	1650 mg·L ⁻¹
KNO ₃	1900 mg·L ⁻¹
MgSO ₄ ·7H ₂ O	370 mg·L ⁻¹
CaCl ₂ .aq	440 mg·L ⁻¹
KH ₂ PO ₄	170 mg·L ⁻¹
Micronutrientes	
KI	0.83 mg·L ⁻¹
H ₃ BO ₃	6.2 mg·L ⁻¹
MnSO ₄ ·4H ₂ O	22.3 mg·L ⁻¹
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	8.6 mg·L ⁻¹
Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	0.25 mg·L ⁻¹
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.025 mg·L ⁻¹
CoCl ₂ ·6H ₂ O	0.025 mg·L ⁻¹
Na ₂ .EDTA	37.3 mg·L ⁻¹
FeSO ₄ ·7H ₂ O	27.8 mg·L ⁻¹
Vitaminas y componentes orgánicos	
Inositol	100
Ácido nicotínico	0.5 mg·L ⁻¹
Piridoxina HCL	0.5 mg·L ⁻¹
Tiamina HCL	0.1 mg·L ⁻¹
Sacarosa	30 g
Ph	5.8

2.7 Reguladores del crecimiento vegetal

Los reguladores de crecimiento vegetal son compuestos sintetizados químicamente u obtenidos de otros organismos, son similares a las fitohormonas y cumplen un papel importante en la regulación de diferentes procesos bioquímicos a nivel celular en los organismos vegetales (Alcántara *et al.*, 2019). Rojas y Rovalo (1985), definen a un fitorregulador como un compuesto químico capaz de intervenir en el metabolismo de las plantas y que actúan en muy pequeñas concentraciones para activar o deprimir algunos procesos del desarrollo. Estos suelen ser naturales, si los produce la propia planta, o sintéticos si no lo es así. Pueden ser endógenos, si se producen en la planta misma, o exógenos, si se aplican externamente.

2.7.1 Hormonas del crecimiento vegetal

Las fitohormonas son moléculas sintetizadas por células especializadas de las plantas que actúan como reguladores químicos de las mismas, estas se originan en lugares específicos de la planta y se desplazan a otros sitios para provocar algún efecto y son capaces de regular de manera predominante efectos fisiológicos definidos y actúan dependientes de la concentración, aunque generalmente provocan un efecto a muy bajas concentraciones (Quilambaqui, 2003). Las hormonas vegetales como compuestos naturales producidos en las plantas y son las que definen en buena medida el desarrollo (Díaz, 2017). Se sintetizan en una parte u órgano de la planta a concentraciones muy bajas (< 1 ppm) y actúan en ese sitio o se translocan a otro en donde regulan eventos fisiológicos definidos (estimulan, inhiben o modifican el desarrollo).

Según Fichet, (2017), las principales características de las fitohormonas son las siguientes:

- a. Señales químicas que facilitan la comunicación entre células y coordinan sus actividades.
- b. El control de la respuesta hormonal se lleva a cabo a través de cambios en la concentración y sensibilidad de los tejidos a las FH.
- c. Las funciones de las FH se cubren ampliamente, por lo que la regulación que ejercen debe contemplarse desde la perspectiva de una interacción entre los distintos grupos de FH (control hormonal).
- d. No hay glándulas específicas, una misma fitohormona puede sintetizarse en diferentes puntos de la planta (cualquier órgano de la planta tiene capacidad para sintetizar FH).
- e. No hay siempre transporte de FH, actúan sobre células vecinas sin haber transporte a larga distancia.
- f. No hay efectos específicos, una misma FH actúa sobre varios procesos y sobre un proceso específico actúan muchas fitohormonas.

2.7.1.1 Auxinas

Las auxinas fueron las primeras fitohormonas identificadas y es precisamente el ácido indol acético AIA, la principal auxina endógena en la mayoría de las plantas (Srivastava, 2002). Los principales puntos de acción se encuentran a nivel celular, donde tienen la capacidad de dirigir e intervenir en los procesos de división, elongación y diferenciación celular. Se encuentran en la planta en mayores cantidades en las

partes donde se presentan procesos activos de división celular (McSteen y Zhao 2008). Es considerada como un tipo de morfógeno capaz de inducir la diferenciación celular de órganos como raíces, tallos y hojas, y así mismo, dará origen a ellos (George *et al.*, 2008).

Síntesis y degradación

Jordan y Caseretto (2006) mencionan que las auxinas se encuentran en todos los tejidos de la planta, una mayor concentración ocurre en las regiones que están en crecimiento activo. La síntesis de IAA ocurre principalmente en meristemos apicales, hojas jóvenes y frutos en desarrollo. Las plantas usan dos rutas biosintéticas para producir IAA, una dependiente del triptófano (Trp) y otra independiente de él, siendo la primera la más importante y de la que se tiene más información.

La síntesis de IAA puede derivar del triptófano por cuatro vías: (1) por descarboxilación para producir triptamina (TAM), (2) por oxigenación para originar indolacetamida (IAM); (3) por transaminación para producir ácido indol-3-pirúvico (IPA) y (4) por oxigenación para producir indol-3-acetaldoxima (IAOx). El ápice de los tallos es sin duda el tejido por excelencia donde se sintetiza IAA y de donde se puede establecer un gradiente de la hormona hasta la base. Las semillas en desarrollo también son una importante fuente de auxinas. Niveles altos de IAA se encuentran en semillas de maíz antes de entrar en la etapa de maduración. Al madurar, el IAA se encuentra como formas conjugadas. En frutos, el contenido en IAA tiende a aumentar después de la polinización (*op. cit.*).

Efectos fisiológicos

División y elongación celular, aumento del contenido osmótico celular, permeabilidad celular, de producción proteica, formación y elongación de tallos, aumento de la dominancia apical, favorecen ramificación radical regulación de tropismos, retrasa la abscisión de órganos, estimula el desarrollo de flores y frutos, genera diferenciación vascular (Pfluger y Zambryski, 2004, Fichet, 2017).

2.7.1.2 Citocininas

Las citoquininas han sido consideradas estructuralmente como derivadas de adeninas o purinas, y dentro de este grupo se incluyen la kinetina, zeatina y benzilaminopurina (Sakakibara, 2006). La zeatina, primera citocinina natural descubierta en 1963 por

Lethan, fue obtenida del endospermo del grano de maíz. Las citocininas en presencia de las auxinas generan diferentes en las plantas por lo que una concentración similar de la relación auxinas-citoquininas puede inducir la proliferación de células no diferenciadas, mientras que una mayor concentración de auxinas podría generar un incremento en la producción de raíces, una concentración mayor de citoquininas puede inducir una mayor producción de brotes vegetales, lo cual puede sugerir que una concentración ideal de ambas fitohormonas en un medio de cultivo estable o en un sustrato adecuado podrían mejorar y acelerar el crecimiento vegetal (Bottini *et al.*, 2004; Ferraro, 2014 y Salazar *et al.*, 2018).

Síntesis y degradación

Todas las citocininas naturales se generan a partir de DMAPP (vía del ácido mevalónico) y 5'-AMP y su síntesis acontece principalmente en la raíz, aunque también en el meristema apical y en semillas inmaduras (Kakimoto, 2003). La mayoría de las citocininas naturales y artificiales conservan la base adenina, aunque a las segundas se les ha ligado diversas moléculas, generándose así, por ejemplo, la benciladenina (BA) o la furfurilaminopurina (kinetina). Las citocininas naturales pueden existir como hormonas activas con la base de adenina libre o como formas conjugadas con azúcares, como la ribosa o ribosa 5- fosfato enlazadas al N9 de la base adenina. Las citocininas se localizan en ambos sistemas conductores, floema y xilema y su presencia se considera como una posible señal vinculada con un déficit de nutrientes en el suelo (Jordán y Caseretto, 2006).

Las citocininas se encuentran tanto en el apoplasto como en el simplasto, de manera que se asume la existencia de transportadores específicos a este nivel. Se ha demostrado que estas hormonas son primero percibidas por proteínas histidina-quinazas y que la transducción de la señal por ellas provoca una fosforilación en su porción conservada y con transferencia del grupo fosforilo a un regulador de respuesta más distante, regula a su vez regula la cascada de señales río abajo (Kakimoto, 2003).

Efectos fisiológicos

Promueven la división celular, provocan la organogénesis y androgénesis, retrasan la senescencia de órganos, activan yemas laterales en dormancia, esto conlleva a la producción y elongación de raíces, estimulan desarrollo fotomorfogenico vegetal, estimula la generación de brotes axilares a nivel vegetal, inducen la partenocarpia de algunos frutos (Smith y Atkins 2002).

2.7.1.3 Giberelinas

Conocida también como ácido giberélico, El compuesto activo se aisló del hongo *Gibberella fujikuroi* por Eichi Kurosawa en 1926 por lo que se denominó “giberelina” y este promovió un incremento en altura, aunque con fuerte merma en la producción de grano. Malonek *et al.* (2005) reportan que el mayor crecimiento se debió al alto contenido de la hormona de crecimiento producido por el ataque fúngico. La giberelina más conocida y estudiada es el ácido giberélico (AG3). A pesar de que se han identificado más de 100 distintas giberelinas, son muy pocas las que presentan actividad biológica (*op. cit.*).

Síntesis y degradación

Se derivan en una secuencia de síntesis a partir del isopreno, denominada vía o ciclo de los terpenoides, precursora de varias otras hormonas promotoras y/o de función inhibitoria. Una primera fase importante es la formación de la molécula de kaureno, la cual es la molécula precursora del GA12-aldehído; siendo ésta a su vez precursora natural de las más de 100 giberelinas conocidas por hoy. La síntesis de GAs ocurre en varios lugares, sin considerar la situación específica en semillas de cereales. En plántulas, la síntesis y presencia de altos contenidos de estas hormonas se detecta en hojas y yemas en activo crecimiento y en material adulto a nivel de frutos, y en menor medida en raíces, de manera endógena durante el proceso de germinación y desarrollo apical en las plantas (Lozano, 2014).

Efectos fisiológicos

Estimula elongación celular en respuesta a condiciones de luz y oscuridad, promueve el crecimiento embrionario, provocando la elongación de raíces, hojas jóvenes, floración, el desarrollo de inflorescencias y la floración, inducción de germinación de las semillas y tiene alta capacidad estimulante en el crecimiento embrionario, promueven el desarrollo de muchos frutos, inducen la partenocarpia (Peng y Harberd, 2002., Gupta *et al.*, 2013).

2.7.1.4 Etileno

Es un hidrocarburo insaturado gaseoso que es invisible al ojo humano, con actividad biológica, producida por todas las plantas, algunos hongos, levaduras y bacterias, siendo un gas puede moverse rápidamente por los tejidos, no tanto por transporte sino por difusión. (Srivastava, 2002).

Síntesis y degradación

El etileno se sintetiza mediante el ciclo de la metionina o de Yang a partir del aminoácido metionina, primero se da la conversión de metionina a S-adenosil-L-metionina (SAM) catalizada por la enzima SAM sintetasa, luego se presenta la formación de 1-aminociclopropano-1-ácido carboxílico (ACC) a partir de SAM mediante la enzima ACC sintasa (ACS) y finalmente la conversión de ACC a etileno, catalizada por la ACC oxidasa (ACO) (Bradford y Yang, 1980).

El etileno se produce de manera natural en órganos senescentes y durante el proceso de la maduración de la fruta, también se sintetiza cuando los vegetales se encuentran bajo algún tipo de estrés; por ejemplo, cuando la planta se lesiona, ya sea mecánicamente o por el ataque de alguna enfermedad (INTAGRI, 2018)

Efectos fisiológicos.

Expansión celular, epinastia, quiebre de la dormancia en semillas y yemas, inducción de floración, aceleración de la senescencia y caída de hojas y flores. Regula la maduración y senescencia de los frutos (Jordan y Caseretto, 2006), mejora las características organolépticas de los frutos y provoca la senescencia de los tejidos (Bapat *et al.*, 2010).

2.7.1.5 Ácido abscísico

Es una hormona de tipo sesquiterpenoide particularmente importante en la respuesta a estrés y desempeña un papel importante en procesos fisiológicos, cuyos efectos varían dependiendo del tejido y estado de desarrollo de la planta. ABA es un compuesto que existe naturalmente en algas, musgos e incluso algunos hongos y superiores (Cruz *et al.*, 2010). El ABA ha sido llamado “la hormona del estrés”, ya que incrementa la adaptación de las plantas al estrés térmico (bajas temperaturas) y salino. También participa en las respuestas de la planta ante el déficit hídrico (INTAGRI, 2021)

Síntesis y degradación

Las rutas biosintética y catabólica han sido esclarecidas principalmente por la caracterización bioquímica de mutantes ABA. La primera reacción más específica a la biosíntesis de ABA es catalizada por la zeaxantina epoxidasa (ZEP) que produce violaxantina. ZEP ha sido caracterizada en varias especies y la falta de ella causa una severa reducción en los niveles de ABA (Nambara y Marion-Poll, 2005). ABA deriva

de un precursor común de 5 carbonos, el isopentenil pirofosfato. ABA es sintetizado en casi cualquier célula vegetal y puede ser movilizado por toda la planta por el xilema y floema (Sauter *et al.*, 2001). Los niveles endógenos de la hormona son determinados por el balance entre síntesis y degradación, procesos que son notablemente afectados por factores ambientales como estrés hídrico, luz y otras fitohormonas y durante distintos períodos de desarrollo de la planta. En semillas en desarrollo, los niveles de ABA aumentan considerablemente durante la embriogénesis tardía provocando la acumulación de proteínas de reserva y luego declinan al alcanzar la desecación (Jordan y Caseretto, 2006).

Efectos fisiológicos

Inducción de síntesis de proteínas LEA (Late Embriogenesis Abundant), promueve la tolerancia del embrión a la deshidratación y acumulación de proteínas de almacenamiento, estimula la dormancia de semillas; inhibe el crecimiento y elongación en hipocótilos, epicótilos y coleótilos; y en hojas promueve su senescencia, control del cierre estomático, tolerancia a estrés ambiental, latencia de yemas (Finkelstein *et al.*, 2008).

2.7.1.6 Brasinosteroides

Los brasinoesteroides son compuestos vegetales que tienen la capacidad de estimular el crecimiento de las plantas. Los recientes descubrimientos de las propiedades fisiológicas de los brasinoesteroides permiten considerarlos como sustancias naturales apropiadas para su uso hacia la protección de las plantas y aumento en la producción agrícola (Seeta *et al.*, 2002; Salgado *et al.*, 2008), entre otras características. La aplicación de brasinoesteroides se ha determinado que se debe a un efecto sinérgico o aditivo a la originada por auxinas y giberelinas (Hernández *et al.*, 2016).

Síntesis y degradación

Fueron descubiertos a partir de extractos de polen, en los que se observaban compuestos activos con propiedades similares a las giberelinas, pero que se diferenciaban de estas en cuanto a los patrones de crecimiento y curvatura de tallos. Los más comunes en plantas superiores son castasterona y brasinólida (Srivastava 2002). Diferentes BRs fueron encontrados en brotes apicales y tejidos vegetativos activos de plantas jóvenes como también en semillas de un gran número de especies herbáceas y arbustivas (Bajguz y Tretyn 2003).

Efectos fisiológicos

Provocan la elongación y división celular, el crecimiento de la raíz, la regulación de la fotomorfogénesis, la diferenciación de estomas y sistema vascular, la germinación de semillas, la elongación de vástago vegetal. Tolerancia a estrés biótico y abiótico, Aumento de la productividad en cultivos y se les considera como una nueva clase de hormonas vegetales con efectos pleiotrópicos (Jordan y Caseretto, 2006).

2.8 Género *Dalbergia*

En este género incluyen árboles, arbusto y trepadoras. Tienen una distribución pantropical de África, Asia, Centroamérica y Sudamérica (Cervantes, 2016). Se encuentran en hábitats diversos como bosques tropicales secos, bosques tropicales, lluviosos, bosques tropicales subhúmedos y pastizales arbolados (Blanco, 2020).

Los árboles tienden a ser sinuosos y ramificados en la parte basal a menos que estén sometidos a competencia con otras especies. La corteza puede ser bastante lisa y descortezarse en amplios sectores (*D. glomerata*) o fisurada longitudinalmente (*D. retusa*). El género es bastante homogéneo en el tipo de madera y en la amplia adaptación ecológica de las especies, presentando hábitos de arbustos decumbentes y erectos hasta árboles pequeños (Khiem, 2017).

Según Cervantes (2016) en México se conocen 20 especies, seis de las cuales son endémicas. Quince especies son árboles de más de cinco metros de altura y, por ello, potencialmente maderables; el resto son bejucos estos se encuentran en el occidente y centro de México, y en la península de Yucatán, pero la mayor parte de las especies se concentra en el sureste del país asociadas al bosque tropical perennifolio, bosque mesófilo de montaña, bosque tropical caducifolio y subcaducifolio, y bosque de coníferas y encinos.

Basik (2015) reportó que las importaciones chinas de palo rosa alcanzaron un pico en 2014, siendo este como el consumidor mundial con una importación de 1,96 millones de m³, por valor de 2.600 millones de US\$. La mayoría de madera de palo rosa de alto valores importada desde el sudeste asiático y cada vez más, desde África, por otro lado, señala que la demanda china de palo de rosa, que se utiliza para muebles y decoración de estilo chino clásico, está amenazando algunos de los bosques primarios más valiosos y en peligro de extinción del mundo. Este comercio global, las reservas de palo rosa mundiales están siendo mermadas a un ritmo acelerado y sufren altas tasas de cortas, transporte y

comercio ilegales. Esto contribuye a la destrucción de los complejos ecosistemas de algunas de las zonas de bosque más biodiversas del mundo (*op. cit.*)

2.8.1 Especies de *Dalbergia spp* en peligro

Las especies maderables de *Dalbergia spp.* están siendo afectadas por la sobreexplotación y el tráfico ilegal, la deforestación y la fragmentación de sus hábitats. Aunado a esto, la escasez natural de las especies, su lento crecimiento y bajo reclutamiento las hace altamente vulnerables. Los vacíos de información respecto a la biología de las especies mexicanas han hecho muy difícil evaluar con precisión el riesgo de extinción de las poblaciones, en particular el de las especies maderables sujetas a explotación. En nuestro país sólo el granadillo (*Dalbergia granadillo*) y el campincerán (*D. congestiflora*) están enlistadas en la NOM-059-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2010) como especies en peligro de extinción, y solamente *D. granadillo* y *D. stevensonii* están incluidas en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2013), que regula el comercio internacional para que no constituya una amenaza para la supervivencia de las especies (Cervantes, 2016).

