



**UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DE CHIAPAS**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
CAMPUS V**



**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA
TROPICAL**

**DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DE *Dalbergia granadillo* Pittier Y
CRECIMIENTO EN VIVERO EN EL SOCONUSCO, CHIAPAS**

TESIS

**Que para obtener el grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA
TROPICAL**

Presenta:

SERGIO CRUZ GARCÍA PS1881

Director:

DR. JUAN FRANCISCO AGUIRRE MEDINA

Villaflores, Chiapas, México.

Diciembre 2021



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



Villaflores, Chiapas
12 de noviembre de 2021
Oficio N° D/0404/21

C. SERGIO CRUZ GARCIA
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: "**DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DE *Dalbergia granadillo* Pittier Y CRECIMIENTO EN VIVERO EN EL SOCONUSCO, CHIAPAS**", 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"

FACULTAD DE
CIENCIAS AGRONOMICAS

UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
DE CHIAPAS

DIRECCIÓN

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

C. c. p. Archivo

CAVS*MARH.



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) Sergio Cruz García,
Autor (a) de la tesis bajo el título de "Diversidad Morfológica de *Dalbergia granadillo* Pittier y Crecimiento en Vivero en el Soconusco, Chiapas"

presentada y aprobada en el año 2021 como requisito para obtener el título o grado de **Maestro en Ciencia en Producción Agropecuaria Tropical**, autorizo a la Dirección del Sistema de Bibliotecas Universidad Autónoma de Chiapas (SIBI-UNACH), a que realice 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 06 días del mes de diciembre del año 2021.

Nombre y firma del Tesista o Tesistas

DEDICATORIA

A mis padres **Audelio Cruz Enríquez** y **Soledad García Roque** por darme la vida, una maravillosa formación, por su ternura y todo su amor, y por contagiarme de sus mayores fortalezas.

A mi esposa **Mónica Ramírez Montoya**, quien ha estado a mi lado motivándome, ha estado conmigo incluso en los momentos más turbulentos. Deseo una larga vida a tu lado, porque eres una mujer especial y maravillosa.

A mis hijos **Santiago y Héctor**, quienes son fuentes de inspiración y motivación para seguir logrando mis metas y que a través de mi ejemplo, ellos logren su superación personal.

A mis hermanos (as) que en día a día con respaldo y amor me impulsan a seguir adelante para conseguir mis logros, esa hermandad incondicional que me brindad y en especial a mi hermana **Laura Cruz García** por brindarme todo su apoyo y siempre contar con ella en las buenas y en las malas.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Chiapas por brindarme la oportunidad de pertenecer a la comunidad de la MCPAT, en especial a la Facultad de Ciencias Agrícolas Campus IV, a los docentes e investigadores por compartir sus conocimientos y contribuir en mi formación profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento económico otorgado para realizar y lograr los estudios de Maestría.

A los habitantes de la comunidad la Rioja Cacahoatán, Chiapas, por brindarme el acceso al predio para realizar la investigación en campo y poder culminar la Maestría.

Al Dr. Juan Francisco Aguirre Medina, no solo por el apoyo brindado en la realización de esta investigación, sino también en el aula, por su enseñanza para mi formación como profesionista, pero sobre todo por su valioso conocimiento para la culminación de la tesis.

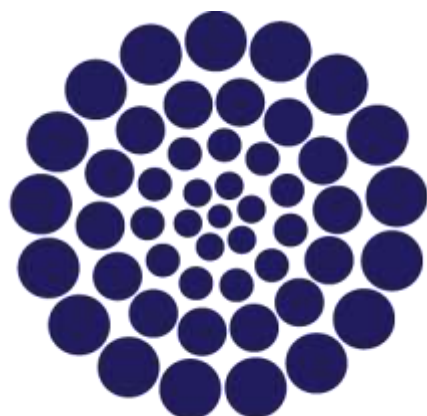
Al Dr. Saúl Espinoza Zaragoza, por su aportación en el proceso de este proyecto de investigación, por transmitir ese conocimiento para mi formación como profesionista y por brindarme su valiosa amistad.

Al Dr. Carlos Hugo Avendaño Arrazate, por su enseñanza en aula, orientación y puntual revisión para la culminación de esta investigación.

Al Dr. Manuel de La O, por la orientación y revisión durante la realización de trabajo.

Al M.C. Jorge Reyes Reyes, por su acertada y puntual revisión en cada proceso del proyecto de investigación para la culminación de la tesis.

Al personal de Laboratorios y Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agrícolas (UNACH), por otorgarme el apoyo y facilidades para la realización de los estudios en cada proceso de la investigación.



CONACYT

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Esta tesis titulada “**DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DE *Dalbergia granadillo* Pittier Y CRECIMIENTO EN VIVERO EN EL SOCONUSCO, CHIAPAS**” fue realizada por el **ING. SERGIO CRUZ GRACIA**, 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**.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
CAMPUS V



Esta tesis fue dirigida por el **DR. JUAN FRANCISCO AGUIRRE MEDINA**, docente de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Chiapas, en el marco del proyecto de investigación titulado Esta tesis titulada **“DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DE *Dalbergia granadillo* Pittier Y CRECIMIENTO EN VIVERO EN EL SOCONUSCO, CHIAPAS”**

Se incluye en la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento (LGAC): Manejo Agroecológico de cultivos, del CUERPO ACADÉMICO AGRICULTURA TROPICAL ECOLÓGICA.

Así como en la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento: CARACTERIZACIÓN Y CONSERVACIÓN DE RECURSOS GENÉTICOS, del Programa de Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
CAMPUS V



Esta tesis titulada: "DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DE *Dalbergia granadillo* Pittier Y CRECIMIENTO EN VIVERO EN EL SOCONUSCO, CHIAPAS" fue realizada por el ING. SERGIO CRUZ GARCIA, 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. JUAN FRANCISCO AGUIRRE MEDINA

DR. SAÚL ESPINOSA ZARAGOZA

DR. CARLOS HUGO AVENDAÑO ARRAZATE

MC. JORGE REYES REYES



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
CAMPUS V



Esta tesis titulada: "DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DE *Dalbergia granadillo* Pittier Y CRECIMIENTO EN VIVERO EN EL SOCONUSCO, CHIAPAS" fue realizada por el ING. SERGIO CRUZ GARCIA, bajo la dirección y asesoría del Comisión Revisora indicado, como requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL.

COMISIÓN REVISORA

DR. JUAN FRANCISCO AGUIRRE MEDINA

DR. SAÚL ESPINOSA ZARAGOZA

DR. CARLOS HUGO AVENDAÑO ARRAZATE

MC. JORGE REYES REYES

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xv
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo general.....	2
1.2. Hipótesis	2
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. Importancia de <i>Dalbergia granadillo</i> Pittier	3
2.2. Taxonomía	3
2.3. Nombres comunes	3
2.4. Distribución de <i>Dalbergia granadillo</i>	4
2.4.1. Descripción botánica de <i>Dalbergia granadillo</i> Pittier	7
2.4.2. Situación actual de <i>Dalbergia</i> spp.	8
2.5. Estado de conservación	9
2.6. Densidad de la madera	11
2.7. Anatomía de la madera <i>Dalbergia</i>	11
2.7.1. Características de la madera de <i>Dalbergia</i> y su uso	11
2.7.2. Función de la especie en su ecosistema.....	12
2.7.3. Estructura de la población	13
2.7.3.1. Tendencias y amenazas de la población de <i>Dalbergia</i>	13
2.8. Comercialización de la madera	14
3. MATERIALES Y METODOS	16
3.1. Etapa 1: Descripción del estudio morfológico.....	16
3.2. Etapa 2: Viabilidad de semillas.....	20
3.2.1. Etapa 3: Crecimiento de plantas de calidad	21
3.2.2. Análisis Estadístico	24
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1. Etapa I. Diversidad morfológica de <i>Dalbergia granadillo</i> Pittier.....	25
4.1.1. Relación de variables registradas en campo con la población de <i>D. granadillo</i> Pittier y su variabilidad.....	26
4.1.2. Factores rotados clasificados y comunalidades	27
4.1.3. Conformación de los factores	29
4.2. Dispersión de los caracteres	30

4.2.1. Dendrograma morfológico de <i>D. granadillo</i> Pittier	31
4.2.2. Análisis de correspondencia múltiple	32
4.2.3. Etapa II. Características morfométricas y germinación de semillas de <i>Dalbergia granadillo</i> Pittier	35
4.3. Número de vainas y semillas por vaina	35
4.3.1. Longitud y ancho de semillas	36
4.3.2. Peso de 100 semillas	37
4.3.3. Número y color de semillas por árbol	39
4.4. Germinación	40
4.4.2. Componentes morfológicos de <i>D. granadillo</i> bajo la influencia de diferentes tratamientos a base de hongos endomicorrízicos y fertilización química	42
4.3.3 Componentes fisiológicos de <i>D. granadillo</i> bajo la influencia de diferentes tratamientos a base de hongos endomicorrízicos y fertilización química	45
5. CONCLUSIONES	47
6. LITERATURA CITADA	49
7. ANEXOS	62

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características morfológicas medidas en <i>D. granadillo</i> en el Soconusco, Chiapas.	17
Cuadro 2. Descripción de los tratamientos aplicables en <i>Dalbergia granadillo</i> P. para la propagación de plantas.	23
Cuadro 3. Variabilidad de componentes morfológicos en <i>D. granadillo</i> P.	26
Cuadro 4. Proporción de los factores rotados clasificados y comunidades de las variables morfológicas.	27
Cuadro 5. Número de vainas y semillas por vaina de los árboles de <i>D. granadillo</i> Pittier.	35
Cuadro 6. Efecto de hongos micorrízicos y fertilizantes inorgánicos sobre los componentes morfológicos de <i>Dalbergia granadillo</i> P.	42
Cuadro 7. Componentes fisiológicos <i>Dalbergia granadillo</i> Pittier.	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Registro de árboles de <i>Dalbergia granadillo</i> Pittier en México.	4
Figura 2. Distribución mundial de las especies de <i>Dalbergia</i>	5
Figura 3. Distribución en México de la especie de <i>Dalbergia granadillo</i> Pittier.	5
Figura 4. Registro de árboles de <i>Dalbergia granadillo</i> Pittier en Estado de Chiapas.	6
Figura 5. Localización de la población de <i>Dalbergia granadillo</i> Pittier en el Soconusco, Chiapas	16
Figura 6. Ubicación del campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrícola de la UNACH-Huehuetán, Chiapas.	22
Figura 7. Ciclo fenológico de <i>D. granadillo</i> Pittier.	25
Figura 8. Gráfica de sedimentación para determinar el número de factores o componentes.	29
Figura 9. Dispersión de las puntuaciones de las características morfológicas correspondientes al factor 1 y 2.	30
Figura 10. Dendograma morfológico de los 21 árboles de <i>Dalbergia granadillo</i> Pittier del municipio de Cacahoatán, Chiapas.	31
Figura 11. Graficas de las variables discretas de <i>Dalbergia granadillo</i> Pittier.	33
Figura 12. Graficas de las variables cualitativas <i>D. granadillo</i> Pittier	34
Figura 13. Longitud y Ancho de semillas de <i>D. granadillo</i> Pittier de seis árboles localizados en el Soconusco Chiapas. Los valores son promedios de 35 repeticiones $\pm$ error estándar y las letras que no son iguales indican diferencia estadística (Tukey $p \leq 0.05$).	36
Figura 14. Peso de 100 semillas por árbol de <i>D. granadillo</i> colectado en la región del Soconusco, Chiapas. Los valores son promedios de 35 repeticiones $\pm$ error estándar y las letras que no son iguales indican diferencia estadística (Tukey $p \leq 0.05$). CV = 1.7 %.	38
Figura 15. Número y color de semillas por árbol de <i>D. granadillo</i> colectadas en el Soconusco, Chiapas.	39
Figura 16. Germinación de semilla de <i>D. granadillo</i> por color de la testa	41

RESUMEN

El granadillo es un árbol maderable tropical endémico de México. Actualmente se encuentra en peligro de extinción a causas de las actividades antropogénicas, además, debido al deterioro de las poblaciones naturales por la deforestación, cambio uso del suelo y fragmentación del hábitat. Por lo anterior se planteó el objetivo de identificar la diversidad de *Dalbergia granadillo* Pittier mediante la caracterización morfológica de la población del Soconusco, la evaluación morfométricas de la semilla, así como la evaluación en vivero con hongos endomicorrízicos para generar plantas de calidad. Esta investigación consistió en tres etapas: para la **Etapla I**, se realizó el estudio morfológico de 21 árboles, ubicados en La Rioja municipio de Cacahoatán, Chiapas. Se utilizaron descriptores cualitativos y cuantitativos de fuste, copa, semillas, frutos, hojas y flores. En la **Etapla II**, se determinaron las variables de vaina y semilla, longitud de semilla (LS), ancho (AS), color (CS), peso de 100 semillas (g) (PS) y porcentaje de germinación (PG). En **La Etapa III**, se registraron variables morfológicas y fisiológicas del rendimiento a los 112 días después del trasplante (ddt). La caracterización morfológica del granadillo con 49 descriptores (25 cualitativos y 24 cuantitativos) permitió diferenciar los 21 árboles en cuatro grupos que se conformaron con los descriptores de fruto, seguidos por semilla, hoja, fuste y árbol. También se encontró una alta relación entre la cantidad de semillas (alta) con la Intensidad de color de semilla (café claro). Por otro lado, con las variables morfométricas de las semillas se identificó una amplia variación de vainas con 1, 2, 3 y hasta 4 semillas/árbol y en todos los árboles la cantidad de vainas que se encontró fue con una semilla. Se presentan semillas de dos colores, café oscuro y café claro y dominan las de color oscuro, pero con mayor germinación (96 %) las de color café claro. El incremento más alto en el peso de cien semillas se presentó en dos árboles (5 y 6) con valores de 9.6 g y 9.7 g respectivamente. En los componentes morfológicos y fisiológicos (número de hoja, diámetro del tallo y diámetro de copa, biomasa seca y área foliar) con las evaluaciones a los 28, 56, 84 y 112 días en general los resultados indican que el tratamiento biofertilizado con las cepas *Glomus* spp., presentó mayor interacción con plantas de *D. granadillo*. Para finalizar, se identificó la variabilidad que existe en la población de la especie con las accesiones morfológicas. En la variabilidad y calidad de la semilla se determinó principalmente en la forma, tamaño y coloración de las semillas, así como cantidad de vainas/semillas producida. En Los componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento del *granadillo* se modificaron con la influencia de los hongos endomicorrízicos especialmente con el género de *Glomus* spp.

PALABRAS CLAVE: Análisis multivariado, hongos endomicorrízicos, variabilidad.

ABSTRACT

The granadillo is a tropical timber tree endemic to Mexico. It is currently in danger of extinction due to anthropogenic activities, in addition, due to the deterioration of natural populations due to deforestation, changes in land use and habitat fragmentation. Therefore, the objective was set to identify the diversity of *Dalbergia granadillo* Pittier through the morphological characterization of the Soconusco population, the morphometric evaluation of the seed, as well as the evaluation in the nursery with endomycorrhizal fungi to generate quality plants. This research consisted of three stages: for Stage I, a morphological study of 21 trees was carried out, located in La Rioja municipality of Cacahoatán, Chiapas. Qualitative and quantitative descriptors of stem, crown, seeds, fruits, leaves and flowers were used. In Stage II, the variables of pod and seed, seed length (LS), width (AS), color (CS), weight of 100 seeds (g) (PS) and germination percentage (PG) were determined. In Stage III, morphological and physiological performance variables were recorded at 112 days after transplantation (ddt). The morphological characterization of the granadillo with 49 descriptors (25 qualitative and 24 quantitative) will come to differentiate the 21 trees into four groups that were made up of the fruit descriptors, followed by seed, leaf, stem and tree. A high relationship was also found between the amount of seeds (high) and the intensity of seed color (light brown). On the other hand, with the morphometric variables of the seeds, a wide variation of pods with 1, 2, 3 and up to 4 seeds / tree was identified and in all trees the amount of pods found was with one seed. There are seeds of two colors, dark brown and light brown and those of dark color dominate, but with greater germination (96%) those of light brown color. The highest increase in the weight of one hundred seeds occurred in two trees (5 and 6) with values of 9.6 g and 9.7 g respectively. In the morphological and physiological components (leaf number, stem diameter and crown diameter, dry biomass and leaf area) with the evaluations at 28, 56, 84 and 112 days in general, the results indicate that the biofertilized treatment with the strains *Glomus* spp., Showed greater interaction with plants of *D. granadillo*. Finally, the variability that exists in the population of the species with the morphological accessions was identified. The variability and quality of the seed was determined mainly in the shape, size and coloration of the seeds, as well as the quantity of pods / seeds produced. In The morphological and physiological components of the granadillo yield were modified with the influence of endomycorrhizal fungi, especially with the genus of *Glomus* spp.

KEY WORDS: multivariate analysis, endomycorrhizal fungi, variability

1. INTRODUCCIÓN

La pérdida de la diversidad de las especies tropicales maderables consideradas como maderas preciosas han estado sometidas a diversas acciones antrópicas, como deforestación y fragmentación de los hábitats, aunado a la baja repoblación natural y lento crecimiento inicial, que han propiciado de manera concomitante, la disminución de las poblaciones naturales. El nivel de incidencia de algunas de ellas, o su combinación, favorecen la vulnerabilidad a la extinción (CITES, 2013; Cervantes, 2016).

Dalbergia granadillo, cocobolo o palo de rosa, son algunos de los nombres comunes de las especies de *Dalbergia*. El género pertenece a la familia de las leguminosas y tiene amplia distribución en los trópicos. *Dalbergia granadillo* es endémica de México y se encuentra en los estados de Chiapas, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nayarit y Oaxaca (Conabio, 2017; CITES, 2015) y es muy estimada por la alta calidad de la madera (Cervantes, 2016). Presenta marcada diferencia entre el duramen castaño rojizo oscuro con vetas casi negras y la albura de color amarillo. Además, por sus propiedades acústicas se utiliza para la elaboración de instrumentos musicales, principalmente guitarras de estudio y de concierto (Guridi, 1996), y también se usa para elaborar artesanías, mangos para cuchillos, castañuelas, teclas de marimba y decoración en general (Niembro, 1990).

Esta característica ha generado la disminución de las poblaciones en el sur de México y ha sido catalogada y enlistada en peligro de extinción, tanto en la NOM-059-SEMARNAT-2010, como en los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies (CITES, 2013).

En el Soconusco, Chiapas, se han disminuido las poblaciones naturales por destrucción del hábitat debido a efectos antrópicos o naturales y es uno de los estados en los que se reporta mayor tasa de deforestación del bosque tropical perennifolio (Díaz-Gallegos et al., 2010).

Por ello es importante, recalcar lo relevante que es la sobreexplotación que tienen algunas especies tropicales maderables, es urgente contar con una estructura de conservación y propagación para hacer el uso sustentable, con especies de *Dalbergia granadillo* Pittier, se pueden realizar reforestaciones, plantaciones comerciales o métodos de conservación y propagación para llevar a cabo la restauración de las poblaciones en su hábitat natural (Sutton, 1999; Cuevas, 2005).

Además, de conocer su diversidad genética, es necesario conocer el patrón de distribución entre y dentro de las poblaciones que nos permitan definir algunas prioridades para su manejo y, al mismo tiempo, establecer la estrategia de muestreo y conservación ya que la información disponible sobre su historia natural, ecología y biología reproductiva es escasa (CCA, 2017).

Con estos antecedentes, y con la finalidad de generar información sobre la propagación de *Dalbergia* sp., se establece la importancia de generar conocimiento científico y técnico-agronómico sobre el granadillo en la región del Soconusco, Chiapas.

1.1. Objetivo general

Identificar la diversidad de *Dalbergia granadillo* Pittier mediante la caracterización morfológica de la población del Soconusco, y evaluar variables morfométricas de la semilla, además conocer el efecto de los hongos endomicorrízicos en su crecimiento para generar plantas de calidad.

Objetivos específicos

Conocer la diversidad morfológica de *Dalbergia granadillo* Pittier mediante descriptores de fuste, copa, hoja, frutos y semillas en poblaciones ubicadas en el Soconusco, Chiapas.

Evaluar diferentes mezclas de sustratos, hongos endomicorrízicos y fertilizantes químicos para la producción de plantas de calidad en vivero.

1.2. Hipótesis

H₁: Existen diferencias morfológicas entre las poblaciones de *Dalbergia granadillo* Pittier del Soconusco.

H₂: Se presenta respuesta diferencial morfológica y fisiológica en las plantas de *Dalbergia granadillo* Pittier., cuando crecen en interacción con diversos hongos endomicorrízicos y dosis de fertilización.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Importancia de *Dalbergia granadillo* Pittier

Los árboles de granadillo o cocobolo como mejor se conoce en México son de alto valor económico por su madera preciosa, este árbol se desarrolla en zonas tropicales de las cuales seis de las especies de *Dalbergia* son endémica y *Dalbergia granadillo* es originaria de México (Linares & Sousa, 2007). Esta especie tiene una relación con microorganismo fijadores de nitrógeno del género *Rhizobium*. Esta acción juega un papel importante en la interacción de los sistemas forestales para mantener la fertilidad de los suelos (Rasolomampianina *et al.*, 2005).

El género de *Dalbergia* tiene una importancia en el ámbito maderable, ya que es apreciable por la producción de madera con un perceptible color entre la albura y el duramen, además tiene un aroma espléndido en aceites (Mundo forestal, 2002).

Los árboles jóvenes y adultos varia el color de la albura, mientras que en algunos árboles jóvenes se presenta el color blanco, amarillento o de color café de acuerdo a su desarrollo fisiológico (CITES, 2007). El duramen también presenta un color oscuro o en ocasiones más claro esto se debe a las sustancias químicas que el granadillo llega a producir (Mundo forestal, 2002). La madera del palo de rosa tiene un color muy marcado en el duramen castaño rojizo oscuras y por sus propiedades químicas y acústicas se realizan instrumentos musicales, muebles muy apreciables en el mercado (Guridi, 1996).

