




Biología y Silvicultura de las especies de *Dalbergia* en América Central

Elaborado por:
Alain Khiem Meyrat
Julio, 2017





Editado y Publicado en febrero 2018.

"Este documento ha sido elaborado en el marco de la cooperación para combatir la tala y comercio ilegal de las especies forestales; cooperación en la cual, el Departamento de Estado y el USFS-IP han unido esfuerzos para reducir la recolección, proceso y comercio ilegal de las especies del género de Dalbergia en los países del DR-CAFTA."



Biología y Silvicultura de las especies de *Dalbergia* en América Central



AGRADECIMIENTOS	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. BIOLOGÍA DE LAS <i>DALBERGIA</i>	1
1.1. Botánica de las <i>Dalbergia spp</i> de Madera Preciosa Comercial en Centroamérica	1
1.1.1. El género <i>Dalbergia</i> de las Fabáceas	1
1.1.2. Descripción de 6 especies de <i>Dalbergia</i> de maderas comerciales de Centroamérica	2
<i>D. retusa</i>	3
<i>D. glomerata</i> (sinonimia <i>D. tucurensis sensu lato</i>)	4
<i>D. calycina</i>	4
<i>D. stevensonii</i>	7
<i>D. calderonii</i>	10
<i>D. granadillo</i>	10
Otras especies arbóreas y no arbóreas de <i>Dalbergia</i>	11
1.2. La Madera de las Principales Especies Comerciales de <i>Dalbergia</i> de Centroamérica	14
1.2.1. Resumen de las Características de la Madera de 4 Especies de <i>Dalbergia</i> de Centroamérica:	15
<i>D. retusa</i>	15
<i>D. stevensonii</i>	15
<i>D. glomerata</i> (sinonimia <i>D. tucurensis sensu lato</i>)	15
<i>D. calycina</i>	15
1.2.2. Anatomía de la Madera de <i>D. retusa</i> (resumen de Richter & Dallwitz, 2000) como un ejemplo de las maderas del género en Centroamérica	16
1.2.3. Producción de Duramen y la Edad para los Turnos del Granadillo	18
1.3. Distribución Geográfica y Ecología de las <i>Dalbergia</i> de Centroamérica	24
1.3.1. Distribución Geográfica y Adaptación Ecológica de las <i>Dalbergia</i> de Centroamérica	24
<i>D. retusa</i>	24
<i>D. glomerata</i> (sinonimia <i>D. tucurensis sensu lato</i>)	26
<i>D. calycina</i>	27
<i>D. stevensonii</i>	27
<i>D. calderonii</i>	27
1.3.2. Situación de las Poblaciones de <i>Dalbergia</i>	27
1.4. Aspectos Reproductivos	30
1.4.1. Floración	30
1.4.2. La polinización cruzada	30
1.4.3. La Variabilidad Genética en las Especies del Género <i>Dalbergia</i>	31
1.5. La Semilla y La Plántula	32
1.5.1. Manejo de semillas	33

INDICE GENERAL

	Pág.
1.5.2. Adaptación de las plántulas	33
1.6. Propagación Vegetativa	34
1.6.1. Estaca, Esqueje y Acodo	34
1.6.2. Las experiencias con <i>D. latifolia</i> , <i>D. sissoo</i> y <i>D. melanoxylon</i> en Asia y África	34
1.6.2.1. Las experiencias empíricas	34
1.6.2.2. Tecnología mejorada experimental	35
1.6.2.3. Micropropagación	36
1.6.3. Propagación Vegetativa de <i>D. retusa</i>	36
1.6.3.1. Estacas brotadas y enraizadas	37
1.6.3.2. Inicios de la Micropropagación de <i>D. retusa</i>	37
1.7. Nodulación y Micorrización	37
1.7.1. Nodulación	37
1.7.2. Micorrización	38
1.8. Plagas y Enfermedades	40
2. BASES PARA LA SILVICULTURA DE LAS DALBERGIA DE CENTROAMÉRICA	43
2.1. El Crecimiento de las <i>Dalbergia</i> (Altura, Diámetro a Altura de Pecho. Volumen del Fuste y Volumen de Duramen)	43
2.1.1. El Crecimiento comparativo de <i>D. retusa</i> con Comenegro, Genízaro, Gavilán del Pacífico y Teca en plantaciones puras y mixtas	43
2.1.2. El Crecimiento de <i>D. glomerata</i> (sinónimos: <i>D. cubilquitenzis</i> ó <i>D. tucurensis sensu lato</i>)	45
2.1.3. Crecimiento y productividad del Granadillo (<i>D. retusa</i>)	47
2.2. Bases para el Manejo de las Plantaciones de <i>Dalbergia</i>	47
2.2.1. La experiencia de las plantaciones de Granadillo (<i>D. retusa</i>), Las Colinas (Faurby, 2002)	47
2.2.2. Distancias de Plantación como Estrategia de Manejo Silvicultural	49
2.2.3. Selección de la Especie Nodriza a Plantar de Forma Mixta con el Granadillo y Fines de Obtener Productos en el Raleo Temprano (12- 16 años)	50
2.2.4. Plantaciones Mixtas y Densidad de Plantación	51
2.2.5. Dos Modelos para Plantar Granadillo (<i>D. retusa</i>): Granadillo Puro y Granadillo Mixto con otra especie nodriza	52
2.2.5.1. Modelo Granadillo (<i>D. retusa</i>) Puro	52
2.2.5.2. Modelo de Mixto de Granadillo (<i>D. retusa</i>) con Roble ó Gavilán	54
2.2.6. Plantación de Granadillo amarillo (<i>D. glomerata</i> ó <i>D. tucurensis sensu lato</i>) usando modelo de Plantación Mixta intercalada con especie nodriza:	56
2.2.6.1. En el trópico Húmedo	56
2.2.6.2. En el Trópico Seco	57
2.2.7. Plantación del Rosul de Honduras ó Belice (<i>D. stevensonii</i>)	59
2.2.8. Los Traslados de Plántulas de Ébano o Granadillo Negro (<i>D. calycina</i>)	59
2.2.9. Manejo de las Poblaciones Naturales de <i>Dalbergia</i>	59
2.3. Recomendaciones Técnicas- Silviculturales	60
2.3.1. Recolección de Semillas	60

INDICE GENERAL

	Pág.
2.3.2. Manejo en el Viveros.....	61
2.3.2.1. Germinación	61
2.3.2.2. Nodulación y Micorrización	61
2.3.2.3. Fertilización en vivero	62
2.3.3. Selección de Sitio de Plantación	62
2.3.4. Plantación y Manejo Silvicultural	62
2.3.4.1. Plantación	62
2.3.4.2. Fertilización de campo	63
2.3.4.3. Control de Malezas	63
2.3.4.4. Poda	64
2.3.4.5. Raleos.....	65
2.3.4.6. Cosecha.....	65
2.4. La Madera del Námbar o Granadillo el Precio y su comercio.....	65
3. BIBLIOGRAFÍA.....	69
4. ANEXO	75

INDICE DE CUADROS

	Pág.
<i>Cuadro 1. Dalbergia retusa en la sucesión de la Sabana de matorral hacia Bosque deciduo (Varga, 2005)</i>	24
<i>Cuadro 2. Supervivencia, Crecimiento, Área Basal y Volumen a los 5.7 años de edad^a de 5 especies seleccionadas de las 14 especies del estudio de Piotto et al (2004)</i>	44
<i>Cuadro 3. Modelo para plantación de Granadillo (D. retusa) en mezcla con especie auxiliar en un sitio similar a Las Colinas (tomado de Faurby, 2002)</i>	49
<i>Cuadro 4. Productividad de madera ($V = 3.14 \times (H \times DAP^2/2) \times 0.5$) y duramen de tronco y raíz los parámetros para el Modelo del Granadillo (D. retusa) Puro, iniciando con 1,111 árboles / Ha (3X3 m), describiendo la mortalidad y raleo, el crecimiento longitudinal y en grosor por árbol y población, y estimando la producción de duramen según la edad</i>	53
<i>Cuadro 5. Productividad de madera ($V = 3.14 \times (H \times DAP^2/2) \times 0.5$) y duramen de tronco y raíz los parámetros para el Modelo del Granadillo (D. retusa) Mixto, iniciando con 1,111 árboles / Ha (3X3 m): 555 de Granadillo y 556 de Roble ó Gabilán, describiendo la mortalidad y raleo, el crecimiento longitudinal y en grosor por árbol y población, y estimando la producción de duramen según la edad</i>	55
<i>Cuadro 6. Crecimiento anual de D glomerata (proveniente de los datos de Figura 17) en el Trópico Húmedo y para Trópico Seco se ajustaron los datos de Figura 18 para mayor espacio de 3x3 m y mejores condiciones de suelo (no vertisol sino de arcillosos a friables) y más profundos</i>	58
<i>Cuadro 7. Precio de algunas piezas de Granadillo, Cocobolo o Námbar ofertados en algunos sitios de internet en Marzo, 2017</i>	67

INDICE DE FIGURAS

<p>Figura 1. Siguiendo manecillas de reloj: A. Árbol adulto de <i>D. retusa</i> con pocas hojas en plena floración explosiva, cerca de quebrada. B. Tronco con corteza gruesa se descortezaba longitudinalmente. C. Rama con racimos axilares de flores blancas similar a las de frijol (<i>Fabácea</i>) y vainas samaroides oscuras. D. Hojas imparipinnadas (9- 11 folíolos) de rama joven</p>	4
<p>Figura 2. Siguiendo manecillas de reloj: A. Dos árboles adultos de <i>D. glomerata</i>, izquierda con vainas y derecha con follaje joven (palmeras en medio) en San Luis, Petén, Guatemala. B. Tronco con corteza delgada que descortezaba en rectángulos medianos. C. Rama pinas (9, 11, 13 folíolos) y racimos corimbosos axilares de flores cremas. D. Follaje y vainas verdes elipsoides aglomerados, ápice espatulado o mucronado. Resto en Siuna, Nicaragua</p>	5
<p>Figura 3. Siguiendo manecillas de reloj: A. Árbol adulto de <i>D. calycina</i> con follaje maduro. B. Tronco con corteza delgada que descortezaba en rectángulos medianos. C. Follaje verde- gris</p>	7
<p>Figura 4. Arriba: A. Rama florida <i>D. calycina</i> con flores blancas y con centro de inserción de estandarte verde; cáliz con pigmentación ferruginoso. B. Vainas aplanadas de color púrpura-caoba ápice agudo muchas veces mucronado se torna café claro al madurar (Foto J. Benito Quezada)</p>	8
<p>Figura 5. <i>Dalbergia stevensonii</i>. Manecilla del reloj: A. Árbol 16 m de alto Poptum, Petén. B. Un hijo de raíz. C. Muestra de ramas florida, aun sin montar del Petén, Herbario AGUAT, Facultad de Agronomía, Universidad San Carlos, Guatemala. D. Rama y follaje</p>	10
<p>Figura 6. <i>Dalbergia calderonii</i> Stadl. Agua Caliente, Las Marías Itibucá, Honduras. Herbario de la Universidad Autónoma de Honduras</p>	11
<p>Figura 7. <i>Dalbergia calderonii</i> Stadl. Muestra de ribera del río Chimalapa, Metapan, Santa Ana, El Salvador. 500 msnm. En el Herbario Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano, Honduras</p>	12
<p>Figura 8. <i>Dalbergia calderonii</i> Stadl. Ribera del río Lempa, entre Santa Anita y Santa Fé, Oco-tepeque, Honduras. Herbario Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano, Honduras</p>	13
<p>Figura 9. <i>Dalbergia granadillo</i> Pittier. De San Miguel del Puerto, Pochutla, Oaxaca, México; ambas muestras ubicadas en el Herbario de la Escuela Panamericana, El Zamorano, Honduras</p>	14
<p>Figura 10. Madera de Cocobolo, siguiendo manecilla del reloj, A. Corte transversal de madera, B. Corte radial, C. Corte tangencial (usado con permiso de Richter & Dallwitz, 2000)</p>	17
<p>Figura 11. A. Plantación pura de Ñámbar de 7 años (distanciamiento 2.5 x 2.5 m) 10 m de altura y diámetros de 13- 14 cm a altura de pecho. B y C. Apenas está iniciando a formar duramen central en las ramas laterales que fueron tardíamente podados (Foto Fco. Xavier Escorcía)</p>	19
<p>Figura 12. De izquierda a derecha. Cortes transversales de árbol joven (± 8 años; un tallo: DAP: 12.8 cm, 10.5 m de altura) A. base con 1 cm de duramen, B. médula y centro delineada con lápiz; incluyendo la médula se cuentan 16 anillos (posiblemente el anillo ancho es de época lluviosa y el estrecho de época seca). C. Corte después de la base trianguloide de árbol ± 20 años (DAP: 32.5 cm y 17 m de altura) además de la pequeña área de duramen central, daños concéntricos a la corteza producen material oscuro parecido al duramen. La Palmita, El Sauce (A, B y C Fotos: Fco Xavier Escorcía). D. Corte transversal tronco DAP ± 12 y 12 m H; 2.6 cm duramen de 11 años Las Lomas, Niquinohomo</p>	20
<p>Figura 13. Siguiendo manecillas del reloj: A. Árbol de Ñámbar (<i>D. retusa</i>) maduro (DAP: 35 cm y 16 m de altura. Posiblemente de más de 30 años de edad) en una sabana de Jícaro ó Morro en vertisol, San Marco, El Sauce. B. Base del troco, duramen ocupaba gran volumen, daño típico a esa altura, la secuencia del daño fue fuego- hongo y termitas. C. A 1 m de la base ya no se nota el daño, un 75% del volumen es ocupado por duramen, las sinuosidades hacia fuera son indicativos de ramas desaparecidas y actuales como las proyecciones en la parte baja de la foto (Fotos Fco Xavier Escorcía)</p>	21