2.8.2 Conservación de *Dalbergia spp.*

Cervantes (2016) indica que la preservación del hábitat debe ser uno de los principales puntos a considerar para la conservación de las especies de *Dalbergia* y con ello evitar la pérdida del material genético debido al comercio ilegal, pues éstas se distribuyen en ecosistemas altamente amenazados que han sido afectados por la deforestación, principalmente para establecer campos agrícolas y ganaderos, también sugiere implementar acciones eficaces que permitan protegerlos y también a las especies que se encuentran en ellos, así mismo indica que en Centroamérica se han puesto en funcionamiento con éxito sistemas forestales con esquemas de manejo sostenible de bosque natural donde las ‘Dalbergias’ se utilizan en cultivos mixtos con plátano, cacao o café, que permiten generar beneficios a los productores durante los primeros años de la plantación.

2.8.3 Variabilidad genética

Se han realizado pocos estudios de la variabilidad en *Dalbergia* muestran que las poblaciones tienen una fuerte estructura de gran diversidad genética, tanto en *D. retusa* como *D. nigra* (Ribeiro *et al.*, 2005; Ribeiro *et al.*, 2009; Ribeiro *et al.*, 2010) Las poblaciones en las mejores condiciones están en las áreas de reserva, disminuyendo en áreas con alto

grado de disturbio antropogénico. Por otro lado, las poblaciones de árboles adultos tienen mayor diversidad genética por provenir de una población más amplia que los latizales (árboles muy jóvenes) que son productos de poblaciones más reducidas; que por ejemplo en *D. nigra* tienen una historia de 500 años de extracción.

Con métodos tradicionales, Singh y Bhatt (2008), recolectaron y evaluaron semillas de *D. sissoo* de 19 diferentes fuentes altitudinales en el norte de la India. Las accesiones mostraron una alta variabilidad de morfología de vaina y semilla, peso de semilla, germinación, crecimiento (longitud y diámetro de cuello) en vivero y en el campo de plantación. Entre los parámetros, el peso de semilla y altura de plántulas son las características más hereditables en seguimientos y ganancias genéticas. Algunas características se correlacionan con la latitud otras con la longitud geográfica como adaptación a medio ambientes diferenciales. Estas características pueden ser seleccionadas para el “zarandeo” genético según el lugar de plantación. Varios autores han encontrado que este tipo de selección de semilla (con alta heredabilidad y ganancia genética) en diferentes especies y fuentes es una forma efectiva de avanzar en el mejoramiento de árboles forestales de mejor calidad en las plantaciones comerciales.

2.8.4 Descripción de *Dalbergia granadillo*

El granadillo mexicano o palo de rosa es un árbol subdeciduo que crece hasta una altura aproximada de 20 m; el diámetro del tronco puede alcanzar los 40 cm, los árboles tienden a ser sinuosos y ramificados en la parte basal a menos que estén sometidos a competencias con otras especies, generalmente con muchas protuberancias debido a viejos nudos, de donde salen ramas cortas, hojas alternas compuestas de 7 a 11 hijuelas pinnadas y alternas, anchamente elípticas, lampiñas y pálidas debajo; folíolos grandes siempre glabros o glabrescentes, más de 3 cm de ancho, ovados a suborbiculares, rara vez anchamente oblongos, o elípticos; verdes, concoloras o ligeramente más pálidas en el envés (Linares y Souza, 2007). Inflorescencias paniculadas de más de 8.5 cm, folíolos siempre glabros o glabrescentes, frutos secando siempre negros, hojas verdes, concoloras o ligeramente más pálidas en el envés, los frutos son vainas planas con una a tres semillas lampiñas y angostamente ovaladas. Cáliz 4-7 mm, con hipantio poco notorio, liso o escasamente acostillado, inflorescencias paniculadas, folíolos 9-21, ovados, elípticos, suborbiculares u oblongos, densa o esparcidamente estrigosos, o glabrescentes cuando maduros, generalmente opacos, de color café oscuro o negruzco en ejemplares secos, frutos secando desde oliváceos, a café oscuro o negros (Linares, 2015)

Tanto el duramen interno como la albura que lo rodea son duros y densos. La cantidad de albura (parte joven del tejido leñoso) varía en función de la edad del árbol y su hábitat (CITES, 2013). El duramen (parte central del leño) muestra diversos colores, de amarillo a anaranjado, rojo y tonalidades de café, con estrías negras o púrpura, en tanto que la albura generalmente es de color amarillo muy pálido (Meier, 2016).

2.8.4.1 Clasificación taxonómica

Cuadro 2. Taxonomía de <i>D. granadillo</i> Pitter	
Reino	Plantae
División	Tracheophyta
Subdivisión	Angiospermae
Clase	Magnoliopsida (Dicotiledóneas)
Orden	Fabales
Familia	Leguminosae Fabaceae
Subfamilia	Faboideae
Tribu	Dalbergieae
Género	<i>Dalbergia</i>
Especie	<i>Dalbergia granadillo</i>

2.8.4.2 Origen y distribución

Dalbergia granadillo es endémica de México y se encuentra en los estados de Chiapas, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nayarit y Oaxaca (CONABIO, 2017). La CITES (2015) menciona que es posible establecer una diferenciación taxonómica entre *D. granadillo* y *D. retusa*, distinguir sus maderas resulta más difícil. Por ello, los especialistas participantes en el taller organizado por la CONABIO llegaron a la conclusión de que en los casos en que se alude a la existencia de *D. granadillo* fuera de México lo más seguro es que se trate en realidad de *D. retusa*, Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA, 2017).



Figura 2. Origen y distribución de *Dalbergia granadillo*, según CONABIO, 2015

2.8.4.3 Importancia

La madera del granadillo es considerada madera preciosa, se distingue porque su duramen es considerado de alto valor económico por su belleza, durabilidad y excelentes propiedades físicas, mecánicas y acústicas, su contenido de sustancias químicas como alcaloides y pigmentos (CITES, 2013). La madera es empleada para fabricar instrumentos musicales, principalmente guitarras de estudio y de concierto, castañuelas, teclas para marimba, artesanías, muebles, mangos para cuchillo y diferentes artículos decorativos y el extracto del duramen puede ser utilizada para inhibir el crecimiento de hongos destructores de la madera (Díaz y Huerta, 1986; Rutiaga *et al.*, 2007).

Algunas son aromáticas cuando están frescas y este olor puede permanecer al secarse. Su durabilidad natural se debe a que producen metabolitos antimicrobianos, antifungicidas y a que son resistentes al ataque de insectos. El duramen (parte central del leño) muestra diversos colores, de amarillo a anaranjado, rojo y tonalidades de café, con estrías negras o púrpura, en tanto que la albura generalmente es de color amarillo muy pálido (Meier, 2016). Rasolomampianina *et al.* (2005), reportan que las especies del género *Dalbergia* establecen relaciones simbióticas con rizobios para la fijación de nitrógeno. Esta función tiene un papel muy importante en los ecosistemas ya que mejora la fertilidad de los suelos.

2.9 Descripción de *Swietenia macrophylla* King

Árbol exótico, perennifolio o caducifolio, de 35 a 50 m de altura con un diámetro a la altura del pecho de 1 a 1.8 m, su copa es ancha y redondeada. En condiciones óptimas alcanza una altura máxima de 70 m y un DAP de hasta 3.5 m, aunque en la actualidad es difícil encontrar individuos con estas tallas (Vester y Navarro, 2007). Tronco recto, sin ramas hasta cierta altura, algo acanalado, con sistema radical profundo. Ramas jóvenes delgadas, con lenticelas pequeñas y abundantes (López y Cárdena, 2002). Ramas gruesas ascendentes, escasas, retorcidas por arriba de los 25 m; corteza fisurada, de color gris y textura lisa de joven, árboles maduros se torna marrón oscuro y textura escamosa corteza externa profunda, muy fisurada (CONABIO, 2017).

Hojas alternas, paripinnadas o a veces imparipinnadas, de 12 a 40 cm de largo incluyendo el pecíolo; folíolos 3 a 5 pares, de 5 x 2 a 12 x 5 cm, lanceolados u ovados, muy asimétricos, con el margen entero (CONABIO, 2011). Inflorescencia subterminal o axilar, 10-20 cm de largo. Flores pequeñas con 5 pétalos blanco-amarillentos (Quírico, 2011). Frutos son capsulares erectos, alargado-ovoide a veces en forma de pera, de 10-16 cm de largo y 6-8 cm de diámetro, gris-café oscuro, valvas exteriores leñosas, interiores mucho más delgadas y manchadas de café y blanco, semillas 7-10 cm de largo incluyendo el ala, de color café oscura y lustrosa, leñosos, dehiscentes, pentacarpelar, con carpelos cerrados (López y Cárdenas, 2002).

2.9.1 Información taxonómica

Cuadro 3. Taxonomía de <i>S. macrophylla</i> King	
Reino	Plantae
División	Tracheophyta
Subdivisión	Angiospermae
Clase	Magnoliopsida (Dicotiledóneas)
Orden	Sapindales
Familia	Meliaceae
Subfamilia	Faboideae
Género	<i>Swietenia</i>
Especie	<i>S. macrophylla</i>

2.9.2 Origen y distribución

La caoba tiene una amplia distribución que va desde el norte Veracruz a Yucatán en México, continuando por la vertiente del Atlántico en América Central hasta

el Valle del Amazonas de Brasil y el Perú (CONABIO, 2019). En las regiones en las que la caoba mantiene poblaciones grandes generalmente están sujetas a programas de extracción selectiva (Figura 3).

Los árboles de *Swietenia macrophylla* King, se desarrollan bien en lugares con precipitaciones que varían entre 1.200 y 1.800 mm anuales y rangos de temperatura de 23°C a 28°C y puede tolerar hasta 6 meses de sequía (Sánchez, 2004), aunque en forma individual pueden sobrevivir en áreas con mayor precipitación; naturalmente crece en sitios con precipitaciones entre 1000 mm anual en bosque seco tropical hasta 4.000 mm anual en bosques húmedos a muy húmedos tropicales (Manzanillo, 2016). Se encuentra en sitios planos con pendientes moderadas hasta de 15%, suelos arcillosos o franco arenosos medianamente fértiles, profundos y bien drenados con pH entre 6.9 y 7.7 (López y Cárdenas, 2002), tolera suelos con deficiencias en nutrientes que otras especies no toleran; pero también se sabe que el crecimiento es lento en suelos sobreexplotados con materia orgánica degradada (Mayhew y Newton, 1998).



Figura 3. Distribución de la caoba en México. CONAFOR 2012.

2.9.3 Situación actual

En México, actualmente las poblaciones neotropicales de caoba se encuentran incluidas en el Apéndice II de la CITES, bajo la Anotación #6, que indica que el comercio internacional de las trozas, madera aserrada, láminas de chapa de madera y madera contrachapada derivadas de esta especie, está regulado por las disposiciones de la Convención (CITES, 2017).

2.9.4 Importancia

Según Negreros *et al.* (2014), describen a *Swietenia macrophylla* como la especie comercial más importante de América Latina, por sus diferentes usos: reforestación en zonas degradadas, empleada en sistemas agroforestales y apicultura. El aceite extraído de sus semillas es utilizado para preparar cosméticos. El fruto seco se emplea artesanalmente para formar arreglos florales. Tanto la corteza como la semilla se usan medicinalmente para tratar diarrea, fiebre y dolor.

Su madera es de la más finas del mundo, en México se destina frecuentemente al comercio internacional generando en muchos casos una importante cadena de valor y beneficios que van desde las comunidades locales y diversos actores hasta el consumidor final, es la especie maderable de mayor valor económico en América Latina, debido a la calidad de su madera (Rodríguez, 2010; CONABIO, 2019), sirve para elaborar artesanías, instrumentos musicales, construcciones rurales, curtiente, implementos agrícolas, embarcaciones, partes de molinos, muebles de lujo, gabinetes entre otros (Negreros *et al.*, 2014).

Los datos obtenidos de la “Base de datos sobre el comercio CITES” del PNUMA-CMCM muestran que, entre 2009 y 2014, México exportó a ocho países principalmente a Estados Unidos, con 90% un total de 8,700.28 m³ de madera aserrada y 2,999.81 m³ de troncos de caoba, y que también importó 589.36 m³ de dicha madera. En ese mismo lapso, Canadá importó 1,711.99 m³ de madera aserrada de caoba, y Estados Unidos, 87,048.39 m³. Más de 99% de la madera de especies maderables prioritarias importada a Canadá, Estados Unidos y México fue de *S. macrophylla* (PNUMA-CMCM, 2016).

En Oaxaca y Quintana Roo, se ha reportado que los pobladores locales utilizan las semillas en el tratamiento de la tifoidea, para quitar dolores muelas, cabeza y cintura y para otros padecimientos como neurosis, diarrea, fiebre, posee también propiedades astringentes (Argueta-Villamar *et al.*, 1994). Especie maderable de importancia artesanal, artículos torneados, esculpidos e instrumentos musicales. El fruto seco tiene un potencial artesanal, las valvas dehiscentes del fruto seco con la base forman flores y se obtienen hermosos arreglos, además es un excelente recurso melífero para la actividad apícola (IRENA, 1992).

2.9.5 Propiedades de la madera

La caoba es normalmente roja, rosa o de color salmón al primer corte. Los tonos se profundizan en la madera madura, teniendo un vivo color rojo o marrón – rojizo, posee aceites y resinas.

Es una madera de grano fino, ideal para la ebanistería por ser fácil de serrar, pulir y barnizar, de gran valor para la elaboración de muebles y, en general, constituye una de las maderas de mayor valor en el mercado mundial. Es una madera fuerte y robusta, resistente a la retracción y deformación por el paso del tiempo, por lo que es ideal para las zonas propensas a la humedad.

Las propiedades físicas y mecánicas (López y Cárdenas, 2002).

- Peso específico anhidro 0.45 g/cm^3 .
- Módulo de Elasticidad (M.E.) 10790 Mpa . FAO y Bolfor reportan 99 t/cm^2 .
- Dureza lateral 471 kg/cm^2 .
- Contracción tangencial 2.12% radial 1.25% y volumétrica 3.37%
- Densidad varía entre $0.50 - 0.60 \text{ g/cm}^3$

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización geográfica

El presente estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Recursos Forestales de la Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Chiapas (Campus IV), ubicado en el municipio de Huehuetán, en la región del Soconusco, Chiapas. Las colindancias del municipio de Huehuetán son al Norte y Noroeste con el Municipio de Tuzantán, al Sur, Suroeste y Oeste con el Municipio de Mazatán, al Oeste y Noroeste con el Municipio de Huixtla y al Este con el Municipio de Tapachula.

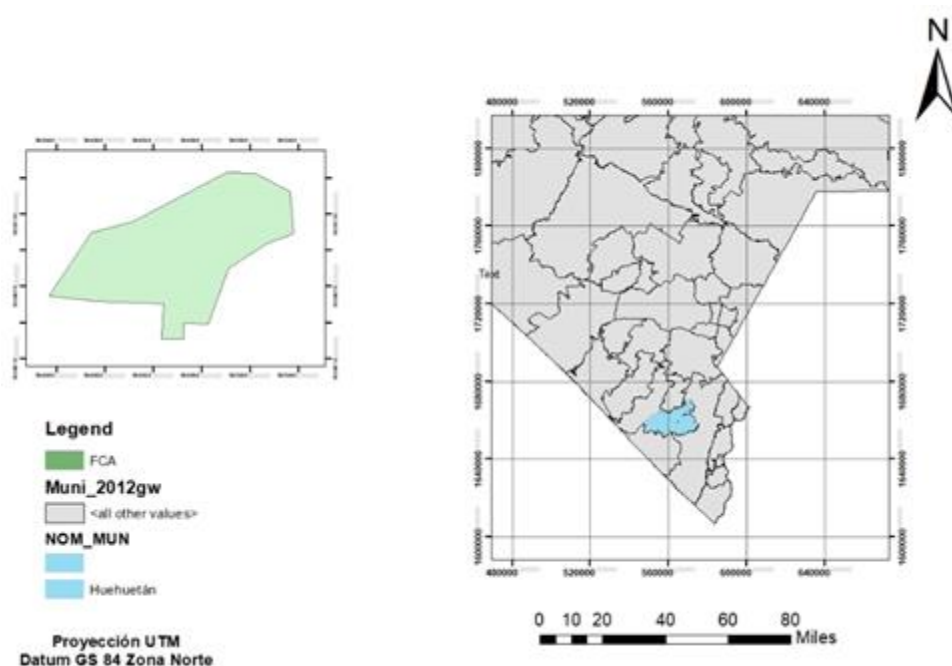


Figura 4. Localización del área del experimento

3.1.1 Clima y temperatura

El clima del sitio experimental corresponde a Aw₂ (W") ig que refiere al cálido húmedo con lluvias en verano, de acuerdo al sistema de clasificación de Köppen modificado por García (1973). Presenta una precipitación media anual de 2,415 mm comprendida entre los meses de mayo a noviembre, con una temperatura promedio de 28.5 °C, 37.1 °C media máxima 19.7 °C media mínima y una evaporación de más de 1,990 mm (*op. cit.*).

3.2 Colecta de semillas de granadillo

El trabajo se llevó a cabo en el Laboratorio de Recursos Forestales de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Chiapas (Campus IV), ubicado en el municipio de Huehuetán, Chiapas. Las semillas fueron colectadas en el ejido La Rioja, municipio de Cacahoatán, Chiapas (Figura 5). En diez árboles adultos de un sistema silvopastoril, se eligieron frutos en madurez fisiológica, los cuales se colocaron a temperatura ambiente en la sombra, hasta el momento en que los frutos cambiaran de color de un tono verde amarillento: # 99FF32 Hexagesimal RGB: 153,255,50 a marrón: #993300 Hexagesimal RGB -153, 51, 0. Los frutos de todos los árboles se mezclaron para homogeneizar la muestra. Se obtuvieron las semillas y se secaron a la sombra, para luego proceder a realizar las pruebas de calidad inicial de semillas y los diferentes ensayos de germinación. El trabajo se realizó en dos etapas, las evaluaciones de fotoperiodo y germinación *in vitro* se llevaron a cabo en la segunda etapa al observar problemas en la germinación pretendiendo una alternativa para mejorar la respuesta a esa variable.