2.2. Taxonomía

Nombre científico: *Dalbergia granadillo* Pittier

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Leguminosae (Fabaceae)

2.3. Nombres comunes

Granadillo mexicano, palo de rosa, cocobolo, cocobolo prieto, granadillo morado Cocobolo, rosewood (inglés) Cocobolo, palissandre cocobolo (francés). (Rutiaga-Quiñones *et al.*, 2010).

2.4. Distribución de *Dalbergia granadillo*

A nivel nacional existen 241 ejemplares registrados de *Dalbergia granadillo* Pittier de los cuales 115 están georeferenciados esta información se sitúa en la base de datos global biodiversity information facility GBIF.

El estado con registros más actuales es Oaxaca. Según Linares (2015), existen registros de distribución de las especies de *Dalbergia* en las Áreas Naturales Protegidas de México. Sin embargo, Zamora (2000), Salas *et al.* (2003) y Berendsohn *et al.* (2009). Indican que en la base de datos presentes del Jardines Botánico de Missouri o en el Servicio Internacional de Base de Datos e Información de Leguminosas-ILDIS, no se han recolectado especímenes silvestres de especies de *Dalbergia* en México.



Figura 1. Registro de árboles de *Dalbergia granadillo* Pittier en México.

Según Vaglica, (2014) el género *Dalbergia* tiene una amplia distribución en los trópicos, con elevada diversidad de especies en Asia (119 especies), en África (116 especies) y en Latinoamérica y el Caribe (80 especies) (Figura 2).

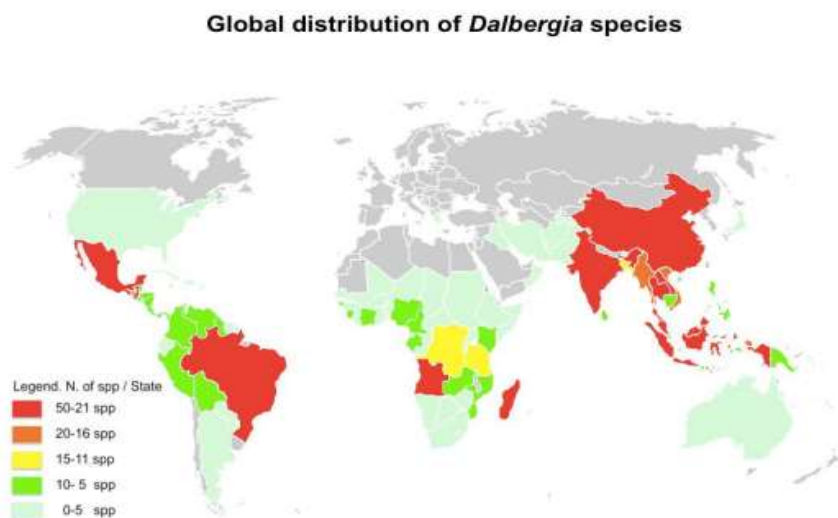


Figura 2. Distribución mundial de las especies de *Dalbergia* (Vaglica, 2014).



Figura 3. Distribución en México de la especie de *Dalbergia granadillo* Pittier (Conabio, 2015).

La especie tiene distribución restringida en Chiapas (Figura 4) y es uno de los estados de la República mexicana con alta tasa de deforestación (Díaz-Gallegos *et al.*, 2010). *Dalbergia granadillo* presenta altas tasa de tráfico ilegal que contribuyen a la destrucción de ecosistemas forestales, disminución de las poblaciones naturales y en consecuencia a la pérdida de la biodiversidad (UNODC, 2016).

6

Las poblaciones de *D. granadillo* Pittier registradas en los años 1965 y 1984 en Chiapas se citan en Huixtla, Soyatitlán y Venustiano Carranza (Biodiversity information facility GBIF).

Sin embargo, en el año 2020 se encontró una población de *Dalbergia granadillo* Pittier de 21 árboles en la comunidad La Rioja Cacahoatán, Chiapas. Los árboles se georeferenciaron para su conservación *in situ*.

Por otro lado, CONABIO, (2016), encontró información de ejemplares de *Dalbergia granadillo* y *D. stevensonii* en el herbario Nacional de México, herbario de ECOSUR-San Cristóbal de las Casas, Herbario de la UAM-Iztapalapa y Herbario de la UNAM, siendo el único ejemplar de *D. stevensonii* en el herbario de ECOSUR-San Cristóbal, Chiapas.

Por otra parte, en el estado de Oaxaca las especies de *D. granadillo* tiene un intervalo de distribución altitudinal que va de los 45 a 1200 msnm (CONABIO, 2016). Sin embargo, presenta esta variación altitudinal por el tipo de relieve se pueden distinguir por los tipos de terrenos y por las condiciones agroclimáticas en la zona de las poblaciones de las especies de las *Dalbergias* presentes en México.

2.4.1. Descripción botánica de *Dalbergia granadillo* Pittier

Los árboles de *Dalbergia* spp., son de crecimiento lento (CITES, 2016), y es un árbol deciduo que crece hasta una altura aproximada de 20 m (Meier, 2016), aunque la altura de los fustes de los árboles y arbustos varía de 20 a 30 m (FAUSAC- FNPV, 2015). En general, son árboles de tamaño pequeño a medianos, arbustos, o enredaderas leñosas y lianas (Saha *et al.*, 2013). El diámetro del tronco puede alcanzar 40 cm (Meier, 2016), y en el Sureste de Asia, el duramen de los árboles alcanza promedio de 13 cm de diámetro después de los 20 años (CITES, 2016).

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).

Las hojas compuestas alternadas imparipinadas, estípulas generalmente pequeñas y caen en épocas tempranas. Las hojuelas alternadas, raramente subexpuestas y glabras (Saha *et al.*, 2013). Las hojas miden de 20 - 33 cm, con foliolos (13 -11(-15), 4.5 - 9-11) x (-2 - 2.5-3 (-6) cm, ovados o elípticos, a veces lanceolados, glabros en el haz, estrigulosos en el envés.

En América Central los árboles florecen entre diciembre y Julio, después de 4 a 5 años, con una segunda floración en Agosto como *D. retusa*, mientras que en

Madagascar florecen de septiembre a marzo (CITES, 2016). Las inflorescencias son pequeñas, terminales de 4-12 cm, paniculadas (Linares, 2015), o de 2 a 20 mm (FAUSAC- FNPV, 2015), axilares usualmente con flores numerosas, brácteas y bractéolas generalmente pequeñas, raramente persistentes, algunas veces escorpioides o corimbiformes. (FAUSAC- FNPV, 2015).

A veces brotan de partes defoliadas y al mismo tiempo que en las ramas jóvenes, principalmente en los ápices de las ramas nuevas. La corola pequeña, raramente fragante, usualmente blanca, amarillo pálido o morada, con un área verde claro en el centro del vexilo (FAUSAC- FNPV, 2015). El raquis es estriguloso, ferrugíneo, glabro con la edad y las flores pediceladas, de 5 -10 mm, flores 20 mm, cáliz de 6-7 x 4-5 mm (parte unida o tubo de 3 mm), tomentuloso a viloso-pubescente, lobos vexilares 1.5 - 2 x 1.3 - 1.5 mm, falcados, lobos laterales 2 - 3 x 1- 2 mm, triangulares, ventral 2 x 3 mm, redondeado con la parte distal subulada.

El estandarte mide de 16 - 18 x 14 -16 mm (incluyendo la uña de 2 - 3 mm), orbicular, a las 16 -17 x 6 mm (incluyendo la uña de 4 - 5 mm), oblongas a obovadas, fuertemente auriculadas, pétalos de la quilla 13 -16 x 5 mm (incluyendo la uña de 4.5 - 5 mm).

La lámina es semiorbicular, auriculada y los estambres son 10 monadelfos, de 13 - 15 mm, (la parte unida de 9 – 11 mm), fuertemente arqueados en la parte distal. El pistilo de 16 - 17 x 1 - 1.3 mm, pedicelo de 52 - 3 mm, ovario 6 - 7 y el estilo 5 - 7 mm; el estilo fuertemente doblado en forma de “L”.

El fruto es una vaina/legumbre oblonga, ligulada, alada, elíptica, o estriada (Linares, 2015; FAUSAC-FNPV, 2015), raramente en forma de media luna, los frutos con semillas intactas son dispersados por vientos la mayoría de las especies tienen entre 1 y 3 semillas, con algunas excepciones como *D. Retusa* la cual tiene de 1 a 5 semillas por fruto (FAUSAC-FNPV, 2015).

Los frutos elípticos u oblongos de 7 –18.5 x 1.5-2.5 cm, glabros, estípites 10 mm de largo; semillas 1 - 5, los frutos, en ejemplares de herbario, muestran la cámara seminal más oscura y conspicuamente reticulado nervada, el resto del fruto no (Linares, 2015).

2.4.2. Situación actual de *Dalbergia* spp.

En América Central existen organizaciones ilícitas que se dedica al tráfico ilegal de maderas preciosas como es el caso del granadillo (González, 2014), ha afectado la diversidad de los ecosistemas tropicales y sobre todo los árboles tropicales maderables como *D. retusa* (FAUSAC-FNPV, 2015). Esta problemática afecta, además, a otras especies como *D. cochinchinensis* (CITES, 2016).

En Asia las poblaciones naturales también se han visto afectadas por el tráfico ilegal de madera en rollo (EIA, 2014). En Tailandia han combatido la comercialización ilegal principalmente en el género de *Dalbergia* (EIA, 2016). En Madagascar, además del daño causado por la tala irracional de las especies de *Dalbergia*, la alteración de estos ecosistemas son causados por las actividades del ser humano con referencias a la agricultura, ganadería y sumándole a esto la fragmentación del hábitat (CITES, 2016). África tampoco se queda atrás con la alteración de los bosques en este ecosistema se encuentra la especie de *Dalbergia melanoxylon* la cual ha sido dañada por causas de las actividades de los seres humanos (Deweese et al., 2011).

En México, también afectado por la deforestación y el tráfico ilegal de maderas preciosas tropicales, se considera al género *Dalbergia* como una de las especies a proteger (CONABIO, 2017). Bien sea mediante la implementación de sistemas agroforestales con especies intercaladas como es el plátano, cacao y café para la generación de ingresos económicos a mediano plazo y a largo plazo con las plantaciones de aproximadamente de 20 años con las especies de *D. retusa* y de *D. calderonii*, esto podrían traer grandes beneficios a los productores en la venta de madera que es muy cotizada en el mercado nacional e internacional (Cervantes, 2016).

En la región mexicana existen 20 especies del género de *Dalbergia* de estas especies 6 son originarias de México (Ricker et al., 2013). *Dalbergia granadillo* Pittier, *Dalbergia glomerata* Hemsl, *Dalbergia modesta* J. Linares & M. Sousa, *Dalbergia palo-escrito* escrito Rzed. & Guridi-Gómez, *Dalbergia rhachiflexa* J. Linares & M. Sousa y *Dalbergia tabascana* Pittier estas especies de *Dalbergia* que son endémicas (Cervantes, 2016).

2.5. Estado de conservación

Dalbergia granadillo Pittier es una planta apreciada por la alta calidad de la madera (Cervantes, 2016). Esta característica ha generado la disminución de las poblaciones en el sur de México y ha sido catalogada y enlistada en peligro de extinción, tanto en la NOM-059-SEMARNAT-2010, como en los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies – CITES (CITES, 2013).

En la actualidad, las especies tropicales maderables son consideradas como maderas preciosas están sometidas a presión constante por la sobreexplotación, el tráfico ilegal, la deforestación, la fragmentación de los hábitats, la baja repoblación natural, lento crecimiento y bajo reclutamiento, que incrementan su vulnerabilidad a la extinción (Cervantes, 2016), como el caso de *Dalbergia* sp.

La regeneración natural de algunas especies como *D. retusa* es escasa, sin embargo, los retoños y los juveniles son numerosos en áreas que son expuestas periódicamente al fuego, en Guatemala solo las semillas *D. retusa* germinan en áreas afectadas por el fuego (FAUSAC-FNPV, 2015).

Las especies del género de *Dalbergia* son pocos en las poblaciones naturales y presentan poca regeneración natural. (Jenkins *et al.*, 2012). En la actualidad las plantas de estas especies también se usa con fines de conservación de suelos, cercos vivo y como combustible (Cervantes, 2016).

En México no existe información precisa sobre las poblaciones naturales o del inventario que existe sobre estas especies de *Dalbergia* aún falta hacer estudios sobre la Biología, diversidad genética, manejo de las especies entre otras investigaciones pero no existe un cierto número de las poblaciones en México. Según en Guatemala se han encontrado solo cuatro poblaciones de *D. stevensoni* en un lugar llamada la "Franja Transversal del Norte, FTN" con un aproximado de 44 a 800 árboles y el 5% representa que tienen un diámetro a la altura del pecho de 60 a 100 cm (FAUSAC-FNPV, 2015).

Se encontró una población de *Dalbergia calycina* de aproximadamente de 100 árboles los cuales se caracterizan por tener un diámetro de 40 a 80 cm esto se ve reflejado en un 18% de la poblaciones de Santa Rosa, Costa Rica. (FAUSAC-FNPV, 2015).

Cabe mencionar que algunas las poblaciones de *Dalbergia retusa* se encuentran ubicadas en las planicies costeras, en zonas del Pacífico Sur de Guatemala. Pero se han realizado varias expediciones en campo y no se han encontrado más que solo una población de esta especie con 48 árboles en Suchitepéquez (FAUSAC-FNPV, 2015), por otro lado se ha registrado también especies que se encuentran dispersas en Santa Rosa y Escuintla. Estos lugares se reporta que existe un alto porcentaje con un 69% en diámetros de 20 cm, esto significa que surgió un poco de regeneración natural, asimismo se encontró clases diamétricas de 20 a 40 cm, en un país con un alto nivel de explotación de estas especies (FAUSAC-FNPV, 2015).

Algunas poblaciones de *Dalbergia tucurensis* se registraron en Alta Verapaz y Quiché, Guatemala estas especies representan el 12% con un diámetro a la altura del pecho de 60 a 100 cm (FAUSAC-FNPV, 2015).

2.6. Densidad de la madera

La madera de *Dalbergia granadillo* cuenta con disminución en el contenido de lignina de albura con respecto al duramen, de igual forma sucede con la especie de *P. lasiocarpum*, la cual tiene un valor inferior del 25.24 % al obtenido en su duramen 25.65 % (Rutiaga-Quñones *et al.*, 2010). Este tipo de madera se caracteriza por sus propiedades químicas, acústicas y por su durabilidad, además de ser más resistente a los ataques de los insectos, además se considera una madera preciosa con alto valor monetario por otro lado, algunas especies de *Dalbergia* producen metabolitos antimicrobianos (Rutiaga-Quinones *et al.*, 1995).

China es el principal que exporta madera de granadillo con alto valor económico en los últimos años (Basik, 2015). El valor de mercado del palo de rosa o granadillo es muy alto, mucho más que el de la caoba o el cedro rojo. Se utiliza el duramen (de color más oscuro), mientras que la albura se desecha. En México, a la fecha no se han concedido permisos de explotación de *Dalbergia*; sin embargo, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) puede autorizar la extracción, previa solicitud, bajo los esquemas de “aprovechamiento por notificación de riesgo” o “aprovechamiento de subsistencia” (Cervantes, 2016).

2.7. Anatomía de la madera *Dalbergia*

La madera de los árboles del género de *Dalbergia* es muy parecida entre las especies (McLure *et al.*, 2015; CCA, 2017), y es difícil identificarla (FAUSAC-FNPV, 2015), como entre las especies *D. retusa*, *D. stevensonii* y *D. tucurensis* (Wiedenhoeft, 2011).

La madera de *D. retusa* se identifica con más precisión por su color rojo-naranja y su contraste entre el parénquima paratraqueal, que es menor en comparación al parénquima agregado difuso (Wiedenhoeft, 2011). Las maderas *D. tucurensis* y *D. stevensonii* es más complicado identificarlas entre ambas especie (Wiedenhoeft, 2011). Sin embargo, Wiemann & Ruffinatto (2012). Sugieren que con la técnica de la densidad de la madera (peso y volumen) se puede lograr la identificación de la madera de las dos especies, aun cuando, la madera de *D. retusa* y *D. stevensonii* presentan variación tanto en campo como laboratorio (CITES, 2016).

2.7.1. Características de la madera de *Dalbergia* y su uso

Los colores de la madera se presentan por efecto de las condiciones agroclimáticas de las poblaciones naturales. Los árboles que se desarrollen con las condiciones favorables, tanto en suelo franco-arenoso y con abundante agua tendrán mayor

crecimiento en los anillos y serán más anchos, así mismo, las tonalidades típicas de la especie serán más claras, contrario al crecimiento del árbol en condiciones de suelos pobres y limitaciones de agua. En esta condición, el desarrollo de la albura toma más tiempo y los anillos de crecimiento son más angostos, así mismo, las tonalidades de la madera en color son más oscuras (CITES, 2016).

Las especies de *Dalbergia* se caracterizan por tener madera preciosa y que es difícil de diferenciar entre las especies de este género, además por su resistencia ecológica y que se catalogan como árboles pequeños o arbusto (Meyrat, 2017). La madera del granadillo es dura y pesada (Rivera & Viquez, 2010).

El duramen es la parte principal de la madera de calidad. Es muy pesado, duro y fuerte esto sirve para mantener en forma y estable la madera. Esta parte de la anatomía de la madera “duramen” tiene una capa que la rodea que se llama albura, la cual es tan fuerte como el duramen esto varía en la cantidad de acuerdo a las condiciones del crecimiento del árbol y edad de la especie (FAUSAC-FNPV, 2015).

En México existe poca información del uso la madera de esta especie, sin embargo se conoce que existen muebles, escritorios, instrumentos musicales, marimbas y artesanías y objetos utilitarios como mangos de cuchillos fabricados con madera de *Dalbergia* que van desde la época colonial. En general se identifica para realizar muebles finos (Meier, 2016).

2.7.2. Función de la especie en su ecosistema

El aprovechamiento irracional en los últimos años estas especies ha contribuido en la pérdida de la diversidad genética (Meyrat, 2017).

Algunas partes de los árboles de *Dalbergia* son muy importantes, como las flores en su entorno. Son fundamentales para la supervivencia de algunos insectos, abejas, escarabajos, avispas, abejorros, mariposas. *D. retusa* juega un papel importante para las abejas en Costa Rica, alrededor de 60 especies de abejas se albergan en las flores y en Belice es factor dominante para los bosques del sur. (FAUSAC-FNPV, 2015).

En árboles adultos o maduros forman colonias las abejas y avispas, como en los fustes de los árboles. Otras hormigas se asocian con *D. stevensonii*, principalmente por se alimentan de las hojas. Incluso estas sirven como alimento para algunos mamíferos y aves (FAUSAC-FNPV, 2015).

En el fuste o ramas de los árboles de *Dalbergia* hospeda a un sinfín de especies de epífitas, algunas por mencionar son orquídeas, bromelias, líquenes, helechos, aroides y peperomias (FAUSAC-FNPV, 2015). Además especies trepadoras también se encuentran asociadas al género *Dalbergia*.

2.7.3. Estructura de la población

A nivel mundial existen 280 especies del género *Dalbergia* la mayoría de estas especies son trepadoras, arbustos y árboles pequeños. No existe información de las poblaciones o base de datos que no sea limitada entre las especies de *Dalbergia* históricamente son especies muy similares y difíciles de distinguir (UICN, 2019).

En otros países, como Madagascar la conformación de las poblaciones de *Dalbergia* registra alteraciones en las clases diámetricas por causas de sobreexplotación en áreas de conversación.

En un enlistado de la especie *Dalbergia melanoxylon* en Nachingwea, la cual se encuentra al sur de Tanzania, se cita distribución muy dispersa de los árboles (CITES, 2016).

En Guatemala se registraron árboles de *Dalbergia* spp pero la población es dispersa y escasa (FAUSAC-FNPV, 2015).

2.7.3.1. Tendencias y amenazas de la población de *Dalbergia*

En México *D. granadillo* o palo escrito y *D. congestiflora* o el campincerán se encuentra en la lista de NOM-059-SEMAR-NAT-2010, especies que están peligro de extinción, también se encuentra enlistada *D. stevensonii* en los Apéndices del CITES, quien se encarga de la regulación del comercio internacional de las Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. En México y Costa Rica, se le atribuye a la ganadería y a la construcción de caminos la deforestación de en áreas donde existe la especie *D. calycina* (Groom, 2012).

En Guatemala se ha visto una gran pérdida de las masas forestales esto es por las consecuencias de la deforestación y conversión de las poblaciones naturales de las especies de *Dalbergia* (FAUSAC-FNPV, 2015). Es muy notable que en las poblaciones de las especies de *Dalbergia* spp. Se ha afectado el hábitat natural por cambios excesivos que han tenido estas poblaciones, tal como el caso de *D. retusa*, *D. tucurensis* y *D. stevensonii*, estas especies fueron las más afectadas en el periodo 1991-2012 (FAUSAC-FNPV, 2015).

En las áreas forestales de Guatemala la tasa de deforestación es del 1% anual y las áreas más afectadas, por las tasas altas de la despoblación de los árboles forestales son de *D. stevensonii*, *D. retusa*, *D. tucurensis* y *D. calycina* las áreas afectadas

fueron las Verapaces, Petén, Quiché y la región central que incluye a Chimaltenango, Guatemala y Santa Rosa (INAB, CONAP, UVG & URL, 2012).

En México en el periodo de 1990 y 2010 se perdió una cobertura forestal de 274,450 hectáreas, sin embargo en Brasil en el mismo periodo se produjo una pérdida de 2,765,850 hectáreas de la masa forestal (Butler, 2016)

En Asia, el despoblamiento forestal afectó las poblaciones de *D. cochinchinensis*. Por otro lado, en Tailandia la tasa de la tala ilegal han aumentado más en terrenos que eran forestales ahora son terrenos para practicar la agricultura. (CITES, 2016).