Figura 14. A. Madera de Cocobolo o Granadillo de árbol joven recién cortado, B. Madera de Granadillo de árbol viejo, C. Florero decorativo, D. Frutera decorativa, E. Joyero, F. Tazón o frutera: todos combinando albura y duramen, G estuche para reloj de bolsillo de duramen (diferentes sitios en Internet)	23
Figura 15. Densidad del volumen m ³ de madera de Dalbergia muestreado por el Inventario Forestal Nacional de Nicaragua (1 Ha por punto) usado para comprobar efectividad de conservación de las Áreas Protegidas del SINAP, MARENA. Área en Gris oscuro, sin Dalberia identificada, Gris- Beige (Centro y Pacífica) con 1.2- 1.6 m ³ m, Verde 0.43- 0.84 m ³ y Marrón claro 0.22- 0.42 m ³ m. Otras áreas con mayores densidades (desde 1.7 hasta 3.2 m ³) y solo puntualmente áreas con mayores densidades en la zona Norcentral y Norcaribe (Uso autorizado por MARENA y autor: Jorge Cisnero).....	29
Figura 16. Raíces secundarias de la única planta de <i>D. retusa</i> nodulada en el muestreo en El Sauce, los nódulos son señaladas con flechas rojas en la foto de la derecha (Foto Glenda Bonilla)	40
Figura 17. Curva de crecimiento empírico de diámetro a altura de pecho (cm) y altura (m) de <i>D. glomerata</i> usando datos de 7 árboles de Petén y 23 árboles en diferentes ubicaciones del Jardín Botánico de Lancetilla, Tela Honduras, 2017.....	46
Figura 18. Curva de crecimiento empírico de DAP (cm) y altura (m) <i>D. glomerata</i> usando datos de 14 árboles de la finca El Edén, Nagarote, Nicaragua, 2017.....	46
Figura 19. Vivero 2010, Futuro Forestal desarrolló técnicas de reproducción por semillas muy eficiente (más de 90% de prendimiento y alta sobrevivencia en el campo).....	61
Figura 20. Plantas juveniles ramificadas desde la base o con 1- 3 ejes de 3 años de edad, en suelos arcillosos sobre camellones (o montículos), Las Mercedes, Nandaime (Foto Fco. Xavier Escorcía)	63
Figura 21. En las plantaciones jóvenes se notan cierta cantidad de individuos con un solo eje y copa proporcionada, características genéticas deseables para facilitar el manejo de plantaciones (Foto Fco. Xavier Escorcía).....	64

AGRADECIMIENTOS

Para realizar un trabajo de esta naturaleza, se requiere el apoyo de muchas personas desde diferentes ángulos. Por lo cual, como autor, siento la necesidad de agradecer a las personas que me apoyaron para que este trabajo pudiera llegar este nivel de concreción.

Agradecido estoy al Lic. Salvador Mayorga Sacasa y al Ing. Xavier Escorcia que fueron las primeras personas que me alentaron a incursionar en el tema de manejo forestal y entre las especies a *Dalbergia retusa*.

Muy agradecido estoy con muchas personas que a lo largo de varios años, me apoyaron tomando y brindándome las fotos e información, entre ellos: Ing. Xavier Escorcia, Lic. Benito Quezada, Lic. Ayax Rizo, Ing. Benjamín Herrera, Lic. Glenda Bonilla, Ing. Janja Ike.

En especial agradecimiento a mi esposa Imelda Meyrat, a mi hijo Alan Mayú Meyrat y mi nieto Alain Silva por acompañarme en muchos de los fructíferos viajes de observación al campo y a éste último y mi hija Su Lin Caroline Meyrat por tomar muchas de las fotos en el campo presentadas aquí.

Agradezco al Ing. Alberto Sediles, actual Vice-rector de la UNA, Managua por haberme apuntado como especialista en el ramo, lo que me abrió la oportunidad de participar en este proyecto.

En esta fase recibí el apoyo de mis colegas, los Ing.: Chester James Lau, Juan Ramón Rosales Chow, Alberto Sinclair, Edwin Taylor y Omar Cruz con información de campo e innumerables contactos en toda la región de la costa Caribe de Nicaragua, a todos ellos mis sinceros agradecimientos.

Al Ing. Dámaso Barquero por haberme atendido en visita a su plantación en Las Lomas, La Curva, Niquinohomo, brindado información de la misma y discutido aspectos técnicos referente a *D. retusa*.

Mucho agradezco al señor Clemente Ponçon por haber permitido entrar a tomar observaciones a la finca y Reserva Silvestre Privada El Edén y usar los datos de la plantación para enriquecer la información sobre el crecimiento y adaptación de *D. glomerata* al trópico seco, también mucha estima al Ing. Javier López y a los Técnicos Forestales Juan y Roberto Aragón de la misma empresa por haber transmitido y atendido la solicitud, a ellos muy agradecido.

Muchos agradecimientos y reconocimiento a Don Rogelio Enrique Palazzo De Colle, Renato Palazzo, Roberto Avellán y al Sr mandador de la finca todos de la Sociedad E. Palazzo y C.L. por haberme permitido entrar a observar a *D. calycina* que aunque muy amenazada fuera de la finca, aún se conservan varios individuos en la finca y Reserva Silvestre Privada Isabel Grande en El Crucero, Managua.

Con mucha estima agradezco a la Dra. Myrna Ethel Herrera Soza por ayudarme en la planificación, organización y conseguirme el apoyo para todas mis excursiones en Guatemala, además atender mis solicitudes de información, visita de observación al Herbario y a la Xiloteca de *Dalbergia* del Laboratorio de la Madera.

También extendiendo agradecimiento a los Ing. Pablo Iván Ruiz Mazariago, Wagner Guillermo Alonzo de León y Josué Hernández López por compartir información, compañía y paciencia en los viajes al campo.

Mucha estima a mis colegas Ing. Juan José Castillo Mont e Ing. David Mendieta por atenderme en el Herbario AGUAT "Profesor José Ernesto Carrillo" de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos, Guatemala.

Agradecimiento a los productores: Florencio Caal y su hijo Ubal Caal por atendernos en su plantación de *D. glomerata* en San Luis, Petén, y al Ing. Arturo Gómez por participar en la visita a su finca para observar a *D. stevensonii* en Poptum, Petén.

Biología y Silvicultura de las especies de Dalbergia en América Central

Mucho agradezco la atención y paciencia de la Dra. Lilian Ferrufino en sendas visitas al Herbario (TEFH) de la Universidad Autónoma de Honduras y al Herbario de El Zamorano (EAP). También agradezco por la atención del Lic. Olvin Oyuela en el primer herbario.

Mucho agradecimiento al Ing. Luis Bejarano por invitarme y atenderme excelentemente en la visita al Jardín Botánico Lancetilla, UNACIFOR, Tela, Honduras, estadía que fue muy fructífera con el apoyo del Ing. Carlos Valle y la excelente guía de Don José Isabel Vindel.

Agradezco a Gabriel Ceren y Jenny Menjivar ambos del Herbario del Museo de Historia Natural, El Salvador por haberme atendido, aunque no pude concretar actividades por causas ajenas a sus disposiciones.

De último pero no menores agradecimientos para Rachel Sheridan y María Antonieta Rivas Leclair del USFS-IP por haber comprendido mis puntos de vistas, permitido la oportunidad de hacer esta contribución potencial a la conservación de estos amenazados recursos naturales y a su vez a la economía de los países miembros del DR- CAFTA.

INTRODUCCIÓN.

El género *Dalbergia* (Fabaceas) tiene en Centro América 6 especies que producen maderas preciosas de excelente calidad debido a que son de alta dureza, de excelente trabajabilidad en carpintería y ebanistería, de color jaspeado muy atractivo y brillante. Se usa, tanto a nivel local como internacional, para confección de muebles finos, artesanía de alta calidad, mangos de navaja, cuchillo, paraguas y otros instrumentos. También para construir instrumentos musicales de percusión como las marimbas y xilófonos (solo los troncos de grano recto se usan para hacer las barras), castañuelas e instrumentos de viento como el oboe y la flauta, y debido a que es durable y mantiene su forma, es el material con la cual construyen las válvulas de todos los tipos de instrumento de viento y en muchos casos, al menos, las costillas de la guitarra.

La alta demanda y la creciente escasez de este tipo de madera hacen que sus precios sean muy elevados. A nivel de campo se compra la madera a US \$ 2,000- 2,500 Dólares el metro cúbico sin costo de corte o transporte. A nivel internacional el m³ de esta madera procesada en tablillas y reglillas puede oscilar entre los 16 a 20 mil dólares. Lo anterior promueve un creciente mercado ilegal donde grandes capitales extranjeros corrompen a autoridades locales y todo ello finaliza en una presión sobre las poblaciones de las especies explotadas a nivel de llevarlas al deterioro de su riqueza genética y probablemente hasta la extinción. Por otro lado, ocasiona el desarrollo de leyes y normas prohibitivas de comercio que no permiten que los productores de estas especies puedan vender normalmente la madera al mercado sino que los obligan a entrar a la cadena del mercado ilegal; éstos y los productores potenciales aducen que: Para qué plantar o cuidar dichos árboles, si al fin no pueden tener provecho de ellas; hecho que agrava más la sobrevivencia de éstas especies en vez de protegerlas.

En este documento se pretende describir las especies comerciales con mayor demanda (*D. retusa*, *D. glomerata* (sinónimo *D. tucurensis*), *D. calycina*, *D. calderonii*, *D. stevensonii* y *D. granadillo*) para que ayude a su reconocimiento y conservación. También se recopila información sobre la biología de las especies del género con el fin de tener una base para desarrollar el manejo de las poblaciones naturales y artificiales, asimismo brindar información de algunas experiencias de plantaciones (*D. retusa* y *D. glomerata*) con fines de sentar las bases de desarrollo de la silvicultura de las *Dalbergia*.

Manejar especies de *Dalbergia* (incluyendo *D. calycina* y *D. stevensonii*) en los bosques naturales así como plantar (*D. retusa* y *D. glomerata*) puede ser una excelente inversión a mediano y largo plazo. La madera que se produzca de los planes de manejo forestal sostenible y de las plantaciones forestales registradas de *Dalbergia* permitirá responder ante la demanda cada vez más grande de este producto con precios que darán excelente rentabilidad a la actividad. Se espera que las actividades forestales contribuirán a mejorar el conocimiento y la conservación de estas especies y de su riqueza genética para su uso por nuestras futuras generaciones.

1. BIOLOGÍA DE LAS DALBERGIA

1.1. Botánica de las *Dalbergia* spp de Madera Preciosa Comercial en Centroamérica.

1.1.1. El género *Dalbergia* de las Fabáceas.

DALBERGIA L. f. El género fue descrito por Carlos Linneo el Joven y publicado en Supplementum Plantarum 52- 53, 316–317. 1781 [1782]. La especie tipo es: *Dalbergia lanceolaria* L. f. (<http://www.naturalista.mx/taxa/68655-Dalbergia>).

La siguiente descripción es propia del autor modificando a Velva E. Rudd et A. Pool, Abril 2010 in Flora de Nicaragua quienes se apoyaron en Pittier (1922) y Linares & Sousa (2007).

Generalmente árboles medianos a grandes, algunos arbustos bejuocos o lianosos (*D. brownei*, *D. ecastaphyllum*, *D. monetaria* de la región Caribe y *D. glabra* en la región central y vertiente Pacífica) y pocos árboles pequeños (*D. chontalensis*).

Los árboles tienden a ser sinuosos y ramificados en la parte basal a menos que estén sometidos a competencia con otras especies. La corteza puede ser bastante lisa y descortezarse en amplios sectores (*D. glomerata*) o fisurada longitudinalmente (*D. retusa*).

Hojas imparipinnadas con 1 folíolo en *D. brownei* a muchos en la mayoría de las especies, generalmente entre 7, 9 y 13, 17 y hasta 19, son alternos en el raquis, no se observan estipelas; tienen un par de estípulas típicamente grandes generalmente caducas a veces persistentes que sirven para proteger la yema foliar y yemas laterales.

Inflorescencia en racimos, panículas o panículas cimosas, terminales, axilares o laterales, brácteas subpersistentes, bractéolas pequeñas apareadas en la base del cáliz, a menudo caducas.

Flores de típica papilionada, cáliz campanulado, lobos 5, subiguales o desiguales, el carinal más largo que los demás; pétalos glabros, blancos con las base interna de estandarte verde claro (*D. chontalensis*, *D. retusa*, *D. calycina* y *D. stevensoni*), crema (*D. glomerata*) a amarillo (*D. luteola*); estambres 10 que generalmente son monadelfos, diadelfos (9+1) o triadelfos o el estambre vexilar ausente; anteras pequeñas, dídimas, basifijas, con dehiscencia apical.

Estilo incurvo, estigma corto y pequeño. Ovario estipitado que se desarrolla en vaina aplanada samaroides con funciones de propagación anemófila, pueden ser elípticos, oblongos, orbiculares, falcado- reniformes o lunulares, membranosa o coriácea, indehiscentes; semilla generalmente 1 por vaina, a veces 2, raramente 3 y 4 hasta 6 (entonces la vaina se torna lomentosa), semilla reniformes aplastadas, café con una protuberancia apical que es la radícula inflexa.

Tiene amplia distribución, nativa de regiones tropicales de América Central, Sudamérica, África y sur de Asia. La cantidad de especies del género está disputada, con diferentes autoridades citando desde 100 hasta 600 spp.; ILDIS acepta 159 spp, distribuidos en América tropical y subtropical, Asia y África; se reportan unas 20- 27 especies en Centroamérica (Linares & Sousa, 2007).