3.2.1 Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la germinación

Se evaluaron semillas de diferentes colores (Marrón: #993300 Hexagesimal RGB -153, 51, 0-; Verde: #009900 Hexagesimal RGB -0, 153, 0-; Negro: #000000 Hexagesimal RGB -0, 0, 0-), se llevó a cabo mediante la prueba de papel, para determinar el efecto que estas tienen sobre la germinación de granadillo. Con base al resultado preliminar, se emplearon semillas del color marrón. Se determinaron las pruebas básicas de calidad inicial que establecen las reglas de la International Seed Testing Association (ISTA, 2010): Peso de 100 semillas, pureza y contenido de humedad, viabilidad y germinación (Figura 7). Las semillas fueron almacenadas en bolsas resellables en condiciones ambientales (28°C±2°C). Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos y un testigo, donde estos fueron las fechas de almacenamiento (15, 30, 60 y 120) días de almacenamiento. La unidad

experimental fue una muestra de 50 semillas con cuatro repeticiones para cada prueba.

Germinación

Antes de la siembra se lavaron las semillas con agua y jabón, enseguida se desinfectaron en hipoclorito de sodio al 3% (NaClO) de la marca comercial Cloralex® por 20 minutos; se enjuagaron tres veces con agua destilada, se hidrataron las semillas durante 24 horas y se colocaron en toallas de papel humedecidas distribuyéndolas de forma uniforme. Posteriormente, las semillas ya en el papel, se colocaron en recipientes de plástico y se realizaron los conteos cada cinco días después de la siembra. El riego fue constante, evitando la saturación de las toallas de papel. Se aplicó la siguiente fórmula para determinar el porcentaje de germinación.

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

Viabilidad

Las semillas se sumergieron en agua durante 24 horas, para permitir el ablandamiento de las capas seminales y con ello la imbibición. Enseguida, se eliminó la testa dejando solo el embrión y se hizo un corte longitudinal para separar los cotiledones sin dañar al embrión y así ayudar a la penetración del reactivo. Se le agregaron 10 gotas de tetrazolio (TZ) al 1.0 % a cada repetición. Posteriormente se cubrió con papel aluminio para su incubación a oscuridad durante 24 horas. Se cuantificaron las semillas viables teñidas de color rosa a rojo, lo cual indica que los tejidos están vivos, mientras en las células muertas no se da ninguna reacción. Para determinar el % de viabilidad, se aplicó la siguiente fórmula.

$$\% \text{ de viabilidad} = \frac{\text{Nº de semillas teñidas}}{\text{Número total de semillas}} \times 100$$

Contenido de humedad

Se obtuvo el peso en una balanza digital marca OHAUS® con 0.1 g de precisión, se colocaron en bolsas de papel estraza para después introducirlos a una estufa marca VWR International TM, modelo 1390FM a 80 °C por 48 h hasta peso constante y se obtuvo el peso de las semillas secas y para cuantificar el porcentaje del contenido de humedad se aplicó la fórmula (ISTA, 2010):

$$\% \text{ de C.H} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

3.2.2 Respuesta de la germinación al fotoperiodo

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres tratamientos, que corresponden a los fotoperiodos con cuatro repeticiones con 25 semillas para cada prueba:

1. Ambiente (de 12:06 a 12:23 h en los 20 días de evaluación https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es),
2. Ocho horas de luz y
3. Oscuridad total.

La sanitización de las semillas fue con el mismo procedimiento descrito en *Germinación* del apartado anterior. Se colocaron las semillas en toallas de papel, y se colocaron sobre bandejas de plástico transparente. Se aplicaron los tratamientos, una muestra se colocó en el ambiente ($28^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$), para controlar 8 horas luz, otra muestra se guardó dentro de una cámara bioclimática, usando lámparas fluorescentes marca Prendo, modelo CB20 (Figura 8) y la última muestra se colocó en oscuridad dentro de un cuarto oscuro. Se realizaron las mediciones a partir del tercer día de la siembra con frecuencia de cinco días, el tiempo de evaluación fue de 15 días. Se realizaron mediciones de longitud de radícula e hipocótilo en las plántulas de cada tratamiento, esto se hizo a los 5, 10, 15 y 20 días después de la siembra.

3.2.3 Germinación *in vitro*

Este experimento se llevó a cabo en el campo experimental Rosario Izapa del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en el laboratorio de Biotecnología.

Mediante el método de tetrazolio se determinó la viabilidad a cuatro repeticiones de 25 semillas. El experimento tuvo una duración de 20 días. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar en medios de cultivo: 1. Murishage & Skoog al 100% (MS100%), 2. Murishage & Skoog al 25% (MS25%), 3. Murisage & Skoog + carbón activado, 4. Yasuda y 5. Testigo. La unidad experimental fue una caja *petri* con ocho semillas y 10 repeticiones (Figura 9).

Todo el material de laboratorio empleado (medios de cultivo, agua destilada, probetas, matraces, vasos de precipitado, canastillas, alcohol, sanitizante y pinzas) fueron esterilizados en autoclave por 40 minutos a una temperatura de 120°C y $1.1\text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ de presión. Las cajas Petri fueron colocadas a temperatura ambiente ($28^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$).

Las semillas fueron lavadas las semillas con jabón líquido disuelto en agua y enjuagadas con agua directa del lavabo, se tallaron las semillas con un cepillo dental, fueron sometidas a diferentes soluciones químicas para su desinfección, se realizó en campana de flujo laminar y se probaron tres diferentes tratamientos, se colocaron ocho semillas en cada caja con 10 repeticiones y se selló con Parafilm®. Posteriormente las semillas fueron sembradas en cada tratamiento. Las cajas *petri* fueron colocadas a temperatura ambiente ($28^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$). El experimento tuvo una duración de 15 días.

3.3 Colecta de semillas de caoba

La colecta de las semillas de caoba se realizó en diez árboles de una unidad productora de germoplasma forestal del INIFAP, centro experimental Chetumal, en el estado de Quintana Ro. Se eligieron frutos en madurez fisiológica, Se colectarán frutos directamente del árbol utilizando cortadores ajustadas con una cuchilla las cuales se cosecharán a finales de marzo 2020, de diez árboles seleccionados bajo ciertos rasgos fenotípicos y dasométricos: sanidad, fuste recto, sin bifurcaciones, producción de semillas, con una altura promedio de 25–40 m y diámetro a la altura del pecho de 50–85 cm. Se tomaron sus coordenadas geográficas, se midió la altura total y el diámetro a la altura del pecho.

Los frutos fueron colocados en bolsas de papel estraza para ser transportados al lugar donde se pondrán a secar. La etapa de secado consistió en colocar los frutos tendidos sobre cartón a temperatura ambiente en la sombra, hasta el momento que terminó el proceso de maduración con la apertura del fruto y liberación de semillas (los frutos cambiaran de color de un tono marrón: # CB6500, Hexagesimal RGB: 203,101,0 a marrón rojizo: # 984C00, Hexagesimal RGB: 152,76,0). Las semillas se llevaron a laboratorio, se eliminó de forma manual el ala y se seleccionaron aquellas semillas completas, grandes y sanas.

3.3.1 Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la germinación

Se determinaron las pruebas básicas de calidad inicial que establecen las reglas de la International Seed Testing Association (ISTA, 2010): Peso de 100 semillas, pureza y contenido de humedad, viabilidad y germinación (Figura 10 y 11). Las semillas fueron almacenadas en bolsas resellables en condiciones ambientales ($28^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$) y otro con la misma cantidad de semillas en una temperatura $6^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar en un arreglo factorial 2x6 con doce tratamientos y un testigo, donde los factores fueron las condiciones de almacenamiento (refrigeración y condiciones ambientales) y fechas de almacenamiento (2, 4, 6, 8, 10 y

12) meses de almacenamiento. La unidad experimental fue una muestra de 50 semillas con cuatro repeticiones para cada prueba. La evaluación de las variables de calidad fue con el mismo procedimiento descrito en el apartado de *efecto del tiempo de almacenamiento sobre la germinación*.



Figura 5. Colecta de frutos de *Dalbergia granadillo* Pittier

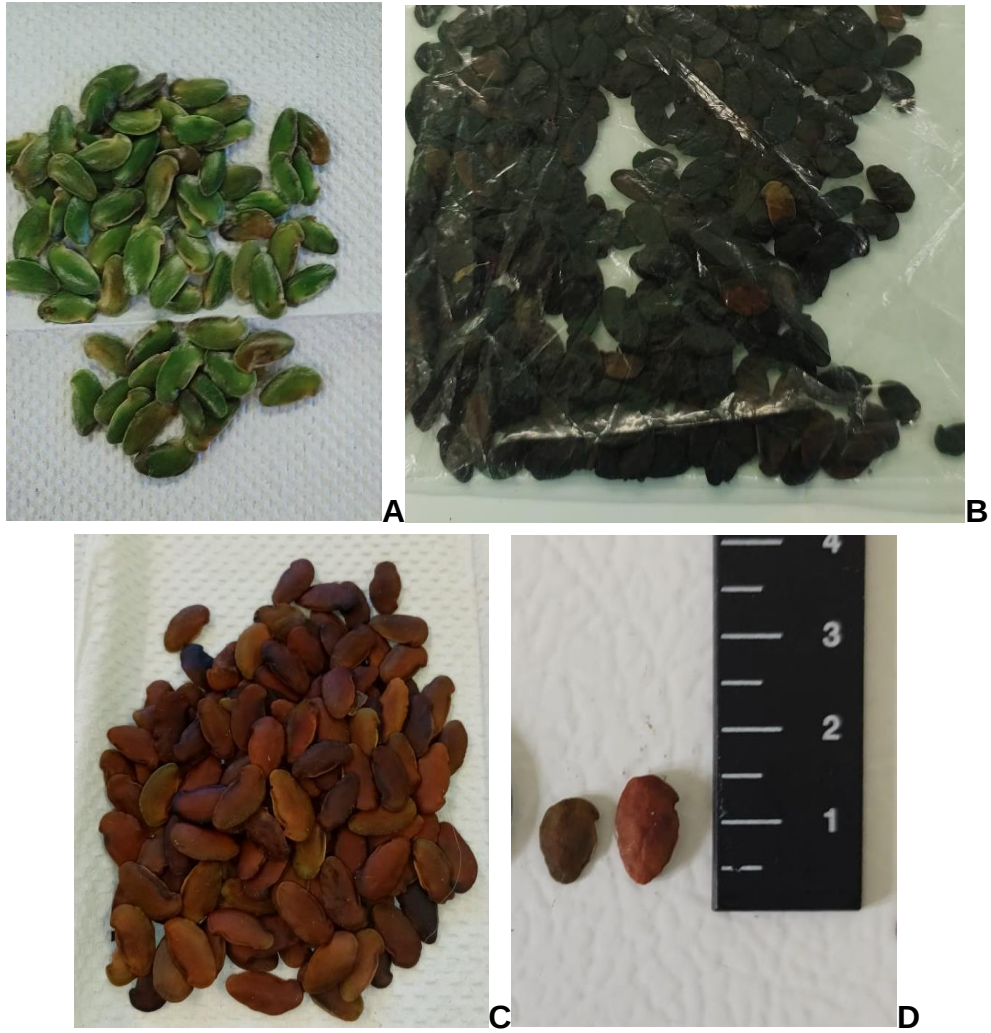


Figura 6. Color de semillas de *Dalbergia granadillo* Pittier. A (Verde), B (Negra) y C (Marrón). D (Tamaño de semilla)



Figura 7. Peso de 100 semillas de *Dalbergia granadillo* Pittier y prueba de germinación en papel



Figura 8. Cámara bioclimática en la FCA de Huehuetán

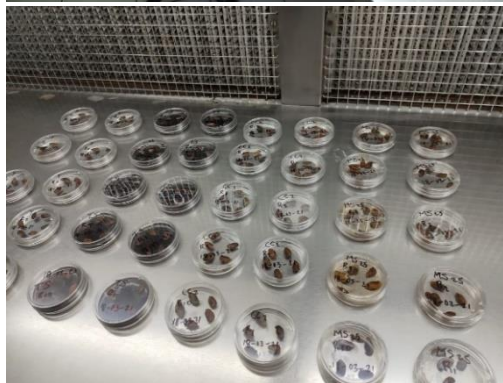


Figura 9. Germinación *in vitro* de semillas de *Dalbergia granadillo* Pittier



Figura 10. Peso y selección de semillas de *Swietenia macrophylla* King



Figura 11. Siembra y prueba de germinación de *Swietenia macrophylla* King

3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los valores porcentuales de humedad, viabilidad y germinación fueron transformados con la función arcoseno de la raíz cuadrada de p ($\Theta = \arcseno \sqrt{p}$, donde Θ es el dato transformado y p es el valor de germinación, contenido de humedad o viabilidad). Los datos se procesaron en el paquete estadístico R, versión 4.0. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de comparación de medias por Tukey ($\alpha \leq 0.05$) a cada uno de los experimentos realizados

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Pruebas de calidad inicial de semillas de granadillo

Los resultados del análisis de la calidad de semilla del lote total de las semillas de *Dalbergia granadillo* Pittier, se muestran en el Cuadro 4. En lo que corresponde a contenido de semillas por kilogramo se obtuvo un número de 11442 semillas por kg, este dato es inferior a lo que reportan (Jiménez, 1999; Marín y Flores, 2003; Boshier y Cordero, 2003). sin embargo, lo encontrado en este experimento es inferior a lo que reporta CITES (2007) indica que un kilogramo de semilla de *D. retusa* contiene de 14,000 a 20,000 semillas, menciona que una semilla desnuda, sin el indumento exterior, pesa 121 mg. Por otro lado, *D. glomerata* contiene 22,600 semillas por kilogramo (PROECEN, 1999). Se encontró un valor de pureza del 78%, según Knoblauch (2001), 33,467 semillas por kg de las cuales solo 20,800 son viables, pero con todo y vaina el número es 31,026 semillas/kg y solo 6,872 son viables.

Cuadro 4. Calidad de semilla de *Dalbergia granadillo* Pittier -

Peso de 100 semillas (g)	Semillas por kg (%)	Pureza de la semilla	CH (%)	Viabilidad (%)	Germinación (%)
8.74	11442	78	10.45	66	58

4.2 Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la germinación

En relación a la germinación con semillas de diferentes colores, se encontraron diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) entre los tratamientos, semillas de color marrón fueron superiores (54%) en relación con semillas verdes y negras, esto coincide con lo que reporta Casillas (2015), semillas de color café y beige son las que presentan la germinación. En la determinación de la calidad inicial de las semillas el peso de 100 semillas fue de 8.74 g, dando un estimado de 11,442 semillas por kg; la pureza física fue de 78%.

Contenido de humedad.

No se encontraron diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) entre días de almacenamiento de semillas, el rango de humedad fue de 10.45 % a 10.02 %. Las semillas mantuvieron humedad constante durante toda la evaluación, esto coincide con lo encontrado por Agustín *et al.*, 2017 donde no encontraron diferencias significativas en el almacenamiento de semillas de *Tabebuia donnell smithi* almacenadas en envases

resellables de plástico ziploc® durante 105 días. Sin embargo, es contrastante con los resultados obtenidos por Doria *et al.*, (2012) donde registró pérdidas de humedad de las semillas de *Dypsis lutescens*, H. Wendel en diferentes envases de conservación durante un periodo de almacenamiento de 180 días, las semillas conservadas en envases cerrados herméticamente presentaron el mayor contenido de humedad.

Viabilidad.

El análisis de varianza mostró altas diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) sobre la viabilidad entre días de almacenamiento de semillas, esta disminuye de 66% al momento de colecta hasta 50% en la tercera fecha de evaluación, con la prueba de medias por Tukey se encontró que existen diferencias estadísticas entre tratamientos a partir de 60 días de almacenamiento (da) con respecto a las otras fechas evaluadas, en la Figura 12 se puede observar que la viabilidad se reduce con el paso del tiempo causado por el deterioro fisiológico de las semillas, encontrando en 120 da la menor de viabilidad de semillas de granadillo con 41%, observamos que las semillas de granadillo conservadas en condiciones ambientales disminuyen su viabilidad rápidamente después de dos meses, quizá se debe a que algunas semillas son inmaduras y presenta menor capacidad y velocidad germinativa (Mápula *et al.*, 2008). Estos datos obtenidos coinciden con Maury (2017), determinó la conservación de las semillas de *Cedrelinga cateniformis* Ducke (Tornillo) en diferentes condiciones de almacenamiento y reportó que las semillas se pueden conservar con un 43 % de germinación durante 60 días de almacenamiento en refrigeración, a diferencias de Ceballos y López (2007), señalan que las semillas de *Alnus acuminata*, *Cordia gerascanthus* L y *Retrophyllum rospigliosii* disminuyen su viabilidad a partir de tres meses de almacenamiento en temperatura ambiente y a 4°C. Herrera *et al.* (2006) encontraron que la viabilidad de semillas de *Calophyllum brasiliensis* se pueden conservar a temperatura durante 6 meses. Orantes y Moreno 2013 reportan que las semillas de *Tabebuia rosea* (Bertol) dC. y *Tabebuia donnell-smithii* Rose (Bignoniaceae) reducen su capacidad de germinación con el paso del tiempo registrando al final ($\leq 20\%$) de viabilidad.

Carvalho y Nakagawa (1993) mencionan que la viabilidad está influenciada por las características genéticas de la planta progenitora y por factores ambientales durante la floración, formación, desarrollo y maduración del fruto, el grado de madurez de la semilla al momento de la cosecha y el manejo durante la colecta y la poscosecha y Bidwell (2000) indica que el envejecimiento es un factor determinante en la disminución de la viabilidad de las semillas. Hay que mencionar que la semilla de granadillo en condiciones ($28^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) conserva su viabilidad durante los primeros 60 da. En la

Figura 13 se observa la viabilidad de semillas de granadillo en respuesta a la tinción con TZ.

Germinación.

Con los resultados del análisis de varianza, se encontraron diferencias altamente significativas ($\alpha \leq 0.05$) entre días de almacenamiento. La germinación al momento de colecta fue el valor más alto con 58 % reduciendo en 120 da hasta 33 %, siendo este el valor más bajo en toda la evaluación (Figura 14). El resultado coincide con lo obtenido por Knoblauch (2001), quien menciona que la germinación de *Dalbergia retusa* con semillas al momento de la recolección pueden germinar hasta el 60 % de las semillas. Con la prueba Tukey para comparación de medias se aprecia que no existen diferencias entre la germinación al momento de colecta con relación a 15 da, a partir de los 30 da se presentan diferencias estadísticas con las demás evaluaciones.