Generalmente las *Dalbergia* se están perdiendo, estos árboles son muy atraídos por la tala ilegal de las maderas tropicales debido a la alta demanda en mercado internacional (Jenkins *et al*, 2012).

La mayoría de las especies de *Dalbergia* se encuentran en amenazas o en peligro de extinción por la deforestación clandestina por su alto valor en el mercado algunas de estas especies son: *D. annamensis*, *D. bariensis*, *D. cambodiana*, *D. mammosa*, *D. oliveri*, *D. latifolia*, *D. D. tonkinensis*, además 61 especies de *Dalbergia* incluidas en el CITES.

2.8. Comercialización de la madera

La madera que se comercializa en América esta viene de Nicaragua, aunque no es fácil el acceso de esta madera debido a que su ingreso a México es ilegal (Rivera & Viquez, 2010). China es el principal país interesado en el comercio de las especies de *Dalbergia* (Jenkins *et al.*, 2012).

Por otro lado, estas especies son muy apreciadas en el mercado nacional e internacional por tener alto valor monetario, más que algunas otras especies maderables, se diferencian por sus propiedades físicas, mecánicas y acústicas. Así como en tener metabolitos antimicrobianos (Rutiaga-Quñones *et al.*, 2010). Estas especies también poseen anti fungicidas, antibióticas, antioxidantes y citotóxicas (Pérez-Gutiérrez & García-Baez, 2013).

La comercialización de la madera de las especies de *Dalbergia* en Sudamérica se distribuye en la fabricación de muebles finos, marquetería y chapas de madera; otra parte se ocupa en la construcción de viviendas, cercas, esculturas, artesanías, la madera que más se ocupa son las siguientes especies: *D. brasiliensis*, *D. cearensis*, *D. cubilquitzensis*, *D. cuscatlanica*, *D. decipularis*, *D. foliolosa*, *D. funera*, *D.*

glomerata, *D. hortensis*, *D. miscolobium*, *D. spruceana*, *D. villosa* (Grandtner & Chrevrette, 2013; ILDIS, 2014; INAB-SEINEF, 2015). Por otra parte, también se comercializan madera aserrada, tablas, troncos y muebles en especial, de especies de *D. calycina*, *D. cubilquitzensis*, y *D. stevensonii* (INAB, 2015). Sin embargo, en la base de datos del CITES se registró que en Guatemala se exportó un total de 463.79 m³ de madera aserrada *Dalbergia* spp en el periodo de 2005 al 2014 (INAB, 2015).

En Tanzania la mayor parte de la madera que extrae es de *Dalbergia* (Jenkins *et al.*, 2012). Con exportaciones de madera de 727,000 m³ en madera aserrada en el periodo del 2012 (FAEF, 2013).

Los datos de las importaciones hacia China desde Mozambique se incrementó más en los últimos 10 años principalmente madera de *Dalbergia melanoxylon* aproximadamente un total de 5,000 m³ de madera en 2004 y 33,000 m³ de madera en 2013 (Chang & Peng, 2015). También en Guatemala se comercializa gran parte de la madera de las especies de *Dalbergia* en el mercado local e internacional (CONAP, 2015; INAB, 2015; UNEP-WCMC, 2016).

3. MATERIALES Y METODOS

La investigación cuenta con tres etapas: **Etapa 1:** Estudio morfológico en campo, **Etapa 2:** En laboratorio, evaluación de viabilidad de semillas y **Etapa 3:** En vivero crecimiento de plantas de calidad.

3.1. Etapa 1: Descripción del estudio morfológico

El estudio morfológico se realizó en una población de granadillo localizada en la comunidad La Rioja municipio de Cacahoatán, Chiapas. Para las variables morfométricas se utilizaron descriptores morfológicos cuantitativos y cualitativos de fuste, copa, semillas, frutos, hojas y flores algunos descriptores se registraron en campo y el resto en el Laboratorio de Biotecnología Forestal y Biofertilizantes de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Huehuetán, Chiapas.

La población de los árboles de *D. granadillo* P. de los cuales se obtuvieron los descriptores morfológicos de fuste, copa, semillas, frutos, hojas y flores se localizan en la Comunidad “La Rioja”, Municipio de Cacahoatán, Chiapas, a 14° 58' 37" LN y 92° 16' 15" LO y 480 metros de altitud. Además, fueron georreferenciados como procedimiento estándar para el registro de especies y conservación *in situ*, en el Soconusco, Chiapas.

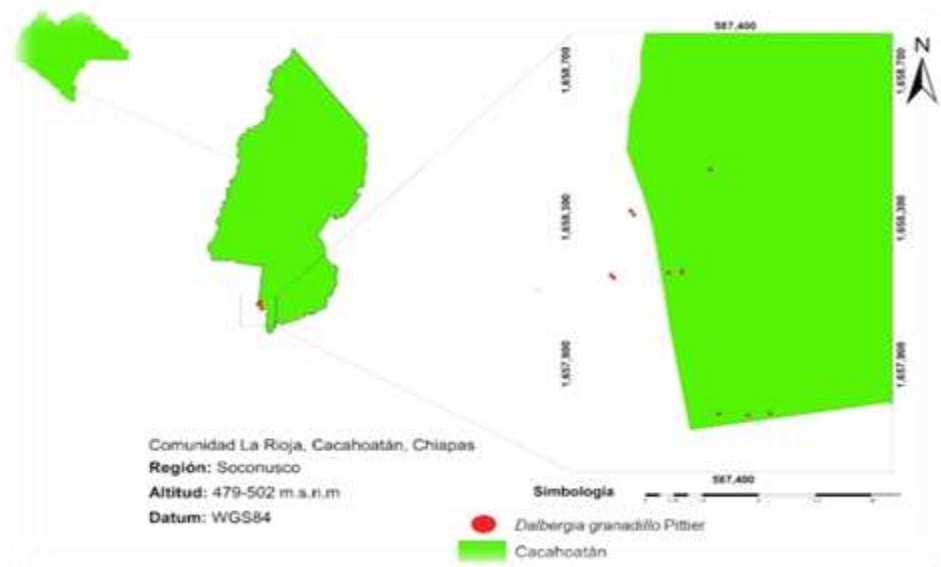


Figura 5. Localización de la población de *Dalbergia granadillo* Pittier en el Soconusco, Chiapas.

El estudio de la caracterización morfológica se inició, en el mes de febrero de 2020 y finalizó en el mes de mayo de 2021.

El clima pertenece al grupo cálido húmedo Af (w'') i g, con 4720 mm de precipitación anual y temperatura media de 25.4 °C (INEGI, 2017).

Los suelos son de origen volcánico y pertenecen al grupo Andosol mólico. Se caracterizan por la fuerte fijación de fosfato, pero son fáciles de cultivar y tienen buenas características para el enraizamiento y almacenamiento de agua (FAO, 2008).

El suelo del lugar presenta las siguientes características físico-químicas: textura areno-migajosa (Bouyucos), 82.5 % arena, 12.3 % limo, 5.2 % arcilla, 3.7 % materia orgánica (Walkley-Black), 0.12 ds m1 conductividad eléctrica, pH 5.71, 0.13 % N (Kjeldhal), 4.0 ppm P (colorimetría), 18.5 ppm K (espectrofotometría atómica), 59 ppm Ca (espectrofotometría atómica), 9.3 ppm Mg, 16.8 ppm Na, y 5 Meq100 g1 de capacidad de intercambio catiónico.

En la caracterización morfológica, se utilizó la población de 21 árboles de *Dalbergia granadillo* Pittier, con los descriptores de Leopold *et al.* (2001), para especies maderables tropicales. Se registraron 24 características cualitativas y 25 cuantitativas. Uno de árbol, siete de ellas son de fuste, dos de copa, doce de hoja, once de fruto, nueve de semillas y siete de flores (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características morfológicas medidas en D. granadillo en el Soconusco, Chiapas.

Características Botánica	Parámetro	Clase/Unidad de Medida			
Árbol	(AT)	m			
Fuste	(CF)	(1) grisáceo	(2) grisáceo blanco	(3) grisáceo verdoso	
	(FF)	(1) recto	(2) curvado	(3) muy curvado	
	(AB)	(1) tercio superior	(2) tercio medio	(3) tercio inferior	
	(DEP)	(1) total	(2) parcial	(3) nula	
	(AIR)	(1) de 0 a 30°	(2) 30 a 60°	(3) 60 a 90°	
	(D)	(1) mucho	(2) poco		
	(DAP)	cm			

Copa	(DC)	(1) más de 10 m	(2) 5 a 10 m	(3) menos de 5 m	
	(FC)	(1) circular	(2) circular irregular	(3) medio círculo	(4) alargada
Hoja	(FH)	(1) Ovada	(2) Elíptica	(3) Lanceolada	(4) Oblonda
	(FAH)	(1) Aguda	(2) Apiculado	(3) Retusa	(4) Redondo
	(FBH)	(1) Aguda	(2) Redondeada	(3) Atenuada	
	(TB)	(1) aserrado	(2) ondulado	(3) liso	
	(CH)	(1) verde claro	(2) verde oscuro		
	(Cad)	(1) verde claro	(2) verde oscuro		
	(Cab)	(1) verde claro	(2) verde oscuro		
	(LH)	cm			
	(AH)	cm			
	(TP)	mm			
	(NPF)	contabilizar			
	(TH)	(1) lisa	(2) rugosa		
Fruto	(ICF)	(1) negro	(2) gris	(3) café	(4) verde
	(TCF)	(1) liso	(2) rugosa		
	(LF1S)	cm			
	(AF1S)	cm			
	(LF2S)	cm			
	(AF2S)	cm			
	(LF3S)	cm			
	(AF3S)	cm			
	(LF4S)	cm			
	(AF4S)	cm			
	(PF100)	g			
Semilla	(CS)	(1) alta	(2) baja		
	(TS)	(1) liso	(2) rugosa		
	(ICS)	(1) café claro	(2) café oscuro	(3) verde	
	(LSCF)	mm			
	(ASCF)	mm			

	(LSCO)	mm			
	(ASCO)	mm			
	(PS100)	g			
	(NSF)	contabilizar			
Flores	(CP)	(1) Blanco con pigmentación ferruginoso	(2) Blanco sin pigmentación ferruginoso	(3) Blancos)	
	(CP)	(1) Espigas	(2) Panículas cimosas	(3) Racimos	
	(CP)	(1) Verde Cáliz en la base con pigmentación ferruginoso	(2) Verde Cáliz en la base sin pigmentación ferruginoso	(3) verde en la base	
	(LI)	mm			
	(NP)	contabilizar			
	(LP)	mm			
	(AP)	mm			

* Altura total (AT), color de fuste (CF), forma del fuste (FF), altura de bifurcación (AB), dominancia del eje principal (DEP), ángulo de inserción de ramas (AIR), descortezamiento (D), diámetro del fuste a la altura del pecho (DAP), diámetro de copa (DC), forma de la copa (FC), forma de la hoja (FH), forma del ápice de la hoja (FAH), forma de la base de la hoja (FBH), tipos de bordes (TB), color de hoja (CH), color Adaxial (Cad), color Abaxial (Cab), textura de la hoja (TH), longitud de la hoja (LH), ancho de la hoja (AH), longitud del peciolo (TP), N° de pares de folíolos (NPF), intensidad del color del fruto (ICF), textura de la cubierta del fruto (TCF), longitud del fruto con una semilla (LF1S), ancho del fruto con una semilla (AF1S), longitud del fruto con dos semillas (LF2S), ancho del fruto con dos semilla (AF2S), longitud del fruto con tres semillas (LF3S), ancho del fruto con tres semilla (AF3S), longitud del fruto con cuatro semillas (LF4S), ancho del fruto con cuatro semilla (AF4S), peso de 100 frutos (PF100), peso de 100 frutos (PF100), textura de semilla (TS), intensidad de color de semilla (ICS), longitud de semilla color café (LSCF), ancho de semilla color café (ASCF), longitud de semilla color oscuras (LSCO), ancho de semilla color oscuras (ASCO), peso de 100 semilla (PS100), número de semillas por fruto (NSF), color de pétalos (CP), tipo de Inflorescencia (TI), color de estandartes (CE), longitud de Inflorescencia (LI), número pétalos de todas las cimosas (NP), longitud de Pétalo (LP), ancho de Pétalo (AP).

3.2. Etapa 2: Viabilidad de semillas

Se llevó a cabo en el Laboratorio de Biotecnología Forestal y Biofertilizantes de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Campus IV, Huehuetán, Chiapas (15°19' LN y 92°44' LO a 44 m de altitud), con temperatura de 25 a 34° C en primavera y verano, para el resto del año las temperaturas tienen valores de 18° a 22° C.

Se recolectaron al azar las vainas con y sin semillas, hojas, y flores de los árboles de *D. granadillo* y se guardaron en bolsas de papel etiquetadas para ser trasladadas al Laboratorio de Biotecnología Forestal y Biofertilizantes con el fin de realizar la caracterización morfológica del granadillo.

En el Laboratorio fueron separadas las vainas con y sin semillas. Las vainas con semilla se agruparon de acuerdo al número de semillas. Una vez caracterizadas las vainas, se extrajeron las semillas de forma manual y se mantuvieron a temperatura ambiente en el laboratorio a 23.2 °C en envases de plástico ziploc®. De la misma manera se registraron las accesiones granadillo de semillas, hojas y flores.

A los 15 días después de su colecta se determinaron pruebas básicas iniciales de calidad que establecen las reglas de la International Seed Testing Association (ISTA, 2010), como las variables morfométricas y de germinación.

Variables

Número de vainas por árbol. Se contabilizó el número de vainas con semilla de cada árbol.

Longitud de las vainas. Se midió con vernier digital (Marca Caliper, Stainless Hardened, EUA) con precisión de 0.1 mm.

Semillas por vaina. Se contabilizó el número de semillas por vaina en cada árbol.

Número y color de semillas por árbol. Se registró el número de semillas por árbol y se separaron para germinación por color; café oscuro y café claro.

Peso de 100 semillas. Se pesaron 100 semillas (g) con cuatro repeticiones en balanza digital (Marca Ohaus, Modelo SocutPro SP401 EUA).

Número de semillas por kg. Se determinó mediante la fórmula (Número de semillas de la muestra/Peso de la muestra) * 100. (ISTA, 2010).

Germinación. Se midió en porcentaje (%) de acuerdo al color de la testa de la semilla a través del método de germinación en papel (ISTA, 2010). En esta condición se

mantuvieron en cámara húmeda y después de cinco días se realizó el primer conteo de germinación y el último el día 20.

3.2.1. Etapa 3: Crecimiento de plantas de calidad

En esta etapa de la investigación se estableció el experimento de la propagación de plantas de calidad en el vivero forestal de la Facultad de Ciencias Agrícolas, para evaluar el crecimiento de *Dalbergia granadillo* Pittier con hongos endomicorrízicos y fertilizantes inorgánicos. El tipo de clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano.

La mezcla de sustrato que se utilizó para el crecimiento de las plantas fue una mezcla (v/v) de suelo fluvisol más arena de río lavada y tamizada a proporción de 70% de suelo y 30% de arena, además se usó turba comercial Cosmopeat® en un tratamiento. Se llenaron las bolsas negras de plásticos (15x25 cm) con una capacidad de 2 kg. Las plantas se regaron todos los días utilizando una regadera manual con agua de pozo.

Se utilizaron semillas colectadas de los árboles de *Dalbergia granadillo*, las cuales se pusieron a germinar con la técnica de papel posteriormente se sembraron en charola germinadora de unicel de 200 cavidades. A los 15 días se trasladaron a bolsas negras de plásticos (15 x 25 cm). Las plantas se establecieron en el vivero para la evaluación de los componentes fisiológicos y morfológicos que se registraron a los 112 días después del trasplante (ddt).

En el vivero de la FAC presenta el tipo climático según Köppen y la modificación de García (2004) es Am (W) i g. Es un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano. El porcentaje de lluvia invernal menor de 5% de la anual. La precipitación tiene una distribución de junio a octubre y en promedio de 2,200 mm al año. La temperatura media es de 28 °C con fluctuación isotermal de ± 5 °C, en relación con la máxima y mínima registradas. La evaporación es superior a 1,900 mm durante el año.

El establecimiento del experimento se inició, en el mes de noviembre de 2020 y finalizo en el mes de marzo de 2021. El germoplasma empleado para este experimento se colecto de árboles de granadillo, en la temporada invierno-primavera 2020. Los árboles que se seleccionaron y de los cuales se obtuvieron las semillas.

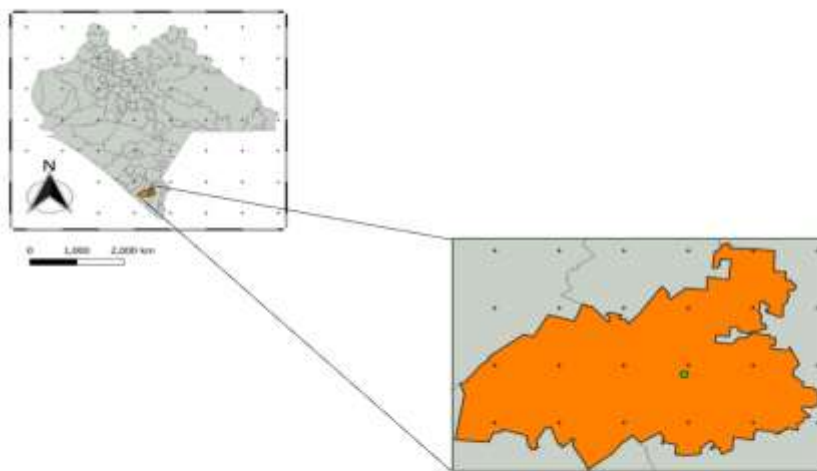


Figura 6. Ubicación del campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la UNACH-Huehuetán, Chiapas.

Se colectaron semillas de 10 árboles de *D. granadillo* en el Soconusco, Chiapas, (14°59' N y 92°11' O), del total se mezclaron 200 semillas y fueron sembradas en charola germinadora de unicel con 200 cavidades.

El sustrato empleado fue una mezcla (v/v) de suelo fluvisol más arena de río lavada y tamizada a proporción de 70% de suelo y 30% de arena, además se usó turba comercial Cosmo Peat en un tratamiento. Con los mismos se llenaron bolsas negras de plásticos (15 x 25 cm) con una capacidad de 2 kg. Las plantas se regaron todos los días con agua de pozo.

Se utilizó multicepa *Glomus* spp. Es una mezcla de cuatro aislamientos de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) recolectados en tres regiones tropicales de México. Dos de ellos, "Caracoles" (Tenampulco, Puebla: 20° 08' 30'' N y 97° 30' 00'' O a 350 msnm 2 100 mm de precipitación y suelos Regosoles) y "San Rafael" (San Rafael, Veracruz: 20° 08' 20'' N y 97° 02' 57'' O a 20 msnm, 1 600 mm de precipitación y suelos Cambisoles). Los otros dos, "Rosario Izapa" y "Té limón" se obtuvieron en la región del Soconusco, Chiapas (Tuxtla Chico, Chiapas: 14° 30' N y 92° 00' O a 425 msnm 4 252 mm de precipitación y suelos Luvisoles). *Rhizophagus intraradices* se evaluó como hongo de referencia, a una concentración de 40 esporas·g⁻¹ de suelo y 95 % de colonización de la raíz en la planta hospedante *Brachiaria brizantha*.

El trasplante de plántulas y tratamientos se realizó a 15 días después de la siembra en charolas. Los tratamientos fueron 10: El testigo (T), *R. intraradices* (Ri), *R. intraradices* más 50-20-00 (Ri+50-20) y *R. intraradices* 100-40-00 (Ri+100-40), Multicepa *Glomus* sp. (Gl), Multicapa *Glomus* sp. Más 50-20-00 (Gl+50-20) y Multicepa *Glomus* sp. 100-40-00 (Gl+100-40), 50-20-00 y 100-40-00 y un tratamiento en turba/suelo como sustrato. Las fuentes de fertilizante fueron urea (46 % N) y Superfosfato de calcio triple (46 % P₂O₅).

Se conformaron diez tratamientos en un diseño completamente aleatorio, con 7 repeticiones, donde una planta fue la unidad experimental

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos aplicables en *Dalbergia granadillo* P. para la propagación de plantas.

Tratamientos	
T1	Testigo (Suelo fluvisol + 30 % arena de río)
T2	(Suelo fluvisol + 30 % arena de río) + <i>R. intraradices</i>
T3	(Suelo fluvisol + 30 % arena de río) + 50-20-00
T4	(Suelo fluvisol + 30 % arena de río) + 100-40-00
T5	(Suelo fluvisol + 30 % arena de río) +50-20-00 + <i>R. intraradices</i>
T6	(Suelo fluvisol + 30 % arena de río) +100-40-00 + <i>R. intraradices</i>
T7	(Suelo fluvisol + 30 % arena de río) + <i>Glomus</i> sp Multicepa
T8	(Suelo fluvisol + 30 % arena de río) + 50-20-00 + <i>Glomus</i> sp Multicepa
T9	(Suelo fluvisol + 30 % arena de río) + 100-40-00 + <i>Glomus</i> sp Multicepa
T10	(Suelo fluvisol + 30 % turba)

Variables

Se registraron variables morfológicas y fisiológicas del rendimiento a los 112 días después del trasplante (ddt). Las variables morfológicas fueron el número de hojas (por planta y tratamiento), diámetro del tallo mm, altura de planta cm y diámetro de copa cm. Las variables fisiológicas fueron la biomasa seca y área foliar (cm²).