El género es bastante homogéneo en el tipo de madera y en la amplia adaptación ecológica de las especies, presentando hábitos de arbustos decumbentes y erectos hasta árboles pequeños. A continuación se listan algunas especies de maderas selectas conocidas mundialmente:

Dalbergia cearensis Ducke (Brasil)

Dalbergia decipularis (Tuli brasileño)

Dalbergia latifolia (Nepal, India y Java (Indonesia) plantada en Asia Tropical y África; Rosewood, Sonokeling)

Dalbergia melanoxylon Gill. & Perr. (Tanzania, African ironwood, African ebony, mpingo, poyi o

mugembe)

Dalbergia nigra (Vell.) Allemão ex Benth. (Pau preto, Jacarandá, Madera rosa, Brasil)

Dalbergia retusa Hemsl. (Cocobolo)

Dalbergia simpsonii Rudd (endémica del Perú. Sheesham, Sissoo)

Dalbergia sissoo Rudd (piedemonte Himalayas, Norte India, plantada en Sur de Asia; Sheesham, Sissoo)

Dalbergia stevensonii Standl. Belice- Guatemala- México.

Generalmente se utilizan las especies de mayor porte que brindan mayores volúmenes de duramen oscuro, entre las principales, están: *D. nigra*, "Pau preto" del Brasil muy amenazada (CITES Apéndice I) de madera muy oscura. Duke (1983) informa que *D. sissoo* es nativo del piedemonte de los Himalayas en el Norte de la India, plantada en el subtrópico y trópico del Centro y Oeste de Asia donde se ha naturalizado igual que en África. Según NFTA (1994) y Lemmens (2008) *D. latifolia* nativa desde el Nepal, India y Java (Indonesia), ha sido plantada en toda Asia Tropical y localmente en África tropical (Nigeria, Kenia, Uganda, Tanzania); ambas especies de "Indian Rosewood", cuya madera no tiene un jaspeado tan contrastante en colores como los Granadillo de Centroamérica. También está *D. melanoxylon* de África, conocido en Tanzania como: African ironwood, African ebony, mpingo, poyi o mugembe, éste brinda una madera oscura muy dura preferido por los fabricantes de instrumentos musicales de viento: flautas y oboes (Nshubemuki, 1993).

1.1.2. Descripción de 6 especies de *Dalbergia* de maderas comerciales de Centroamérica.

D. retusa

D. glomerata (tucurensis sensu lato)

D. calycina

D. stevensonii

D. calderonii

D. granadillo

Las descripciones se realizaron con la información seleccionada según las especies y combinada de los siguientes autores: Stevens et al (2001), Knoblauch (2001), Boshier & Cordero (2003), Linares & Sousa (2007), Rzedowski & Gómez (1988), Herrera et al (2016).

Dalbergia retusa: = *Dalbergia retusa* var. *retusa*; = *Dalbergia retusa* var. *hypoleuca* (Pittier) Rudd.; = *Dalbergia hypoleuca* Pittier; = *Dalbergia retusa* var. *lineata* Pittier; = *Dalbergia lineata* (Pittier) Rudd.; = *Dalbergia retusa* var. *cuscatlanica* (Standl.) Rudd.; = *Dalbergia retusa* var. *pacifica* (Standl. & Steyerl.) Rudd.

Es muy posible que sea una especie que presenta un mosaico de variedades o ecotipos que ameritan de más estudios aunque los ecosistemas naturales están actualmente muy deteriorado y las poblaciones muy afectadas y disjuntas.

Común de 20- 800 msnm en bosque decíduo seco a húmedo, de galería o estacionalmente inundado; México, Belice a Panamá y Colombia. Es un árbol mediano, adulto hasta 20- 25 m de alto y diámetros (altura de pecho) de 40- 70 cm. El tronco es frecuentemente arqueado o sinuoso (S suave), muchas veces corto; a veces ramificado desde la parte inferior, especialmente cuando

jóvenes. Las ramas gruesas, oblicuamente ascendente y sinuoso sostienen una copa umbelada muy abierta; para asegurarse espacio ante la competencia (Faurby & Barahona, 1998). Corteza con fisuras longitudinales de 15- 20 cm de largo y 0.5- 1.0 cm de profundidad, las costillas son de 2.0- 2.5 cm de ancho. Las hojas con 7 a 15, hasta 21 folíolos un poco alternos; folíolos jóvenes densa o esparcidamente estriguloso en nervaduras del envés, ovados a elíptico- oblongos o lanceolado- oblongos, 4- 5 cm x 2- 4 cm, de bordes revolutos, ápice obtuso a agudo o retuso, base redondeada, haz glabro, lustrosos o brillantes para reflejar la luz y disminuir la evapotranspiración; abscisan como último recurso (Faurby & Barahona, 1998), envés seríceo o sub-seríceos (pálido y opaco), raramente glabro. Par de estípulas oblicuamente ovadas a deltoides, hasta 2 cm en la base del pecíolo de hojas jóvenes son caducas. Inflorescencias paniculadas; flores de 12- 14 mm de largo; cáliz de menos de 4.5 mm de largo con hipantio poco notorio y apenas costillado. Vainas atenuadas hacia los extremos, lustrosos y sin nervadura fuera del área de la semillas, al secar se tornan coriáceos a leñosos y de amarillo- pajizos a café oscuro, los inmaduros negros. Ver Figura 1.

Nombres comunes que reciben son: En Centroamérica en general, Granadillo, en la región Caribe, Cocobolo ó Rosewood y en la región Pacífica de Nicaragua: Ñámbar o Ñámbaro (de lenguaje Chorotega). En el comercio internacional se le conoce como Cocobolo y Palissandre.

Dalbergia glomerata Hemsl 1878; = *D. cubilquitenzis* (Donn. Sm.) Pittier; = *D. variabilis* var. *cubilquitenzis*; = *D. melanocardium*; *D. ruddae* Linares & Sousa; *D. modesta* Linares & Sousa; = *D. tucurensis* Donn. Sm. *Dalbergia palo- escrito* (= *D. molinae* = *D. tilarana* N. Zamora = *D calderonii* var. *molinae* Rudd?). *D. frutescens* de Sudamerica?

Posiblemente el nombre correcto sea *D. glomerata* por ser el más viejo (Hemsley, 1878). Similar que *D. retusa*, puede ser un mosaico de variedades ó ecotipos en diferentes estratos altitudinales, con pocas diferencias morfológicas entre poblaciones. Se requiere invertir en estudios sistemáticos modernos (estudios cromosómicos). Usando a Linares & Sousa (2007), el Profesor Castillo Mont (2017) me explicaba que *D. tucurensis* es de lugares altos (1000- 1,200 mns), tiene el haz casi glabro en folíolos maduros, 3as y 4tas nervaduras visibles y bordes crispados, mientras que *D. cubilquitenzis* es de lugares bajos, tiene estigmas truncados y folíolos densamente tomentosos. Esas diferencias morfológicas apuntan a variedades o subespecies y no a diferentes especies.



Figura 1. Siguiendo manecillas de reloj: A. Árbol adulto de *D. retusa* con pocas hojas en plena floración explosiva, cerca de quebrada. B. Tronco con corteza gruesa se descortezaba longitudinalmente. C. Rama con racimos axilares de flores blancas similar a las de frijol (Fabácea) y vainas samaroideas oscuras. D. Hojas imparipinnadas (9- 11 folíolos) de rama joven.



Figura 2. Siguiendo manecillas de reloj: A. Dos árboles adultos de *D. glomerata*, izq con vainas y der. con follaje joven (palmeras en medio) en San Luis, Petén, Guatemala. B. Tronco con corteza delgada que descortezaba en rectángulos medianos. C. Rama pinas (9, 11, 13 folíolos) y racimos corimbosos axilares de flores cremas. D. Follaje y vainas verdes elipsoides aglomerados, ápice espatulado o mucronado. Resto en Siuna, Nicaragua.

Biología y Silvicultura de las especies de *Dalbergia* en América Central

Ampliamente distribuido en la vertiente al Caribe y parte central de Centroamérica, en Nicaragua de 20- 1500 msnm, en Bosque siempreverde del sur de México a Costa Rica. Árbol grande hasta 25 m de alto con diámetro de 25- 90 cm. Corteza bastante lisa, gris claro. Ramas bajas tienden arquearse cuando tienen espacio. Folíolos densamente crispado pubescente o tomentosos de color café o ferrugíneos por encima; Hojas de 11- 15 cm, folíolos 11- 13 (15- 17); 2.4- 5 (- 6) × 1.6- 2 (- 2.5) cm, ovados o lanceolados, verde amarillento jóvenes y verde esmeralda maduros.

Inflorescencia en panículas cimosas con flores aglomeradas de forma bastante compactas. Flor de menos de 6 mm de largo cáliz con bordes de los lobos pilosos. Fruto elipsoide algo obtuso en el ápice a veces mucronado y ligeramente atenuado hacia la base, conspicuamente reticulado ó nervados en la región fuera de la semilla, secando de color pajizos, suave, papiráceo o cartáceo; frutos inmaduros secando en tonalidades rojizas. Semilla de 1 cm de largo (PROECEN, 1999). Ver Figura 2.

En general se le conoce como Granadillo (CR, ES, HO), también Granadillo Negro (HO) y Granadillo Amarillo (HO y Caribe NI) y Granadillo Rojo (Atlántida HO y Caribe NI). En Honduras también le llaman Rosul ó Rusut (Moskitia HO) que podría ser una corrupción de Rosewood, además Junero (Copán HO). Es llamada Fúnera amarilla y Ron-rón (ES donde no es rango de distribución natural). Según Herrera et al (2016), en Guatemala se le nombra Dulce Quemado, Acuté (Qéqchi'). En el mercado internacional se le nombra Yucatán Rosewood, Granadillo de Yucatán y Palissandre de Guatemala.

***Dalbergia calycina* (= *D. intibucana*)**

Árboles medianos a grandes. Corteza gruesa, fisurada a veces profundamente fisuradas; gris o gris oscura exfoliando en tiras irregulares, sin dejar depresiones. Folíolos 9- 13 (- 15) completamente glabros verde grisáceo o verde azulado cuando maduros. Inflorescencia racemosa; flores blancas de 15- 20 mm de largo; cáliz de color morado de 7- 9 mm de largo con hipantio muy marcado, acostillado; Ovario completamente glabro o escasamente ciliados en márgenes, fruto completamente glabro, lustroso y secando de color café claro (ver Figura 3 y 4).

En Nicaragua al igual que *D. retusa* lo nombran Granadillo en general ó Ñámbar en la región Pacífica. En Guatemala (Herrera et al, 2016) le nombran: Ébano, Quebracho, Nogal, Chiquibalché (lengua Kak'chiquel). Es el Granadillo negro del comercio internacional.



Figura 3. Siguiendo manecillas de reloj: A. Árbol adulto de *D. calycina* con follaje maduro. B. Tronco con corteza delgada que descortezza en rectángulos medianos. C. Follaje verde-gris.



Figura 4. Arriba: A. Rama florida *D. calycina* con flores blancas y con centro de inserción de estandarte verde; cáliz con pigmentación ferruginoso. B. Vainas aplanadas de color purpura- caoba ápice agudo muchas veces mucronado se torna café claro al madurar (Foto J. Benito Quezada).

Dalbergia stevensonii Standl. Según Herrera et al (2016), árbol de 15 a 30 m de altura, 6 a 11 m a primera rama, de copa irregular. La corteza es grisácea, lisa cuando joven y con placas irregulares cuando madura. Hojas pinnadas; con 5- 7 foliolos elípticos o acorazonados, miden de 3.5- 9.5 cm x 2.5- 4.5 cm, obtusos o redondeados en el ápice, algunas veces emarginados, de haz verde oscu-

ro y lustroso, glabro y blanquecinos en el envés. La panícula abierta muy ramificada, pedúnculos cortos; racimos o ramas de las inflorescencias ni tirsoideas ni secundos. De flores muy pequeñas, miden 4- 5.5 mm de largo, cáliz casi glabro de 1.5- 5 mm x 1- 2 mm. Pétalos blancos; el estandarte con pigmentación verde claro en la base- centro. Vainas planas, oblongas, pequeñas, aladas, de 4- 4.5 cm x 12- 14 mm, de ápice redondeadas o apiculadas, más o menos glabras, con glándulas (puntos negros) y 1 semilla (Linares & Sousa, 2007 y Herrera et al, 2016). Ver Figura 5.

En Guatemala (Herrera et al, 2016) lo nombran: Rosul, Dulce A'cuté ó Que'kiché (Q'eqchí). Internacionalmente conocido como Rosewood, Honduran Rosewood.

Dalbergia calderonii Standl. 1929. Árboles, hasta 12 m de alto. Folíolos (3-) 5- 15, ovados a ampliamente elípticos o suborbiculares, (1.5-) 3- 8 x (1-) 2-4.5 cm, ápice obtuso a subagudo, base redondeada a sub-aguda, pilosos o puberulentos a glabros; estípulas y escamas de las yemas deltoides, ca 1 mm de largo, caducas. Inflorescencias cimosas cortas, axilares, pedicelos 1 mm de largo, flores 4- 5 mm de largo; cáliz 2- 2.5 mm de largo, piloso, lobos deltoides, subiguales, el carinal atenuado, el resto redondeados o subagudos; pétalos amarillos o amarillo- anaranjados, estandarte levemente reflexo; estambres 9, monadelfos. Frutos elípticos, 4.5- 8 cm x 1.5- 2.5 cm, café- velutinos, estípites 5- 10 mm de largo; semilla 1 (Figura 6, 7 y 8).

Las 2 variedades son:

Dalbergia calderonii var. *calderonii*; *D. funera* Standl. Bosques caducifolios 500- 850 msnm. Folíolos (3-) 5-9 (-11), raquis 6- 10 cm de largo; flores ca 4 mm de largo; Frutos densamente café- velutinos, estípites ca 5- 6 mm de largo; frutifica en Enero. México (Chiapas) a Nicaragua (Figura 6, 7 y 8).