En este sentido la germinación presentó una disminución en el porcentaje y días a germinar, las semillas con 60 da mostraron un atraso de cinco días respecto al almacenamiento a 15 y 30 días. En la Figura 15, se presenta semillas en proceso de germinación, esta es de tipo epígea. Los resultados hallados en este trabajo son similares con García (2018), en un estudio con semillas de *Huerteia glandulosa* encontró que las semillas presentan su mayor germinación (51.2 %) durante 15 días conservadas en bolsas de plástico a 23 °C; por el contrario; Braz *et al.* (2009) obtuvieron 80 % de germinación de *Dalbergia nigra* y de la misma 4anera Asif *et al.* (2020), quienes evaluaron diferentes tratamientos pregerminativos en *Dalbergia sissoo*. Dichos autores mencionan que la germinación puede aumentar (90 %) si son talladas con lija y un corte lateral. Knoblauch (2001) indica que en viveros se ha observado que las semillas frescas (del año precedente) de *D. retusa* tienen hasta de un 80- 90% de germinación.

Alzugaray *et al.* (2006) evaluaron la calidad fisiológica de *Aspidosperma quebracho-blanco* Schlecht en un periodo de 18 meses y encontró que la germinación se conserva durante el primer año, sin embargo esta disminuye significativamente al final de la evaluación, por el contrario la semilla del granadillo pierde rápidamente su viabilidad cuando es almacenada por tiempos prolongados (mayores a 2 meses) a temperatura ambiente, ya que es una semilla casi vivípara (Knoblauch, 2001). Vargas (1988) reporta en pruebas de germinación en semillas de caoba considerando la influencia de temperatura y humedad en el almacenamiento de 30, 60, 90 y 120 días, que la germinación se reduce conforme pasa el tiempo mostrando un deterioro a partir de 90 días de almacenamiento (de 88 % a 62 %). En la Figura 16, podemos observar que

existe una correlación positiva en las variables estudiadas de semillas de granadillo, este modelo se ajusta bastante ($R^2= 0.767$), al respecto Rojas y Torres (2014) concluyeron que *C. odorata* (Meliaceae), en dependencia de la calidad de su semilla, alcanza más del 80% de germinación al aplicar riego moderado en condiciones de invernadero. En el presente experimento se evidencia que las semillas pierden su capacidad germinativa debido al envejecimiento natural durante el periodo de evaluación, siendo parecidos a los que reportan Dresch *et al.* (2014) quienes indican que la germinación y supervivencia de plántulas de *Campomanesia adamantium* (Cambess) es afectada con el almacenamiento y desecación de las semillas.

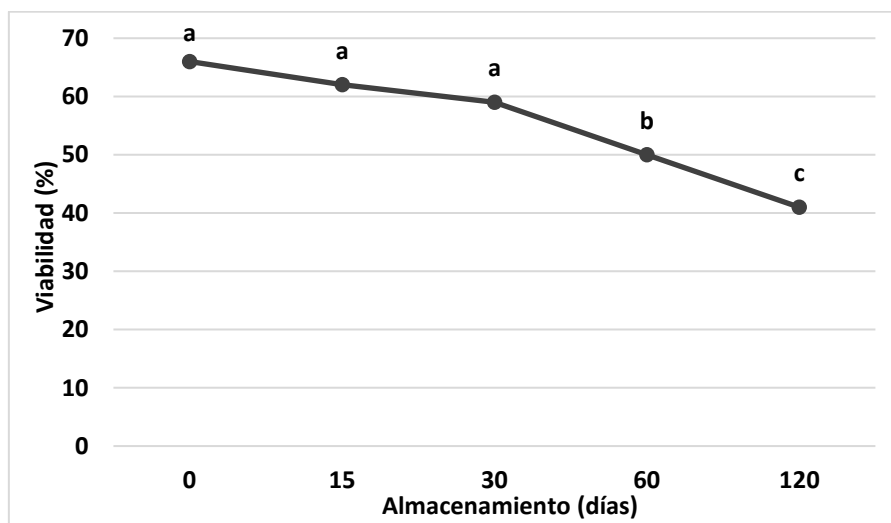


Figura 12. Viabilidad de semillas de *Dalbergia granadillo* Pittier durante su almacenamiento. Los promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes ($\alpha \leq 0.05$)



Figura 13. Semillas viables en tono rojo intenso a rosada teñidas con TZ (lado izquierdo). Semillas inviables sin coloración (lado derecho)

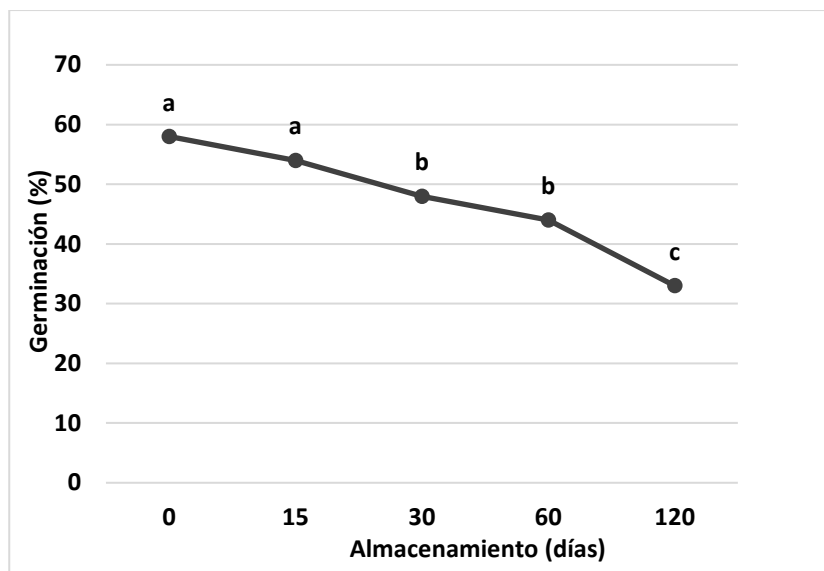


Figura 14. Germinación de semillas de *Dalbergia granadillo* Pittier durante su almacenamiento. Los promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes ($\alpha \leq 0.05$)



Figura 15. Proceso de germinación de semillas de *Dalbergia granadillo* Pittier

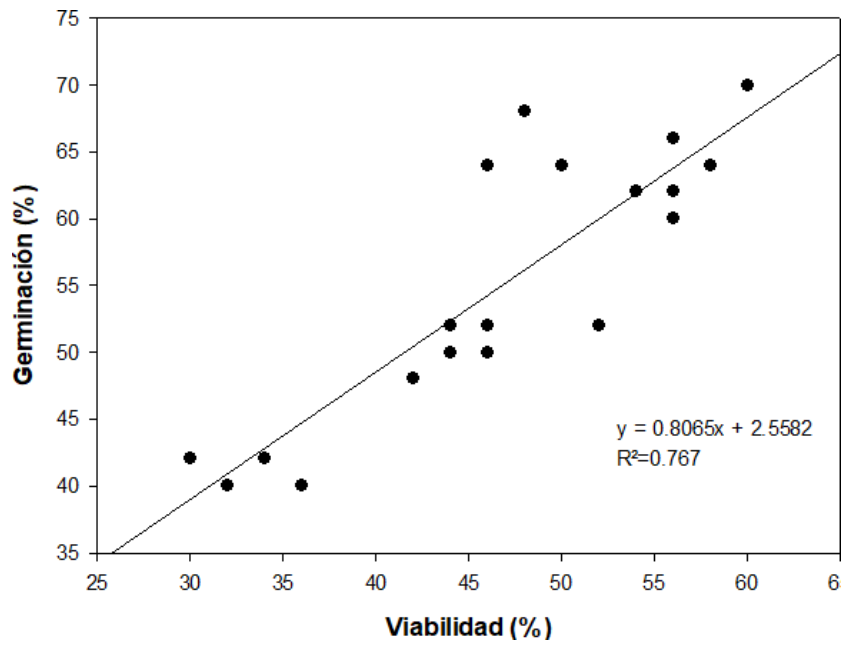


Figura 16. Correlación lineal de viabilidad y germinación de semillas de *Dalbergia granadillo* Pittier

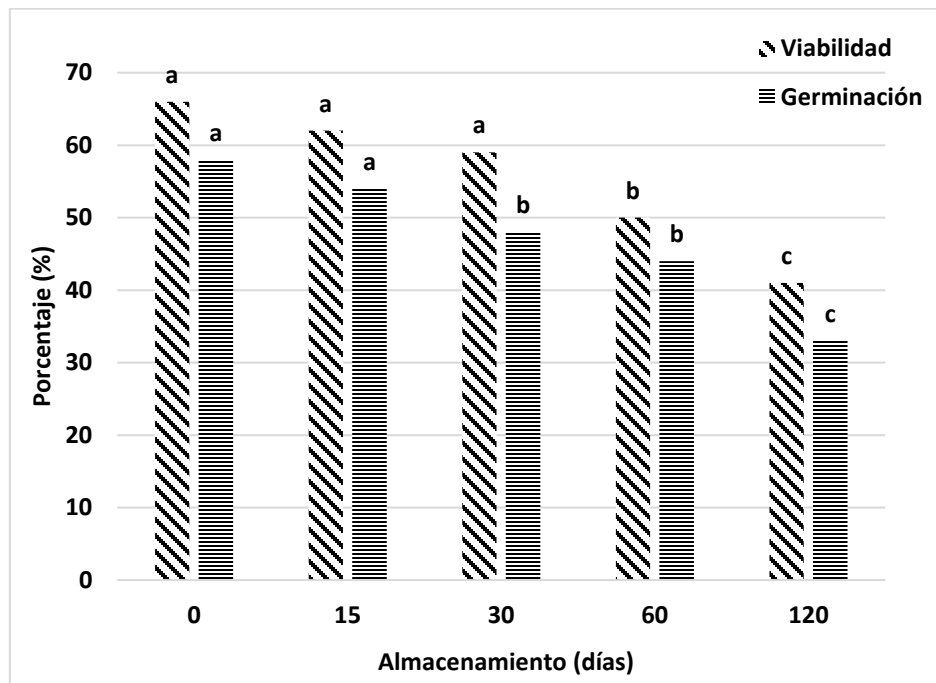


Figura 17. Viabilidad y germinación de semillas de *Dalbergia granadillo* Pittier durante su almacenamiento. Los promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes ($\alpha \leq 0.05$)

4.3 Respuesta de la germinación al fotoperiodo

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas ($\alpha \leq 0.05$) entre los tratamientos en las primeras dos evaluaciones: los resultados de la prueba de medias por Tukey en semillas colocadas en oscuridad muestran mayor germinación 5 dds y 10 dds (Figura 18). No obstante, no mostraron diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) entre los tratamientos evaluados en la última medición (15 dds). La luz no fue un factor significativo para la germinación, probablemente porque el tratamiento limita la luz a 8 h. Pérez (2007) reportó 72 % de germinación en semillas de *Mimosa aculeaticarpa* en ausencia de luz a temperatura de 30 °C. En otro estudio Vargas *et al.* (2015) evaluaron el efecto de cuatro calidades de luz en semillas de cuatro especies, observaron que la luz no influye en la germinación y la oscuridad disminuye la germinación de *Samanea saman*, resultados similares con lo obtenido por Espíndola *et al.* (2018) con semillas de *Pterogyne nitens*. Los porcentajes de germinación encontrados en este estudio (53 %) difieren con Barboza-Nogueira *et al.* (2010) quienes reportan 70% de germinación de *Dalbergia cearensis* con fotoperiodo de 12 h, mientras que González *et al.* (2020) reportaron 97% de germinación para *Dalbergia congestiflora* Pittier 12 h luz/oscuridad. Agustín-Sandoval *et al.* (2017) identificaron que la germinación de *Cedrela odorata* se mejora con la incidencia indirecta de luz en las semillas.

dds: días después de la siembra.

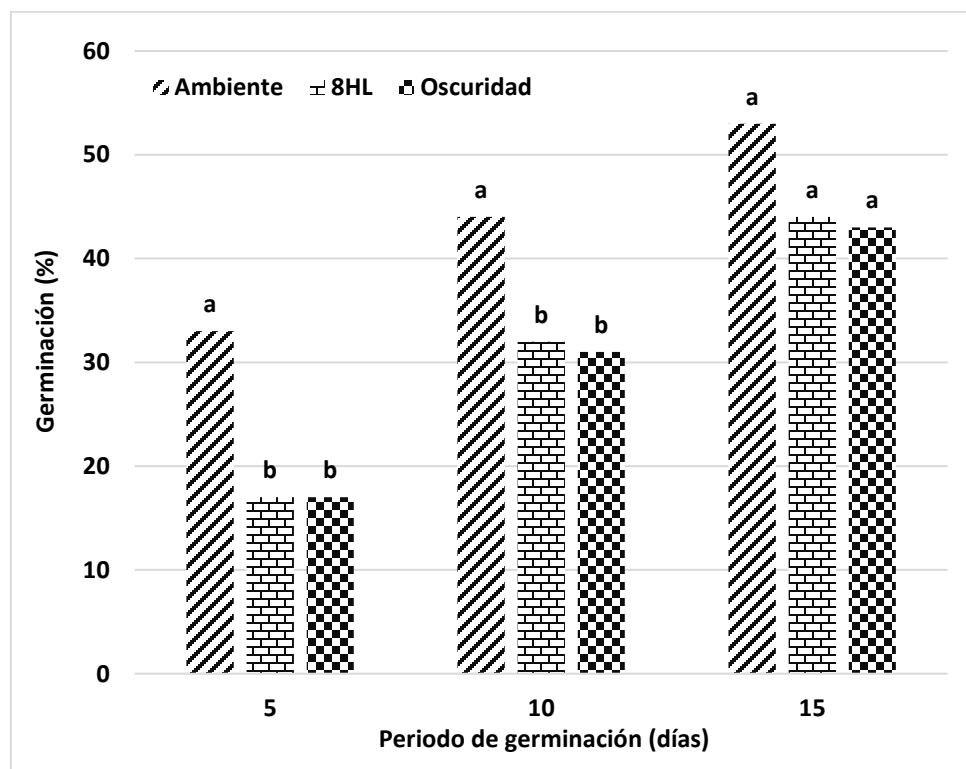


Figura 18. Efecto de la luz sobre la germinación de semillas de *Dalbergia granadillo* Pittier durante su almacenamiento. Los promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes ($\alpha \leq 0.05$)

Longitud de radícula.

El análisis de varianza encontró diferencias estadísticas ($\alpha \leq 0.05$) entre los tratamientos (oscuridad, ambiente y 8 horas luz) sobre el crecimiento de la radícula de granadillo en los primeros 5 dds. Las raíces presentan un crecimiento determinado por la luz durante la primera evaluación, en semillas colocadas en oscuridad se observaron en 20 dds raíces de mayor longitud (4.84 cm), sin embargo, con la prueba de medias por Tukey podemos apreciar que no existen diferencias entre los tratamientos sobre el crecimiento de radícula a partir de 15 dds. Por otro lado, en una escala de vigor de raíces (1: débil, 3: medio y 5: fuerte), podemos observar que semillas germinadas en ambiente y 8 horas luz producen raíces fuertes.

Longitud de hipocótilo.

El análisis de varianza encontró diferencias estadísticas ($\alpha \leq 0.05$) entre los tratamientos ambiente y 8 horas luz con respecto a oscuridad, se observó que la luz es un factor determinante en los primeros 20 dds en el crecimiento y desarrollo del hipocótilo, por lo que este apareció en la primer medición (5 dds) en semillas colocadas en condiciones ambientales y 8 horas luz, pero las semillas sometidas a oscuridad se observaron hasta los 10 dds, las semillas colocadas en el ambiente desarrollaron hipocótilos de mayor longitud 3.98 cm (Cuadro 5). En contraste no existen diferencias entre semillas colocadas en 8 horas luz y colocadas en condiciones normales de ambiente. Por otro lado, en una escala de vigor de hipocótilo (1: débil, 3: medio y 5: fuerte), podemos observar que semillas germinadas en ambiente y 8 horas luz producen hipocótilos fuertes.

Cuadro 5. Crecimiento (cm) del hipocótilo en respuesta a diferentes fotoperiodos

Fotoperiodo	5 dds*	10 dds*	15 dds*	20 dds*
A	1.07 ^a	1.93 ^a	2.95 ^a	3.98 ^a
B	0.95 ^a	1.99 ^a	2.72 ^a	3.67 ^a
C	0.00 ^b	1.20 ^b	1.91 ^b	3.11 ^b

Ambiente (A), 8 horas luz (B) y Oscuridad (C). Los promedios con distinta letra en la misma columna son estadísticamente diferentes ($\alpha \leq 0.05$), dds: días después de la siembra

4.4 Germinación *in vitro*

Debido a que se encontraron problemas con la germinación de las semillas durante la primera etapa de evaluación se llevó a cabo este experimento. Del lote de semillas se registró una viabilidad del 68 % (Figura 19). Las semillas no teñidas por TZ fueron las más pequeñas. El análisis de varianza encontró altas diferencias estadísticas ($\alpha \leq 0.05$) entre los tratamientos, conforme a los resultados de la prueba de medias por Tukey, el medio de cultivo Yasuda y el testigo fueron superiores a los demás tratamientos en el porcentaje de germinación al final de la evaluación. En la Figura 20 se observa que el medio de cultivo Yasuda presentó 66% de germinación, por otro lado, la germinación en este medio de cultivo se presentó 3 dds y se completó 10 dds, en el testigo los días a germinar fueron 5 dds concluyendo 15 dds. En los demás tratamientos la germinación se observó 7dds y finalizó 20 dds. Los resultados encontrados en este ensayo concuerdan con Lima *et al.* (2018) quienes reportan 74.4 % de germinación en *Cinchona officinalis* L en medio MS suplementado con $1.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ AG3, mientras que Sampayo *et al.* (2017) encontró valores altos (59.5%) de germinación de *Cedrela odorata* sembradas en medio MS complementado con carbón activado, en el mismo sentido lo que presenta Araya *et al.* (2000) en semillas de *Alnus acuminata* sembradas en medio MS enriquecido con $2.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ AG3 y exposición a la luz obtuvieron la mayor germinación, aunque Toledo y Roberto (2016) utilizando medios de cultivo MS registraron bajos porcentajes de germinación en semillas de *Lycaste lasioglossa* Rchb en comparación con los medios de cultivo Archila y Knudosn.