La altura de las plantas se registró con un flexómetro a partir de 7 cm de la superficie del suelo hasta la yema apical. El diámetro del tallo de las plantas se tomó con la ayuda de un vernier a una altura de 7 cm de la superficie del suelo. El número

de hojas se cuantificó el número de hojas totales por planta durante cada muestreo, por tratamiento y repetición. El área foliar se determinó con un integrador de área foliar marca Li-cor. Para medir el área foliar se colocarán las hojas en la cubierta plástica para posteriormente introducirla al integrador de área foliar. El peso seco de órgano en parte aérea y radical se pesaron los componentes fisiológicos de las plantas en una báscula analítica (Ohaus) después de haberse secado en una estufa de aire forzado a 75-80 °C hasta peso constante.

3.2.2. Análisis Estadístico

La Etapa 1. Para el análisis de caracterización morfológica se realizó un análisis multivariado. Con la finalidad de identificar la variabilidad morfológica con las accesiones cualitativas y cuantitativas de las variables descriptivas entre los diferentes grupos formados, se realizó con el paquete software Minitab.

La Etapa 2. Los resultados promedios de las variables en la fase de inducción se graficaron con el programa Sigma Plot (V. 11.0) de Jandel Scientific. Los datos de las variables de la etapa de multiplicación se analizaron con el Programa SAS para Windows Ver. 8.1 (1999-2000) y las comparaciones de medias entre tratamientos con Tukey ($P \leq 0.05$).

La Etapa 3. Los datos de las variables se sometieron a un análisis de GLM y pruebas de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) con el paquete estadístico del software Statistical Analysis System, versión 8.1 (SAS, 1999-2000).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Etapa I. Diversidad morfológica de *Dalbergia granadillo* Pittier.

La especie de *Dalbergia granadillo* presenta un ciclo fenológico con las siguientes características de acuerdo a las observaciones y monitoreo en campo que se realizaron en el periodo 2019-2021.

El estado vegetativo se presenta en los meses de mayo a enero, la brotación ocurre en el mes de febrero, las hojas jóvenes se presentan en los meses de marzo y abril, y las hojas maduras se presentan a finales de la época de lluvias. De febrero a abril se lleva a cabo la etapa de la defoliación, esto ocurre mientras que la precipitación disminuye y la evapotranspiración aumenta. La etapa de floración se presenta de mayo a julio con la formación de las yemas florales. La plena floración sucede en junio y termina en julio. La fructificación ocurre durante los meses de agosto a octubre. En septiembre se da la maduración y finalmente en octubre hay frutos para coleccionar. En los meses de noviembre a enero se puede encontrar semillas maduras para ser colectadas.



Figura 7. Ciclo fenológico de *D. granadillo* Pittier.

4.1.1. Relación de variables registradas en campo con la población de *D. granadillo* Pittier y su variabilidad.

Las variables que más aportan a la variabilidad de *Dalbergia granadillo* Pittier. Se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 3. Variabilidad de componentes morfológicos en *D. granadillo* P.

Variable	Media	Error estándar de la media	Coefficiente de Variación
Diámetro del fuste a la altura de pecho (DAP)	25.19	1.53	* 27.92
Altura Total (AT)	15.571	0.481	* 14.15
NO Longitud de la Hoja (LH) cm	10.135	0.156	7.04
Ancho de la Hoja (AH)	4.544	0.135	* 13.57
Longitud del Pecíolo (TP)	6.912	0.219	* 14.49
NO N° de pares de Folíolos (NPF)	11.355	0.186	7.51
NO Longitud Semilla Color Café	11.046	0.235	9.74
Ancho de Semilla Color Café (ASC)	5.921	0.130	* 10.05
NO Longitud Semilla Color Oscura (LSCO)	10.721	0.192	8.23
NO Ancho Semilla Color Oscuras (ASCO)	5.744	0.114	9.11
NO Peso 100 Semilla (PS100) (PS100)	9.429	0.191	9.27
Número de semillas por Fruto (NSF)	1.738	0.118	* 31.01
Longitud del Fruto con una Semilla (LF1S)	8.067	0.193	* 10.97
NO Ancho del Fruto una Semilla (AF1S)	2.0139	0.0301	6.85
Longitud del Fruto con dos Semilla (LF2S)	10.827	0.289	* 12.24
NO Ancho Fruto con dos Semilla (AF2S)	1.9171	0.0376	8.99
Longitud del Fruto con tres Semilla (LF3S)	13.670	0.314	* 10.54
Ancho del Fruto con tres Semilla (AF3S)	1.9570	0.0310	7.27
Longitud del Fruto con cuatro Semillas (LF4S)	18.848	0.726	* 17.65
NO Ancho Fruto con cuatro Semillas (AF4S)	2.0233	0.0425	9.63
Peso de 100 Frutos (PF100)	40.62	1.46	* 16.52

Variables no comunes (poca variabilidad) *Variables con mayor variabilidad

La conformación de los caracteres que aportan la mayor variabilidad de los 21 árboles de acuerdo al análisis estadístico descriptivo son: Diámetro del Fuste a la Altura del Pecho (DAP), Altura Total (AT), Ancho de la Hoja (AH), Longitud del Pecíolo (LP), Ancho de Semillas de color Café (ASC), Número de Semilla por Fruto (NSF), Longitud del Fruto con una Semilla (LF1S), Longitud del Fruto con dos Semilla (LF2S), Ancho del Fruto con tres Semilla (AF3S), Peso de 100 Frutos (PF100).

La importancia de estas variables es su relación con la capacidad de adaptación de la especie, de los procesos evolutivos, procesos ecológicos y la productividad primaria de la diversidad genética (Hughes *et al.*, 2008). De acuerdo con Piñero *et al.* 2008 sugiere que los ecosistemas tropicales son de gran importancia en la función y conservación de la biodiversidad debido a la variabilidad genética capaz de lograr adaptarse a condiciones cambiantes del clima.

4.1.2. Factores rotados clasificados y comunalidades

Cuadro 4. Proporción de los factores rotados clasificados y comunalidades de las variables morfológicas.

Variable	Desarrollo del fruto	Desarrollo de hoja y semilla	Desarrollo de árbol	Desarrollo de la semilla y fruto	Comunalidad
P100F	*0.882	0.193	0.234	0.110	0.883
LF4S	*0.832	0.062	0.103	-0.227	0.758
LF2S	*0.740	-0.008	0.126	-0.057	0.567
LF1S	*0.559	-0.304	0.055	0.220	0.456
AH	-0.110	*0.748	-0.331	0.088	0.689
ASCF	0.181	*0.716	0.197	-0.070	0.589
AF3S	0.044	*-0.700	-0.072	-0.014	0.498
AT	-0.119	0.131	*-0.851	0.098	0.765
DAP	-0.312	-0.283	*-0.843	0.051	0.891
NSF	-0.106	-0.386	-0.243	*0.765	0.805
LF3S	0.191	0.217	0.283	*0.757	0.737
LP	-0.148	0.087	-0.428	*0.699	0.701
Varianza	2.5582	1.9978	1.9954	1.7879	8.3394
% Var	0.213	0.166	0.166	0.149	0.695

‡P100F Peso de 100 frutos, LF4S Longitud del fruto con cuatro semilla, LF2S Longitud del fruto con dos semilla, LF1S Longitud del fruto con una semilla, AH Ancho de Hoja, ASCF Ancho de Semilla Color Café, AF3S Ancho del fruto con tres semilla, AT Altura total, DAP Diámetro del Fuste a la Altura, NSF Número de semillas por fruto, LF3S Longitud del fruto con tres semilla, LP Longitud del peciolo
*Variables con mayor valor descriptivo

Proporción de los factores rotados clasificados y comunalidades de las variables morfológicas con mayor valor descriptivo entre los factores tanto positivos como negativos, de los 21 árboles de *Dalbergia granadillo* Pittier del Soconusco Chiapas, México se presentan en **Cuadro 4**.

En el factor uno se interpreta como el desarrollo del fruto y lo conforman: Peso de 100 frutos (P100F *0.882), Longitud del fruto con cuatro semilla (LF4S *0.832), Longitud del fruto con dos semilla (LF2S *0.740) y Longitud del fruto con una semilla (LF1S *0.559).

El factor dos está relacionado con el desarrollo de la hoja y de la semilla y lo componen el Ancho de Hoja, (HA *0.748), Ancho de Semilla Color Café, (ASCF *0.716) y Ancho del fruto con tres semilla (AF3S *-0.700).

El factor tres se denomina al desarrollo del Árbol conformado por los siguientes caracteres: Altura total, (AT *-0.851) y Diámetro del fuste a la altura de pecho (DAP *-0.843).

El factor cuatro con relación en el desarrollo de la semilla y fruto, se encuentran las variables: Número de semillas por fruto (NSF *0.765), Longitud del fruto con tres semilla (LF3S *0.757), Longitud del peciolo (LP *0.699).

Estos caracteres nos indican que existe diversidad dentro de la población de *Dalbergia granadillo* y el factor uno es el que aporta el mayor número de variables en la variabilidad morfológica. La variación se debe a la interrelación que existe entre los progenitores y el medio ambiente de los individuos (Ordóñez *et al.*, 2015).

Hernández *et al.* (2016), afirman que algunos caracteres en *Cedrela odorata* como la altura, diámetro a la altura del pecho y volumen influyen en la heredabilidad genética de estas variables y son características económicas en la comercialización de las especies tropicales.

4.1.3. Conformación de los factores

En la **Figura 8** se presenta la sedimentación de acuerdo a los cuatro factores que se conformaron con la mayor variabilidad existente en los individuos de *D.granadillo*. A partir del factor cuatro, la varianza desciende y se mantiene estable con los demás factores. Por lo anterior, solo se conjugaron cuatro factores ya que en los demás factores no presentan pendientes fuertes, como ya hemos mencionado para los datos obtenidos podemos comprobar que puede ser a partir del factor cuatro.

Sin embargo, el factor uno es el que agrupa el valor más alto (3.5), por lo que podemos considerar que éste puede ser un valor lo suficientemente alto para estimar que cuatro es un número de factores suficiente.

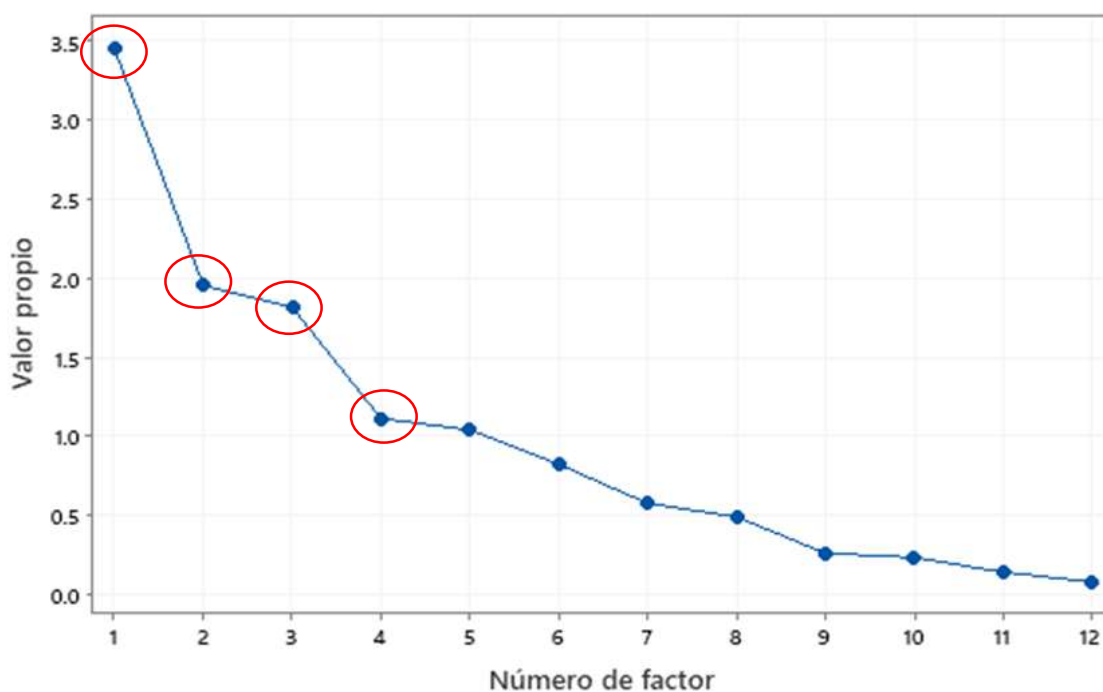


Figura 8. Gráfica de sedimentación para determinar el número de factores o componentes.

4.2. Dispersión de los caracteres

La dispersión de las variables con relación a los factores uno y dos, que representan a la población de *Dalbergia granadillo* Pittier y su comportamiento en la población del Soconusco, Chiapas se presenta en la **Figura 9**.

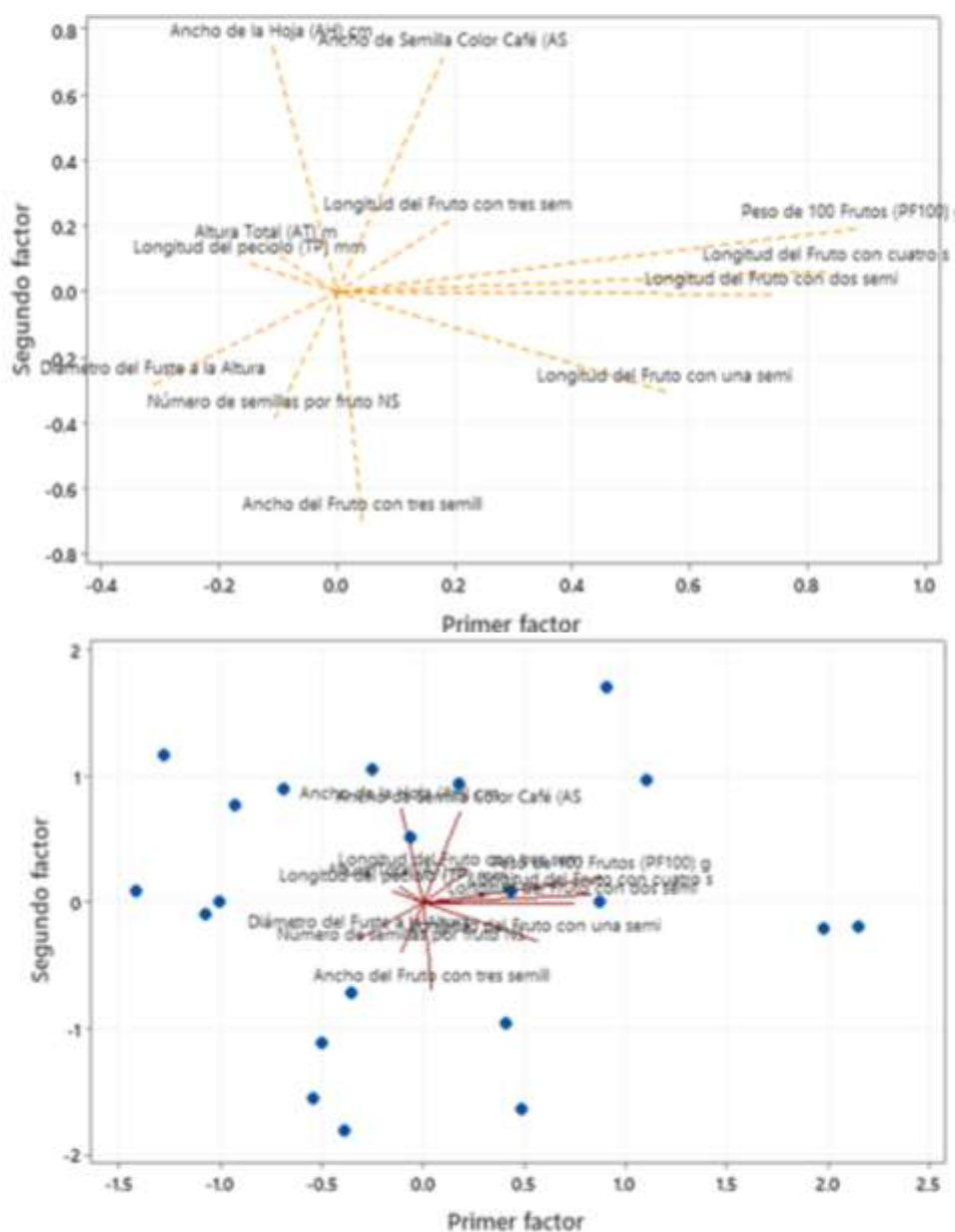


Figura 9. Dispersión de las puntuaciones de las características morfológicas correspondientes al factor 1 y 2.

Los valores indican que los caracteres ancho de hoja (HA), ancho de semilla de color café (ASCF), las cuales se encuentra separadas entre sí y de acuerdo a los valores entre el factor 1 y 2, presentan los más altos, continuando con las características número de semillas por fruto (NSF) y ancho del fruto con tres semillas (AF3S) estas características son las más bajas en los valores propios.

4.2.1. Dendrograma morfológico de *D. granadillo* Pittier

Se realizó un dendrograma de agrupamiento de los 21 árboles de *Dalbergia granadillo* de la población del Soconusco, Chiapas. Se agruparon los árboles, en donde se formaron cuatro grupos de árboles, con las 49 características morfológicas muy particulares.

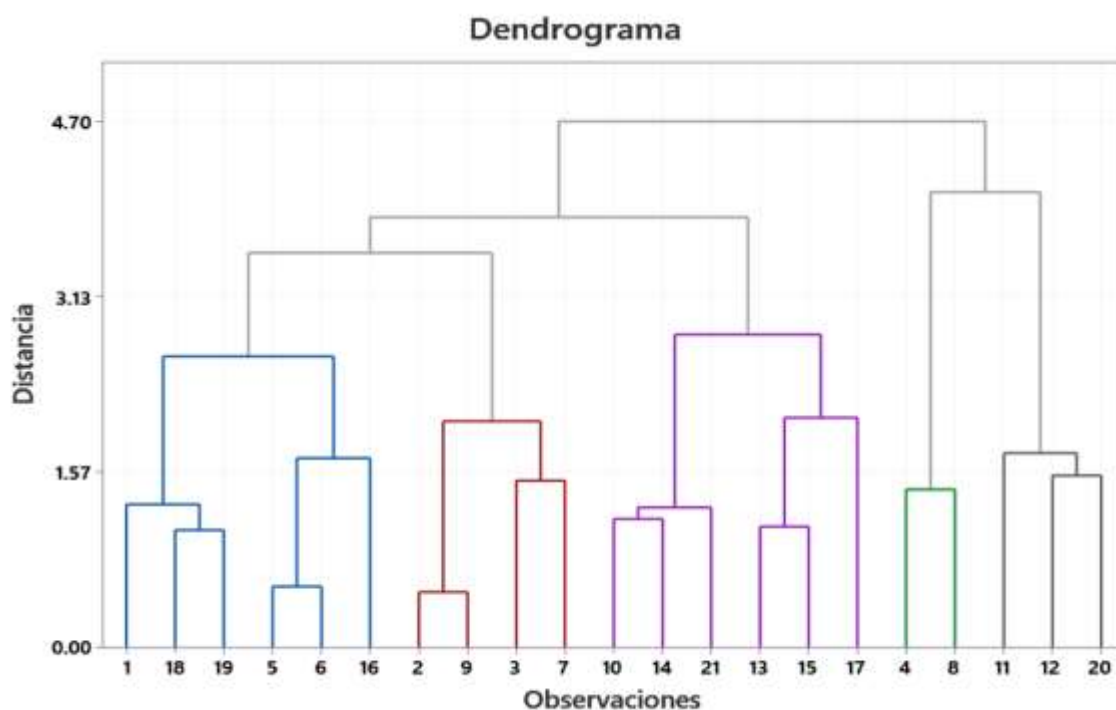


Figura 10. Dendrograma morfológico de los 21 árboles de *Dalbergia granadillo* Pittier del municipio de Cacahoatán, Chiapas.

El primer grupo se compone con los árboles 1, 18,19, 5, 6 y 16. **El segundo** grupo se conforma con los árboles 2, 9, 3, y 7, **el tercer grupo** están los árboles 10, 14, 21, 13, 15 y 17 y **en el cuarto y último grupo** se encuentran los árboles 4, 8, 11, 12 y 20.

Las diferencias encontradas representan indicadores suficientes para la conservación local de la especie, como sugiere Gutiérrez *et al.*, (2010), con una población local de *Pinus ocarpa* en Chiapas.

La diversidad sugiere además, la importancia económica de la especie al poder contribuir en el desarrollo de algún programa de mejoramiento genéticos. La variación genética de las poblaciones naturales juega un papel muy importante ecológicamente para la priorización de la conservación.

4.2.2. Análisis de correspondencia múltiple

De acuerdo al análisis de correspondencia múltiple en las variables cualitativas con respecto al componente 1 y 2 las variables que mayor relación presentan son la forma del fuste (fuste recto), altura de bifurcación (tercio inferior), también la altura de bifurcación (tercio superior) y ángulo de inserción de ramas (30 a 60°) estas dos variables existe una mejor asociación con respecto a los árboles de granadillo en la población de Cacahoatán, Chiapas.

Por otra parte, existe relación negativa entre el color del fuste (grisáceo verdoso) y ángulo de inserción de ramas (0 a 30°). Esto corresponde a la **Gráfica A**.