Dalbergia calderonii var. *molinae* Rudd 1995. Rara, Bosques caducifolios a nebliselvas, 1,300- 2,000 m. Folíolos (11-) 13- 15, raquis 15- 20 cm de largo; flores 4.5- 5 mm de largo, florece en Mayo. Septiembre; Frutos moderadamente velutinos estípites ca 8- 10 mm de largo, frutifica en Noviembre. Honduras y Nicaragua (esta variedad es muy similar a *D. palo- escrito* y este a *D. tucurensis* ver este último en *D. glomerata*).

Dalbergia granadillo Pittier El Salvador y México. Folíolos grandes siempre glabros o glabrescentes, más de 3 cm de ancho, ovados a suborbiculares, rara veces anchamente oblongos, o elípticos; verdes, concoloras o ligeramente más pálidas en el envés. Inflorescencias paniculadas de más de 8.5 cm. Vainas secando siempre negras, (Linares & Sousa, 2007). Conocido como Granadillo. Algunos lo consideran un sinónimo de *D. retusa* sin embargo, las hojas del único espécimen observado (Figura 9) no parece ser de *D. retusa* mas bien se parecen al ápice y venación de las hojas de *D. calycina*, asimismo el cáliz de la flor.

Otras especies arbóreas y no arbóreas de *Dalbergia*.

Especies de árboles pequeños de ecosistemas especiales y que se les ha observado con poca frecuencia (1- 2 veces) en Centroamérica como: *D. longepedunculata* Linares & Sousa de México y Tegucigalpa; *D. luteola* Linares & Sousa de Nentón, Guatemala y La Trinitaria, Chiapas; y *D. salvanaturae* Linares & Sousa del Parque Nacional El Imposible, El Salvador (Linares & Sousa, 2007) no serán descritas aquí por no considerarlas aun amenazadas por el comercio de madera preciosa, aunque si deben ser consideradas como parte integral de la biodiversidad del género.

También están en Centro América el pequeño árbol *D. chontalensis* Standl. & L.O. William (*D. agu- deloi?*) de 100- 650 msnm de Guatemala a Costa Rica y los arbustos bejucosos o lianosos (*D. brownei* (Jacq.) Schinz, *D. ecastaphyllum* (L.) Taub., *D. monetaria* L. f. en la vertiente Caribe y *D. glabra* (Mili.) Standl. en el Centro y vertiente Pacífica).



Figura 5. *Dalbergia stevensonii*. Manecilla del reloj: A. Árbol 16 m de alto Poptum, Petén. B. Un hijo de raíz. C. Muestra de ramas florida, aun sin montar del Petén, Herbario AGUAT, Facultad de Agronomía, Universidad San Carlos, Guatemala. D. Rama y follaje.



Figura 6. *Dalbergia calderonii* Stadl. Agua Caliente, Las Marías Itibucá, Honduras. Herbario de la Universidad Autónoma de Honduras.



Figura 7. *Dalbergia calderonii* Standl. Muestra de ribera del río Chimalapa, Metapan, Santa Ana, El Salvador. 500 msnm. En el Herbario Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano, Honduras.



Figura 8. *Dalbergia calderonii* Stadl. Ribera del río Lempa, entre Santa Anita y Santa Fé, Ocotepeque, Honduras. Herbario Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano, Honduras.



Figura 9. *Dalbergia granadillo* Pittier. De San Miguel del Puerto, Pochutla, Oaxaca, México; ambas muestras ubicadas en el Herbario de la Escuela Panamericana, El Zamorano, Honduras.

1.2. La Madera de las Principales Especies Comerciales de *Dalbergia* de Centroamérica.

El reconocimiento de la madera de las especies tiene una gran importancia para detectar las maderas reguladas en el comercio internacional debido al estado de amenaza a la que está siendo sometida la especie en el país de origen.

Las *Dalbergia* Centroamericanas tienen maderas muy similares, solo reconocibles por expertos.

Según Wiedenhoeft (2011), cuando recién cortada la madera de *D. retusa* puede ser fácilmente diferenciada por su color rojizo-anaranjado pero también en el laboratorio por su falta de parénquima paratraqueal y su notoria abundancia de parénquima difuso agregado. El parénquima de *D. stevensonii* es más en bandas apotraqueales que difuso agregado. En *D. glomerata* (*D. tucurensis* sensu lato) el parénquima es más difuso y aliforme alado, parénquima menos bandeado y el parénquima marginal más distintivo y con porosidad semicircular más prominente que en *D. stevensonii*; en *D. glomerata* los vasos son un poco más pequeños y hay menos vasos con goma oscura que en las otras especies.

Por comparación de muestras del Centro de Investigación de la Anatomía de la Madera (Center for Wood Anatomy Research at the Forest Products Laboratory), Wiemann & Ruffinatto (2012) demostraron que la densidad (uniforme con 6- 8% de humedad) puede muy bien separar las especies *D. stevensonii* de *D. glomerata*. Las muestras de duramen de esas dos especies tienen densidades en los rangos de 0.99- 1.14 g/cm³ (media 1.07 g/cm³) para *D. stevensonii* y 0.68- 0.79 g/cm³ (media

0.72 g/cm³) para *D. glomerata*, entonces una simple prueba de flotación usando muestras secas es suficiente para separar ambas especies. En adición, las superficies recién cortadas de muestras de *D. stevensonii* a veces son fluorescentes pero, nunca con *D. glomerata*. Extractos en etanol a veces son violetas en *D. stevensonii* pero, nunca en *D. glomerata* (Wiemann & Ruffinatto, 2012).

1.2.1. Resumen de las Características de la Madera de 4 Especies de *Dalbergia* de Centroamérica:

D. retusa

Madera dura y pesada (Según Herrera et al (2016), Duramen: 0.75 ± 0.04 g/cm³ según Richter & Dallwitz, 2000) desde 0.89- 1.0- 1,35 g/cm³; para Herrera et al (2016), albura: 0.76± 0.05 g/cm³); Según Wiedenhoeff (2011), el color es uno de los mejores caracteres para separarla de otras maderas de similar estructura: marrón clara a oscura o de rojiza a naranja, con franjas oscuras. Madera de olor floral agradable, ligeramente dulce. Según Wiedenhoeff (2011):

Transversal. Porosidad débilmente semicircular a difusa; vasos mayormente solitarios, ocasionalmente múltiples en grupos de 2- 3, medianos a grandes, comúnmente llenos con goma oscura; radios estrechos y numerosos, parénquima mayormente difuso agregado y en bandas estrechas, débilmente marginal, variable y débilmente aliforme estrecho.

Tangencial. Radios estratificados con estratificación media, algunas veces difícil de ver.

D. stevensonii

Madera dura y pesada (0.99- 1.14 g/cm³; media 1.07 g/cm³), marrón clara a oscura. A menudo con un olor suavemente dulce. Wiedenhoeff (2011) la describe de la siguiente forma:

Transversal. Porosidad débilmente semicircular a difusa; vasos mayormente solitarios ó múltiples en grupos de 2- 3 grandes, a menudo con goma oscura; radios estrechos y numerosos; parénquima mayormente en bandas estrechas, con parénquima difuso y menos abundante difuso agregado, débilmente estrecho confluyente conectando pocos vasos, raramente débilmente aliforme rómbico, débilmente y variablemente marginal.

Tangencial. Radios estratificados con estratificación media.

D. glomerata (sinonimia *D. tucurensis* sensu lato)

Madera dura y pesada (0.68- 0.79 g/cm³; media 0.72 g/cm³), marrón a marrón oscuro. A menudo con un olor dulce. Para Wiedenhoeff (2011):

Transversal. Porosidad débilmente semicircular a difusa; vasos mayormente solitarios y múltiples en grupos de 2- 3 medianos a grandes, a menudo con goma oscura; radios estrechos y numerosos; parénquima marginal vasicéntrico, estrecho, aliforme rómbico en bandas estrechas, difuso agregado o difuso.

Tangencial. Radios estratificados con estratificación media.

D. calycina

Madera dura y pesada (duramen: 0.72 ± 0.04 g/cm³; mixta, duramen + albura: 0.69 ± 0.03 g/cm³), fondo café con franjas marrón a negras que corresponden con los anillos de crecimiento, albura blanquecina que se torna crema, madera con olor dulce (Herrera et al, 2016) la describe como:

Transversal. Porosidad semicircular a difusa; vasos de xilema medianos a pequeños algunos con goma oscura en su interior, solitarios y algunos múltiples; radios estrechos y numerosos; parénquima axial es abundante y diverso, creando diseños cromáticos en la madera. Los vasos están rodeados parénquima paratraqueal vasicéntrico y algunos por paratraqueal aliforme o ligeramente romboi-

de. Hay parénquima apotraqueal difuso formando retículas o bandas cortas así como parénquima apotraqueal bandeado marginal.

Tangencial. Radios estratificados.

1.2.2. Anatomía de la Madera de *D. refusa* (resumen de Richter & Dallwitz, 2000) como un ejemplo de las maderas del género en Centroamérica.

Aspectos generales. Límites de anillos de crecimiento: distintos o indistintos o ausentes. Duramen de color amarillo a café a rojizo (marrón amarillento a naranjado, oscureciendo a marrón rojizo profundo), con vetas pronunciadas (marrón oscuro a morado o negro). Color de la albura beige a amarillento, distinto del color del duramen. Olor específico (aromático, dulce). Densidad 0,89-1,0- 1,35 g / cm³ (Richter & Dallwitz. 2000). Ver Figura 10.

Vasos. Madera de porosidad difusa. Vasos dispuestos en patrón no específico, agrupados, generalmente en grupos radiales cortos (de 2- 3 vasos). Dos clases distintas de diámetro de vasos ausentes. Promedio del diámetro tangencial de los vasos: 80- 320 µm. Promedio del número de vasos/mm²: 3- 6. Placas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, promedio del diámetro (vertical) de las punteaduras intervasculares: 8- 10 µm, ornamentadas. Punteaduras radiovasculares con aréolas distintas o con aréolas reducidas o aparentemente simples (poco frecuentes), similares a las punteaduras intervasculares, redondeadas o angulares. Otros depósitos en vasos de duramen presentes (Richter & Dallwitz. 2000).

Fibras y traqueidas. Fibras paredes gruesas. Punteaduras de las fibras en su mayoría restringidas a las paredes radiales, simples o con aréolas minúsculas (Richter & Dallwitz. 2000).

Parénquima axial. Parénquima axial en bandas y no en bandas (bandas finas y frecuentemente indistintas). Bandas de parénquima axial marginales (o aparentemente marginales), finas, hasta 3 células de ancho. Parénquima axial apotraqueal y paratraqueal (predominantemente apotraqueal). Apotraqueal difuso y difuso en agregados (generalmente difuso en agregados en forma de líneas finas y cortas entre los radios), descripción de Richter & Dallwitz. (2000).

Paratraqueal escaso y vasicéntrico. Parénquima axial en serie. Promedio del número de células por serie de parénquima axial: 2 (ocasionalmente en series de 4, parénquima paratraqueal hasta 6 células), descripción de Richter & Dallwitz. (2000).

Radios. Número de radios por mm: 9- 15, radios multiseriados (también cuando muy pocos), radios con 1- 2 células de ancho (pocos tri-seriados). Radios compuestos por un solo tipo de células (homocelulares) (ocasionalmente con tendencia a composición heterocelular); células de los radios homocelulares procumbentes (Richter & Dallwitz. 2000).

Estratificación. Estructura estratificada presente, todos los radios estratificados, parénquima axial estratificado, elementos de vasos estratificados, fibras estratificadas. Disposición de los estratos regular (horizontal o recto). Número de estratos por mm axial 5- 6 (Richter & Dallwitz. 2000).

Estructuras secretoras. Canales intercelulares ausentes (Richter & Dallwitz. 2000).

Sustancias minerales. Cristales presentes, prismáticos, localizados en células del parénquima axial. Células cristalíferas del parénquima axial septadas. Número de cristales por célula o cámara: uno. Sílica no observada (Richter & Dallwitz. 2000).