Figura 19. Semillas inviables de *Dalbergia granadillo* Pittier sin coloración (lado izquierdo), semillas viables en tono rojo intenso a rosada teñidas con TZ (lado derecho)

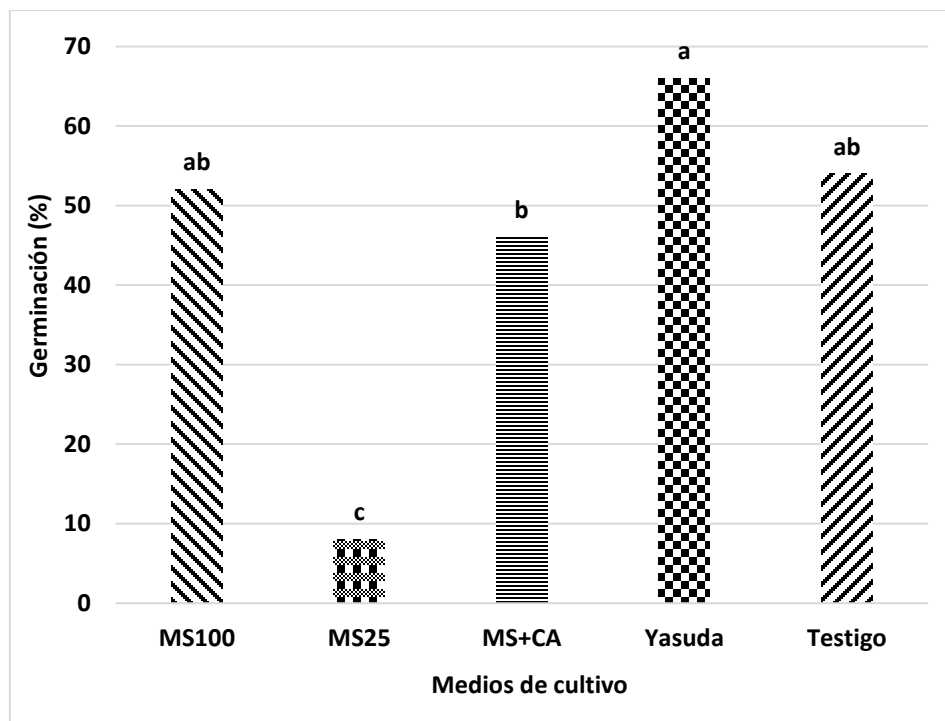


Figura 20. Germinación *in vitro* de semillas de *Dalbergia granadillo* Pittier en diferentes medios de cultivo. Los promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes ($\leq \alpha 0.05$)



Figura 21. Proceso de germinación *in vitro* de semillas de *Dalbergia granadillo* Pittier

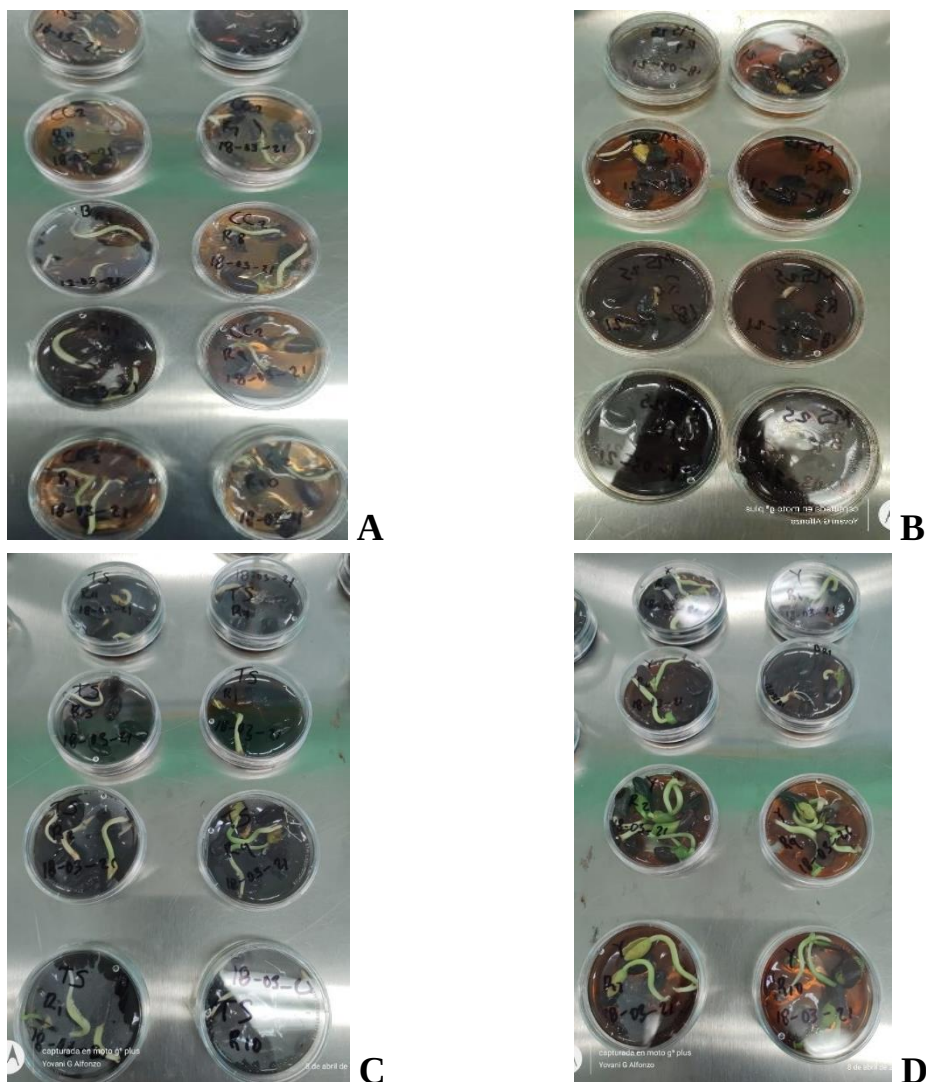


Figura 22. Medios de cultivos usados para favorecer la germinación de semillas de *Dalbergia granadillo* Pittier, superior izquierda (A: MS al 100%), superior derecha (B: MS al 25%), inferior izquierda (C: MS al 100% más carbón activado) inferior derecha (D: Yasuda)

4.5 Pruebas de calidad de semilla de caoba

Los resultados del análisis de la calidad de semilla del lote total de las semillas de *Swietenia macrophylla* King, se muestran en el Cuadro 6. En lo que corresponde a contenido de semillas sin alas por kilogramo se obtuvo un número de 2517 semillas por kg, esto es similar con Céspedes y López (2018) indican en los resultados de su investigación en dos especies tropicales (*S. macrophylla* King y *H. chrysanthus*) que el peso promedio de mil semillas para la semillas de caoba es de 400 g, con un número de semillas puras por kg de 2 499 y, para semillas de Guayacán amarillo el peso de mil semillas fue de 14.4 g con semillas puras por kg de 69 389, aunque el resultado

obtenido en este experimento es menor al obtenido por Rodríguez y Nieto (1999) con un peso de mil semillas de 771.64 g.

El registro de medición del porcentaje de pureza fue 96.15 %, no se observaron plagas ni enfermedades, resto de vegetal u objetos ajenos a la semilla, siendo parecido a lo que menciona CATIE (2007) muestran que la pureza varía entre 95 y 99 %, datos que coinciden con los mencionados por Céspedes y López (2018) reportan altos porcentajes de pureza en *S. macrophylla* y *H. chrysanthus*, observando que las dos especies presentan un alto porcentaje de pureza. Las impurezas para *S. macrophylla* fueron casi nulas debido a que la semilla se encontraba sin alas, y en el caso de las semillas de *H. chrysanthus* se encontró un porcentaje de pureza de 91.8%, así mismo Saldaña *et al.* (2015) registraron un promedio de pureza del 95.84 % con 4.16 % de material inerte.

Al evaluar la humedad de las semillas al momento de colecta, se encontró un porcentaje de contenido de humedad de 5.93 %, estos datos coinciden con Céspedes y López (2018) (5.44 %) y Macusaya *et al.* (2012) (4.3 %), en este mismo sentido en Centroamérica se reportan valores de 4.8 % (Samaniego *et al.*, 1995) y de 5.40 % (Cabrera, 2006). El porcentaje del contenido de humedad obtenido en esta investigación es inferior a lo que registra CATIE (1997; 2007) indica que el contenido de humedad en las semillas de esta especie se encuentra entre un rango entre el 9 y 12 y Cabrera *et al.* (2006) al observar un contenido de humedad de 12 %.

Cuadro 6. Calidad de semilla de *Swietenia macrophylla* King

Calidad de semilla							
Peso de 100 Semillas con alas(g)	Peso de 100 Semillas con alas(g)	Pureza de la semilla (%)	% CH	Viabilidad (%)	Semillas por kg sin ala	Semillas por kg con ala	Germinación (%)
36.52	39.52	96.15	5.93	94	2 517	2 412	90

4.6 Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la germinación

Contenido de humedad. Con base en los resultados, se encontraron altas diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) entre meses de almacenamiento de semillas, se observa que no hay efecto entre las condiciones de almacenamiento (ambiente y refrigeración), el rango de humedad fue de 5.93% a 4.56. Con la prueba de medias por Tukey, se observa que existen diferencias en el contenido de humedad entre meses de almacenamiento a partir del mes de septiembre. Se presentaron diferencias estadísticas en la humedad de las semillas a partir de la cuarta medición, aquí se observa una disminución en el contenido de humedad; con el paso del tiempo esta disminuye, se aprecia otra diferencia notable en la sexta medición (enero) en el

contenido de humedad con respecto a las siguientes evaluaciones (Cuadro 7). Estos resultados obtenidos contrastan con lo que reportan Agustín *et al.*, 2017 donde no encontraron diferencias significativas en el contenido de humedad de semillas de *Tabebuia donnell smithi* almacenadas en envases resellables de plástico ziploc® en condiciones ambientales y en refrigeración durante 105 días, por otro lado, Ríos 2018 reporta que las semillas de *Licania arborea* Seem (Chrysobalanaceae) presentan una disminución del contenido de humedad durante un año presentando diferencias a partir de los tres meses de almacenamiento en condiciones ambientales, esto es similar a lo encontrado en este experimento, por ello podemos suponer que las semillas de caoba son pueden ser consideradas de tipo ortodoxa y esto por el porcentaje de humedad y la durabilidad de este atributo a lo largo de un año.

Cuadro 7. Contenido de humedad de semillas de *Swietenia macrophylla* King en diferentes periodos de almacenamiento

Condición	Tiempo de almacenamiento (meses)						
	marzo	mayo	julio	septiembre	noviembre	enero	marzo
Ambiente	5.93 ^a		5.16 ± 0.02 ^{ab}	5.05 ±	5.04±	4.76±	4.64±
		5.78 ^a		0.04 ^b	0.04 ^{bc}	0.05 ^c	0.34 ^c
Refrigeración	5.93 ^a		5.17 ± 0.03 ^{ab}	5.00±	4.97±	4.67±	4.56±
		5.75 ^a		0.03 ^b	0.03 ^{bc}	0.06 ^c	0.22 ^c

Los promedios con distinta letra en la misma columna son estadísticamente diferentes ($\alpha \leq 0.05$)

Viabilidad. El análisis de varianza mostró diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) entre los factores (tiempo de almacenamiento y condiciones de almacenamiento) sobre la viabilidad de la semilla. Al momento de colecta se obtuvo una viabilidad del 94%. Con la prueba de medias por Tukey se encontró que existen diferencias estadísticas entre tiempos de almacenamiento a partir del mes julio para semillas conservadas en el ambiente ($28^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), semillas almacenadas en refrigeración ($5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) disminuyeron su viabilidad a partir del mes de septiembre. La interacción de los tiempos de almacenamiento (marzo-julio) y condiciones de almacenamiento (ambiente y refrigeración) sobre la viabilidad demuestran que esta se puede conservar de la misma manera en ambas condiciones durante los primeros cuatro meses después de la colecta de las semillas. A partir de estas mediciones, la viabilidad se reduce en cada evaluación causado por el deterioro fisiológico de las semillas. En la Figura 23 se observa que existen diferencias entre condiciones de almacenamiento a partir de la cuarta evaluación, las semillas almacenadas a bajas temperaturas ($5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) presentan mayor viabilidad, en la última medición (después de un año de almacenamiento), la viabilidad de las semillas se conserva mejor en refrigeración. Con los resultados obtenidos no es conveniente almacenar las semillas bajo condiciones ambientales ($28^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$)., ya que su viabilidad presenta la tendencia a disminuir con mayor rapidez. En la Figura 24 se aprecia la viabilidad de semillas 8 meses después del almacenamiento. Los datos encontrados en esta investigación son similares con lo que registró Gómez *et al.* (2006) estudio el deterioro de las semillas de caoba de dos procedencias bajo diferentes métodos de almacenamiento, indican que la viabilidad se conserva mejor en cámara fría (18 %) en un periodo de 10 meses utilizando envases permeables para evitar la pérdida del contenido de humedad de la semilla, así como Herrera *et al.* (2006) encontraron que la viabilidad de semillas de *Calophyllum brasiliensis* se pueden conservar a temperatura ambiente durante 6 meses y Orantes *et al.* (2013) evaluaron la viabilidad y germinación de tres especies de árboles, el copalillo (*Bursera bipinnata* (Sessé & Mociño) Engl.), el bojón (*Cordia alliodora* (R.& P.) Oken) y el palo amarillo (*Terminalia amazonia* (Gmel.) durante un año de almacenamiento a temperatura 25°C y observaron que las semillas tienen un decaimiento diferencial entre especies encontrando al final (doce meses de

almacenamiento) 15% 34% y 18% de viabilidad respectivamente, a diferencias de Ceballos y López 2007 señalan que las semillas de *Alnus acuminata*, *Cordia gerascanthus* L y *Retrophyllum rospigliosii* disminuyen su viabilidad a partir de tres meses de almacenamiento en temperatura ambiente y a 4°C.

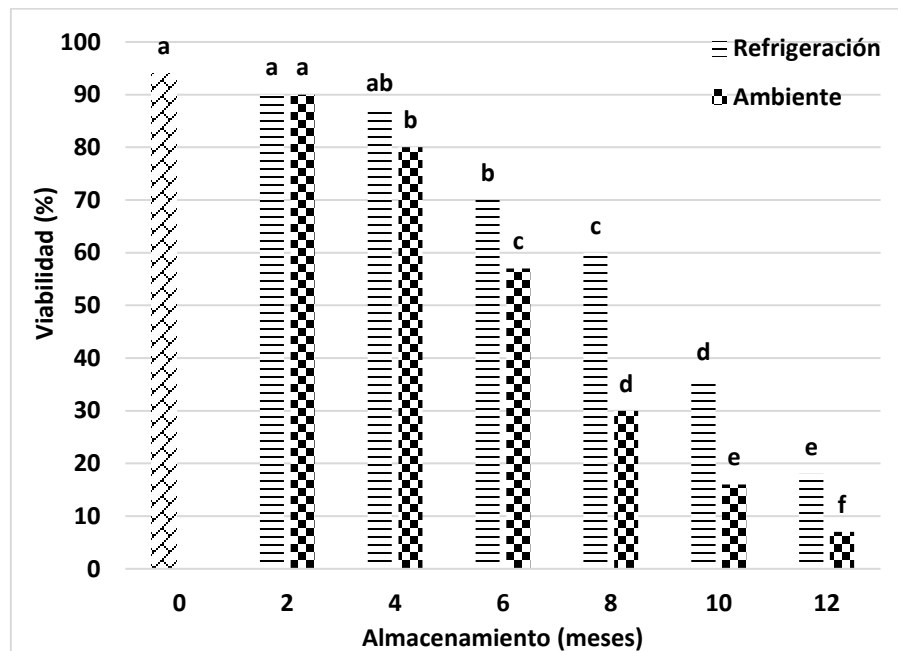


Figura 23. Viabilidad de semillas de *Swietenia macrophylla* King durante su almacenamiento. Los promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes ($\alpha \leq 0.05$)



Figura 24. Viabilidad de semillas de *Swietenia macrophylla* King a 8 meses después del almacenamiento

Germinación. El análisis de varianza, evidenció que existen diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) entre los factores (tiempo de almacenamiento y condiciones de almacenamiento) sobre la germinación. La germinación al momento de colecta fue el valor más alto con 90%. Con la prueba de medias por Tukey se encontró que existen diferencias estadísticas entre tiempos de almacenamiento a partir del mes julio, semillas conservadas en el ambiente ($28^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) disminuyeron su germinación a diferencias de aquellas almacenadas en refrigeración. En la Figura 25 se aprecia que la germinación es afectada con el paso del tiempo, se presentan diferencias a partir del mes de septiembre con relación al resto de los meses evaluados, a partir de estas mediciones, la germinación se reduce en cada evaluación en ambas condiciones de almacenamiento, por otro lado, las semillas almacenadas a bajas temperaturas ($5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) presentan mayor germinación durante todos los meses evaluados, resultó ser la mejor condición de almacenamiento. Las semillas almacenadas en el ambiente y refrigeración a partir de la cuarta medición, se observó que la germinación fue afectada en días a germinar con 10 dds concluyendo la medición 45 dds, a diferencia de la germinación en los primeros seis meses, inició 7 dds y se completó 30 dds. La germinación fue superior en semillas almacenadas en refrigeración un año después de la colecta (12%), aquellas conservadas en condiciones ambientales llegó casi a ser nula (2%). Los resultados hallados en este experimento coinciden con Ríos (2018) reporta que las semillas de *Licania arborea* Seem (Chrysobalanaceae) conservadas a temperatura ambiente disminuyen su germinación en un ensayo *in vitro* y condiciones de vivero, estas disminuyen con el paso del tiempo (a partir del tercer mes), después de un año de almacenamiento se observó un porcentaje germinación $5 \pm 3.2\%$ y 0% para ambos ensayos, por otro lado, son contrastantes con Duarte *et al.* (2014), ellos evaluaron el efecto de la testa de *Handroanthus heptaphyllus* tras diferentes tiempos de almacenamiento en cámaras frías (4°C) y obtuvieron 83.33% y 75.40% a los 6 y 12 meses de almacenamiento, así mismo Patiño-Uyaguari *et al.*, (2019) mencionan que las semillas de *V. stipularis* almacenadas a 10°C durante 12 meses presentan una germinación casi nula contrario con semillas de *H. luteynii* que conservan la germinación y buena capacidad germinativa. Alizaga y Vargas (2001) indica que semillas de *Montanoa duminicola* y *Casuarina equisetifolia* pueden conservar su germinación por 6 meses en tres diferentes temperaturas a diferencia de *Gliricidia sepium* y *Syzygium jambos* que reducen su germinación con el tiempo. En la Figura 26, podemos observar que existe una correlación positiva en las variables estudiadas de semillas de granadillo, este modelo se ajusta bastante ($R^2 = 0.988$)