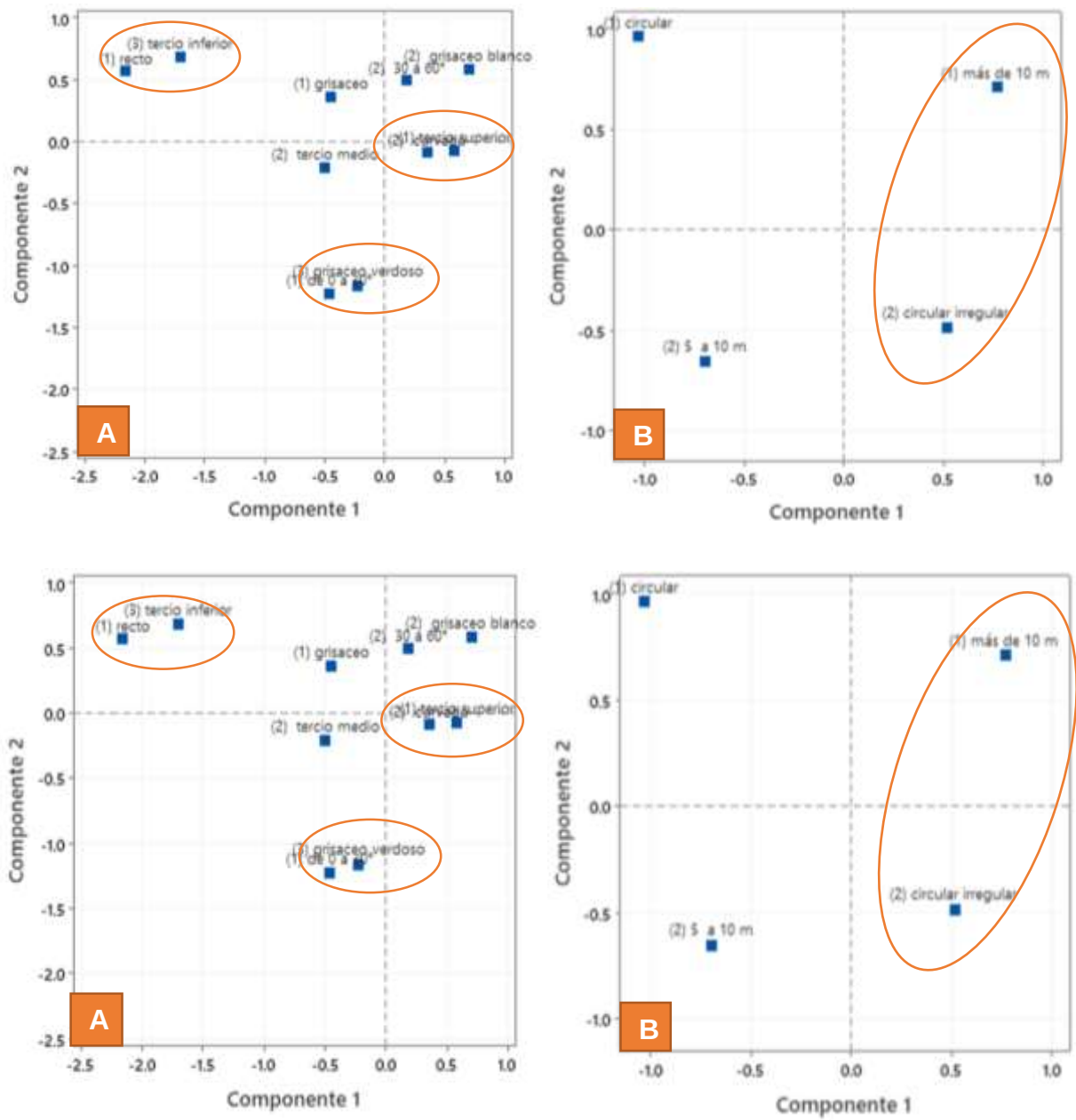


Figura 11. Gráficas de las variables discretas de *Dalbergia granadillo* Pittier.

En las variables cualitativas con respecto al Componente 1 y 2 las variables con mayor relación como se observa en la **Gráfica A** son: forma la base de la hoja (aguda), forma del ápice de la hoja (retusa), también se encuentra el color de la hoja (verde oscuro), forma del ápice de la hoja (aguda), forma la base de la hoja (redondeada), igual hay una asociación entre el color adaxial (verde claro), color de la hoja (verde claro) y por últimos tenemos una relación entre la forma del ápice de la hoja (apiculado) y forma la base de la hoja (atenuada).

En la **Gráfica B**, la asociación que existe en las variables discretas, se observa una relación en el diámetro de copa y forma de copa. Estos datos nos indican que mientras el diámetro de copa sea más de 10 m tendrá una relación con la forma de copa circular irregular a lo contrario con diámetro de copa de 5 a 10 m se ve relacionado con la forma de copa circular.

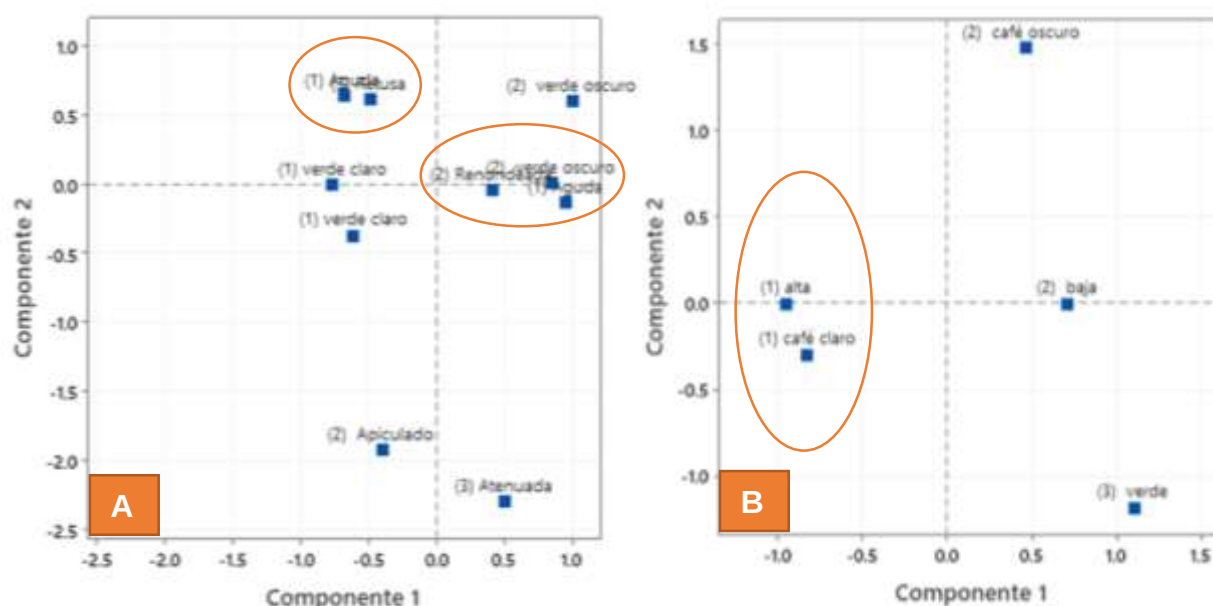


Figura 12. Graficas de las variables cualitativas *D. granadillo* Pittier.

En la **Gráfica B** se puede apreciar que hay una fuerte relación entre la cantidad de semillas (alta) con la intensidad de color de semilla (café claro) esto nos indica que existe una asociación con los árboles que se encontraron con una alta cantidad de semillas y que a la vez se relacionan con color de la semilla café claro, mientras que cuando se encuentra una cantidad de semillas baja esto se relaciona a que el color de la semilla este verde o de color café oscuro. Sin embargo, estas variables están más dispersas que las demás.

4.2.3. Etapa II. Características morfométricas y germinación de semillas de *Dalbergia granadillo* Pittier

4.3. Número de vainas y semillas por vaina

Los árboles presentan marcada diferencia en el número de vainas y el número de semillas por vaina. Los valores fluctuaron de 65 a 102 vainas entre los árboles y con 1, 2, 3 y hasta 4 semillas (Cuadro 4). El fruto en estado inmaduro tiene color verde y aparenta ser una hoja.

Cuadro 5. Número de vainas y semillas por vaina de los árboles de *D. granadillo* Pittier.

Árbol y número total de vainas	Vainas por número de semillas			
	1 semilla	2 semillas	3 semillas	4 semillas
Árbol 1 (102 vainas)	56 (54.9 %)	40 (39.3 %)	5 (4.9 %)	1(0.98%)
Árbol 2 (84 vainas)	55 (65.4 %)	23 (27.3 %)	6 (7.3 %)	
Árbol 4 (65 vainas)	56 (86.1 %)	6 (9.2 %)	3 (4.7 %)	
Árbol 5 (78 vainas)	58 (74.3 %)	14 (18.0 %)	5 (6.4 %)	1(1.3 %)
Árbol 6 (84 vainas)	49 (58.4 %)	20 (23.8 %)	15 (17.8 %)	
Árbol 12 (88 vainas)	60 (68.2 %*)	20 (22.7 %)	7 (7.9 %)	1 (1.2 %)

*Del total de semillas

El número de vainas con una semilla dominó en todos los árboles, esta parece ser una característica en la especie. El árbol 4, con menor número de vainas, presenta el porcentaje más alto de vainas con una semilla, pero en los árboles 1, 2, 6 y 12, con mayor número de vainas, esta característica representa en promedio 25 % menos de vainas con una semilla.

En los árboles 2, 6 y 12, las vainas con dos semillas fluctuaron en porcentaje de 20 a 23 % y solamente el árbol número 1 presenta incremento del doble, es decir 40 %.

En el caso de las vainas con tres semillas en la mayoría de los árboles representó entre 3 y 7 % del total, sin embargo, se incrementó a 15 % en el árbol 6. De acuerdo

al CITES, (2016). Estos datos coinciden con los encontrados para *Dalbergia calycina* Benth.

4.3.1. Longitud y ancho de semillas

El tamaño de las semillas fue mayor en tres árboles (1, 2 y 4) (**Figura 13**) y no presentan relación entre el total de vainas y los porcentajes de semillas por vaina. Es importante mencionar que la variación en el tamaño de la semilla desempeña un papel importante en el proceso de germinación. Lo anterior indica que las semillas más pesadas son más apropiadas para la producción o siembra (Seltmann *et al.*, 2007). Esta variable permite la existencia de la variación genética en la especie.

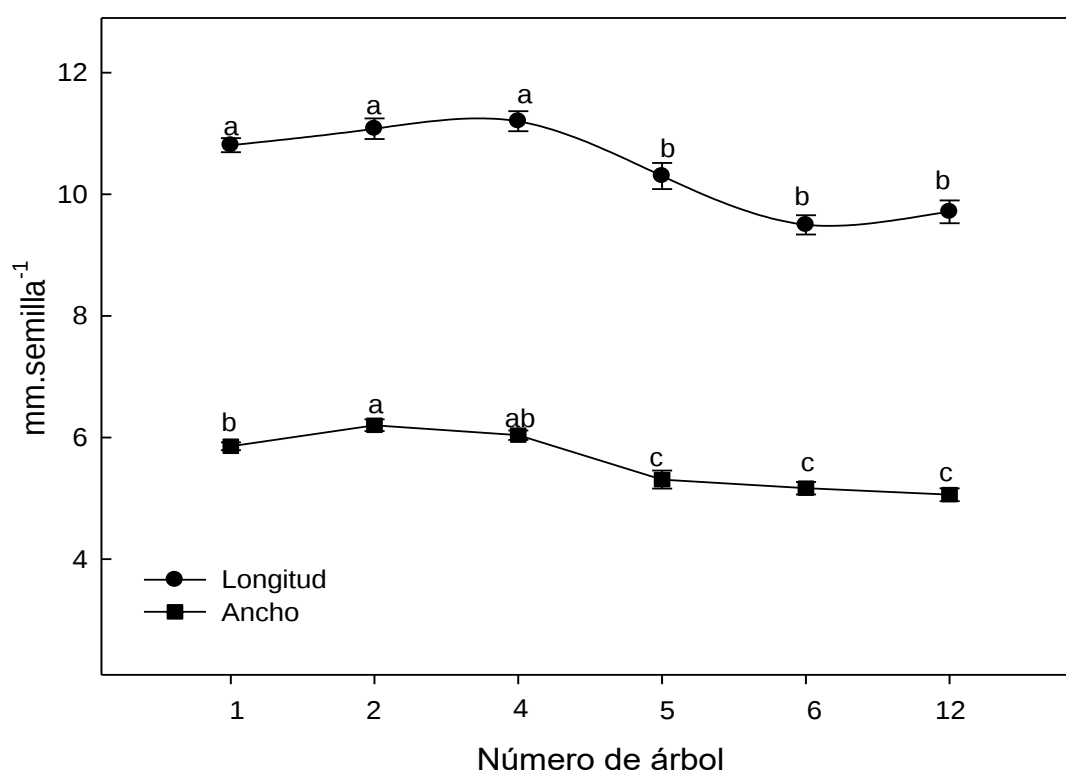


Figura 13. Longitud y Ancho de semillas de *D. granadillo* Pittier de seis árboles localizados en el Soconusco Chiapas. Los valores son promedios de 35 repeticiones $\pm$ error estándar y las letras que no son iguales indican diferencia estadística (Tukey $p \leq 0.05$).

Los valores de largo y ancho de las semillas de *D. granadillo* no coinciden con la especie *D. tucurensis* Donn donde, el valor promedio en las semillas fue de 1 cm de largo y 0.5 cm de ancho (CITES, 2016b). Los cambios en el tamaño de las semillas también se presentan en las colectas de algunas especies forestales tropicales y

los cambios son contrastantes, como en *Cedrela odorata* L. donde Alderete-Chávez *et al.* (2005) mencionan diferencias en el tamaño en base a longitud y ancho de las semillas con valores de 2,60 cm y 3,64 mm, respectivamente.

El tamaño y el peso de la semilla tienen amplia relación con el contenido de reservas, el cual varía entre especies. También tienen relación con el establecimiento, el crecimiento de las plántulas y son parte de la estrategia en la especie para que sus semillas puedan persistir en un sitio (Fenner y Thompson, 2005). Adicionalmente, Luna *et al.* (2018) mencionan la importancia de considerar la especie y su adaptación a condiciones ambientales adversas.

Es fundamental conocer el tiempo de recolecta de las semillas en relación con el contenido de humedad. Este aspecto beneficia la viabilidad y vigor en las semillas destinados a la conservación (Sánchez *et al.*, 2010).

4.3.2. Peso de 100 semillas

El peso promedio de cien semillas por árbol (P100S) estuvo en un rango de 8.8 y 9.2 g y los árboles que expresaron los valores más altos fueron el 5 y 6 (**Figura 14**). En *Cedrela odorata* Arce-Córdova *et al.* (2018) citan en diferentes accesiones, valores contrastantes en el peso de 100 de semillas.

La variación en el peso de 100 semillas puede estar influenciada por factores genéticos en interacción con el ambiente. Por su parte Mendizábal-Hernández *et al.* (2012; 2013) agregan, que las diferencias también pueden deberse a la viabilidad y fertilidad del polen, así mismo a la receptividad estigmática.

En otras especies, como *Cedrela odorata* L., Arce-Córdova *et al.* (2018) y en *Roseodendron donnell-smithii* Miranda, Agustín-Sandoval *et al.* (2017) consignan variaciones en peso de 100 semillas entre colectas en la misma región del Soconusco, Chiapas.

Además, es importante destacar que las semillas de mayor tamaño y peso presentan la máxima calidad en atributos para germinación y vigor, por lo tanto, las semillas llenas, sanas y maduras se almacenan mejor que aquellas que no alcanzan su madurez (Doria, 2010).

El almacenamiento de nutrientes en cotiledones tiene influencia directa en el crecimiento inicial de las plántulas (Soriano *et al.*, 2011; Bewley *et al.*, 2013; Soriano *et al.*, 2013) y en el bosque tropical seco, además, se ha observado que las especies

que producen semillas más grandes producen plántulas de más tamaño (Soriano *et al.*, 2011) con mayor supervivencia en campo (Khurana y Singh, 2004), y en general incremento en el contenido de biomasa aérea y radical (Velázquez-Rosas *et al.*, 2017).

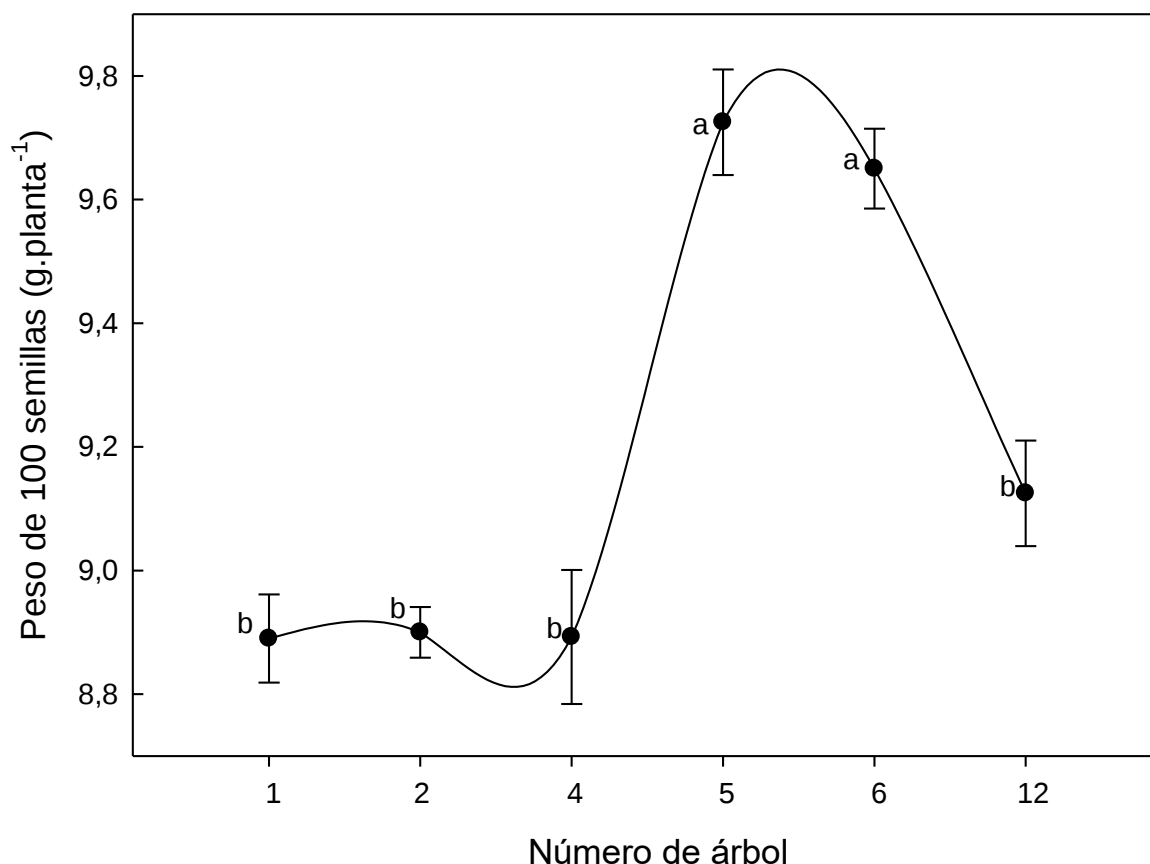


Figura 14. Peso de 100 semillas por árbol de *D. granadillo* colectado en la región del Soconusco, Chiapas. Los valores son promedios de 35 repeticiones $\pm$ error estándar y las letras que no son iguales indican diferencia estadística (Tukey $p \leq 0.05$). CV = 1.7 %.

El establecimiento de las plántulas depende en gran medida del contenido de reservas almacenadas en las semillas (peso), de tal manera que semillas con menor peso expresan bajo nivel de vigor y, en consecuencia, disminución de la probabilidad en su establecimiento (Rubio *et al.*, 2011). Sin embargo, aquellas semillas de peso mayor también son más susceptibles de consumo por la fauna local con respecto a las de peso menor, pero el potencial de dispersión es mayor en las primeras (Fenner y Thompson, 2005).

4.3.3. Número y color de semillas por árbol

Todos los árboles presentaron semillas de los dos colores, algunos en la misma vaina. En los árboles número 1, 2, 6 y 12, dominaron las semillas de color café oscuro y en los árboles 4 y 5, la proporción de los dos colores de las semillas es semejante (**Figura 15**).

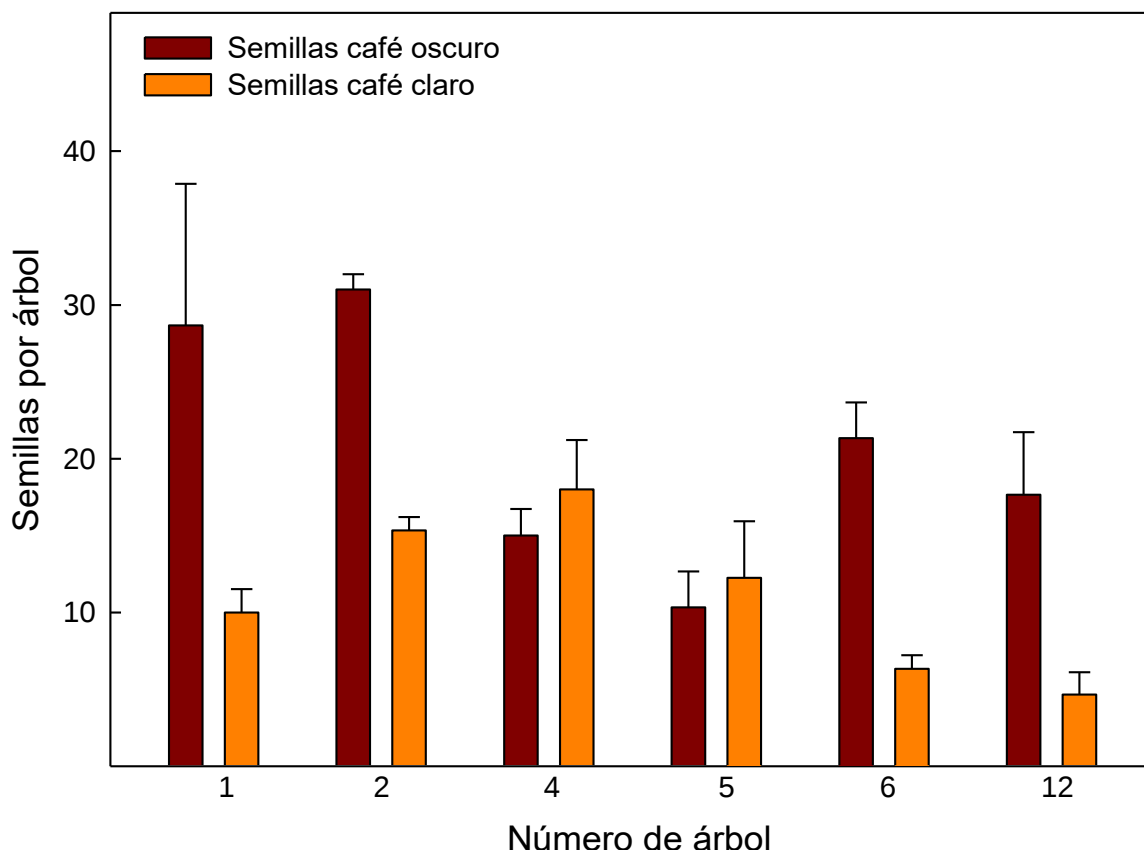


Figura 15. Número y color de semillas por árbol de *D. granadillo* colectadas en el Soconusco, Chiapas.