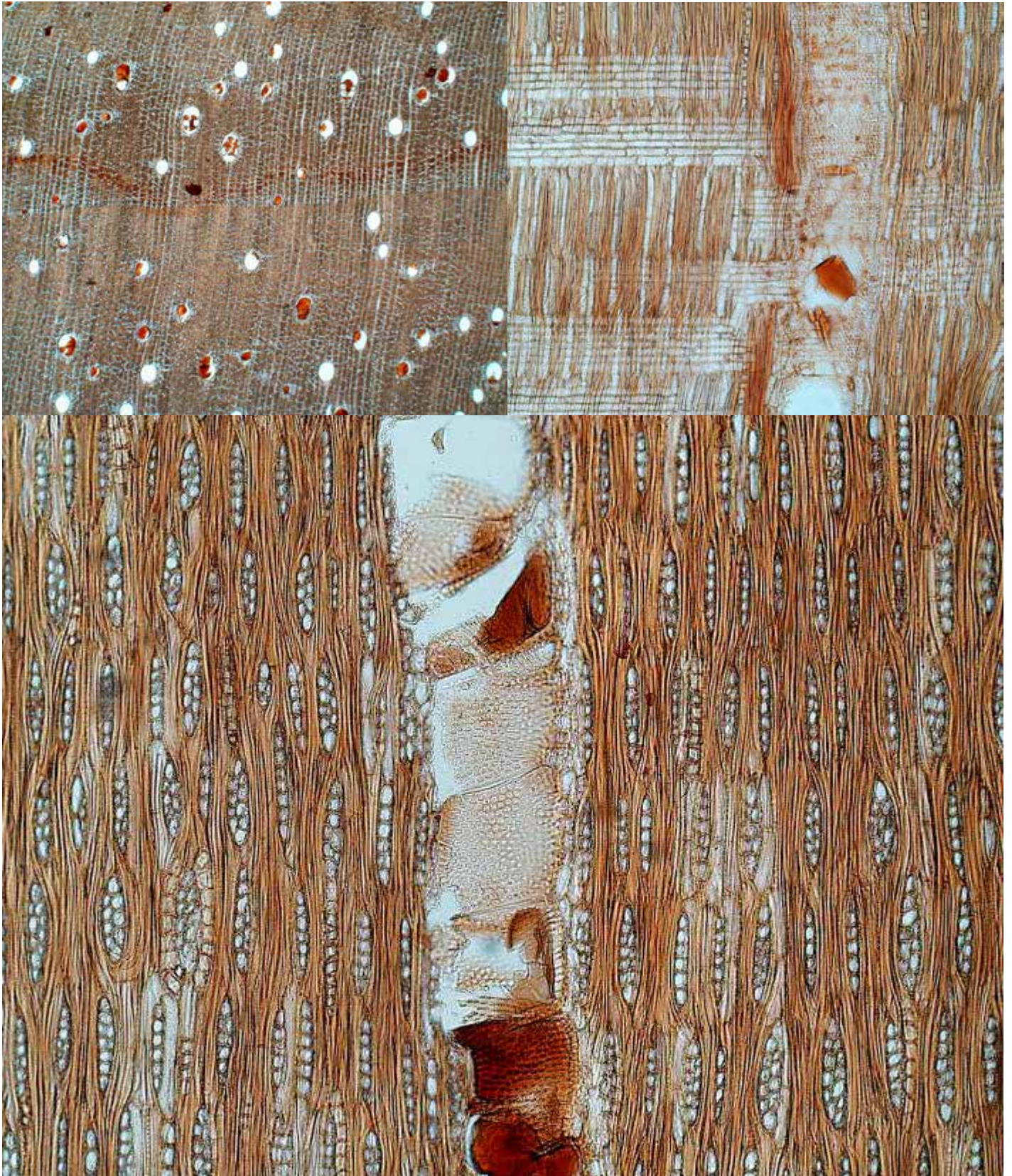


Figura 10. Madera de Cocobolo, siguiendo manecilla del reloj, A. Corte transversal de madera, B. Corte radial, C. Corte tangencial (usado con permiso de Richter & Dallwitz, 2000).

1.2.3. Producción de Duramen y la Edad para los Turnos del Granadillo.

La producción de madera de Granadillo (*D. retusa*) no es solo producir fustes, (altura y diámetro) el interés es producir el máximo volumen de duramen.

Al iniciar el crecimiento, las plántulas tienen xilema primario (haces vasculares separados), luego se forma el xilema secundario de anillos concéntricos, eso es la madera que al principio es solo albura, en el Granadillo esta es relativamente suave y con alta concentración de agua y nutrientes, al cortarlo es muy susceptible a ataque de diversos hongos (Figura 12 B). Cuando el árbol va envejeciendo, en el centro (en el Granadillo se nota como una médula, Figura 11 B y C y 12 A, C y D) se va acumulando diversos compuestos (extractables) como fenoles, resinas, lignina, tanino, etc. (Figura 10).

Un árbol maduro muestra más de 50% de duramen en el corte transversal (Figura 13). La formación de duramen se acelera cuando el tronco ha sido dañado, el duramen puede aumentar de $\pm 30\%$ a 50.1% por ataque de hongo después de la exposición al fuego. También se puede formar más duramen en las intersecciones de ramas, puntos de tensión o zonas dañadas por animales y por el fuego (Nshubemuki, 1993) hasta cierto punto sin causar lesiones graves para la planta, en caso de lesiones las termitas entran a atacar la madera. Esto ya ha sido percibido en otras especies de *Dalbergia*: "La cantidad de veta y el contraste de color varía mucho de un árbol a otro, los tallos deficientemente formados producen la madera más veteada y sumamente apreciada" (CITES, 2007).

Un árbol de Granadillo amarillo (*D. glomerata*) de 10 años 13 cm DAP raleado en las plantaciones del Edén, Nagarote solo tenía 2 cm de diámetro de duramen (Aragón, 2010), actualmente los árboles de la plantación tienen 17 años y desde los 14 años un árbol caído ya presentaban un 45% de duramen, aunque se percibe que es un duramen más suave que lo normal.

En Centro América hay al menos 6 especies *Dalbergia* que producen maderas preciosas de excelentes calidades debido a que son de alta dureza, de excelente trabajabilidad en carpintería y ebanistería, de color jaspeado muy atractivo y brillante. Se usa, tanto a nivel local como internacional, para confección de muebles finos, artesanía de alta calidad, mangos de navaja, cuchillo, paraguas y otros instrumentos. También para construir instrumentos musicales de percusión como las marimbas y xilófonos (solo los troncos de grano recto se usan para hacer las barras), castañuelas e instrumentos de viento como el oboe y la flauta, y debido a que es durable y mantiene su forma, es el material con la cual construyen las válvulas de todos los tipos de instrumento de viento y en muchos casos, al menos, las costillas de la guitarra (algunos ejemplos en Figura 14).



Figura 11. A. Plantación pura de Níambar de 7 años (distanciamiento 2.5 x 2.5 m) 10 m de altura y diámetros de 13- 14 cm a altura de pecho. B y C. Apenas está iniciando a formar duramen central en las ramas laterales que fueron tardíamente podados (Foto Fco. Xavier Escorcía).



Figura 12. De izquierda a derecha. Cortes transversales de árbol joven (± 8 años; un tallo: DAP: 12.8 cm, 10.5 m de altura) A. base con 1 cm de duramen, B. médula y centro delineada con lápiz; incluyendo la médula se cuentan 16 anillos (posiblemente el anillo ancho es de época lluviosa y el estrecho de época seca). C. Corte después de la base trianguloide de árbol ± 20 años (DAP: 32.5 cm y 17 m de altura) además de la pequeña área de duramen central, daños concéntricos a la corteza producen material oscuro parecido al duramen. La Palmita, El Sauce (A, B y C Fotos: Fco Xavier Escorcia). D. Corte transversal tronco DAP ± 12 y 12 m H; 2.6 cm duramen de 11 años Las Lomas, Niquinohomo.

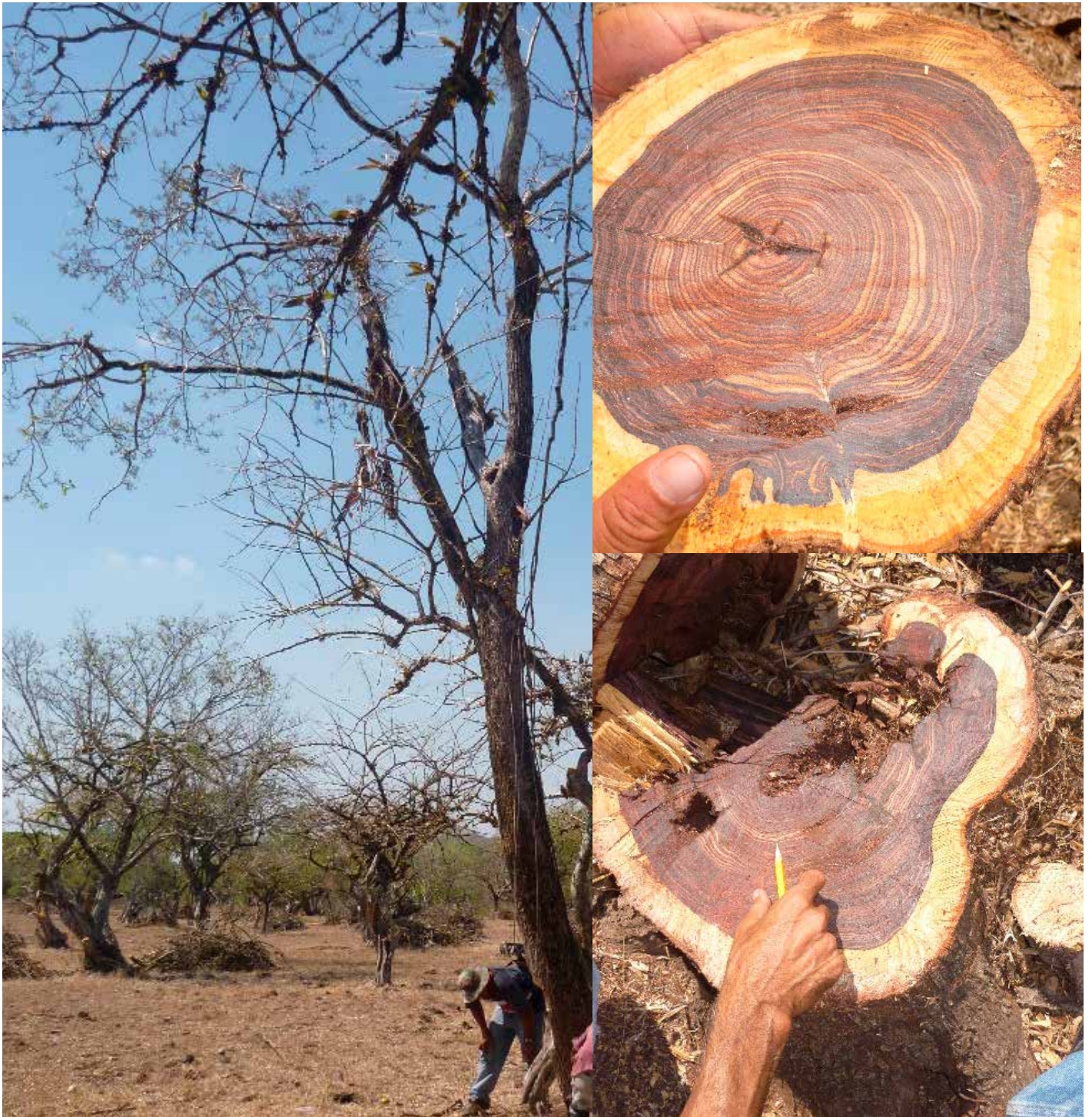


Figura 13. Siguiendo manecillas del reloj: A. Árbol de Námbar (*D. retusa*) maduro (DAP: 35 cm y 16 m de altura. Posiblemente de más de 30 años de edad) en una sabana de Jícaro ó Morro en vertisol, San Marco, El Sauce. B. Base del troco, duramen ocupaba gran volumen, daño típico a esa altura, la secuencia del daño fue fuego- hongo y termitas. C. A 1 m de la base ya no se nota el daño, un 75% del volumen es ocupado por duramen, las sinuosidades hacia fuera son indicativos de ramas desaparecidas y actuales como las proyecciones en la parte baja de la foto (Fotos Fco Xavier Escorcía).

El proceso de formación de duramen es parte de la frontera de la ciencia de la madera y en la actualidad apenas se inicia el conocimiento de su formación, se ha inducido la formación de duramen a partir de tratamiento químico a la altura de pecho con AVG (amino ethoxy vinyl glycina) en *Acacia auriculiformis* de 10 m de altura (Baqui et al, 1984). Otros han explorado los genes relacionados en la formación de duramen en el Nogal (*Juglans nigra*), (Huang et al, 2008).

Muchos árboles promueven la formación temprana de duramen cuando las raíces se encuentran con una capa endurecida o impermeable, todo indica que la formación de duramen es parte del envejecimiento de los tejidos del tronco y se acelera con el stress o cuando el árbol detecta que ya no puede seguir creciendo. Se espera que plantas reproducidas vegetativamente provenientes de árboles viejos inicien la formación de duramen de forma más temprana (madurez hormonal del tejido) que los arbolitos reproducidos de semillas cuando plantadas en iguales condiciones edafo- climáticas.

Basado en la información revisada y la información generada, se estima que la edad del turno está entre 30 y 40 años dependiendo de los sitios, entre más estresante el sitio más temprano será el turno.

Para la cosecha, dependiendo de cómo se realizará, hay que considerar que el duramen también se desarrolla en la raíz. Entonces, en el tocón y en la raíz habrá un apreciable volumen de duramen, el principal objetivo de las plantaciones de Granadillo.

Hay muchas posibilidades que en *D. retusa* la cantidad de duramen que produce cada individuo tenga bases genéticas y se deberá descubrir que poblaciones tienen la característica deseable de producir más duramen en menor período de tiempo, sin menospreciar los factores ambientales que promueve su acumulación. También la posibilidad de químicamente promover el envejecimiento o maduración para propiciar la formación de duramen. Como ejemplo, hoy día se usa en Caña de Azúcar el Trinezapac etil (Modus) para uniformizar la maduración, en otras palabras propicia la transformación de sacarosa y la movilización de ésta al tallo para la cosecha.



Figura 14. A. Madera de Cocobolo o Granadillo de árbol joven recién cortado, B. Madera de Granadillo de árbol viejo, C. Florero decorativo, D. Frutera decorativa, E. Joyero, F. Tazón o frutera: todos combinando albura y duramen, G estuche para reloj de bolsillo de duramen (diferentes sitios en Internet).

1.3. Distribución Geográfica y Ecología de las *Dalbergia* de Centroamérica.

Dalbergia es un género antiguo (56- 50 millones de años; Sprent & James, 2007) con muchas especies (Asia, África y América) que se adaptaron a condiciones inter- riberinas, pantano, bosques riparios hasta manglares, por lo que se espera que la raíz resista o tolere condiciones de inundación estacionales con cambios de pH hasta muy bajos en las condiciones anaeróbicas y de arcillas de alta plasticidad.