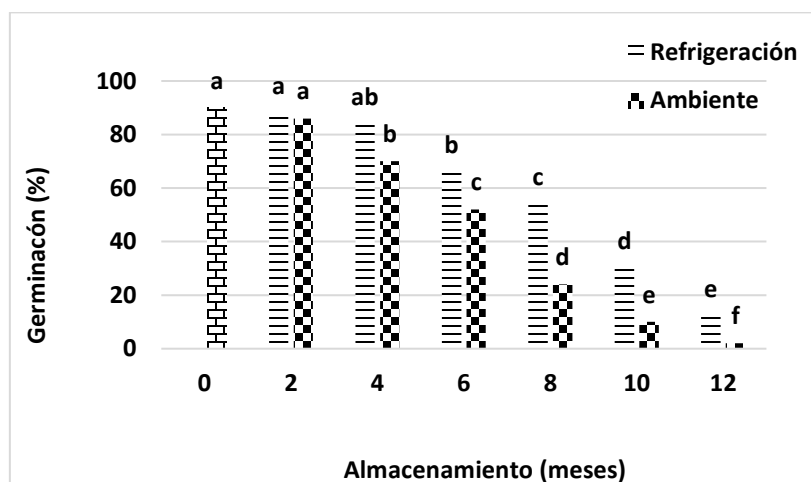


Figura 25. Germinación de semillas de *Swietenia macrophylla* King durante su almacenamiento. Los promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes ($\alpha \leq 0.05$)

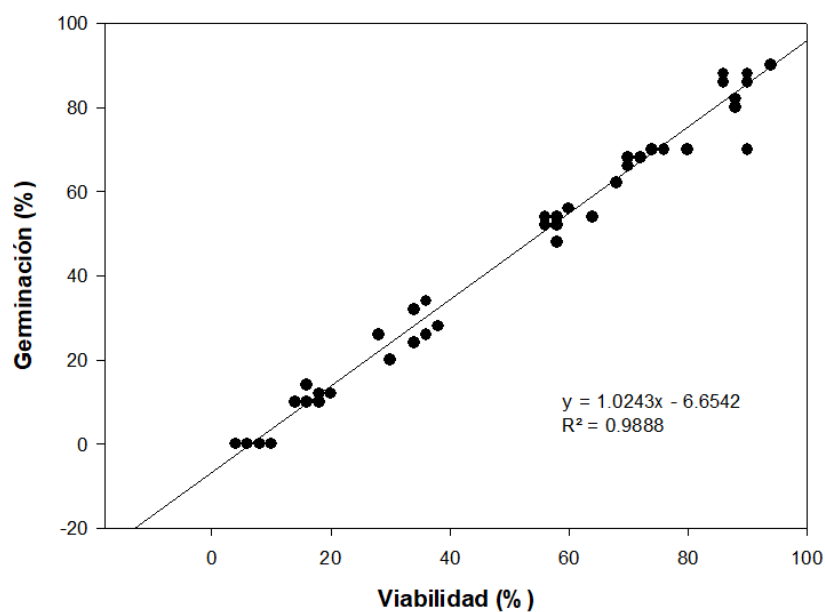


Figura 26 Correlación lineal de viabilidad y germinación de semillas de *Swietenia macrophylla* King

5. CONCLUSIONES

La calidad de las semillas de *D. granadillo*, disminuye significativamente en los primeros 30 días después de la colecta, las diferentes fechas de siembra demuestran que la calidad de las semillas disminuye con el paso del tiempo en condiciones ambientales ($28^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$).

La calidad de las semillas de *S macrophylla* King, disminuye significativamente con el paso del tiempo, el periodo de almacenamiento de las semillas de caoba influye estadísticamente en la viabilidad y germinación, al final de la evaluación se observó que la calidad de semillas almacenadas en refrigeración ($5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) fue mayor significativamente con respecto a semillas almacenadas condiciones ambientales ($28^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$).

Las semillas de caoba almacenadas en refrigeración ($5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) pueden conservarse sin dañar su calidad por un tiempo de seis meses después de la colecta, esto permite facilitar su disponibilidad para su propagación.

La viabilidad y germinación de semillas de granadillo disminuyeron con el paso del tiempo, por otro lado, el cultivo *in vitro* no tuvo efecto en semillas recientemente colectadas, queda pendiente una valoración con semillas almacenadas por un periodo de tiempo mayor para saber si se puede incrementar la germinación en semillas con un deterioro más avanzado.

La luz tiene un efecto directo en el porcentaje de germinación de semillas de granadillo. La exposición a luz en fotoperiodo natural favoreció la germinación. El crecimiento y desarrollo de la radícula se observó de manera similar en los tratamientos, a diferencia del hipocótilo, este fue favorecido por la luz.

6. LITERATURA CITADA

- Agustín, S. W.G., Espinosa, Z. S., Avendaño, A.C. H., Reyes, R. A. L., Ramírez, G. S. I., López, B. O., Andrade, R. M y Rangel, Z. J. L. (2017). Calidad de semillas de primavera (*Roseodendron donnell-smithii* Miranda syn *Tabebuia-donnell-smithii* Rose). Agroproductividad. Vol 10. Núm 3. Pp 81 – 86
- Alcántara, C. J. H., Acero, G. J., Alcántara, C. J. D y Sánchez, M. R. M. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. NOVA. 17 (32): 109-129
- Alizaga, R y Vargas, A. O. (2001). Almacenamiento de semillas de cuatro especies forestales de uso múltiple. Revista Tecnología En Marcha, Vol. 13 Núm. 4 (2001). 13(4), pág. 68–74. Recuperado a partir de https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/1544
- Alzugaray, C., N.J. Carnevale, A.R. Salinas, y R. Pioli. (2006). Calidad de semillas de *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltr. Quebracho 13:26-35.
- Araya, E., Gómez, L., Hidalgo, N., Valverde, R. (2000). Efecto de la luz y del ácido giberélico sobre la germinación in vitro de (*Alnus acuminata*). Agronomía Costarricense, 24(1), 75-80. [fecha de Consulta 2 de mayo de 2021]. ISSN: 0377-9424. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43624108>
- Argueta, V, L. M., Cano, A y Rodarte, M. E. (1994). Atlas de las plantas de la medicina tradicional mexicana. Instituto Nacional Indigenista. Vol. I: 314-315. México D.F.
- Asif, M.J., Ali A., Mazhar, M.Z., Tanvir A., Zia, B., Anmbreen, I., Anjum, M.Z y Mahr, M.S. (2020). Effect of different pretreatments on seed germination of *Prosopis juliflora* and *Dalbergia sissoo*: a step towards mutation breeding. J. For. Sci., 66: 80–87.
- Bajguz, A y Tretyn, A. (2003). The chemical characteristic and distribution of brassinosteroids in plants. Phytochemistry 62: 1027-1046.
- Bapat, V. A., Trivedi, P. K., Ghosh, A., Sane, V. A., Ganapathi, T. R y Nath, P. (2010). Ripening of fleshy fruit: Molecular insight and the role of ethylene. Biotechnol. Adv. 28, 94-107. Doi: 10.1016/j.biotechadv.2009.10.00

- Barboza, N. F. C., Medeiros, F. S y Gallão, M. I. (2010). Caracterização da germinação e morfologia de frutos, sementes e plântulas de *Dalbergia cearensis* Ducke (pau-violeta) – Fabaceae. Acta Bot. Bra. 24: 978-985.
- Basik, N. (2015). Chinese Hongmu Consumption Boom. Analysis of the Chinese Rosewood Trade and Links to Illegal Activity in Tropical Forested Countries. Forest Trends. <https://www.forest-trends.org/publications/chinas-hongmu-consumption-boom/>
- Bidwell, R. G. S. (2000). Fisiología Vegetal. aGT editores, S.a. México, d.F. 784 p.
- Blanco, R. I. (2020). El género *dalbergia* en México: evaluación poblacional y estudio de campo en la región costa de Oaxaca. Tesis de Ingeniería Forestal. Universidad Politécnica de Madrid Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural. Pp 19-31
- Boshier, D y Cordero, J. (2003). Árboles de Centroamérica, un manual para extensionistas (www. arbolesdecentroamerica.info) CATIE- Oxford Forestry Institute y Forestry Research Programme.
- Bottini, R., Cassán, F y Piccoli, P. (2004). Gibberellin production by bacteria and its involvement in plant growth promotion and yield increase. Appl Microbiol Biotechnol. 65(5):497–503.
- Bradford, K. J y Yang, S. F. (1980). Xylem transport of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid, an ethylene precursor, in water-logged tomato plants. Plant Physiology 65:322-326.
- Braz, M. S. S., Souza, V. C., Andrade, L. A., Bruno, R. L. A., Oliveira, L. S. B y Silva, J.M. (2009). Caracterização morfológica de frutos, sementes e plântulas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All.ex. Benth) Leguminosae-Papilionoideae. Revista Brasileira de Ciências Agrárias 4: 67-71
- Cabrera, E. I. O. (2006). Estudio de la composición arbórea, fuente semillera y calidad de la semilla de caoba (*Swietenia macrophylla* King.) y santa maría (*Calophyllum brasiliense* var. *rekoii* Standl.) en el parque nacional Laguna Lachuá, Cobán, Alta Verapaz. Tesis Lic. Ing. agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 66 p

- Cantillo, A. R., Igarza, C. J y Ochoa, A. M. (2011) Propagación in vitro de plantas de *Pinus cubensis* Griseb. *Biotecnología vegetal* 11(1): 3 _ 13
- Cantos, M., Liñán, J., Troncoso, J., Aparicio, A y Troncoso, A. (1998). El cultivo in vitro, un método para mejorar la germinación de plantas con interés forestal en Andalucía. In U. de Sevilla (Ed.), *El cultivo in vitro, un método para mejorar la germinación de plantas con interés forestal en Andalucía*. (Primera Ed). Sevilla, España.
- Carvalho, N. M., y Nakagawa J. (1993). *Sementes. Ciencia, Tecnologia e producao*. Fundacao Cargill. Campinas. 429 pp.
- Casillas, S. J. I. (2015). Propagación de *Tilia americana* Var mexicana y *Dalbergia congestiflora*. Tesis de Maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Maestría en Ciencias y Tecnología de la Madera. Morelia, Michoacán. pp 60-69
- Castillejos, R. I. (2019). Riesgos y consecuencias de deterioro de la semilla almacenada. *Revista de Riego*. Año 17. Núm. 105. Agosto-septiembre 2019. 108 -113 p
- Castillo, A. (2008). Propagación de plantas por cultivo in vitro: una biotecnología que nos acompaña hace mucho tiempo. *Revista Del Instituto Nacional de Innovacion Agraria*, 20(2), 8.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). (1997). Nota Técnica No. 21: *Swietenia macrophylla* King. Retrieved from <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0008s/A0008s21.pdf>. 2 p.
- CATIE. (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). (2007). Diversidad genética en poblaciones de *Swietenia macrophylla* King. (Meliaceae) en Costa Rica y Bolivia. Programa de educación para el desarrollo y la conservación. Turrialba, Costa Rica. [En línea]: CATIE, <http://www.inta.gov.ar/bariloche/info/documentos/forestal/s11viculltesisbasil2007.pdf>, documentos.
- CCA. (Comisión para la Cooperación Ambiental). (2017). Plan de acción de América del Norte para un comercio sustentable de especies maderables. Comisión para Cooperación Ambiental.

- Ceballos, F. A. J y López, R. J. A. (2007) Conservación de la calidad de semillas forestales nativas en almacenamiento. *Cenicafé* 58(4): 265-292.2007
- Cervantes, M, A. (2016). La conservación del granadillo en México: una carrera contra el tiempo. *CONABIO. Biodiversitas*, 128:6-11 La conservación del granadillo en México, una carrera
- Céspedes, T. K. A. y López F. B. (2018). Determinación de los patrones de tinción y efecto de la giberelina sobre la germinación de las semillas de Caoba (*Swietenia macrophylla*) y Guayacán Amarillo (*Handroanthus chrysanthus*). Tesis de Licenciatura. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Bogotá D.C., Colombia. 100 p
- CIAT. (Centro Internacional de Agricultura Tropical). (1991). Cultivo de tejidos en la agricultura: Fundamentos y aplicaciones. Roca, W. M. y Mroginski, L. A. (eds.). Cali, Colombia, p. xii, 970.
- CICY. (Centro de investigación Científica de Yucatán) (2013). Banco de germoplasma. Yucatán, México. <https://www.cicy.mx/sitios/germoplasma>
- CITES. (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres). (2007) CoP14 Prop. 31. Incluir *Dalbergia retusa* y *Dalbergia granadillo* en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies (CITES) Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre. Examen de las Propuestas de Enmienda a los Apéndices I y II. Decimocuarta reunión de la Conferencia de las Partes. La Haya (Países Bajos), 3- 15 de junio. 16 p.
- CITES. (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres). (2015), "PC22 Doc. 22.4: Evaluación del riesgo de las especies maderables del género *Dalbergia* en México", Secretaría de la CITES, Ginebra
- CITES. (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres). (2013). "CoP16 Prop. 61: *Dalbergia retusa* y *Dalbergia granadillo*", Secretaría de la CITES, Ginebra.

- CITES. (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres). (2016). CoP 17 Prop. 54. Consideration of proposals for amendment of Appendices I and II. Listing in Appendix II of 13 species of the genus *Dalbergia* (native to Mexico and Central America) proposed by Mexico. South Africa, 2016. <https://cites.org/sites/default/files/eng/cop/17/prop/060216/E-CoP17-Prop-54.pdf>
- CITES. (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres). (2017). Apéndices I, II y III (en vigor a partir del 4 de abril de 2017). <https://cites.org/eng/app/appendices.php>. Junio 16, 2017.
- CONABIO. (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (2011). *Swietenia macrophylla* King. Consultado en abril 2020. Disponible en http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/37-melia5m.pdf
- CONABIO. (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (2015). Registros. de colecta de *Dalbergia granadillo*.
- CONABIO. (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (2017). “Granadillo (*Dalbergia granadillo*)”, Enciclopedia, Biodiversidad Mexicana, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, en <http://enciclopedia.mx/especies/186583-dalbergia-granadillo>
- CONABIO. (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (2017). “Caoba (*Swietenia macrophylla*)”, Enciclopedia, Biodiversidad Mexicana, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, en: <http://enciclopedia.mx/especies/170029-swietenia-macrophylla>
- CONABIO. (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (2019). Guía informativa para el manejo y aprovechamiento sustentable de caoba en el marco de las disposiciones de la CITES. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México.
- CONAFOR. (Comisión Nacional Forestal) (2012). Restauración de ecosistemas forestales. Guía básica para comunicadores. Unidad de Comunicación Social
- CONAFOR. (Comisión Nacional Forestal). (2015). Germoplasma Forestal.

- CONAFOR. (Comisión Nacional Forestal). (2018). Informe de Resultados del Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2009-2014.
- Cruz, A. M., Melgarejo, L. M y Romero, M. (2010). Experimentos en Fisiología Vegetal. Universidad Nacional de Colombia. Laboratorio de fisiología y bioquímica vegetal. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. p 44-46
- Cruz, F. Z, M. (2003). La caoba, una alternativa para deforestadas de la Huasteca Potosina. Campo Experimental Huixchiuayán. CIRNE, INIFAP. Folleto para productores. Núm. 4. San Luis Potosí, México.
- De Fera., Chávez, M., Barbón, R., La O, M, Pérez., Jiménez, T. F., Quiala, E y Agramonte, D (2008) Establecimiento in vitro de brotes apicales de *Pinus caribaea* var. *caribaea*. Biotecnología vegetal 8(1): 15-20
- Delouche, J. (2002). Germinación, Deterioro y Vigor de Semillas Forestales. Revista SEED News. Octubre de 2010. Publicado en línea en: www.seednews.inf.br/.../print_artigo66_esp.html
- Díaz, G. V y Huerta, C. J. (1986). Utilización de las maderas tropicales en México. Ciencia Forestal. México. II. 60: 127–146.
- Díaz, M. D. (2017). Las Hormonas Vegetales en las Plantas. Serie Nutrición Vegetal Núm. 88. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p. Extraído de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/las-hormonas-vegetales-en-las-plantas> –
- Doria, G. J., Benítez, F. B y Soto, C. F. (2012). Influence of different preservation methods on the germination of areca palm (*Dyopsis lutescens*, H. Wendel). Cultivos Tropicales, 33(2), 56-60. Recuperado en 12 de agosto de 2021, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362012000200008&lng=es&tlng=en.
- Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. Cultivos Tropicales, 31(1), 00. Recuperado en 01 de diciembre de 2019, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S025859362010000100011&lng=es&tlng=es.