Al respecto, Doria (2010) se refiere a la importancia del color de las semillas para la germinación y la diferencia de color la considera una estrategia adaptativa para la especie al poder germinar en un intervalo más amplio de condiciones ambientales.

En nuestro caso, los distintos colores café oscuro y café claro presentaron diferencia contrastante en la germinación. De la semilla aquí estudiados pueden implicar mejores aptitudes para germinar a diferentes temperaturas, es decir, con temperaturas altas las semillas negras germinan poco debido a los pigmentos, mientras que, las semillas café claro, además de tener menos pigmentos, absorben

menos calor, se pueden mantener a una temperatura más cercana a la óptima y germinar mejor. (Todd y Vadkin, 1996).

Se observó que las semillas de color café oscuro son más propensas a tener problemas fitosanitarios. Son atacadas por insectos de la Familia Bruchidae y *Ctenocolum salvini* es la que induce más daño al depositar sus larvas en los frutos jóvenes para completar su desarrollo y destruir el interior de la semilla. Hongos como *Alternaria* sp y *Aspergillus* sp han sido reportados en la semilla de *Dalbergia retusa* que posiblemente es lo mismo que sucede con *Dalbergia granadillo* Pittier (CATIE, 2000; Cordero & Boshier, 2003).

De acuerdo con Baskin y Baskin, (2001). La variación de las semillas en tamaños, colores y formas es controlada por el ambiente, la genética y su interacción. De los factores ambientales intervienen los nutrientes, luz, sombra, época del año, defoliación, temperatura y humedad, así como la posición en el fruto. La variación se relaciona con diferencias en los requerimientos para germinar y en el rompimiento de la latencia. Por su parte Debeajun *et al.* (2000) mencionan que el color de la semilla está correlacionado positivamente con restricción a la germinación, debido a los componentes fenólicos en la cubierta seminal.

La variación en el color de la semilla se puede deber al contenido y distribución de pigmentos como antocianinas, que están presentes en algunas semillas de leguminosas además de glicósidos, flavonoides y taninos condensados (Lobova *et al.*, 2003). Esto es lo que puede suceder con *D. granadillo* con respecto a la cantidad y distribución de flavonoides puede afectar el color de la cubierta como sucede con otras especies.

4.4. Germinación

La germinación más alta de 90 y 96 % se presentó en las semillas de color café claro en los árboles número 2 y 12 (**Figura 16**). Sin embargo, en el resto de los árboles se presentó la misma tendencia, es decir, mayor germinación en las semillas de color café claro. Las semillas de color café oscuro, que fueron las dominantes en la población de semillas, presentaron el menor porcentaje de germinación.

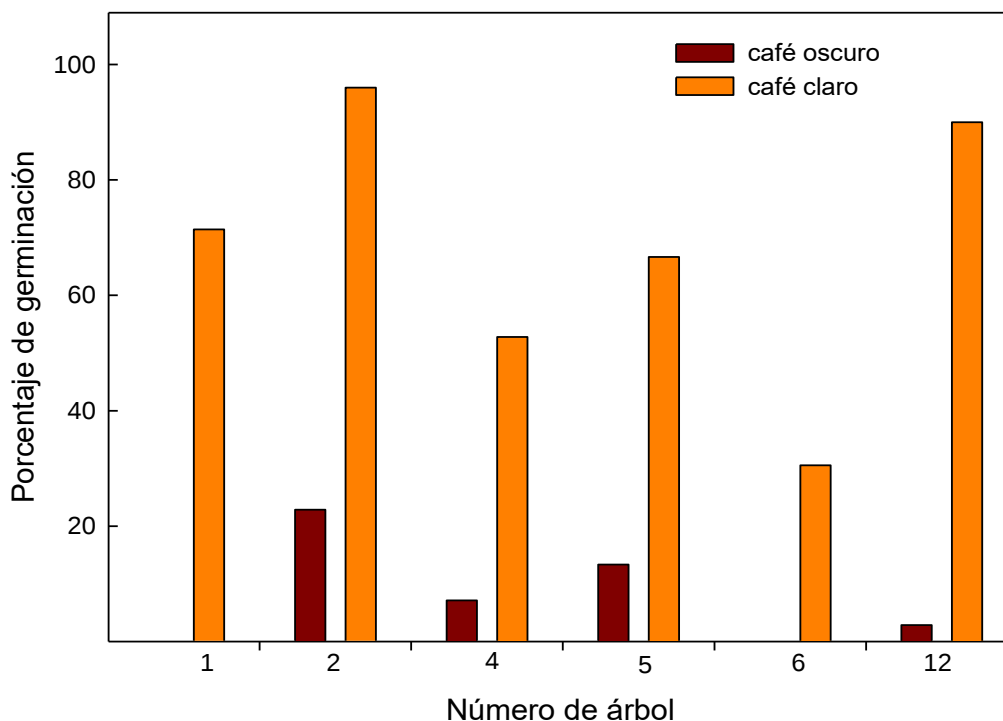


Figura 16. Germinación de semilla de *D. granadillo* por color de la testa

D. retusa tienen hasta un 80- 90% de germinación. Según Knoblauch, (2001) en un estudio de semillas mostró germinación del 28% para las semillas junto con su vaina, pero al extraer la semilla se obtuvo 2.14 veces más germinación; la viabilidad se incrementó a 60% de germinación.

En otras especies, sin separación del color de la testa, se presentan valores altos de germinación en *Cedrela odorata* L., similares a los encontrados en este estudio (Arce-Córdova *et al.*, 2018). Sin embargo, en Caoba (*Swietenia macrophylla* King), cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) y roble o maculís (*Tabebuia rosea* Bertol) se citan porcentajes de germinación contrastantes de 76%, y 54% y 37% respectivamente (Quinto *et al.*, 2008).

Mientras que *D. congestiflora*, *P. acatlense* y *M. benthamii* son especies de la misma familia (Fabaceae), mostraron porcentajes de germinación similares con un 90% de germinación (González *et al.*, 2019). Por otro lado, Rojas y Torres, (2014) encontraron que *C. odorata* en dependencia de la calidad de su semilla, alcanza más del 80% de germinación al aplicar riego moderado en condiciones de invernadero.

4.4.1. Etapa III. Crecimiento de *Dalbergia granadillo* Pittier con hongos endomicorrizicos y fertilizantes inorgánicos

4.4.2. Componentes morfológicos de *D. granadillo* bajo la influencia de diferentes tratamientos a base de hongos endomicorrízicos y fertilización química

La influencia de los diferentes tratamientos a base de hongos endomicorrízicos y fertilizantes químicos durante 112 días se presentan en **Cuadro 6**.

Cuadro 6. Efecto de hongos micorrízicos y fertilizantes inorgánicos sobre los componentes morfológicos de *Dalbergia granadillo* P.

Tiempo (días)	Tratamientos	Número de hojas	Diámetro del tallo (mm)	Diámetro de copa (cm)
28	Testigo	5.5 c	2.8 ab	18 ab
	<i>R. intraradices</i>	4.7 c	2.8 ab	14.4 b
	50-20-00	5 c	2.4 b	13.8 b
	100-40-00	5.7 bc	2.7 ab	15.2 b
	50-20-00+ <i>R. intraradices</i>	5.7 bc	3.5 a	12.8 b
	100-40-00+ <i>R. intraradices</i>	5.7 bc	2.9 ab	16.1 ab
	<i>Glomus</i> spp	7.4 a	3.4 a	22.5 a
	50-20-00 + <i>Glomus</i> spp	5.5 c	2.4 b	12 b
	100-40-00+ <i>Glomus</i> spp	5.5 c	2.8 ab	16.1 ab
	Suelo + 30 % turba	7.1 ab	2.9 ab	22.8 a
	CV (%)	15.1	17.9	23.8
56	Testigo	8.4 d	4.6 bc	27.2 bc
	<i>R. intraradices</i>	10.7 bc	4.5 bc	23.4 c
	50-20-00	7.2 d	4.2 bc	21.7 c
	100-40-00	8.5 d	4 bc	22.5 c
	50-20-00 + <i>R. intraradices</i>	8.2 d	5.1 b	20.7 c
	100-40-00 + <i>R. intraradices</i>	7.2 d	4 bc	22 c
	<i>Glomus</i> spp	11 ab	7 a	36.8 a
	50-20-00 + <i>Glomus</i> spp	7.5 d	3.4 c	21.1 c
	100-40-00 + <i>Glomus</i> spp	9 cd	4.2 bc	26 c

	Suelo + 30 % turba	12.5 a	5.2 b	34.7 ab
	CV (%)	11.4	18.5	18.1
84	Testigo	11.4 bc	6.6 bc	38.1 abc
	<i>R. intraradices</i>	13.4 ab	5.6 cd	33.2 cde
	50-20-00	10.3 c	5 d	37 abcd
	100-40-00	11.2 bc	6 bcd	29 e
	50-20-00+ <i>R. intraradices</i>	10.2 c	7.1 ab	30.8 de
	100-40-00+ <i>R. intraradices</i>	10 c	5.4 cd	33.1 cde
	<i>Glomus</i> spp	12.1 bc	8.3 a	43 a
	50-20-00 + <i>Glomus</i> spp	11.2 bc	5.4 cd	33.1 cde
	100-40-00+ <i>Glomus</i> spp	11.7 bc	5.6 cd	34.4 bcde
	Suelo + 30 % turba	14.5 a	6.4 bc	40.8 ab
	CV (%)	11.6	12.1	11.5
112	Testigo	14.2 cde	7.6 bcd	50.8 ab
	<i>R. intraradices</i>	18.7 a	8.2 ab	45.2 bc
	50-20-00	12.7 de	5.5 f	44.2 bcd
	100-40-00	13.7 cde	7.2 cde	37.4 de
	50-20-00+ <i>R. intraradices</i>	12.1 e	7.7 bc	35.1 e
	100-40-00+ <i>R. intraradices</i>	12 e	6.5 def	38.8 cde
	<i>Glomus</i> spp	15.2 bcd	9.5 a	55.8 a
	50-20-00 + <i>Glomus</i> spp	13.8 cde	6.3 ef	37.8 cde
	100-40-00 + <i>Glomus</i> spp	15.4 bc	6.7 cdef	40.4 cde
	Suelo + 30 % turba	17.1 ab	7.4 bcd	48 b
	CV (%)	10.5	9.3	9.9

Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$)

El número de hoja a los 112 días después del trasplante (ddt). Existe un contrastante resultado entre los tiramientos: *Glomus* spp, *R. intraradices* y suelo + 30 % turba, estos tres tratamientos estadísticamente fueron los mejores en cuanto a la variable morfológica número de hoja, ($P \leq 0.05$). A los 28 días de la evaluación el tratamiento 7 (Suelo fluvisol + 30 % arena de río + *Glomus* sp Multicepa) presentó mayor número de hojas, posteriormente a 56 y 84 días de la evaluación el tratamiento 10 (Suelo fluvisol + 30 % turba) mostró mayor número de hojas y a los 112 días de la evaluación fue el tratamiento 2 (Suelo fluvisol + 30 % arena de río + *R. intraradices*) que obtuvo mayor número de hojas, superando al testigo.

Sin embargo, estos datos no concuerdan con los de Aguirre-Medina *et al.* (2014b) ya que registraron que *Cedrela odorata* L. presentó el mayor número de hojas a los 56, 84, 112 y 140 días de la evaluación, con la influencia de las micorrizas (*R. intraradices* y *A. brasilense*). Por otro lado, existe poca variación en el número de

hoja con algunos sustratos implantados para *Tabebuia donnell-smithii* Rose (Aguirre-Medina *et al.*, 2014). Sin embargo, Aguirre-Medina *et al.* (2007) reportaron que en plantas de *Theobroma cacao* L. presenta un incremento con respecto al número de hojas con respuesta de la influencia de *R. intraradices*.

El tratamiento 5 (Suelo fluvisol + 30 % arena de río) +50-20-00 + *R. intraradices*) y el tratamiento 7 (Suelo fluvisol + 30 % arena de río) + *Glomus* sp Multicepa) Biofertilizado con las cepas seleccionadas *Glomus* spp presentaron mayor incremento a los 28 días de la evaluación, en cuanto al diámetro del tallo. Estadísticamente no hubo diferencias estadísticamente significativas, en estos dos tratamientos; en cambio a los 56, 84 y 112 días del muestreo se encontró el valor más alto, en cuanto a diámetro del tallo, si existen diferencias estadísticamente significativas, ($P \leq 0.05$).

Con respecto a los demás tratamientos, incluyendo al testigo. En este caso se refleja el efecto del tratamiento 7 con la influencia del hongo endomicorrizico de *Glomus* spp. Aguirre-Medina *et al.* (2014) citan que en *Cedrela odorata* L. con la inoculación del microorganismo *R. intraradices* se obtuvo un mayor porcentaje en el diámetro del tallo en comparación al testigo.

También se presentó incrementó en el diámetro del tallo en plantas con la influencia de *R. intraradices* más el sustrato suelo: arena (Ibarra-Puón *et al.*, 2014). En algunos cultivos como el *Coffea arabica* se presentó de la misma manera el efecto en diámetro del tallo cuando se inoculó plantas en vivero con *G. intraradices* (Aguirre-Medina *et al.*, 2011).

En respuesta con la variable diámetro de copa el tratamiento 7 (Suelo fluvisol + 30 % arena de río + *Glomus* sp Multicepa) el tratamiento 10 (Suelo fluvisol + 30 % turba) mostraron el mejor resultado, a los 28 días del muestreo. Posteriormente en los días 56, 84 y 112 (ddt). El mejor tratamiento fue con las cepas de *Glomus* spp. Estadísticamente si existen diferencias significativas, ($P \leq 0.05$) en comparación con los demás los tratamientos mencionados incluyendo al testigo. En este caso, la respuesta fue más importante cuando se aplicó la biofertilización con la influencia de micorrizas de *Glomus* spp.

En relación al número de hojas, el tratamiento con la biofertilización con la influencia con *Rhizophagus intraradices*, indujo tres hojas más en comparación a los otros tratamientos al final del experimento.

En el caso del diámetro del tallo, las variaciones fueron menos contrastantes entre tratamientos, en comparación con el testigo que superó en las tres variables morfológicas de respuesta a los 10 tratamientos compuestos en el experimento en vivero. Esto nos indica que en lo general los hongos endomicorrízicos tienen una mayor interacción con la absorción de los nutrientes con suelo y agua con respecto

a los componentes morfológicos del rendimiento en plantas de *Dalbergia granadillo* Pittier.

4.3.3 Componentes fisiológicos de *D. granadillo* bajo la influencia de diferentes tratamientos a base de hongos endomicorrízicos y fertilización química

Los componentes fisiológicos de *D. granadillo* Pittier se presentan en el **Cuadro 7**.

Cuadro 7. Componentes fisiológicos *Dalbergia granadillo* Pittier.

Tiempo (días)	Tratamiento	Peso seco (g.planta ⁻¹)				Área Foliar (cm ² .planta ⁻¹)
		Raíz	Tallo	Pecíolo	Lámina foliar	
112	Testigo	3.7 bc	4.8 ab	1.4 a	5.3 a	1868.6 bc
	<i>R. intraradices</i>	2.8 cd	3.3 bc	0.9 abcde	6 a	1989.7 b
	50-20-00	1.3 ef	1.7 cde	0.5 cde	3.2 bc	989.2 d
	100-40-00	1.9 ef	3 bcd	0.5 bcde	2.4 c	811.7 d
	50-20-00 + <i>R. intraradices</i>	0.9 f	1.2 de	0.4 de	2.6 c	563.9 d
	100-40-00 + <i>R. intraradices</i>	1 f	1.6 cde	0.4 de	2.3 c	1041.0 cd
	<i>Glomus</i> spp	5.2 a	6.1 a	1.2 ab	4.6 ab	2908.8 a
	50-20-00 + <i>Glomus</i> spp	1 f	0.9 e	0.2 e	2.4 c	1374.4 cbd
	100-40-00 + <i>Glomus</i> spp	2.5 cde	2.1 cde	1.1 abcd	5.8 a	1928.5 b
	Suelo + 30 % turba	4.6 ab	6.3 a	1.2 abc	5.9 a	2209.6 ab
	CV (%)	17.6	21.6	26	16.4	69.8

Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$)

En cuanto a biomasa seca de raíz, hubo diferencias significativas y el mejor tratamiento fue suelo fluvisol + 30 % arena de río + *Glomus* sp Multicepa, quien superó a los demás tratamiento y al testigo; por otra parte, en la biomasa de tallo el tratamiento con el valor más alto fue suelo + 30 % turba seguido del tratamiento *Glomus* spp., ambos tratamientos no presentaron diferencias significativas pero si presentaron diferencias con el testigo y con los otros tratamientos. En biomasa de

láminar foliar no se encontró diferencias estadísticamente significativas, sin embargo, el que mayor valor mostró fue el tratamiento que fue influenciado con *R. intraradices*. En área foliar el mejor tratamiento del hongo endomicorrizico de *Glomus* spp., en comparación al resto de los tratamientos y fue estadísticamente superior ($P \leq 0.05$) (**Cuadro 4**).

En general los resultados indican que la acumulación de materia seca en la biomasa varía según el aislamiento aplicado. Moora *et al.* (2004) señalan variaciones en la micorrización, la captación de nutrientes y la productividad vegetal en función de la interacción entre especies de plantas y los HMA.

Por su parte Doubková *et al.* (2013) indican que los hongos endomicorrízicos aplicados a diversas plantas, favorecen el incremento de nutrición y el crecimiento de la planta hospedante y permite superar situaciones de estrés biótico y abiótico. Estos antecedentes sugieren la funcionalidad contrastante de los microorganismos en interacción con las plantas (Jäderlund, *et al.*, 2008). Con respecto a la biomasa de la raíz hubo respuesta diferencial entre los tratamientos. El mayor incremento se registró con el tratamiento biofertilizado con *Glomus* spp. En cambio, en *C. odorata* L. el incrementó se produjo con *R. intraradices* (Aguirre-Medina *et al.*, 2014). La disminución de la biomasa radical parece que es sustituida por la hifa del hongo (Barea & Azcón, 2002), de lo contrario, se esperaría que los tratamientos con mayor sistema radical, como los inoculados con las colectas nativas y el testigo, tuvieran mayor absorción de nutrientes del suelo.

En lo general los hongos endomicorrízicos favorecen el transporte de los nutrientes en especial al nitrógeno (N) y fósforo (P), entre otros nutrientes (Leigh *et al.*, 2009). Además, la presencias de estos se presentan cambios en la actividad fotosintética y crecimiento de las plantas (Barea *et al.*, 2002).

Con la biofertilización de *R. intraradices* promovió el crecimiento vegetal de tallo y área foliar de *T. donnell-smithii* Rose (Aguirre-Medina *et al.*, 2018). Por otra parte, en plantas de *C. odorata* L. también se presentó mayor crecimiento vegetal en los componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento con la biofertilización con *R. intraradices* (Aguirre-Medina *et al.*, 2014). Mientras en que las plantas de *Dalbergia granadillo* promovieron mayor crecimiento vegetal aéreo y en el sistema radical fue con la influencia de *Glomus* sp.

5. CONCLUSIONES

La caracterización morfológica permitió identificar la variabilidad que existe en *Dalbergia granadillo* Pittier con cuatro factores denominados: desarrollo del fruto, desarrollo de la hoja y de la semilla, desarrollo del árbol y desarrollo de la semilla y fruto. Además, se logró diferenciar 21 árboles con 49 descriptores (25 cualitativos y 24 cuantitativos). En las variables discretas se observó alta asociación con respecto a los árboles de granadillo en la población de Cacahoatán, Chiapas. La relación entre la cantidad de semillas (alta) con la intensidad de color de semilla (café claro) fue alta.

En relación con las semillas, se identificaron variaciones en número de vainas, semillas por vaina, tamaño de semillas y peso de 100 semillas entre la población de árboles *D. granadillo* Pittier. En todos los árboles dominan las vainas con una semilla y de color café oscuro. La germinación de las semillas fue diferencial al color de la misma. El porcentaje más alto se presenta en semillas de color café claro y representan el menor número del total (96%).

Con respecto a los componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento de *D. granadillo* se modificaron en interacción con el sustrato compuesto por suelo fluvisol + 30 % arena de río + *Glomus* sp Multicepa. Existe una interacción entre las plantas de granadillo y los hongos endomicorrízicos en especial con la biofertilización con los aislamientos pertenecientes al género *Glomus* sp. En esta interacción se promovió mayor crecimiento vegetal aéreo de *D. granadillo* P. y mayor en el sistema radical.

Recomendaciones

- ✚ En trabajos posteriores se recomienda realizar estrategias de conservación para la población de *Dalbergia granadillo* Pittier del Soconusco, Chiapas.
- ✚ Evaluar el color y tamaño de la semilla de *D. granadillo* con relación al crecimiento en vivero como en campo.
- ✚ Algunos aspectos importantes que también se pudieran considerar es que la especie de *Dalbergia granadillo* se puede asociar a un sistema agroforestal con algunos cultivos de la región del soconusco, Chiapas, como es el café y cacao.