1.3.1. Distribución Geográfica y Adaptación Ecológica de las *Dalbergia* de Centroamérica.

D. retusa

La especie *D. retusa* está típicamente distribuida en Mesoamérica, desde el Suroeste de México hasta al Norte de Colombia. En México, Guatemala, El Salvador, Honduras y Costa Rica se le reporta en el Centro o vertiente Pacífico de los países, sin embargo en Nicaragua y Panamá se le reporta tanto en la vertiente Pacífica como Atlántica y Centro del país (Stevens et al, 2001; Marín y Flores, 2003). Se ha naturalizado en diferentes regiones tropicales y sub- tropicales de África (Tanzania) y Asia.

En Nicaragua, es frecuente en bosques semi-perennifolios, bosques húmedos, bosques secos, sabanas, bosques de galería, bosques estacionalmente inundados, laderas rocosas y secas de las zonas Pacífica y Atlántica; 20- 800 msnm (Stevens et al, 2001). Aunque muchas veces se le describa como una especie asociada a bosques riberinos, planicies fluviales, condiciones inter- riberinas y humedales.

Lo anterior es indicativo de que la especie se adapta a diferentes patrones climáticos desde los 900- 4,000 mm de precipitación, temperaturas de 24- 32 °C y a una gama muy amplia de tipos de suelo de diferentes texturas, drenajes y fertilidad, con pH desde neutro a muy ácido, desde la planicie hasta pendientes rocosos.

Basado en la información de Vargas (2005, vea Cuadro 1), en 19 años de seguimiento, notó que *D. retusa* se adapta muy bien a suelos muy arcillosos y vertisoles ácidos en condiciones secas (PP: 1,300- 1,500 mm/ anual), mostrando muy buena sobrevivencia, excelente participación en la sucesión natural y aceptable tasa de crecimiento de los árboles de la especie en condiciones naturales. En 1985 solo habían 18 brinzales que en el año 2000 ya eran 5 árboles, 6 arbolitos, 10 latizales grandes, 12 latizales pequeños y 15 brinzales. Los arboles ya tenían hasta 8 metros de altura y diámetros entre 20 y 25 cm, y los arbolitos diámetros de 15- 20 cm.

Cuadro 1. *Dalbergia retusa* en la sucesión de la Sabana de matorral hacia Bosque deciduo (Varga, 2005).

En el Parque Nacional Santa Rosa, Costa Rica, con clima monzónico (1,300- 1500 mm promedio anual con 139 días secos) en terreno de colinas y depresiones con suelos arcillosos ácidos y vertisoles sobre un subsuelo ingnimbático, con exclusión de la ganadería y el control de fuegos, Varga (2005) dio seguimiento en 21 parcelas de 10x10 m (total 2,100 m²) por 19 años a la sucesión desde la condición de Sabana de matorral a Bosque deciduo.

En el año 2000, ya había un aumento de la frecuencia de *Dalbergia retusa*, *Gliricida sepium*, *Cochlospermum vitifolium*, *Luhea candida*, *Genipa americana*, *Ateleia herbert-smithii* y *Rehdera trinervis* con muy buena distribución en los primeros 4 rangos diametrales (0 a 20 cm) de las 3 primeras especies. El aumento en la densidad y frecuencia de más de 25 especies originó una mejora en la cobertura, de: 16% en 1985, 26% en 1995 y 46,3% en el año 2000. Esto fue producto de que las especies de *Gliricida*, *Genipa*, *Luhea*, *Redhera*, *Dyospiros salicifolia* alcanzaron alturas entre los 3 y 5 m; mientras que especies de *Dalbergia*, *Cochlospermum Luhea*, *Ateleia* y *Pachira (Bombacopsis) quinata* tenían hasta 8 metros de altura. Por otro lado, las especies adaptadas a condiciones de sabana como Cu-

ratella americana, *Byrsonima crassifolia* y *Crescentia alata* tendieron a disminuir su regeneración, *Crescentia* llegó a no presentar individuos en el primer rango diametral (Varga, 2005).

Según Varga (2005), el paisaje del año 2000 cambio radicalmente, ya que la formación vegetal: sabana arbustiva que dominó en toda el área se redujo a las cimas de las lomas y a las microdepressiones que se mantenían más inundadas en estación lluviosa. Las comunidades vegetales de matorrales espinosos se ubicaron en las vertientes de las lomas y en la microdepressiones; las manchas de bosques cubrieron mayor espacio y crecieron en diversidad y cobertura, la cual llegó a 68% y 78%. En la sucesión, *Gliricida*, *Dalbergia* y *Rehdera* forman agrupaciones o colonias entre los 150 y 200 m² de superficie.

La mayor cobertura de arbustos y árboles realizó un cambio en el porcentaje de materia orgánica en el suelo de promedio de 18.26% (sd 6.04) en 1985 a promedio de 29.25 (sd 9.37) en 2000, un aumento del 62.5% de materia orgánica (Varga, 2005).

Dalbergia se comportó mejor que *Gliricidia*, una especie muy competitiva y adaptadas a esas condiciones edafo- climáticas (Varga, 2005).

Con los datos del año 2000, se realizó un cálculo para proyectar cuantas plantas con DAP mayor de 5 cm habían, resultando en 1,067 plantas/ Ha que nos permite saber que en promedio cada individuo competía a un distanciamiento promedio entre 2.2 y 2.3 m.

Aunque *Dalbergia* no es agresiva como otras especies, llegó a ocupar el 6to lugar en grado de importancia, su frecuencia es de 6- 7 individuo por cada parcela de 100 m² y su dominancia relativa fue incrementándose hasta el año 2000. Comenzó en 1985 con 18 brinzales, en el 2000 ya eran 5 árboles, 6 arbolitos, 10 latizales grandes, 12 latizales pequeños y 15 brinzales. Los árboles ya tenían hasta 8 metros de altura y diámetros entre 15 y 20 cm, y los arbolitos diámetros de 10- 15 cm. La reproducción mínima por chupones de raíces y las vainas samaroides permiten separarse de la planta madre pero generalmente no a muy larga distancia por lo cual forman colonias (Varga, 2005).

En el mes de Abril, 2001 ocurrió un gran incendio que regresó la sucesión casi a su punto inicial. El fuego fue altamente destructivo, ya que el año anterior, 2000 se contabilizaron un total de 694 individuos de 20 especies y después del incendio solo quedaron 51 individuos de 10 especies, por lo que la reducción fue de un 92.6% (Varga, 2005).

Según Varga (2005), las especies que resistieron más la pasada del fuego fueron las *pirófilas*: *Crescentia*, *Curatella* y *Byrsonima* que se mantuvieron en los rangos diametrales mayores a 15 cm, no así en los rangos inferiores donde solo aparecen un total de 15 individuos para las 3 especies entre los 0 y 15 cm de diámetro. El fuego afectó principalmente a la vegetación de la sabana, pero no penetró en las manchas de bosque localizadas en las lomas. La erosión hídrica y eólica tiende a mover materia orgánica hacia las microdepressiones y vertientes, quedando las lomas con menor cantidad de combustible y mayor área de áreas rocosas con mayor protección ante el fuego. A partir de estas manchas de bosques se reinicia la dispersión de las especies forestales.

Observaciones realizadas en el 2004 por Varga (2005) indican la reinstalación de los primeros 3 rangos diametrales de *Colochpermun*, *Rehdera*, *Dalbergia*, *Trichilia martiana*, *Ateleia*, *Lonchocarpus spp*, *Bursera simaruba*, *Simaruba glauca*, *Swietenia spp* y *Cassia biflora*, lo que hace pensar que la dinámica continuará en una evolución progresiva siempre y cuando no se presenten nuevamente fuegos. *Dalbergia retusa* reinició de nuevo su participación en la sucesión similar que en el año 1985, en el 2004 contaba con 12 brinzales, 6 latizales y 1 arbolito (Varga, 2005).

En condiciones de alta luminosidad las plantas de *D. retusa* se adaptan y compiten de forma excelente, la mejor o entre las 3 primeras (Celis, 2007; Meera & Kobe, 2007) y en condiciones de plantaciones de 5.6 años de edad, también nos muestra adaptarse al clima monzónico en suelos arcillosos desde planicie hasta laderas de 70% de pendiente con excelente sobrevivencia (88.7- 97.0%) e índices de crecimiento y productividad muy bueno entre otras especies de lento crecimiento (Piotto et al, 2004). Hay que considerar que los árboles grandes son muy resistentes a las sequías pero no así las plántulas, especialmente los brinzales.

La especie está adaptada a situaciones de anegamiento estacional con pH ácidos y muy ácidos hasta de 4.6- 4.8 en suelos ingnimbríticos (Vargas, 2001), sin embargo no crece donde hay agua estancada durante mucho tiempo (Faurby & Barahona, 1998). Se adapta bien a suelos ácidos degradados del trópico húmedo (Tilki & Fisher, 1998). Sin embargo observaciones de Faurby & Barahona (1998) indican que las plantas de *D. retusa* se quedan reprimidas y no crecen en suelos inundados por largo período de tiempo, sería interesante saber que provocaba el anegamiento, ¿una sobresaturación del suelo? o ¿una capa dura o roca impermeable?. Ver adelante caso de plantación de *D. glomerata* en El Edén, Nagarote.

Otra pregunta muy importantes es, ¿Por qué si es una especie que se adapta a los vertisoles casi no se le observa en los llanos? La causa principal es la ganadería y con la ganadería hay confluencia de al menos 3 factores:

a. *D. retusa* es muy apetecida por el ganado que ramonean las ramas de los árboles y eliminan los rebrotes. En Asia y África se plantan otras especies de *Dalbergia* para cortar las ramas y darles como forraje al ganado (Nshubemuki, 1993; NFTA, 1994; Lemmens, 2008); Según Duke (1983), el follaje de *D. sissoo* de la India contiene: 12.6- 24.1 g proteínas, 2.0- 4.9 g grasas, 42.1- 54.8 g extracto libre de N, 12.5- 26.1 g fibras y 6.6- 12.0 g ceniza; las vainas contienen solo 2% de taninos.

b. Se eliminan las plántulas como maleza en la limpia de potreros y

c. Las plántulas (brinzales y latizales) son afectadas por el fuego que es una técnica de sabanización usada por los ganaderos para mantener potreros con hierbas y especialmente dominancia de gramíneas.

Hay mito sobre que los árboles de *D. retusa*, igualmente sus plántulas y rebrotes son resistentes al fuego. Realmente los árboles no resisten incendios de copa y las plántulas son eliminadas por los fuegos rasos, sin embargo, después de los fuegos habrá rebrotes a partir de raíces y según Vargas (2005; ver Cuadro 1), colonización por nuevas plántulas de semillas dispersadas por los árboles de los bosques vecinos.

***D. glomerata* (*D. tucurensis sensu lato*).**

D. glomerata, está ampliamente distribuido en la vertiente al Caribe y parte central de Centroamérica, del sur de México a Costa Rica. Rara en bosques caducifolios, nebliselvas, zona montañosa Central y alta de Centro América de 1000- 1,200 msnm (como *D. tucurensis*) y de 1,300- 1,500 msnm (como *D. palo-* escrito y *D. tilarana*). Esta especie (en la forma de *D. cubilquitzensis*) es frecuente observarlo 40- 950 msnm en los bosques ribeños ó galerías, bosque de Pino- Encino de la parte central y y en el bosque latifoliado siempreverde inter-riberino de la vertiente Caribe. Desde el sur de México a Costa Rica. Se establece en los suelos limosos con las mejores condiciones de humedad y de drenaje.

Hay plantaciones que muestra que *D. glomerata* se adapta y crece aceptablemente en las condiciones secas de la vertiente Pacífica (Nicaragua) pero tanto en estas condiciones como en las condiciones húmedas (Petén), se observó que no resiste suelos pocos profundos con capa de roca impermeable por lo que se anegan por largo período, después de cierto tiempo y tamaño de árboles, éstos se caen por tener un sistema radicular poco desarrollado y deteriorado por el exceso de humedad.

En algunos cafetales se encuentran rebrotes de tocones ya maduros de *D. glomerata* (como *D. tucurensis*). Se encontró abundantes brotes provenientes de las raíces de un árbol viejo de granadillo que había sido talado. Los rebrotes poseen hojas más grandes de lo normal y son bastante ramificados. En *D. calycina* también se observó la habilidad de rebrote similar (Knoblauch, 2001).

D. calycina

D. calycina crece a 600- 1,700 msnm en bosques altos o medianos siempreverde, bosque de pino-encino o bordes de bosque nubosos (montano bajo) de México a Costa Rica. Se sitúa en laderas volcánicas jóvenes, pedregosas y abruptas. Muchos individuos penden de los acantilados y tienden a reproducirse por yemas de las raíces expuestas. Pudiendo tener de 3 hasta 6 individuos de una misma planta. Solo los individuos de la cima o de lugares planos logran formar un fuste arbóreo de hasta 15 m de alto y hasta 0.83 cm de diámetro DAP, lo que no es muy frecuente porque es altamente demandado por su madera oscura (Ébano).

D. stevensonii

D. stevensonii se presenta en Bosque latifoliado siempreverde sobre sustrato kárstico, plano ("los bajos": estacionalmente inundados) a ondulado de 50 a 350 msnm. Desde el Frente Transversal Norte (FTN: Huehuetenango, Quiché, Alta Verapaz e Izabal) y Petén en Guatemala, además Belice y Sur de México.

En el campo, se ha notó que se presenta de forma gregaria, frecuentemente árboles con varios tallos desde la base y forma naturalmente rebrotes de tallos nuevos desde la raíz; posiblemente toda una colonia puede ser la misma planta reproducida vegetativamente de forma natural.

D. calderonii

Se presenta en los Bosques caducifolios de los 500 a 850 msnm. Desde Chiapas, México a Nicaragua.