- Dresch, D. M., Quintão, S. S., Masetto, T y Mussury, R. (2014). Almacenamiento de semillas de *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg: Influencia del contenido de agua y la temperatura ambiental. *Revista Estadounidense de Ciencias Vegetales*, 5, 2555-2565. doi: 10.4236 / ajps.2014.517269.
- Duarte, E. R.; Avico, E. H., Sansberro, P. A., Luna, C. V. (2014). Efecto de la testa sobre la germinación de semillas de *Handroanthus heptaphyllus* tras distintos tiempos de almacenamiento; Universidad Nacional de Rosario; *Revista Ciencias Agronómicas*; 14; 24; 12-2014; 29-35
- Engels, J. M. y Visser, L. (2003). Guía para el manejo eficaz de un banco de germoplasma. IPGRI Manual para Bancos de Germoplasma No. 6. IPGRI, Roma, Italia. Disponible en la página www.bioversityinternational.org/Publications/pubfile.asp?ID_PUB=899.
- Espíndola, Y., Romero, L., Ruiz, D. R y Luna, C. (2018). Influencia de las condiciones de incubación sobre la germinación de semillas de diferentes individuos de *Pterogyne nitens*. *Quebracho - Revista de Ciencias Forestales*, 26(1), 5-17. [fecha de Consulta 25 de junio de 2021]. ISSN: 0328-0543. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48160748002>
- FAO y Africa Seeds. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2019). Materiales para capacitación en semillas - Módulo 3: Control de calidad y certificación de semillas. Roma.
- FAO y Bioversity International. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2007). Conservación y manejo de recursos genéticos forestales. Vol. 1: visión general, conceptos y algunos métodos sistemáticos. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia.
- FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2014). Normas para bancos de germoplasma de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. Edición revisada. Roma.
- FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2014). Evaluación de la Seguridad de Semillas. Una guía para profesionales. Roma. Italia.

- FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2019). Materiales para capacitación en semillas - Módulo 6: Almacenamiento de semillas. Roma.
- FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2020). Global Forest Resources Assessment 2020 – Key findings. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca8753en>
- FAO/IPGRI (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos.). (1994). Normas para Bancos de Genes. FAO, Roma, Italia; e IPGRI, Roma, Italia. 13 p. Disponible en http://www.biodiversityinternational.org/Publications/pubfile.asp?ID_PUB=1250.
- Ferraro, M.G. (2014). Revisión del Aloe vera (*Barbadensis Miller*) en la dermatología actual. Argent Dermatol. 90):218–23.
- Fichet, L. T. (2017). Biosíntesis de las Fitohormonas y Modo de Acción de los Reguladores de Crecimiento. Serie Nutrición Vegetal Núm. 92. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 6 p. Extraído de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/biosintesis-de-las-fitohormonas-y-reguladores-de-crecimiento>
- Finkelstein R. R, S., Gampala, S y Rock, C. D. (2002). Absciscic acid signaling in seeds and seedlings. Plant Cell 14: S15-45.
- García, E. (1973). Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. 2ª Edición. México: Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- García, G. L. A. (2018). “Efecto del tiempo y la temperatura en el almacenamiento de semillas de *Huerteia glandulosa* Ruíz y Pavón para conservar su viabilidad”. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional de Cajamarca. Facultad de Ciencias Agrarias. Jaén Perú. 44 p.
- George, E. F., Hall, M. A y Klerk, G. J. (2008). Plant Growth Regulators I: Introduction; Auxins, their Analogues and Inhibitoors. In: Plant Propagation by Tissue Culture 3rd Edition. p. 1–501.

- Gómez, T. J., Jasso, M. J., Vargas, H. J y Soto, H. M. (2006). Deterioro de semillas de dos procedencias de *Swietenia macrophylla* King, bajo distintos métodos de almacenamiento. Ra Ximhai. Vol. 2, número 001. Universidad Indígena de México. El Fuerte, México.
- González, V. G., Andrés, H. A. R., Valdés, E. G., Álvarez, Q. N., Martínez, M. D y Rivas A. S. P. (2020). Germinación de semillas de seis especies arbóreas maderables de una selva baja caducifolia en Puebla, México. Agrociencia. 54: 227-240. 2020
- Gupta, R y Chakrabarty, S. K. (2013). Gibberellic acid in plant: Still a mystery unresolved. Plant Signal Behav. 2013;8(9).
- Hernández, S. E y García, M. I. (2016). Brasinoesteroides en la agricultura. I. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 7(2), 441-450. Recuperado en 21 de abril de 2020, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000200441&lng=es&tlng=es.
- Herrera, J., Lines, K y Vásquez W. (2006). Estudio de la germinación y la conservación de semillas de cedro maría (*Calophyllum brasiliense*). Tecnología en Marcha. Vol. 19-1. International Seed Testing Association (ISTA). 2010. Reglas del ISTA. Septiembre de 2010. Publicado en línea en: http://www.analisisdesemillas.com.ar/index.php?option=com_content&task=view&id=15&Itemid=31
- INIA. (Instituto de Investigaciones Agropecuarias). (2014). Manual de recolección y procesamiento de semillas de especies forestales, ISSN 0717 – 4829. La Serena Chile.
- INTAGRI. (Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura). (2018). El Papel del Etileno en la Maduración de Frutos. Serie Poscosecha y Comercialización, Núm. 16. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p. Extraído de <https://www.intagri.com/articulos/poscosecha-comercializacion/papel-del-etileno-en-la-maduracion-de-frutos> –
- INTAGRI. (Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura). (2021). El Rol del Ácido Abscísico en la Coloración de la Uva. Serie Frutales, Núm. 73. Artículos técnicos de INTAGRI. México. 3 p. Extraído <https://www.intagri.com/articulos/frutales/el-rol-del-acido-abscisico-en-la-coloracion-de-la-uva> -

- IRENA. (Instituto Nicaragüense De Recursos Naturales Y Del Ambiente). (1992). Caoba. Nicaragua, Servicio Forestal, Departamento de Investigación, Laboratorio de tecnología de la madera. Ficha Técnica de Maderas Nicaragüenses No. 10. 5 p.
- ISTA (International Seed Testing Association). (2010). Reglas del ISTA. Septiembre de 2010. Publicado en línea en: http://www.analisisdesemillas.com.ar/index.php?option=com_content&task=view&id=15&Itemid=31
- Jiménez, Q. (1999). *Dalbergia retusa* en Costa Rica. InBio. <http://darnis.inbio.ac.cr/FMPro?-DB=UBI-pub.fp3&-lay=WebAll&-Format=/ubi/detail.html&-Op=bw&id=2150&-Find->
- Jordán, M y Caseretto J. (2006). Hormonas y Reguladores del Crecimiento: Auxinas, Giberelinas y Citocininas. Fisiología (F. A. Squeo. y L. Cardemil, eds). Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile. Cap XV. p 21 -28
- Kakimoto, T. (2003). Biosynthesis of cytokinins. J Plant Research 116: 233-239.
- Khiem, M. A. (2017). Biología y Silvicultura de las especies de *Dalbergia* en América Central. USFS (United States Forest Service). Pp 31-33
- Knoblauch, B. (2001). Estudio ecológico, silvícola y de utilización del Granadillo (*Dalbergia tucurensis* J.D. Smith) en bosques latifoliados de Honduras. Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciatura, Carrera de Desarrollo Socio-económico y Ambiente, El Zamorano, Honduras. 44 p. (Asesores: Nelson Agudelo e Ingeniero José Linares)
- Lallana, V., Elizalde, J. H y García, L. F. (2005). Germinación y latencia de semillas y yemas. Cátedra de Fisiología Vegetal. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional Entre Ríos.-. UT. Nº 11, pp 15 y 16.
- Lascuráin, M., List, R., Barraza, L., Díaz, P. E., Gual, S. F., Maunder, M., Dorantes, J y Luna, V. (2009). Conservación de especies ex situ, en Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 517-544.

- Lima, J. N. R., Moreno, S. J. A., Eras, G. V. H., Minchala, P. J., González, Z., Yaguana, A. M y Valarezo, O. C. (2018). Propagación in vitro de *Cinchona officinalis* L a partir de semillas. Revista de Investigaciones Altoandinas, 20(2), 169-178. <https://dx.doi.org/10.18271/ria.2018.361>
- Linares, J y Sousa, M. (2007). Nuevas especies de *Dalbergia* (Leguminosae: Papilionoideae: Dalbergieae) en México y Centroamérica
- Linares, J. L. (2015). Nuevas especies de *Macherium* (Leguminosae: Papilionoideae: Dalbergieae) en México y Centroamérica. Journal of the Botanical Research Institute of Texas, 49-61.
- López, R y Cárdenas, D. (2002). Manual de identificación de especies maderables objeto de Comercio en la amazonia colombiana. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, SINCHI
- Lozano, K. G. A. (2014). Propagación in vitro de café (*Coffea arabica*) -variedad Lempira- a partir de meristemas. Escuela Agrícola panamericana.
- Macusaya, G. M. S., Goitia, A. L F., Rojas, P y Kalam, K. A. (2012). Determinación del efecto de sustratos y tratamientos pre-germinativos en mara (*Swietenia macrophylla* King) y Serebo (*Schizolobium* sp.) en el municipio de San Buenaventura, La Paz. Tesis de Licenciatura. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 93 p.
- Mallén, R. C. (2014). Recursos Genéticos Forestales. Revista mexicana de ciencias forestales, 5(22), 04-09. Recuperado en 27 de julio de 2020, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322014000200001&lng=es&tlng=es.
- Malonek, S. C., Bomke, E., Bornber, G. B., Rojas, M.C., Hedden, P, Hopkins P y Tudzynski, B. (2005). Distribution of gibberellin biosynthetic genes and gibberellin production in the *Gibberella fujikuroi* species complex. Phytochemistry 66: 1296-1311.
- Manzanillo, T. P. M. (2016). Producción de plántulas de caoba (*Swietenia macrophylla* King) inoculadas con suelo rizosférico nativo de selva mediana en el Sur de Quintana Roo. Informe Técnico Residencia Profesional. Instituto Tecnológico de la Zona Maya. 20 p.

- Mápula, L.M., López, U.J., Vargas, H.J.J y Hernández, L. A. (2008). Germinación y vigor de semillas en *Pseudotsuga menziesii* de México. *Ra Ximhai*, 4(1): 119–134
- Marín, W.A. y E. M. Flores. (2003). *Dalbergia retusa* Hemsl. In: Vozzo, J.A. 2003. Tropical Tree seeds Manual. Part II Species descriptions. United States Department of Agriculture Forest Service. pp. 429- 431.
- Martínez, R., Rojo, G., Rodríguez, J y Ramírez, B. (2010). Biotecnología aplicada a los recursos forestales. Libros Técnicos: Serie Forestal. Universidad Autónoma Indígena de México. MX. 292p.
- Maury, L. A. E. (2017). Conservación y viabilidad en semillas de *Cedrelinga cateniformis* Ducke (tornillo) en diferentes condiciones de almacenamiento en puerto almendras, - Iquitos-2017. Tesis de doctorado. Universidad de la Amazonia peruana.
- Mayhew, J E y Newton, A. C. (1998). The silviculture of mahogany. Oxon, Inglaterra, CAB International. 226 p.
- McKendrick, S. (2000). Manual para la germinación *in vitro* de orquideas. Ceiba Foundation for Tropical Conservation, 17.
- McSteen, P, Zhao, Y. (2008). Plant hormones and signaling: Common themes and new developments. *Developmental Cell* 14, 467-473
- Meier, E. (2016). “Cocobolo”, The Wood Database, en: www.wood-database.com/cocobolo/
- Meza, R. (2009). Guía para la Colecta y Beneficio de Semilla de Mezquite. Centro de Investigación Regional Noroeste Campo Experimental. Todos Santos. (INIFAP-CONACYT-CONAFOR).
- Nambara, E y Marion, P. A. (2005). Absciscic acid biosynthesis and catabolism. *Annual review of plant physiology and plant molecular biology* 56: 165-185
- Navarro, R y Galvez. (2001). Biología y descripción de semillas forestales. Material vegetal de reproducción, manejo, conservación y tratamiento.

- Negreros, C. P., Cámara, C. L., Devall, M. S., Fajvan, M. A., Mendoza, B. M. A., Mize, C. W y Navarro, M. A. (2014). Silvicultura de las selvas de caoba en Quintana Roo, México: Criterios y recomendaciones. Comisión Nacional Forestal. 92 p.
- Nieto, A. R. (2005). Estructura y Fisiología de las Semillas. 1ª Edición. Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de Fitotecnia. Academia de Fisiología Vegetal. México.
- Oliva, V. M. A., Vacalla, F., Pérez, D y Tucto, A. (2014). Manual recolección de semillas de especies forestales nativas: experiencia en molinopampa, Amazonas Perú. Ministerio de Agricultura y riego (MINAGRI), Servicio Nacional Forestal y Vida Silvestre (SERFOR).
- Orantes, G. C y Moreno, M. R. A. (2013). Efecto del almacenamiento sobre la viabilidad de las semillas de *Tabebuia rosea* (Bertol) dC. y *Tabebuia donnell-smithii* Rose (Bignoniaceae) en Chiapas, México. LACANDONIA, año 7, vol. 7, no. 2: 67-72
- Orantes, G. C., Pérez, F. M. A., Rioja, P. T. M., Garrido, R. E. R. (2013). Viabilidad y germinación de semillas de tres especies arbóreas nativas de la selva tropical, Chiapas, México. Polibotánica, (36), 117-127. [Fecha de Consulta 11 de agosto de 2021]. ISSN: 1405-2768. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62127866008>
- Patiño, U. C., Jiménez, S. J.; Marín, M. F y Ximena, P. P. (2019). Respuesta de semillas de tres especies nativas altoandinas a diferentes condiciones de almacenamiento. MASKANA, Vol. 10, No. 2, 64–75
- Peng J y Harberd, N. P. (2002). The role of GA-mediated signaling in the control of seed germination. Curr Opin Plant Biol. 5: 376-381.
- Pérez, P. C. J. (2007). Germinación de semillas de *Mimosa aculeaticarpa* Var. Biuncifera (Benth) Barneby (Fabaceae). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Básica e Ingeniería. 20 p
- Pfluger, J y Zambryski, P. (2004). The role of SEUSS in auxin response and floral organ patterning. Development 131: 4697–4707.
- Pimentel, B. (2009). Producción de plantas de árboles y arbustos de usos múltiples. Mundi Prensa, México D.F.

PNUMA-CMCM. (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente). (Centro de Monitoreo de la Conservación Mundial). (2016). "Base de datos sobre el comercio CITES" [banco de información sobre el comercio de especies incluidas en la CITES integrado y administrado en nombre de la Secretaría de la CITES por el PNUMA-CMCM], Centro de Monitoreo de la Conservación Mundial del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, en: https://trade.cites.org/es/cites_trade.

PROECEN y ESNACIFOR. (Proyecto PD 8/92 Rev. 2 F, Estudio de Crecimiento de Especies Nativas de Interés Comercial en Honduras). (Escuela Nacional de Ciencias Forestales). (1999). Granadillo Rojo, *Dalbergia glomerata*, Colección de Maderas tropicales de Honduras, Ficha Técnica N° 9. Lancetilla Honduras. 8 p

Quilambaqui, R. J. C. (2003). El efecto de las fitohormonas en la fruticultura. La granja. Núm 2. p 29 y 30.

Quírico, J. (2011). *Swietenia macrophylla*. Instituto Nacional de Biodiversidad. 490 p.
Rao, N. K., J., Hanson, M. E., Dulloo, K., Ghosh, D., Novell y Larinde, M. (2007). Manual para el manejo de semillas en bancos de germoplasma. Manuales para Bancos de Germoplasma No. 8. Bioversity International, Roma, Italia.

Rasolompianina. R., Bailly, X., Fetiarison, R. Rabevohitra, R., Béna, G., Ramarason, L., M. Rahehimandimby, M., Moulin, L., De Lajudie, P., Dreyfus L y Avarre, J. C (2005). Nitrogen-fixing nodules from rose wood legume trees (*Dalbergia spp.*) endemic to Madagascar host seven different genera belonging to α - and β -Proteobacteria. Molecular Ecology 14: 4135-4146.

Ribeiro, R. A., Lemos, J. P., Filho, A. C., Ramos, S y Lovato, M. B. (2010). Phylogeography of the endan- gered rosewood *Dalbergia nigra* (Fabaceae): insights into the evolutionary history and conservation of the Brazilian Atlantic Forest. Heredity 2 (June 2010).

Ribeiro, R. A., Resende, M. S, F., Resende, L. C, Lemos, J. P., Filho, A. C., Kalapothakis, E y Lovato, M. B. (2009). Development of polymorphic microsatellite markers for *Dalbergia nigra* (Papilionoideae), an endan- gered tree from the Brazilian Atlantic Forest. Molecular Ecology Resources, 9: 203- 206.

- Ribeiro, R. A., Simões, A. C. R., Lemos, J. P., Filho, A. C y Lovato, M. B. (2005). Genetic Variation in Remnant Populations of *Dalbergia nigra* (Papilionoideae), an Endangered Tree from the Brazilian Atlantic Forest. *Annals of Botany* 95: 1171- 1177. www.aob.oupjournals.org
- Ríos, G. C. A (2018). Estrategias de propagación del árbol tropical *Licania arborea* Seem (Chrysobalanaceae). Tesis de Maestría. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. 54 - 60 p
- Rodríguez, J y Nieto, V. (1999). Protocolo de certificación. Investigación En Semillas Forestales Nativas. Serie Técnica/ No. 43.
- Rodríguez, M. V. H. (2010). Diversidad de hongos micorrízico arbusculares y sus interacciones con factores ambientales y fisiológicos en la producción de plántulas de caoba. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Posgraduados, Veracruz, p 31
- Rojas, G. M. y Rovalo, M. (1985). Fisiología vegetal aplicada. 3a. edición. Editorial McGraw Hill, Méx., D.F.
- Rojas, R. y Torres, C. (2014). Árboles del Valle Central de Costa Rica: reproducción cedro amargo (*Cedrela odorata* L.). *Rev. For. Mesoam.* 11: 25-27.
- Rutiaga, Q. J. G y Windeisen, E. 2007. Efecto fungistático de los extractivos del duramen de dos maderas tropicales contra cuatro hongos que habitan la madera. *Ciencia y Tecnología de la Madera. Época* 2. 11: 2–10.
- Sakakibara, H (2006) Cytokinins: Activity, Biosynthesis, and Translocation. *Annual Review of Plant Biology* 57, 431-449
- Salazar, C. S, Martínez, M. N., García, S. J., Pérez, T. R, Martínez, C. R. D. (2018). Gibberellin biosynthesis and metabolism: A convergent route for plants, fungi and bacteria. *Microbiol Res* [Internet]. 208(January):85–98. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.micres.2018.01.010>
- Saldaña, R. J. S., Günter, S. F. Mesén, D., Delgado, Carrera, F y Jiménez, F. (2015). Estimación del potencial para manejo de semillas de caoba (*Swietenia macrophylla* King) en tres comunidades indígenas del Purús, Ucayali, Perú.