6. LITERATURA CITADA

- Aguirre-Medina JF, Culebro-Cifuentes F, Cadena-Iñiguez J, Aguirre-Cadena JF (2014a) Crecimiento de *Tabebuia Donnell-Smithii* Rose inoculada con hongos micorrízicos y *Azospirillum brasilense*. Agrociencia. 48: 331-345. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v48n3/v48n3a8.pdf>
- Aguirre-Medina JF, Mendoza-López A, Cadena-Iñiguez J, Avendaño-Arrazate CH (2007). La biofertilización del cacao (*Theobroma cacao* L.) en vivero con *Azospirillum brasilense* Tarrand, Krieg et Döbereiner y *Glomus intraradices* Schenk et Smith. Interciencia 32: 1-6. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442007000800010
- Aguirre-Medina JF, Mina-Briones FO, Cadena-Iñiguez J, Dardón-Zunun JD, Hernández-Sedas DA (2014 b). Crecimiento de *Cedrela odorata* L. Biofertilizada con *Rhizophagus intraradices* y *Azospirillum brasilense* en vivero. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 20(3), 177–186. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rcscfa/v20n3/v20n3a3.pdf>
- Aguirre-Medina JF, Moroyoqui-Ovilla DM, Mendoza-López A, Cadena-Iñiguez J, Avendaño-Arrazate CH, Aguirre Cadena JF (2011). Aplicación de *A. brasilense* y *G. intraradices* a *Coffea arabica* en vivero. Agronomía Mesoamericana 22: 1-10. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/437/43721202009.pdf>
- Aguirre-Medina JF, Yeekón-Méndez L, Espinosa-Zaragoza S (2018). Influencia de hongos endomicorrízicos en el crecimiento de (*Tabebuia donnell-smithii* Rose) Ecosistemas y Recursos Agropecuarios. 6(16):11-21. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/era/v6n16/2007-901X-era-6-16-11.pdf>
- Agustín-Sandoval WG., Espinosa-Zaragoza S, Avendaño-Arrazate CH, Reyes-Reyes A L, Ramírez-González SI, López-Báez O, Andrade-Rodríguez M, Rangel-Zaragoza JL. (2017). Calidad de semillas de primavera (*Roseodendron donnell-smithii* Miranda syn *Tabebuia donnell-smithii* Rose). Agroproductividad, 10 (3): 81- 86. Disponible en: file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/valeria_sias,+Journal+manager,+con-14.pdf
- Alderete-Chávez Á, de la Cruz Landero N, González de la Torre J (2005). Variación en semillas de *Cedrela odorata* L. procedentes de los estados de Campeche y Tabasco, México. Foresta Veracruzana, 7 (2): 41-44. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/497/49770207.pdf>

- Arce-Córdova D, Espinosa-Zaragoza S, Aguirre-Medina JF, Wong-Villarreal A, Avendaño-Arrazate CH, Cadena-Iñiguez J. (2018). Características morfológicas y germinación de semillas de *Cedrela odorata* L. Agroproductividad, 11 (3): 82- 89. Disponible en: <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/jocadena,+Journal+editor,+con-13.pdf>
- Barea JM, Azcon R, Azcon-Aguilar C (2002) Mycorrhizosphere interactions to improve plant fitness and soil quality. Antonie Van Leeuwenhoek International Journal of General and Molecular Microbiology 81: 343-351. Disponible en: <http://www.bashanfoundation.org/inmemoriam/Barea-J/bareafitness.pdf>
- Base de datos de registros de *Dalbergia granadillo* Pittier en Global Biodiversity Information Facility GBIF. Disponible en: <https://www.gbif.org/es/species/2968450>
- Basik N. (2015). China's Hongmu Consumption Boom. Analysis of the Chinese Rosewood Trade and Links to Illegal Activity in Tropical Forested Countries. Forest Trends. Disponible en: <https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/imported/for173-china-rosewood-report-letter-16-0329-hr-no-crops-pdf.pdf>
- Baskin CC, and Baskin JM. (2001). Seeds. Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination. Academic Press. San Diego. 666 p. Disponible en: [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1820171](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1820171)
- Berendsohn WG, Grube AK, Salomón JM, & Molina GM. (2009). Nova silva cuscatlanica. Árboles nativos e introducidos de El Salvador. Parte, 1 Disponible en: <https://www.worldcat.org/title/nova-silva-cuscatlanica-arboles-nativos-e-introducidos-de-el-salvador-pt-1-angiospermae-familias-a-a-l/oclc/904757907?referer=di&ht=edition>
- Bewley JD, Bradford K, Hilhors M, and Nonogaki H. (2013). Seeds Physiology of Development, Germination and Dormancy. 3rd. ed. Springer. New York, USA. 445 p. Disponible en: <https://www.springer.com/gp/book/9781461446927>
- Butler R. (2016). Tropical rainforests: deforestation rates, tables and charts. Mongabay.com Accessed 20/09/2021. Disponible en: <http://rainforests.mongabay.com/deforestation/>
- Castillo S. (2009). Análisis con imágenes satelitales de los recursos forestales en el trópico húmedo de Chiapas: Un estudio de caso en Marqués de Comillas.

Tesis de Doctorado en Ciencias. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: http://132.248.9.195/ptd2009/junio/0645065/0645065_A1.pdf

CATIE. (2000). Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina. Turrialba, Costa Rica. 204 pág. Disponible en: [http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2959/Manejo de semillas de 100 especies.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2959/Manejo_de_semillas_de_100_especies.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

CCA (2017), Plan de acción de América del Norte para un comercio sustentable de especies maderables, Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, 44 pp. Disponible en: <http://www3.cec.org/islandora/en/item/11701-sustainable-trade-in-timber-action-plan-north-america-es.pdf>

Cervantes Maldonado A. (2016). La conservación del granadillo en México: una carrera contra el tiempo. CONABIO. Biodiversitas. 128:6-11 Disponible en: <file:///E:/DALBERGIA/Conservacion%20del%20granadillo.pdf>

Chang Y. and Peng, R. (2015). Timber flow study: export/import discrepancy analysis China vs. Mozambique, Cameroon, Uganda and DRC. IIED Issue Paper. IIED, London. Disponible en:

CITES (2007). CoP13 Doc. 9.24: *Dalbergia retusa* y *Dalbergia granadillo* Inclusión en el Apéndice II. Disponible en: <file:///E:/DALBERGIA/Dalbergia%20Retusa%20y%20granadillo.pdf>

CITES (2015). "PC22 Doc. 22.4: Evaluación del riesgo de las especies maderables del género *Dalbergia* en México", Secretaría de la CITES, Ginebra. Disponible en: <https://cites.org/sites/default/files/document/S-Res-16-07-R17.pdf>.

CITES (2016). COP16 Prop. 60. *Dalbergia cochinchinensis* (Palo de rosa de Tailandia) - Inclusión en Apéndice II Disponible en: <https://cites.org/sites/default/files/esp/cop/17/prop/S-CoP17-Prop-55.pdf>

CITES (2016). COP16 Prop. 63. *Dalbergia* spp. (Palo de rosa de Madagascar) - Inclusión de las poblaciones de Madagascar en Apéndice II Disponible en: <https://cites.org/sites/default/files/esp/cop/16/prop/S-CoP16-Prop-63.pdf>

CITES. (2013a). CoP16 Prop. 61. *Dalbergia retusa* y *Dalbergia granadillo*, Inclusion in Appendix II. Belize. Disponible en: <https://cites.org/sites/default/files/eng/cop/16/prop/E-CoP16-Prop-62.pdf>.

CITES. (2013b). CoP16 Prop. 62. *Dalbergia stevensonii*, Inclusion in Appendix II. Belize. Disponible en: <https://cites.org/sites/default/files/eng/cop/16/prop/E-CoP16-Prop-62.pdf>

CITES. (2016a). Guía de identificación de las maderas tropicales protegidas.

Disponible en:

<file:///E:/DALBERGIA/ART.%20AGROPRODUCTIVIDAD/INFORME%20T%C3%89CNICO%20DEL%20PROYECTO%20LABORATORIO%20FORENSE%20IDENTIFICACI%C3%93N%20MADERAS.pdf>

CITES (2016b). Informe técnico del proyecto laboratorio forense identificación maderas.

Disponible

en:

<http://www.itto.int/files/user/cites/guatemala/INFORME%20T%C3%89CNICO%20DEL%20PROYECTO%20LABORATORIO%20FORENSE%20IDENTIFICACI%C3%93N%20MADERAS.pdf>

CONABIO (2017b). “Granadillo (*Dalbergia granadillo*)”, Enciclopedia, Biodiversidad Mexicana. Disponible en: <http://bios.conabio.gob.mx/especie/6050878>

CONABIO (2015). Registros del Herbario Nacional de México (MEXU) curados por José Linares. Disponible en: file:///E:/DALBERGIA/Dalbergia_granadillo.pdf

CONABIO (2016). Reporte Técnico de Diagnóstico de las poblaciones y aspectos relevantes de la polinización de *Dalbergia granadillo* Pittier y *Dalbergia stevensonii* Standl. 16-48. Disponible en:

<file:///E:/DALBERGIA/BASE%20DE%20DATOS%20MORFOMETRICAS%20DALBERGIA/REPORTE%20DE%20CONABIO%20GRANADILLO.pdf>

CONAP. (2014). Manual de Procedimientos para el Comercio Internacional de Especies de Flora Maderable Contenidas en los Apéndices II y III de la CITES (*Swietenia macrophylla* King, *Swietenia humilis* Zuccarini, *Cedrela odorata* L, *Dalbergia retusa* Hemsl y *Dalbergia stevensonii* Standl). Guatemala. 73 p. Disponible

en:

http://www.sifgua.org.gt/Documentos/Reglamentos/manual%20de%20comercio%20flora%20maderable%20cites_nv.pdf

Cordero J. and Boshier D. (eds.) (2003). Árboles de Centroamérica: Un manual para extensionistas. Turrialba, CR, OFI/CATIE. 1079 p. Disponible en:

<file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/A11445e.pdf>

Cuevas AB. (2005). El papel de los bosques en el Protocolo de Kyoto: el caso del manejo forestal de Nueva Zelanda y México, México y la cuenca del pacífico. 8(24): 62-73. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/pdf/4337/433757754006.pdf>

Debeajun I, Kloosterziel M, and Koorneef M. (2000). Influence of the testa on seed dormancy, germination, and longevity in *Arabidopsis*. *Plant Physiology* 122: 304–414. Disponible

en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC58877/pdf/pp0>

- Dewees PB, Campbell Y, Katerere A, Siteo AB, Cunningham A, and Wunder S. (2011). Managing the Miombo Woodlands of Southern Africa: Policies, incentives, and options for the rural poor. Washington DC: Program on Forests (PROFOR). Disponible en: https://www.profor.info/sites/profor.info/files/Miombo_web_0.pdf
- Díaz-Gallegos JR, Mas JF. & Velázquez A. (2010). Trends of tropical deforestation in Southeast Mexico. Singapore Journal of Tropical Geography 31: 180-196. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9493.2010.00396.x>
- DOF (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-Semarnat-2010, Protección ambiental—Especies nativas de México de flora y fauna silvestres—Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio; Lista de especies en riesgo. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5578808&fecha=14/11/2019
- Doria J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. Cultivos Tropicales, 31(1): 74-85 Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v31n1/ctr11110.pdf>
- Doubková P, Vlasáková E, & Sudová R. (2013). Arbuscular mycorrhizal symbiosis alleviates drought stress imposed on Knautia arvensis plants in serpentine soil. Plant Soil, 370, 149–161. Disponible en: <https://www.scirp.org/%28S%28i43dyn45teexjx455qlt3d2q%29%29/reference/referencespapers.aspx?referenceid=2535337>
- EIA. (2014). Routes of extinction: The corruption and violence destroying Siamese Rosewood in the Mekong Disponible en: <https://eia-international.org/forests/fighting-deforestation/>
- EIA. (2016). The Hongmu Challenge: A briefing for the 66th meeting of the CITES Standing Committee, January 2016. Disponible en: <https://eia-international.org/wp-content/uploads/EIA-The-Hongmu-Challenge-FINAL.pdf>
- FAEF. (2013). Assessment of harvested volume and illegal logging in Mozambican natural forest. Report of the Faculty of Agronomy and Forestry Engineering, Eduardo Mondlane University, with support from the Forest Law Enforcement, Governance and Trade Support Programme for African, Caribbean and Pacific Countries (GCP/INT/064/EC). Maputo. Disponible en: <https://www.gfar.net/organizations/faculty-agronomy-and-forestry-engineering-universidade-eduardo-mondlane>
- FAO. (2008). Base referencial mundial del recurso suelo e Informes sobre recursos mundiales de suelos. Roma Italia 103p. Disponible en:

<file:///E:/DALBERGIA/ART.%20AGROPRODUCTIVIDAD/SUELOS%20FAO.pdf>

- FAUSAC-FNPV. (2015). "Establishment of a forensic laboratory for identification and description of woods for its application to legal processes and to the systems of traceability of the products included in CITES". Preliminary data and personal consultations. Disponible en: <https://lawsdocbox.com/93169209-Politics/Inclusion-of-the-genus-dalbergia-in-cites-appendix-ii-with-exception-to-the-species-included-in-appendix-i.html>
- Fenner M, and Thompson K. (2005). The Ecology of Seed. Cambridge University Press. New York. 249 p. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2000770/pdf/mcj016.pdf>
- García E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen: para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. México. UNAM, Instituto de Geografía. 98 p. Disponible en: <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/view/83/82/251-1>
- González Vélez G, Andrés-Hernández AR, Valdez-Eleuterio G, Álvarez-Quiroz N, Martínez-Moreno D, Rivas-Arancibia SP. (2019). Germinación de semillas de seis especies arbóreas maderables de una selva baja caducifolia en Puebla, México. Revista Agrociencia 54: 227-240. Disponible en: <file:///E:/DALBERGIA/Germinacion%20de%20seis%20especies.pdf>
- González AL. (2014). Codicia sobre el rosul. Mafia saquea tesoro. Disponible en: https://www.connectas.org/wpcontent/uploads/2015/02/AnaLuciaGonzalezHon_durasMafia_Rosul.pdf
- Grandtner MM, Chevrette. (2013). Dictionary of Trees, Volume 2: South America: Nomenclature, Taxonomy and Ecology. Academic Press. Disponible en: <https://www.elsevier.com/books/dictionary-of-trees-volume-2-south-america/grandtner/978-0-12-396490-8>
- Groom A. (2012). Dalbergia glomerata The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. . Downloaded on 20 September 2021. Disponible en: <https://www.iucnredlist.org/species/36144/148392849>
- Guridi GLI y García-López YA. (1996). Las maderas en los instrumentos musicales de cuerda de Paracho, Michoacán, México. Morelia: Editorial Universitaria, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. 45p Disponible en:

- Gutiérrez V B, Gómez MC, Valencia SM, Cornejo EHO, Ruiz PJA, y Gutiérrez V H. (2010). Variación de la densidad de la madera en poblaciones naturales *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. en el estado de Chiapas, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 33 (4):75-78. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v33nspe4/v33nspe4a15.pdf>
- Hernández-Máximo E, López-Upton J, Sánchez-Monsalvo V, Vargas Hernández JJ. and Salazar-García JG. (2016). Early performance and genetic gain of *Cedrela odorata* families from wide-ranging sites in Mexico. *Journal of Tropical Forest Science* 28(4):446–456. Disponible en: <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/HernandezMaximo.pdf>
- Hughes AR, Inouye BD, Johnson MTJ, Underwood N, Vellend M. (2008). Ecological consequences of genetic diversity. *Ecology Letters* 11:609-623. [doi 10.1111/j.1461-0248.2008.01179.x](https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01179.x)
- Ibarra-Puón JC, Aguirre-Medina JF, Ley-De Coss A, Cadena-Iñiguez J, & Zavala-Mata A. (2014). Inoculación de *Coffea canephora* (Pierre) ex Froehner con *Rhizophagus intraradices* (Schenck et Sm.) Walker et Schuessler y *Azospirillum brasilense* Tarrand, Krieg et Döbereiner en vivero. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 20(2), 201-213. Disponible en: <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/CoffeacanephoraPierreexFroehnerINOCULADOCON.pdf>
- ILDIS (International Legume Database and Information Service). (2014). Accessed on line at <http://www.ildis.org/>
- INAB, CONAP, UVG & URL. (2012). Mapa De Bosques y Uso de la Tierra 2012. Mapa de cambios en Uso de la Tierra 2001-2010 para estimación de emisiones de gases de efecto invernadero. Documento informativo. Pp. 16. Disponible en: http://www.sia.marn.gob.gt/publicaciones/otros/Documento%20informativo_GI_MBOT_oct2014.pdf
- INAB-SEINEF. (2015). Sistema Electrónico de Información de Empresas Forestales. Consultada en: Septiembre, 2021: Accessed on line at <http://seinef.inab.gob.gt/>
- INEGI, 2017. Anuario estadístico y geográfico de Chiapas. Disponible en: <https://www.datatur.sectur.gob.mx>
- ISTA. (2010). Reglas del International Seed Testing Association. Septiembre de 2010. Publicado en línea en:

http://www.analisisdesemillas.com.ar/index.php?option=com_content&task=view&id=15&Itemid=31

- Jäderlund L, Arthurson V, Granhall U, & Jansson JK. (2008). Specific interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth-promoting bacteria: as revealed by different combinations. FEMS5. Microbiol Letters, 287(2), 174–180. Disponible en: [file:///E:/DALBERGIA/J%C3%A4derlund%20et%20al.,%20\(2008\)..pdf](file:///E:/DALBERGIA/J%C3%A4derlund%20et%20al.,%20(2008)..pdf)
- Jenkins A, Bridgland N, Hembery R, Malessa U, Hewitt J. & Hin Keong C. (2012). Background paper 1: Precious woods: exploitation of the finest timber. Chatham House Workshop: tackling the trade in illegal precious woods 23 – 24 September 2021. Traffic <http://www.illegallogging.info/uploads/PreciousWoodsbackgroundpaper1ThetradeinpreciouswoodsTRAFFIC.pdf>
- Khurana E, and Singh JS. (2004). Germination and seedling growth of five tree species from tropical dry forest in relation to water stress: impact of seed size. Journal of Tropical Ecology 20(04):385 – 396. [Doi: 10.1017/S026646740400135X](https://doi.org/10.1017/S026646740400135X)
- 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. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1506/1/IAD-2001-T013.pdf>
- Leigh J, Hodge A, Fitter AH. (2009). Arbuscular mycorrhizal fungi can transfer substantial amounts of nitrogen to their host plant from organic material. New Phytologist 181: 199-207. Disponible en: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1469-8137.2008.02630.x>
- Leopold H, Herrera G, Zambrano F, y Patricks W. 2001. Descriptores Morfológicos de Especies Forestales Maderables de Sud América. Consejo Nacional Forestal (CONAF). Santiago, Chile Pp. 63 Disponible en:
- Linares J. 2015. *Dalbergia*. Flora Mesoamericana. En prensa. Disponible en: <https://cites.org/sites/default/files/esp/cop/17/prop/S-CoP17-Prop-54.pdf>
- Linares JL. (2015). Nuevas especies de *Macherium* (Leguminosae: Papilionoideae: Dalbergiae) en México y Centroamérica. Journal of the Botanical Research Institute of Texas, 49-61. Disponible en:

file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/NUEVAS_ESPECIES_DE_MACHERIUM_LEGUMINOSAE.pdf

- Linares J, & Sousa SM. 2007. Nuevas especies de *Dalbergia* (Leguminosae: Papilionoideae: Dalbergieae) en México y Centroamérica. *Ceiba* 48: 61-82. Disponible en: [file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/289%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/289%20(1).pdf)
- Lobova A, Mori AL, Blanchard SF, Peckham H, and Dominique PC. (2003). *Cercopia* as food resource for bats in French Guiana and the significance of fruits structure in seed dispersal and longevity. *American Journal of Botany* 90: 388–403. Disponible en: <https://bsapubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.3732/ajb.90.3.388>
- Luna C, Rodríguez O, Enríquez V, Ruíz L, García A. y Campos A. (2018). Frutos y semillas de *Bursera simplex* Rzed. & Calderon en diferentes sitios y estructura arbórea. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9: 92-114. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322018000400092
- McLure PJ, Chavarria GD. and Espinoza E. (2015). Metabolic chemotypes of CITES protected *Dalbergia* timbers from Africa, Madagascar and Asia. *Rapid Commun. Mass Spectrom*: 29: 1–6. Disponible en: https://globaltimbertrackingnetwork.org/content/document-library/papers/papers_018_MetabolicchemotypesofCITES.pdf
- Meier E. (2016a). “Cocobolo”, The Wood Database, en: www.wood-database.com/cocobolo/
- Mendizábal-Hernández L. Del C, Hernández-Viveros JJ, Alba-Landa J, Ramírez-García E, y Cruz-Jiménez H. (2012). Potencial y eficiencia de producción de semillas de *Cedrela odorata* L. *Foresta Veracruzana* 14(2):31-36. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/497/49728290005.pdf>
- Mendizábal-Hernández L. Del C., Hernández-Viveros JJ, Alba-Landa J. (2013). Estudio de conos y semillas de *Cedrela odorata* L. en una generación parental y una generación filial. *Foresta Veracruzana* 15(1):45-51. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/497/49728291006.pdf>
- Meyrat A. (2017). Biología y Silvicultura de las especies de *Dalbergia* en América Central. Disponible en: <file:///E:/DALBERGIA/Biologia%20y%20Silvicultura%20de%20las%20especies%20de%20Dalbergia%20en%20America%20Central.pdf>
- Moora M, Öpik M, Sen R, & Zobel M. (2004). Native arbuscular mycorrhizal fungal communities differentially influence the seedling performance of rare and common *Pulsatilla* species. *Functional Ecology*, 18(4), 554–562.