1.3.2. Situación de las Poblaciones de *Dalbergia*.

El bosque seco tropical de América Central, el principal hábitat de *D. retusa*, han estado sometidos a influencias humanas de modificación de la cubierta vegetal por lo menos durante 11.000 años (Murphy & Lugo, 1995). La conversión de bosque seco tropical en tierra agrícola y de pastoreo se ha producido a altas tasas por los últimos 400 años (Maass, 1995). En la actualidad, la relativamente alta densidad de la población, somete al ecosistema a una presión masiva, por lo que la mayor parte del bosque sobreviviente ha resultado afectado por la extracción de árboles y el pastoreo del sotobosque (Murphy & Lugo, 1995) y se considera al bosque seco, el ecosistema tropical principal más amenazado, con menos del 2% intacto (Janzen, 1988); y es menos del 0,1% del bosque seco original que se encuentra en estado de conservación en la vertiente del Pacífico de Mesoamérica (Maass, 1995).

Según Belteton (2016, siguiendo a Standley & Steyermark, 1946), *D. retusa* antes se distribuía ampliamente en las planicies costeras en las regiones de Pacífico Sur de Guatemala pero, después de las últimas exploraciones, solo se ha encontrado una población de esta especie en Suchitepéquez (48 árboles) y unos pocos árboles dispersos en Santa Rosa y Escuintla.

Según revisión de Belteton, en Costa Rica, *D. retusa* es reportada para el bosque seco de la Provincia de Guanacaste; en las áreas más secas de la Península de Nicoya, en las Áreas de Conservación Guanacaste (Parque Nacional Santa Rosa y Parque Nacional Guanacaste), Área de Conservación Tempisque (Parque Nacional Palo Verde, Reserva Biológica Lomas de Barbudal) y en el Área de Conservación Pacífico Central (Refugio de Vida Silvestre Curú) y en el Centro Ecológico la Pacífica en Cañas. Se localizaron y georeferenciaron 1,213 individuos de *D. retusa*, que equivale a una densidad poblacional de 0.79 ind / Km, en su área de distribución natural; en la clase de

10- 19.9 cm se ubican el 51% de los individuos, para la clase de 20- 29.9 cm está el 21.6%, para la clase de 30- 39.9 cm se ubican el 10.7%, entre 40- 49.9 cm un 3.7%; los individuos entre 40 y 70 cm son sobremaduros; al mantener una tendencia de curva de distribución diamétrica en forma de una J invertida, asegura el éxito en su mantenimiento (Belteton, 2016).

Las poblaciones no son estables y son ecológicamente vulnerables en Costa Rica, lo que no permiten su comercialización y por ende afecta su conservación, protección y manejo, debido a las políticas nacionales e internacionales. Se considera vulnerable (Lista Roja UICN VU A1acd) y aunque no está en peligro crítico, podría llegar a estarlo en el mediano plazo si no se toman las medidas de conservación necesarias (Belteton, 2016).

En Nicaragua (Figura 15) hay *D. retusa* en diferentes localidades, especialmente en el Bosque Deciduo y en las Sabanas de matorrales en las zonas secas de: Villanueva, El Sauce, San Juan de Limay, Pueblo Nuevo, Somoto, Estelí, Rivas, Carazo, Boaco, Morrito, y en el Bosque Semideciduo El Almendro. Aunque no han sido estudiadas, por lo que se puede notar en el campo es que sus poblaciones tienen alta frecuencia de individuos de las clases diamétricas entre 10 y 20 cm, menor número entre 20 y 30 cm y muy pocos individuos en los diámetros mayores; estos últimos debido a que han sido recién extraídos para el comercio ilegal. Se podría concluir que la situación es similar que en Costa Rica sin embargo con una política y normativa menos consistente.

La especie *D. retusa*, se introduce naturalmente en ciertos sectores del trópico húmedo por ejemplo en el Petén, Guatemala, Alamikamba y Nueva Guinea en Nicaragua, en muchos sectores de Panamá.

En Guatemala, según Belteton (2016), solo se han encontrado árboles dispersos de *D. glomerata* (*D. tucurensis*) en los departamentos de Alta Verapaz y Quiché.

En los últimos años *D. tucurensis* sensu lato en la vertiente del Caribe de Nicaragua ha sido muy demandado en el comercio de maderas preciosas y es raro encontrar individuos de buen fuste, la mayoría de lo que queda son árboles jóvenes: latizales y brinzales. El avance de la frontera agrícola va afectando las poblaciones de *D. glomerata*, la presión de los pastizales, parcelas de cultivos, plantaciones de Caña de Azúcar, de Palma Africana, de Teca y Melina.

Según Belteton (2016), las especies *D. retusa* y *D. glomerata* (*D. tucurensis*) son las más extendidas en Honduras, principalmente en la región atlántica y el altiplano semi- seco o regiones montañosas. No hay estudios específicos sobre la situación de las poblaciones de estas especies. Sin embargo, en Honduras se identifica que la mayor amenaza para la supervivencia de las especies es el cambio de uso de la tierra (es decir, la conversión de bosques a ganadería y plantaciones de palma de aceite).

De *D. calycina*, en Guatemala solo se ha encontrado una población aproximada de unos 100 árboles en Santa Rosa (Belteton, 2016). En Nicaragua algunas decenas de árboles dispersos en los cafetales y acantilados de El Crucero, Managua y otras decenas en algunos sectores de Matagalpa y de Jinotega. Es posible que en algunos cafetales haya sido eliminado pero, es un árbol que puede integrar el sistema de sombra de los cafetales y tener doble finalidad.

En el Frente Transversal Norte (FTN) y Petén en Guatemala, hasta el momento, se han encontrado pocas (solo 4) poblaciones de *D. stevensonii* con un rango de 44 a 800 árboles (Belteton, 2016). Igual que *D. glomerata* (*D. tucurensis*), puede ser afectado por el avance de la frontera agrícola.

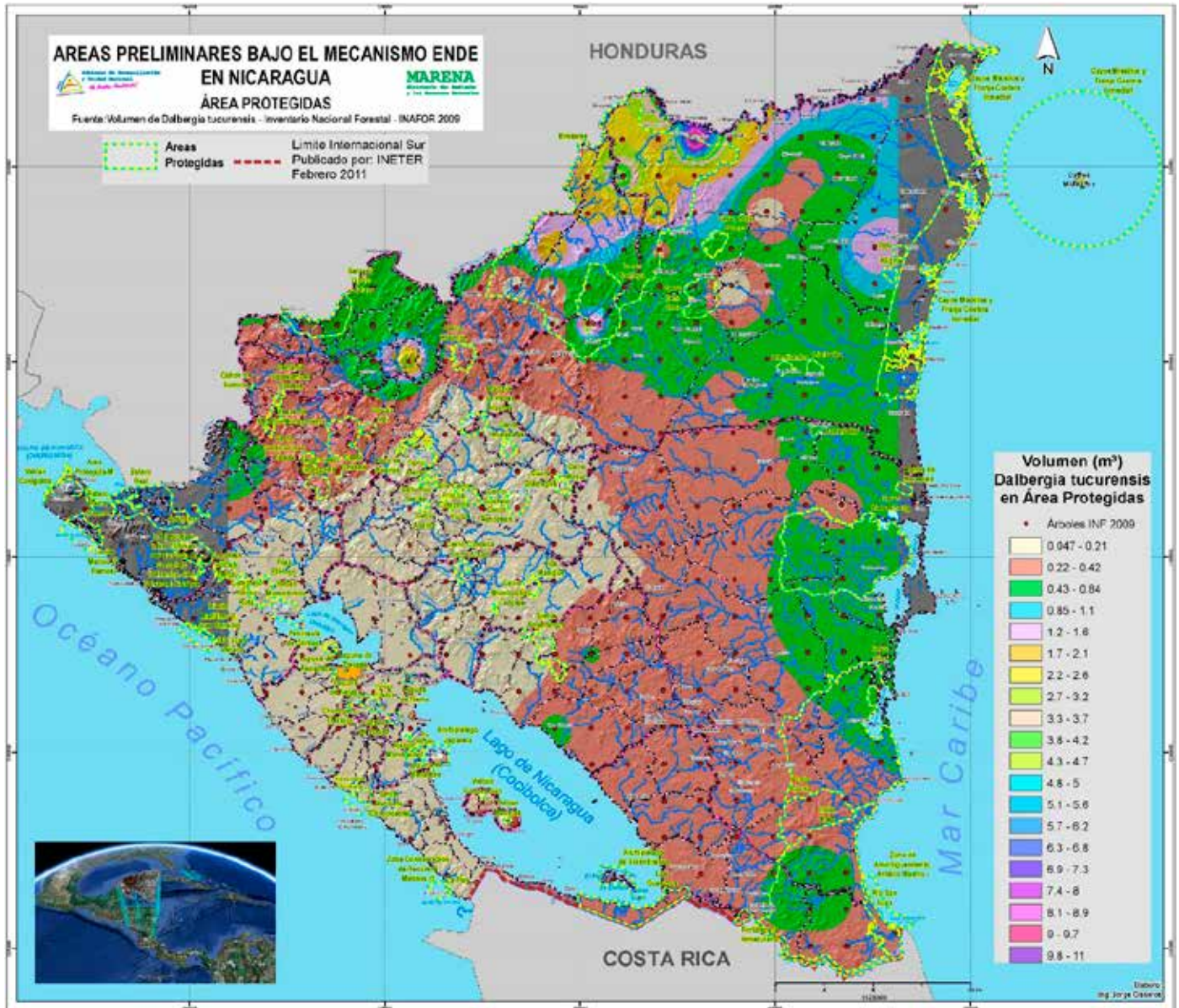


Figura 15. Densidad del volumen m³ de madera de *Dalbergia* muestreado por el Inventario Forestal Nacional de Nicaragua (1 Ha por punto) usado para comprobar efectividad de conservación de las Áreas Protegidas del SINAP, MARENA. Área en Gris oscuro, sin *Dalbergia* identificada, Gris-Beige (Centro y Pacífica) con 1.2- 1.6 m³m, Verde 0.43- 0.84 m³ y Marrón claro 0.22- 0.42 m³m. Otras áreas con mayores densidades (desde 1.7 hasta 3.2 m³) y solo puntualmente áreas con mayores densidades en la zona Norcentral y Norcaribe (Uso autorizado por MARENA y autor: Jorge Cisnero).

1.4. Aspectos Reproductivos.

1.4.1. Floración.

El arbolito de *D. retusa* florece por primera vez a la edad de 4 a 5 años (CITES, 2007). Sin embargo en plantaciones a veces se le ha visto florecer por primera vez a los 10, 12 y hasta 14 años. En *D. glomerata* se notó florecer a los 16 años en plantaciones en la zona seca. De las otras especies desconocemos esta información.

Los árboles de *D. retusa*, generalmente florecen entre Enero y Mayo, y en Nicaragua más frecuentemente entre Marzo y Abril (Stevens et al, 2002) con un segundo brote en Agosto y Septiembre (INBio, 1999; Marín y Flores, 2003). Apareciendo vainas samaroides con semillas desarrolladas de Mayo- Junio y Octubre, y hasta Enero del próximo año. Tardando el desarrollo de la vaina aproximadamente 2 meses. Lo que indica que si aparecen vainas en enero se debe a brotes florales en Noviembre- Diciembre anterior.

En Honduras la floración de *D. glomerata* es abundante y la mayor floración se concentra en Febrero y luego va declinando hasta Abril los frutos aparecen de Mayo a Junio (PROECEN, 1999 y Knoblauch, 2001), o sea que el desarrollo del ovario en vaina ocurre en un lapso de aproximadamente 2 meses, similarmente que *D. retusa*. En Guatemala esta especie se comporta similarmente que en Honduras pero, en los sitios más húmedos, la aparición de vainas puede prolongarse hasta Julio (Herrera et al (2016); es más probable que sea debido a que la floración se prolongue en vez de se tome más tiempo el desarrollo de las vainas.

D. calycina en Guatemala tiene una floración y fructificación similar que *D. glomerata* en las zonas más húmedas que prolonga la época de formación de vainas (Herrera et al (2016). En Nicaragua, en lugares donde azota el viento (El Crucero, 900 msnm), muy pocas veces se le ve produciendo flores y vainas en el sector, *D. calycina* produce flores y vainas en los lugares más soleados y resguardados del viento. Por otro lado, *D. stevensoni* en Guatemala florece de Marzo a Abril pero, el desarrollo de las vainas se retrasa desarrollando de Junio- Septiembre (?) y van madurando hasta Octubre- Diciembre (Herrera et al (2016).

Al florecer tanto *D. retusa* como *D. glomerata* son árboles sumamente atractivos para las abejas, en el primero hasta 60 especies de abejas de tamaño mediano a grande han sido informados que visitan las flores y dispersan su polen (Frankie y otros, 2002), en su período de floración hay poca especies que estén floreciendo por lo que es de alto valor para la fauna Meliponidas y Apícola.

La floración de *D. retusa* es en masa, todos los árboles de la población en edad para florecer van a floración juntos. *D. glomerata* no hace lo mismo porque algunos árboles de la población florecen y otros no. Para la última especie, Knoblauch (2001), hace referencia de cierto comportamiento bianual en Honduras, ello es que un año florece profusamente pero en el próximo año no es tan intenso o no florece, posiblemente similar a la cosecha de café.

La miel de *D. latifolia* de Asia se caracteriza por ser de color ámbar oscuro y de sabor fuerte (NFTA, 1994). Similarmente, los campesinos y productores de miel de El Sauce y Achuapa en Nicaragua confirman que *D. retusa* un excelente árbol nectarífero y que propicia una miel oscura y de sabor fuerte.

1.4.2. La polinización cruzada.

El contraste del color claro de las flores con el fondo oscuro, la fragancia (suave) y la gran cantidad de miel producida son indicativos de dependencia de las especies de *Dalbergia* en las abejas para la polinización. Lo anterior hace que haya alta probabilidad de que las flores sean de polinización cruzada obligatoria (autoincompatibles).