- Tesis Magister Scientiae. Centro Agronómico Tropical De Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 221 p.
- Salgado, R.; Cortés, M. A. y Del Río, R. E. (2008). Uso de brasinoesteroides y sus análogos en la agricultura. México. Biológicas. 10:18-27.
- Samaniego, J., Trujillo, E., Jara, L y Oñoro, P. (1995). Estandarizacion de tecnicas de laboratorio para el manejo de semillas de *Swietenia macrophylla* y *Cordia alliodora*. Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza, Cartago. Turrialba, Costa Rica. 134 p
- Sampayo, M. S.; Castillo, M. C.R.; Jiménez, C. M., Sánchez, M. V., Jasso, M. J., López, U. J. (2017). Germinación in vitro de semillas de *Cedrela odorata* L. de genotipos extintos. Agroproductividad. Vol 10. Núm 8. Pp 53 – 58
- Sánchez, O. M. L. (2004). Estudio técnico y financiero para establecer una plantación de caoba del Atlántico (*Swietenia macrophylla*) en Balao, Guayas, Ecuador. Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo en Gestión de Agronegocios en el Grado Académico de Licenciatura. 20 p.
- Sandoval, A. (2000). "Almacenamiento de Semillas". En Notas del Centro Productor de Semillas de Árboles Forestales-CESAF, N°14. <http://www.cesaf.uchile.cl/cesaf/n14/1.html>.
- Sauter, A, W., Davies, J y Hartung, W. (2001). The long-distance abscisic acid signal in the droughted plant: the fate of the hormone on its way from root to shoot. Journal of Experimental Botany 52: 1991-1997.
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) 2010. Aprovechamiento de los recursos forestales. www.semarnat.gob.mx/otros/.
- Seeta, S.; Vidya, B.; Sujatha, E y Anuradha, S. (2002). Brassinosteroids- a new class of phytohormones. India. Current Sci. 10(82):1239- 1245.
- Singh, B. y Bhatt, B. P. (2008). Provenance variation in pod, seed and seedling traits o *Dalbergia sisso* Robx. Central Hymalaya, India. Tropical Agricultural Research & Extension, India. 9 p.

- Smith, P. M y Atkins, C. A. (2002). Purine biosynthesis. Big in cell division, even bigger in nitrogen assimilation. *Plant Physiology* 128: 793-802.
- Srivastava, L. M. (2002). Crecimiento y desarrollo de las Plantas: hormonas y ambiente natural. Academic Press, Amsterdam, Netherlands. 140 pp.
- Toledo, O. J. R. (2016) Evaluación de cuatro medios de cultivo para la germinación de semillas y dos medios de cultivo para el crecimiento inicial de plantas de *Lycaste lasioghlossa* Rchb.f. Tesis de Licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala
- Trujillo, E. (1995). Manejo de semillas forestales: guía técnica para el extensionista forestal. Turrialba, Costa Rica. Serie técnica. Manual Técnico (CATIE). No. 17.
- Varela, S. A y Arana, V. (2011). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. Serie técnica: "Sistemas Forestales Integrados" Cuadernillo N° 3: Área Forestal - INTA EEA Bariloche, pp 4 y 5.
- Vargas, C. (1988). Influencia de los factores de temperatura y humedad en el almacenamiento de semillas de caoba (*Swietenia macrophylla* King) en Tingo María. Tesis Licenciatura. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 86 p
- Vargas, F., Jhon., A., Duque, P., Olga, L., Torres, G, Alba, M. (2015). Germinación de semillas de cuatro especies arbóreas del bosque seco tropical del Valle del Cauca, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 63(1),249-261. [fecha de Consulta 25 de junio de 2021]. ISSN: 0034-7744. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44933764020>
- Vargas, H. J. J. (2003). Estado de la diversidad biológica de los árboles y bosques en el Norte de México. Documentos de Trabajo: Recursos Genéticos Forestales. FGR/60S. Servicio de Desarrollo de Recursos Forestales, Dirección de Recursos Forestales, FAO, Roma.
- Vester, H. M y Navarro, M. A., (2007). Árboles maderables de Quintana Roo. COQCYT/CONABIO/ECOSUR. Quintana Roo México. 139 p. https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es, Recuperado el 2 de abril de 2021.]

7. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza para la variable de germinación de semillas de *D. granadillo* Pittier 120 días después de la siembra

F. V	G. L	S. C	C. M	F. c	Pr(>F)
Fechas	4	0.19116	0.04779	65.49	<0.0001
Error	15	0.01095	0.00073		
Total	19	0.20211			
Media: 47.4 SD: 9.132936 C.V: 0.192678					

Anexo 2. Análisis de varianza para la variable de viabilidad de semillas de *D. granadillo* Pittier 120 días después de la siembra

F. V	G. L	S. C	C. M	F. c	Pr(>F)
Fechas	4	0.2311	0.05778	65.49	<0.0001
Error	15	0.0390	0.00260		
Total	19	0.2701			
Media: 55.6 SD: 9.917555 C.V: 0.1783733					

Anexo 3. Análisis de varianza para la variable de contenido de humedad de semillas de *D. granadillo* Pittier 120 días después de la siembra

F. V	G. L	S. C	C. M	F. c	Pr(>F)
Fechas	4	0.00005513	0.000013784	2.752	0.0673
Error	15	0.00007512	0.000005008		
Total	19	0.00013025			
Media: 10.1865 SD: 0.2604303 C.V: 0.02556622					

Anexo 4. Análisis de varianza para la variable de germinación de semillas de *D. granadillo* Pittier 5 días después de la siembra

F. V	G. L	S. C	C. M	F. c	Pr(>F)
Fotoperiodo	2	682.7	341.3	18.73	0.00062
Error	9	164.0	18.2		
Total	11	846.7			
Media: 22.33333 SD: 8.773238 C.V: 0.3928315					

Anexo 5. Análisis de varianza para la variable de germinación de semillas de *D. granadillo* Pittier 10 días después de la siembra

F. V	G. L	S. C	C. M	F. c	Pr(>F)
Fotoperiodo	2	418.7	209.33	9.235	0.00659
Error	9	204.0	22.67		
Total	11	622.7			
Media: 35.66667 SD: 7.5237 C.V: 0.2109449					

Anexo 6. Análisis de varianza para la variable de germinación de semillas de *D. granadillo* Pittier 15 días después de la siembra

F. V	G. L	S. C	C. M	F. c	Pr(>F)
Fotoperiodo	2	242.7	121.33	4.015	0.0567
Error	9	272.0	30.22		
Total	11	514.7			
Media: 46.66667 SD: 6.840167 C.V: 0.146575					

Anexo 7. Análisis de varianza para la variable de longitud de radícula de *D. granadillo* Pittier 5 días después de la siembra

F. V	G. L	S. C	C. M	F. c	Pr(>F)
Fotoperiodo	2	0.05	0.0229	0.028	0.972
Error	42	33.87	0.8063		
Total	44	33.92			
Media: 2.09 SD: 0.9916089 C.V: 0.474454					

Anexo 8. Análisis de varianza para la variable de longitud de radícula de *D. granadillo* Pittier 10 días después de la siembra

F. V	G. L	S. C	C. M	F. c	Pr(>F)
Fotoperiodo	2	7.36	3.679	2.472	0.0934
Error	57	84.84	1.488		
Total	59	92.2			
Media: 3.721667 SD: 1.250097 C.V: 0.3358971					

Anexo 9. Análisis de varianza para la variable de longitud de radícula de *D. granadillo* Pittier 15 días después de la siembra

F. V	G. L	S. C	C. M	F. c	Pr(>F)
Fotoperiodo	2	0.57	0.2872	0.247	0.782
Error	57	66.37	1.1644		
Total	59	66.94			
Media: 4.508333 SD: 1.065211 C.V: 0.2362761					

Anexo 10. Análisis de varianza para la variable de longitud de radícula de *D. granadillo* Pittier 20 días después de la siembra

F. V	G. L	S. C	C. M	F. c	Pr(>F)
Fotoperiodo	2	0.662	0.3312	0.684	0.509
Error	57	27.604	0.4843		
Total	59	28.266			
Media: 4.691667 SD: 0.6921574 C.V: 0.1475291					

Anexo 11. Análisis de varianza para la variable longitud de hipocótilo de *D. granadillo* Pittier 5 días después de la siembra

F. V	G. L	S. C	C. M	F. c	Pr(>F)
Fotoperiodo	2	5.530	2.765	76.91	<0.0001
Error	21	0.755	0.036		
Total	23	6.285			
Media: 0.675 SD: 0.5227436 C.V: 0.774435					

Anexo 12. Análisis de varianza para la variable longitud de hipocótilo de *D. granadillo* Pittier 10 días después de la siembra

F. V	G. L	S. C	C. M	F. c	Pr(>F)
Fotoperiodo	2	1.734	0.8672	6.138	0.00385
Error	57	8.053	0.1413		
Total	59	9.787			
Media: 1.843333 SD: 0.4072923 C.V: 0.2209542					

Anexo 13. Análisis de varianza para la variable longitud de hipocótilo de *D. granadillo* Pittier 15 días después de la siembra

F. V	G. L	S. C	C. M	F. c	Pr(>F)
Fotoperiodo	2	11.94	5.969	43.17	<0.0001
Error	57	7.88	0.138		
Total	59	19.82			
Media: 2.526667 SD: 0.5795576 C.V: 0.2293764					

Anexo 14. Análisis de varianza para la variable longitud de hipocótilo de *D. granadillo* Pittier 20 días después de la siembra

F. V	G. L	S. C	C. M	F. c	Pr(>F)
Fotoperiodo	2	7.777	3.889	23.16	<0.0001
Error	57	9.568	0.168		
Total	59	17.345			
Media: 3.591667 SD: 0.5422151 C.V: 0.1509648					

Anexo 15. Análisis de varianza para la variable de germinación de *D. granadillo* Pittier 20 días después de la siembra en medios de cultivo

F. V	G. L	S. C	C. M	F. c	Pr(>F)
Medios de cultivo	4	19408	4852	18.84	<0.0001
Error	45	11592	258		
Total	49	31000			
Media: 44.8 SD: 25.1526 C.V: 0.5614419					

Anexo 16. Análisis de varianza para la variable de germinación de semillas de *S. macrophylla* King a un año después de la colecta

F. V	G. L	S. C	C. M	F. c	Pr(>F)
Fecha	1	51002	51002	2221.708	<0.0001
Condición	2	4063	2031	88.492	<0.0001
Fecha*Condición	1	178	178	7.768	0.00745
Error	51	1171	23		
Total	55	56414			
Media: 54.07143		SD: 32.02661		C.V: 0.5923019	

Anexo 17. Análisis de varianza para la variable de germinación de semillas de *S. macrophylla* King a 10 meses después de la colecta

F. V	G. L	S. C	C. M	F. c	Pr(>F)
Fecha	1	29959	29959	1727.80	<0.0001
Condición	2	3794	1897	109.41	<0.0001
Fecha*Condición	1	541	541	31.19	<0.0001
Error	43	746	17		
Total	47	35040			
Media:62		SD: 27.30443		C.V: 0.440394	

Anexo 18. Análisis de varianza para la variable de germinación de semillas de *S. macrophylla* King a 8 meses después de la colecta

F. V	G. L	S. C	C. M	F. c	Pr(>F)
Fecha	1	13520	13520	1124.53	<0.0001
Condición	2	2619	1310	108.93	<0.0001
Fecha*Condición	1	706	706	58.69	<0.0001
Error	35	421	12		
Total	39	17266			
Media: 70.4		SD: 21.04062		C.V: 0.2988724	

Anexo 19. Análisis de varianza para la variable de germinación de semillas de *S. macrophylla* King a 6 meses después de la colecta

F. V	G. L	S. C	C. M	F. c	Pr(>F)
Fecha	1	4244	4244	517.67	<0.0001
Condición	2	965	483	58.86	<0.0001
Fecha*Condición	1	144	144	17.57	0.000266
Error	27	221	8		
Total	31	5574			
Media: 78.25		SD: 13.40919		C.V: 0.1713635	

Anexo 20. Análisis de varianza para la variable de germinación de semillas de *S. macrophylla* King a 4 meses después de la colecta

F. V	G. L	S. C	C. M	F. c	Pr(>F)
Fecha	1	676.0	676.0	321.10	<0.0001
Condición	2	321.3	160.7	76.32	<0.0001
Fecha*Condición	1	144	144	68.40	<0.0001
Error	19	40.0	2.1		
Total	23	1181.3			
Media: 84.66667		SD: 7.166751		C.V: 0.08464666	

Anexo 21. Análisis de varianza para la variable de germinación de semillas de *S. macrophylla* King a 2 meses después de la colecta

F. V	G. L	S. C	C. M	F. c	Pr(>F)
Fecha	1	36	36	4.883e+30	<0.0001
Condición	1	8	8	1.085e+30	<0.0001
Error	13	0	0		
Total	15	1181.3			
Media: 88.5		SD: 1.712698		C.V: 0.01935252	

Anexo 22. Análisis de varianza para la variable de viabilidad de semillas de *S. macrophylla* King a un año después de la colecta

F. V	G. L	S. C	C. M	F. c	Pr(>F)
Fecha	1	48263	48263	1656.94	<0.0001
Condición	2	3465	1732	59.47	<0.0001
Fecha*Condición	1	352	352	12.09	0.00105
Error	51	1486	29		
Total	55	53566			
Media: 59.21429		SD: 31.20764		C.V: 0.5270289	

Anexo 23. Análisis de varianza para la variable de germinación de semillas de *S. macrophylla* King a 10 meses después de la colecta

F. V	G. L	S. C	C. M	F. c	Pr(>F)
Fecha	1	28003	28003	1206.5	<0.0001
Condición	2	3133	1567	67.5	<0.0001
Fecha*Condición	1	794	794	34.2	<0.0001
Error	43	998	23		
Total	47	32928			
Media:67		SD: 26.46877		C.V: 0.3950563	

Anexo 24. Análisis de varianza para la variable de germinación de semillas de *S. macrophylla* King a 8 meses después de la colecta

F. V	G. L	S. C	C. M	F. c	Pr(>F)
Fecha	1	12400	12400	659.18	<0.0001
Condición	2	1994	1567	53.01	<0.0001
Fecha*Condición	1	922	997	48.99	<0.0001
Error	35	658	19		
Total	39	15974			
Media: 75.2		SD: 20.23858		C.V: 0.26913	

Anexo 25. Análisis de varianza para la variable de germinación a 6 meses después de la colecta

F. V	G. L	S. C	C. M	F. c	Pr(>F)
Fecha	1	3842	3842	252.16	<0.0001
Condición	2	584	292	19.17	<0.0001
Fecha*Condición	1	169	169	11.09	0.00252
Error	27	411	15		
Total	31	5006			
Media: 82.75		SD: 12.70763		C.V: 0.1535665	

Anexo 26. Análisis de varianza para la variable de germinación a 4 meses después de la colecta

F. V	G. L	S. C	C. M	F. c	Pr(>F)
Fecha	1	441	441	53.712	<0.0001
Condición	2	57.3	28.7	3.491	0.0511
Fecha*Condición	1	49	49	5.968	0.0245
Error	19	156	8.2		
Total	23	703.3			
Media: 89.16667		SD: 5.529892		C.V: 0.06201749	

Anexo 27. Análisis de varianza para la variable de germinación a 2 meses después de la colecta

F. V	G. L	S. C	C. M	F. c	Pr(>F)
Fecha	1	64	64	1.812e+30	<0.0001
Condición	1	0	0	0.000e+00	1
Error	13	0	0		
Total	15	64			
Media:92		SD: 2.065591		C.V: 0.02245208	

Anexo 28. Análisis de varianza para la variable de contenido de humedad un año después de la colecta

F. V	G. L	S. C	C. M	F. c	Pr(>F)
Fecha	1	10.244	10.244	118.284	<0.0001
Condición	2	0.171	0.987	0.380	0.380
Fecha*Condición	1	0.004	0.041	0.841	0.841
Error	51	4.417			
Total	55	14.836			
Media: 5.186961		SD: 0.5193658	C.V: 0.1001291		

Anexo 29. Análisis de varianza para la variable de contenido de humedad 10 meses después de la colecta

F. V	G. L	S. C	C. M	F. c	Pr(>F)
Fecha	1	8.474	8.474	387.059	<0.0001
Condición	2	0.077	0.038	1.755	0.185
Fecha*Condición	1	0.017	0.017	0.762	0.387
Error	43	0.941			
Total	47	9.509			
Media: 5.267079		SD: 0.449794	C.V: 0.08539723		

Anexo 30. Análisis de varianza para la variable de contenido de humedad 8 meses después de la colecta

F. V	G. L	S. C	C. M	F. c	Pr(>F)
Fecha	1	5.363	5.363	237.256	<0.0001
Condición	2	0.034	0.017	0.745	0.482
Fecha*Condición	1	0.003	0.003	0.126	0.725
Error	35	0.791			
Total	39	6.191			
Media: 5.381495		SD: 0.3984184	C.V: 0.07403489		

Anexo 31. Análisis de varianza para la variable de contenido de humedad 6 meses después de la colecta

F. V	G. L	S. C	C. M	F. c	Pr(>F)
Fecha	1	4.362	4.362	349.828	<0.0001
Condición	2	0.043	0.022	1.725	0.197
Fecha*Condición	1	0.001	0.001	0.050	0.825
Error	27	0.337			
Total	31	4.743			
Media: 5.475306		SD: 0.3911058		C.V: 0.07143085	

Anexo 32 Análisis de varianza para la variable de contenido de humedad 4 meses después de la colecta

F. V	G. L	S. C	C. M	F. c	Pr(>F)
Fecha	1	2.3177	2.3177	2077.382	<0.0001
Condición	2	0.2461	0.1231	110.310	<0.0001
Fecha*Condición	1	0.0017	0.0017	1.529	0.231
Error	19	0.0212			
Total	23	2.5867			
Media: 5.623617		SD: 0.3353615		C.V: 0.05963448	

Anexo 33. Análisis de varianza para la variable de contenido de humedad 2 meses después de la colecta

F. V	G. L	S. C	C. M	F. c	Pr(>F)
Fecha	1	0.11029	0.11029	3.251e+28	<0.0001
Condición	1	0.00222	0.00222	6.538e+26	<0.0001
Error	13	0.00000	0.00000		
Total	15	0.11251			
Media: 5.849675		SD: 0.08660569		C.V: 0.01480521	