Mundo Forestal. (2002). Disponible en:
www.elmundoforestal.com/elcorazon/cocobolo/cocobolo.html. 15/07/2021.

Niembro A. (1990). Semillas de árboles y arbustos: Ontogenia y estructura. Editorial Limusa, Mexico. 285p: Disponible en:
<https://bibliotecasibe.ecosur.mx/sibe/book/000029109>

Ordóñez DJAB, Galicia NA, Venegas MNJ, Hernández TT, Ordóñez DM de J, y Dávalos-Sotelo R. (2015). Densidad de las maderas mexicanas por tipo de vegetación con base en la clasificación de J. Rzedowski: compilación. Madera bosques. 21 p. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/pdf/617/61743003006.pdf>

Pérez-Gutiérrez RM. & García-Baez E. (2013). Cytotoxic activity of isoflavan-cinnamylphenols from *Dalbergia congestiflora* on HeLa cells. Journal of Medicinal Plants Research 7: 2992-2998. Disponible en:
<https://academicjournals.org/journal/JMPR/article-full-text-pdf/BC9B37341433>

Piñero D, Caballero J, Cabrera D, Canteros CE, Casa A, Castañeda A, Castillo A, Cerritos R, Chassin O, Colunga P. (2008). La diversidad genética como instrumento para la conservación y el aprovechamiento de la biodiversidad: estudios en especies mexicanas. En: D. Piñero, ed., Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. México, pp. 437-494. Disponible en:
http://web.ecologia.unam.mx/laboratorios/fmolina/images/stories/publicaciones/LibrosCapitulosLibro/I15_Ladiversidadgen.pdf

Quinto L, Martínez-Hernández PA, Pimentel-Bribiesca L, Rodríguez-Trejo DA. (2008). Alternativas para mejorar la germinación de semillas de tres árboles tropicales. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 15(1): 23-28. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/629/62916073003.pdf>

Rasolomampianina R, Bailly X, Fetiariison R, Rabevohitra R, Béna G, Ramarason L, Raherimandimby M, Moulin, De Lajudie P, Dreyfus B. & Avarre JC. (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. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2005.02730.x>

Ricker M, Hernández HM, Sousa MS. & Ochoterena H. (2013). Tree and tree-like species of Mexico: Asteraceae, Leguminosae, and Rubiaceae. Revista Mexicana de Biodiversidad 84: 439-470. Disponible en:
<http://www.scielo.org.mx/pdf/rmbiodiv/v84n2/v84n2a3.pdf>

- Rivera DI. & Viquez HM. (2010). Estado poblacional y comercio de *Cedrela odorata* L. y de *Dalbergia retusa* Hemsl. En Costa Rica. Convención sobre el Comercio Internacional de especies amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES). 318 p. Disponible en: <https://cites.org/sites/default/files/common/com/pc/19/S19i-04.pdf>
- Rojas R. y Torres C. (2014). Árboles del Valle Central de Costa Rica: reproducción cedro amargo (*Cedrela odorata* L.). Revista Forestal Mesoamericana 11: 25-27. Disponible en: <https://doi.org/10.18845/rfmk.v11i26.1593>
- Rubio L, Romero R, Rojas Z, Durán D. y Gutiérrez G. (2011). Variación del tamaño de frutos y semillas en siete especies de encino (*Quercus*, Fagaceae). Polibotánica 32: 135-151. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/polib/n32/n32a8.pdf>
- Rutiaga-Quiñones JG, Windeisen E. & Schumacher P. 1995. Anti fungal activity of heartwood extracts from *Dalbergia granadillo* and *Enterolobium cyclocarpum*. Holz als Roh- und Werkstoff 53: 308-308. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s001070050096>
- Rutiaga-Quiñones JG, Pedraza-Bucio FE. & López-Barragán P. (2010). Componentes químicos principales de la madera de *Dalbergia granadillo* Pittier y de *Platymiscium lasiocarpum* Sandw. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 16: 179-186. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rcscfa/v16n2/v16n2a8.pdf>
- Saha S, Shilpi JA, Mondal H, Hossain F, Anisuzzman Md, Mahadhi Hasan, Md. and Cordell GA, (2013). Phytopharmacology. 4(2): 291-346. Disponible en: file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/pp4v2i9_2.pdf
- Salas-Morales H, Saynes A, & Schibli L. (2003). Flora de la costa de Oaxaca, México: Lista florística de la región de Zimatán. Boletín de la Sociedad Botánica de México. (072): 21-58. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/577/57707202.pdf>
- Sánchez S, Jurado Y, Pando M, Flores R. y Muro P. (2010). Estrategias germinativas de las semillas en ambientes áridos. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas. 9: 35-38. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4555/455545062006.pdf>
- Seltmann P, Leyer I, Renison D. & Hensen I. (2007). Variation of seed mass and its effects on germination in *Polylepis australis*: implications for seed collection. New Forests 33(1): 171-181. Disponible en: <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Variation of seed mass and its effects on germinat.pdf>

- Soriano D, Orozco-Segovia A, Márquez-Guzmán J, Kitajima K, Gamboa-de Buen A. and Huante P. (2011). Seed reserve composition in 19 tree species of a tropical deciduous forest in Mexico and its relationship to seed germination and seedling growth. *Annals of Botany* 107, (6): 939–951. [Doi: 10.1093/aob/mcr041](https://doi.org/10.1093/aob/mcr041)
- Soriano D, Huante P, Buen A., & Orozco-Segovia A. (2013). Seed reserve translocation and early seedling growth of eight tree species in a tropical deciduous forest in Mexico. *Plant Ecology*, 214(11), 1361-1375. Retrieved July 5, 2021, from <http://www.jstor.org/stable/24553704>
- Sutton WRJ. 1999. Does the world need planted forests? *New Zealand J.For.*, 44:24-29. Disponible en:
- Todd J. and Vadkin LO. (1996). Duplications that suppress and deletions that restore expression from a Chalcone synthase multigene family. *Plant Cel.* 8: 687-699. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007%2FBF00020506>
- UICN. (2019). Análisis de las propuestas de enmienda a los Apéndices de CITES de UICN/TRAFFIC para la 17e Reunión de la Conferencia de las Partes Johannesburgo, Sudáfrica 24 septiembre– 5 octubre 2016. Preparados por el Programa de las Especies de la UICN y la Comisión de Supervivencia de las Especies de la UICN y TRAFFIC. Disponible en: <https://www.iucn.org/sites/dev/files/sp-analyses-cop17.pdf>
- UNEP-WCMC. (2016b). CITES Trade Database. *Dalbergia* spp. exports from Guatemala 2011-2014. Downloaded 25 September 2021.
- UNODC. (2016). World Wildlife Crime Report: Trafficking in protected species. Disponible en: https://www.unodc.org/documents/data-and-analysis/wildlife/World_Wildlife_Crime_Report_2016_final.pdf
- Vaglica V. (2014). *Dalbergia* spp. A case for CITES listing? Thesis submitted in partial fulfilment of the requirements to obtain the Master's Degree in Management and Conservation of Species in Trade: The International Framework (11th Edition). Universidad Internacional de Andalucía, Sede Antonio Machado de Baeza Disponible en: [https://cites.org/sites/default/files/eng/cop/17/prop/Dalbergia%20proposal_Guatemala_\(Rev.2\).pdf](https://cites.org/sites/default/files/eng/cop/17/prop/Dalbergia%20proposal_Guatemala_(Rev.2).pdf)
- Velázquez-Rosas N, Ruiz-Guerra B, Sánchez-Coronado ME, Gamboa-de Buen A. and Orozco-Segovia A. (2017). Morphological variation in fruits and seeds of *Ceiba aesculifolia* and its relationship with germination and seedling biomass. *Botanical Sciences*, 95: 81-91. [Doi: 10.17129/botsci.636](https://doi.org/10.17129/botsci.636)

- Wiedenhoeft AC. (2011). Identification of Central American Woods. USDA Forest Service and Forest products Society. Pp. 90-95. Disponible en: https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf2011/fpl_2011_wiedenhoeft009.pdf
- Wiemann MC. and Ruffinatto F. (2012). Separation of *Dalbergia stevensonii* from *Dalbergia tucurensis*. Research Paper FPL-RP-665. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 7 p. Disponible en: file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/SeparationofDalbergiastevensoniifromDalbergiatucurensis_WiemannRuffinatto.pdf
- Zamora N. (2000). Nuevas especies y combinaciones en Leguminosas de Mesoamérica. Novon, Pp. 175-180. Disponible en: <https://pdfslide.tips/documents/nuevas-especies-y-combinaciones-en-leguminosas-de-mesoamerica.html>

7. ANEXOS

Cuadro 1A. Cargas de factores no rotados y comunalidades.

Variable	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4	Comunalidad
Diámetro del Fuste a la Altura	-0.808	-0.152	0.023	-0.462	0.891
Altura Total	-0.592	0.133	0.295	-0.556	0.765
Ancho de la Hoja	-0.141	0.673	0.427	-0.185	0.689
Longitud del peciolo	-0.499	-0.094	0.665	0.031	0.701
Ancho de Semilla Color Café	0.419	0.592	0.250	0.012	0.589
Número de semillas por fruto	-0.471	-0.551	0.493	0.193	0.805
Longitud del Fruto con una semilla	0.335	-0.530	0.213	-0.134	0.456
Longitud del Fruto con dos semilla	0.634	-0.240	0.148	-0.292	0.567
Longitud del Fruto con tres semilla	0.194	-0.120	0.708	0.428	0.737
Ancho del Fruto con tres semilla	-0.156	-0.629	-0.273	-0.062	0.498
Longitud del Fruto con cuatros	0.740	-0.154	0.070	-0.427	0.758
Peso de 100 Frutos	0.811	-0.166	0.388	-0.216	0.883
Varianza	3.4517	1.9554	1.8173	1.1149	8.3394
% Var	0.288	0.163	0.151	0.093	0.695

Cuadro 2A. Coeficientes de puntuación de factores

Variable	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4
Diámetro del Fuste a la Altura	0.061	-0.101	-0.460	-0.085
Altura Total	0.146	0.106	-0.523	-0.057
Ancho de la Hoja	0.007	0.398	-0.209	0.023
Longitud del peciolo	0.008	0.079	-0.149	0.360
Ancho de Semilla Color Café	0.024	0.350	0.046	-0.006
Número de semillas por fruto	-0.008	-0.170	-0.009	0.415
Longitud del Fruto con una semilla	0.259	-0.166	-0.058	0.114
Longitud del Fruto con dos semilla	0.331	-0.028	-0.107	-0.041
Longitud del Fruto con tres semilla	-0.007	0.109	0.239	0.487
Ancho del Fruto con tres semilla	0.057	-0.355	-0.032	-0.033
Longitud del Fruto con cuatro	0.386	0.003	-0.172	-0.147
Peso de 100 Frutos (PF100) g	0.364	0.069	-0.056	0.073

Cuadro 3A. Pasos de amalgamación

	Número de Paso conglomerados	Nivel de semejanza	Nivel de distancia	Conglomerados incorporados		Nuevo conglomerado	Número de obs. en el conglomerado nuevo
1	20	89.5626	0.49006	2	9	2	2
2	19	88.5025	0.53984	5	6	5	2
3	18	77.7637	1.04405	18	19	18	2
4	17	77.1057	1.07495	13	15	13	2
5	16	75.6465	1.14346	10	14	10	2
6	15	73.4364	1.24723	10	21	10	3
7	14	72.8776	1.27347	1	18	1	3
8	13	70.0234	1.40748	4	8	4	2
9	12	68.3331	1.48685	3	7	3	2
10	11	67.3804	1.53158	12	20	12	2
11	10	64.0782	1.68663	5	16	5	3
12	9	63.1057	1.73229	11	12	11	3
13	8	57.0432	2.01694	2	3	2	4
14	7	56.4059	2.04686	13	17	13	3
15	6	44.7045	2.59627	1	5	1	6
16	5	40.5846	2.78971	10	13	10	6
17	4	25.0137	3.52081	1	2	1	10
18	3	18.2491	3.83842	1	10	1	16
19	2	13.4788	4.06240	4	11	4	5
20	1	0.0000	4.69527	1	4	1	21

Cuadro 4A. Partición final

	Número	Dentro de la	Distancia	Distancia
	observaciones	suma de cuadrados	de promedio	máxima
		de conglomerado	del desde	el desde
			centroide	centroide
Conglomerado1	10	27.9019	1.62043	2.09878
Conglomerado2	2	0.9905	0.70374	0.70374
Conglomerado3	6	8.8573	1.16860	1.44417
Conglomerado4	3	2.6970	0.94698	1.00802

Cuadro 5A. Centroides de grupo

Variable	Conglomerado1	Conglomerado2	Conglomerado3	Conglomerado4	Centroide principal
Comp 1	-0.568250	0.18491	0.05225	1.66639	0.0000000
Comp 2	-0.656973	0.30185	1.05917	-0.12966	- 0.0000000
Comp 3	0.066366	-2.10992	0.17186	0.84166	- 0.0000000
Comp 4	0.063569	1.08991	-0.65294	0.36738	- 0.0000000

Cuadro 6A. Las distancias entre los centroides de conglomerados

	Conglomerado1	Conglomerado2	Conglomerado3	Conglomerado4
Conglomerado1	0.00000	2.69744	1.96333	2.44235
Conglomerado2	2.69744	0.00000	2.97240	3.40806
Conglomerado3	1.96333	2.97240	0.00000	2.34701
Conglomerado4	2.44235	3.40806	2.34701	0.00000

Cuadro 7A. Variable dependiente número de hoja a los 28 días de la primera evaluación

		Suma de	Cuadrados		
Fuente	GL	Cuadrados	medios	F-Valor	Pr > F
Modelo	9	42.41428571	4.71269841	6.03	<.0001
Error	60	46.85714286	0.78095238		
Total Corregido	69	89.27142857			

R-Cuadrada **Coef. Var.** **Raíz CME** **Media de número de hoja 1**
0.475116 15.12471 0.883715 5.842857

Cuadro 8A. Variable dependiente número de hoja a los 56 días de la segunda evaluación

		Suma de	Cuadrados		
Fuente	GL	Cuadrados	medios	F-Valor	Pr > F
Modelo	9	200.0714286	22.2301587	20.66	<.0001
Error	60	64.5714286	1.0761905		
Total Corregido	69	264.6428571			

R-Cuadrada **Coef. Var.** **Raíz CME** **Media de número de hoja 2**
0.756005 11.43586 1.037396 9.071429

Cuadro 9A. Variable dependiente número de hoja a los 84 días de la tercera evaluación

		Suma de	Cuadrados		
Fuente	GL	Cuadrados	medios	F-Valor	Pr > F
Modelo	9	130.9285714	14.5476190	7.85	<.0001
Error	60	111.1428571	1.8523810		
Total Corregido	69	242.0714286			

R-Cuadrada **Coef. Var.** **Raíz CME** **Media de número de hoja 3**
0.540868 11.68976 1.361022 11.64286

Cuadro 10A. Variable dependiente número de hoja a los 112 días de la cuarta evaluación

		Suma de	Cuadrados		
Fuente	GL	Cuadrados	medios	F-Valor	Pr > F
Modelo	9	296.0142857	32.8904762	13.95	<.0001
Error	60	141.4285714	2.3571429		
Total Corregido	69	437.4428571			

R-Cuadrada Coef. Var. Raíz CME Media de número de hoja 4
0.676692 10.56745 1.535299 14.52857

Cuadro 11A. Variable dependiente diámetro del tallo a los 28 días de la primera evaluación

		Suma de	Cuadrados		
Fuente	GL	Cuadrados	medios	F-Valor	Pr > F
Modelo	9	7.68463000	0.85384778	3.16	0.0035
Error	60	16.21022857	0.27017048		
Total Corregido	69	23.89485857			

R-Cuadrada Coef. Var. Raíz CME Media de diámetro del tallo 1
0.321602 17.97389 0.519779 2.891857

Cuadro 12A. Variable dependiente diámetro del tallo a los 56 días de la segunda evaluación

		Suma de	Cuadrados		
Fuente	GL	Cuadrados	medios	F-Valor	Pr > F
Modelo	9	61.8696800	6.8744089	9.13	<.0001
Error	60	45.1612000	0.7526867		
Total Corregido	69	107.0308800			

R-Cuadrada Coef. Var. Raíz CME Media de diámetro del tallo 2
0.578054 18.59355 0.867575 4.666000

Cuadro 13A. Variable dependiente diámetro del tallo a los 84 días de la tercera evaluación

		Suma de	Cuadrados		
Fuente	GL	Cuadrados	medios	F-Valor	Pr > F
Modelo	9	60.44337143	6.71593016	11.97	<.0001
Error	60	33.66622857	0.56110381		
Total Corregido	69	94.10960000			

R-Cuadrada Coef. Var. Raíz CME Media de diámetro del tallo 3
0.642266 12.12085 0.749069 6.180000

Cuadro 14A. Variable dependiente diámetro del tallo a los 112 días de la cuarta evaluación

		Suma de	Cuadrados		
Fuente	GL	Cuadrados	medios	F-Valor	Pr > F
Modelo	9	87.6676871	9.7408541	20.67	<.0001
Error	60	28.2730000	0.4712167		
Total Corregido	69	115.9406871			

R-Cuadrada Coef. Var. Raíz CME Media de diámetro del tallo 4
0.756143 9.317212 0.686452 7.367571

Cuadro 15A. Variable dependiente diámetro de copa a los 28 días de la primera evaluación

		Suma de	Cuadrados		
Fuente	GL	Cuadrados	medios	F-Valor	Pr > F
Modelo	9	881.842857	97.982540	6.40	<.0001
Error	60	919.142857	15.319048		
Total Corregido	69	1800.985714			

R-Cuadrada Coef. Var. Raíz CME Media de diámetro de copa 1
0.489645 23.84481 3.913955 16.41429

Cuadro 16A. Variable dependiente diámetro de copa a los 56 días de la segunda evaluación

		Suma de	Cuadrados		
Fuente	GL	Cuadrados	medios	F-Valor	Pr > F
Modelo	9	2200.414286	244.490476	11.52	<.0001
Error	60	1272.857143	21.214286		
Total Corregido	69	3473.271429			

R-Cuadrada	Coef. Var.	Raíz CME	Media de diámetro de copa 2
0.633528	18.10291	4.605897	25.44286

Cuadro 17A. Variable dependiente diámetro de copa a los 84 días de la tercera evaluación

		Suma de	Cuadrados		
Fuente	GL	Cuadrados	medios	F-Valor	Pr > F
Modelo	9	1234.800000	137.200000	8.20	<.0001
Error	60	1004.285714	16.738095		
Total Corregido	69	2239.085714			

R-Cuadrada	Coef. Var.	Raíz CME	Media de diámetro de copa 3
0.551475	11.58517	4.091222	35.31429

Cuadro 18A. Variable dependiente diámetro de copa a los 112 días de la cuarta evaluación

		Suma de	Cuadrados		
Fuente	GL	Cuadrados	medios	F-Valor	Pr > F
Modelo	9	2802.228571	311.358730	16.85	<.0001
Error	60	1108.571429	18.476190		
Total Corregido	69	3910.800000			

R-Cuadrada	Coef. Var.	Raíz CME	Media de diámetro de copa 4
0.716536	9.904134	4.298394	43.40000

Cuadro 19A. Variable dependiente peso seco de raíz de *Dalbergia granadillo* Pittier a 112 días

		Suma de	Cuadrados		
Fuente	GL	Cuadrados	medios	F-Valor	Pr > F
Modelo	9	152.7487143	16.9720794	85.59	<.0001
Error	60	11.8971429	0.1982857		
Total Corregido	69	164.6458571			

R-Cuadrada Coef. Var. Raíz CME Media de peso seco de raíz
0.927741 17.68037 0.445293 2.518571

Cuadro 20A. Variable dependiente peso seco de tallo de *Dalbergia granadillo* Pittier a 112 días

		Suma de	Cuadrados		
Fuente	GL	Cuadrados	medios	F-Valor	Pr > F
Modelo	9	249.7640229	27.7515581	60.09	<.0001
Error	60	27.7094857	0.4618248		
Total Corregido	69	277.4735086			

R-Cuadrada Coef. Var. Raíz CME Media de peso seco de tallo
0.900136 21.68994 0.679577 3.133143

Cuadro 21A. Variable dependiente peso seco de pecíolo de *Dalbergia granadillo* Pittier a 112 días

		Suma de	Cuadrados		
Fuente	GL	Cuadrados	medios	F-Valor	Pr > F
Modelo	9	9.49271429	1.05474603	24.18	<.0001
Error	60	2.61714286	0.04361905		
Total Corregido	69	12.10985714			

R-Cuadrada Coef. Var. Raíz CME Media de peso seco de pecíolo
0.783883 26.05993 0.208852 0.801429

Cuadro 22A. Variable dependiente peso seco de hoja de *Dalbergia granadillo* Pittier a 112 días

		Suma de	Cuadrados		
Fuente	GL	Cuadrados	medios	F-Valor	Pr > F
Modelo	9	155.7464286	17.3051587	39.25	<.0001
Error	60	26.4542857	0.4409048		
Total Corregido	69	182.2007143			

R-Cuadrada	Coef. Var.	Raíz CME	Media de peso seco de hoja
0.854807	16.45326	0.664007	4.035714

Cuadro 23A. Variable dependiente área foliar de *Dalbergia granadillo* Pittier a 112 días

		Suma de	Cuadrados		
Fuente	GL	Cuadrados	medios	F-Valor	Pr > F
Modelo	9	33620027.8	3735558.6	2.71	0.0102
Error	60	82639888.4	1377331.5		
Total Corregido	69	116259916.2			

R-Cuadrada	Coef. Var.	Raíz CME	Media de área foliar
0.289180	69.80040	1173.598	1681.362

Fotografías tomadas en campo y en laboratorio de *Dalbergia granadillo* Pittier
(Cruz G., S., 2020).