Bawa y Webb (1984) observaron que en *Dalbergia retusa* ocurre mucha aborción de flores y frutos

a los 10 y 20 días después de la polinización libre, concluyendo hay un exceso de flores en relación a frutos formados y se debe a efectos de selección sexual en lugar de limitación de polinizadores. Luego confirmaron la autoincompatibilidad (SI: Style Incompatibility) de las flores de *D. retusa* ya que de 184 flores autopolinizadas ninguna dio frutos, en contraste, de 137 flores que se polinizaron de forma cruzada, el 64% dio frutos y de 560 flores dejadas a polinización libre solo un 8% desarrollaron frutos maduros (Bawa y Webb 1984).

La autoincompatibilidad de las flores tiene implicaciones muy importantes y debe ser considerada en el mejoramiento genético y la reproducción por clonación de la especie (ver adelante).

Después, Seavey & Bawa (1986), listaron *D. retusa* y 2 árboles leguminosos (*Dipterix panamensis* y *Myrospermum frutescens*) como especies con mecanismo de rechazo post- fertilización pero no mayor explicación fue dada.

Gibbs & Sasaki (1998), usando polinización controlada, estudiaron los eventos de post polinización en el pistilo para dilucidar los mecanismos reproductivos de *Dalbergia miscolobium* Benth. La especie no tiene autoincompatibilidad homomórfica, pero las flores que se cruzan siempre cargan mayor número de frutos que las auto-polinizadas, aunque en los pistilos auto-polinizado se observa inicio de desarrollo de embriones. Los eventos del estudio sugieren que hay acción de alelos recesivos letales que se combinan con alguna limitación de recurso materno promoviendo la abortación de la mayoría de las semillas, es claramente un tipo de rechazo post- cigótico que disminuye la formación de frutos. Esto y las observaciones de Bawa sugieren que es un mecanismo frecuente en el género *Dalbergia*. Además, Gibbs & Sasaki (1998) revisaron que este tipo de control de auto-fertilización efectivo post- cigótico ha sido previamente observado en varias Papilionáceas herbáceas como *Lotus corniculatus* y *Medicago sativa*; los casos y números indican que en esta familia puede superar a la autoincompatibilidad homomórfica.

1.4.3. La Variabilidad Genética en las Especies del Género *Dalbergia*.

Aunque se han realizado pocos estudios de la variabilidad genética en *D. retusa*, algunos estudios de variabilidad genética se han realizado en otras especies de *Dalbergia* maderables y con poblaciones altamente amenazadas. La sobreexplotación y deforestación disminuyen y afectan las poblaciones naturales y podrían reducir la diversidad genética de la especie. Entender la diversidad genética de las especies con poblaciones afectadas es muy importante para entender su respuesta ante esa presión y desarrollar métodos de manejo eficiente para la conservación de este recurso genético.

Chavarría (2006), utilizando 5 pares de imprimadores de AFLP de 60 tamizados, estimó la varianza y los niveles de diversidad entre y dentro de 3 poblaciones de *D. retusa* en la región Pacífica costarricense. Los resultados indican que existe una alta variación genética dentro de las poblaciones. Las distancias genéticas y los dendrogramas no lograron indicar una clara diferenciación entre las 3 poblaciones.

Se han utilizado diferentes técnicas cromosómicas (aleloenzimas marcadores de loci polimórficos, microsatélites, ADN del cloroplasto y ADN ribosomal) y metodologías (heterogozidad, varianza, pruebas Fst Análisis Parsimony PAUP, Análisis cladístico Bayesiano) para estudiar la diversidad, similitud y disimilitud genética de especie de *Dalbergia* según la finalidad del estudio en cuestión (Chavarría, 2006; Ribeiro et al, 2005; Ribeiro et al, 2009; Ribeiro et al, 2010; Saslis-Lagoudakis et al, 2008; Ramos et al, 2007).

En general los estudios en *Dalbergia* muestran que las poblaciones tienen una fuerte estructura de gran diversidad genética, tanto en *D. retusa* (ya mencionada; Chavarría, 2006) como *D. nigra* (Ribeiro et al, 2005; Ribeiro et al, 2009; Ribeiro et al, 2010) del Brasil o *D. melanoxylon* de Tanzania (Amri et al, 2009). Las poblaciones en las mejores condiciones están en las áreas de reserva (Parques Nacionales, etc.) o en áreas conservadas (aunque sean pequeñas), disminuyendo en áreas con alto

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

El Neotrópico tiene una gran diversidad vegetal debido a su acumulación en el tiempo, sin embargo, ahora se ha comprobado por la comparación de material genético que hubieron eventos que aceleraron el desarrollo de la diversidad. Debido a períodos secos provocados por las glaciaciones en el pasado (desde hace 5.9 millones de años hasta hace 15,000 años), el Bosque siempreverde (lluvioso), de forma recurrente ha tenido ciclos de contracciones de superficie y luego expansiones al normalizarse la precipitación. La fragmentación del Bosque lluvioso a pequeños parches (teoría de refugios o vicariatos de especies endémicas) reemplazada por vastas áreas de sabanas y pradera indujeron la diversificación de las poblaciones fragmentadas y separadas. Muchas de las taxa que provienen de dicho proceso de especiación son árboles de interés forestal que ocupan tanto hábitat húmedo como seco (Ribeiro et al, 2010; Saslis-Lagoudakis et al 2008; Ramos et al, 2007) y tienen una estructura genética que les permite alta adaptabilidad a los cambios de clima y a la extrema reducción de sus poblaciones.

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

1.5. La Semilla y La Plántula.

Los propágulos (semillas + vaina samaróide) son adaptados para la dispersión por el viento (Bawa y Webb, 1984). Sin embargo, Marín y Flores (2003), mencionan el agua como otro agente dispersante de las semillas; posiblemente para un menor número de semilla el agua (inundaciones y fluvial) funcione como dispersor a mayor distancia.

En viveros se ha observado que las semillas frescas (del año precedente) de *D. retusa* tienen hasta de un 80- 90% de germinación. Según Knoblauch (2001) un estudio de semillas realizado por SETRO 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.

Las semillas no tienen dormancia, no es necesario pre-tratamiento de las semillas, sin embargo embeberlos por 12- 24 horas en agua acelera la germinación, la que normalmente puede tomar de 7- 12 y raro hasta 25 días. Si se almacenan las semillas con una humedad de 6- 8% a 5°C siguen siendo viables hasta por 5 años con una germinación del 60%. Un kilogramo de semilla de *D. retusa* contiene de 14,000 a 20,000 semillas (INBio, 1999; Marín y Flores, 2003; Boshier & Cordero, 2003). Una semilla desnuda, sin el indumento exterior, pesa 121 mg (CITES, 2007). Por otro lado, *D. glomerata* contiene 22,600 semillas por kilogramo (PROECEN, 1999). Pero según Knoblauch (2001), 33,467 semillas / Kg de las cuales solo 20,800 son viables pero, con todo y vaina el número es 31,026 semillas / Kg y solo 6,872 son viables.

El efecto de la temperatura en la germinación de *D. retusa* fue estudiado en laboratorio por García & di Stéfano (2000), se midió el porcentaje de sobrevivencia y longitud del hipocotilo- radícula

a semillas desinfectadas y puestas en platos Petri a 15, 20, 25, 30, 35, 40 y 45 °C. La germinación inicial es de tipo hipogea para enderezar la plúmula y luego crece el tallo epigeo. La máxima germinación (85.6%) fue obtenida a 30°C. Temperaturas menores no favorecieron la germinación. Algunas semillas pudieron germinar a 40 y 45°C. Lo que muestra que la semilla está adaptada a ambientes calurosos (García & di Stéfano, 2000).

1.5.1. Manejo de semillas

Según Knoblauch (2001), las semillas de *D. glomerat* deben ser manejadas adecuadamente de lo contrario se reduce considerablemente su viabilidad. Después de la recolección se aconseja sacar las semillas de la vaina y seleccionar la semilla descartando las que han sido atacadas por el picudo o por hongos. Después se debe guardar en bolsas de papel a temperaturas frías de 7 a 10°C. La semilla del Granadillo pierde rápidamente su viabilidad cuando es almacenada por tiempos prolongados (mayores a 2 meses) a temperatura ambiente, ya que es una semilla casi vivípara. Es importante identificar la cantidad, la procedencia de la semilla, nombre del colector, la fecha de recolección y la fecha del procesamiento de la semilla.

En el bosque húmedo maduro se presenta una regeneración escasa, en lugares con sombra especial y suelos aluviales. Sin embargo, en lugares intervenidos o fincas que poseen algunos árboles viejos de Granadillo se observa regeneración abundante cerca de los caminos y la borde de carreteras.

1.5.2. Adaptación de las plántulas.

En un experimento de campo en la isla de Barro Colorado (Trópico Húmedo), Augspurger (1984) encontró que las plántulas de *D. retusa* son tolerantes a brechas de luz y a la sombra, se comportaba como una especie que sobrevivía mejor en el sol y su crecimiento era mejor en la luz que en la sombra y la clasifica como de lento crecimiento a pleno sol y en la sombra (3 m en 18 meses). Las plantas presentan hojas más grandes en la luz que en la sombra y los cotiledones se desprendían antes a pleno sol que en la sombra.

Se ha observado que plantas grandes de *D. retusa* pueden crecer bien en interiores (de casa), pero no por todo el año (<http://www.driftwoodgardens.com/rosewooddalbergiaretusa.htm>), requiere ser sacadas al exterior y expuesta a la luz por períodos para que sobreviva.

Celis (2007) realizó mediciones del crecimiento (partición de la biomasa) y respuestas a la luz (3 tratamientos: con 100% luz natural, 37% y 2% usando tela zaranda) de plántulas de 6 especies de árboles nativos: *Pseudosamanea guachapele* (Fabaceae), *Tabebuia impetiginosa* (Bignoniaceae), *Ceiba pentandra* (Bombacaceae), *Bombacopsis quinatum* (Bombacaceae), *Dalbergia retusa* (Fabaceae) y *Tabebuia rosea* (Bignoniaceae) en el campo, bajo la competencia de 2 tipos de gramíneas: *Hyparrhenia rufa* (gramínea alta) y *Cynodon mlenfluensis* (gramínea baja), en el Centro de Conservación Santa Ana, Costa Rica.

P. guachapele tuvo el mejor comportamiento compitiendo con las gramíneas, seguida de *D. retusa*, *T. impetiginosa* y *T. rosea*, no importando el tipo de gramínea. *C. pentandra* no compitió bien con la gramínea alta. El nivel de 2% de luz redujo considerablemente el crecimiento de las plántulas de todas las especies, el nivel de 37% solo tuvo efecto en *D. retusa* (Celis, G. 2007).

Celis (2007), recomienda plantar *P. guachapele* (y el autor diría también *D. retusa*) como primer paso para reforestar en la reconversión de potreros de gramíneas en bosques. Una vez éstas se establezca y brinde sombra suficiente para reducir la cubierta de gramínea, las otras especies: *T. rosea*, *T. impetiginosa* y *C. pentandra* podrían ser plantadas.

En experimentos en maceteras, Blair & Perfecto (2004) encontraron que las plántulas de *D. retusa* se aventaja de los parches locales con mejores condiciones de fósforo para su crecimiento en la sucesión hacia el bosque deciduo. También en maceteras, Meera & Kobe (2007) encontraron que

solo *D. retusa* mostró aumento de la sobrevivencia y crecimiento relativo con el aumento de fósforo (disponible de 1 a 150 mg/ Kg de suelo), además, incrementaba la sobrevivencia y el crecimiento con la disponibilidad de luz. Basado en la sobrevivencia y crecimiento de las plántulas en diferentes condiciones lumínicas, *Cordia alliodora* responde mejor a los bajos niveles de luminosidad, *Tabebuia rosea* es predominantemente competitivo a niveles intermedio de luz, mientras que *D. retusa* presentó la mejor respuesta a los niveles más altos de luminosidad.

1.6. Propagación Vegetativa.

1.6.1. Estaca, Esqueje y Acodo.

La primera información de propagación vegetativa en *D. retusa* viene de <http://www.biesanz.com/tree.htm>: "Moví exitosamente un arbolito de 3.2 m de alto, no pareció molestar su crecimiento. De las raíces que quedaron en el lugar que lo arranqué, brotaron yemas".

En la finca La Palmita, el Ing. Forestal Xavier Escorcia y el autor, observamos el rebrote de yemas de 2 raíces independientes que habían sido separados del árbol por los discos de una grada, aproximadamente 15 días antes. Lo anterior nos permite visualizar el potencial de uso de la propagación vegetativa.

Después he observado que los árboles de *D. retusa* y de *D. calycina* que crecen en los acantilados tienen muchos brotes a lo largo de las raíces que se pueden ver en el perfil vertical. He cortado y extraído algunos esquejes y prenden bien en el vivero. También al sacar las bolsas de vivero con plántulas de *D. retusa* provenientes de semilla, las raíces habían traspasado la bolsa y brotaron tallos que se comportaban igual y de crecimiento más rápido que las plántulas desarrolladas de semillas. A éstos los extraje y pasé a bolsas con éxito.

En 3 intentos, tuve éxito de obtener una planta de acodo de una rama joven de *D. retusa*.

En muchas ocasiones he tratado de reproducir *D. retusa* de estacas, sin éxito, similar que el caso de De Vastey (1962) con *D. funera*. En la mayoría de los casos pude notar que los tallos son invadidos fácilmente por diferentes hongos. A veces pude mantener viva la estaca y promover el brote de yemas pero, sin éxito en la promoción de raíces; aun usando hormonas promotoras de raíces (Ácido 4 Indol 3 Butírico al 0.3%).

En *D. calycina* pude notar que es más fácil la reproducción vegetativa tanto de las raíces como de los tallos, sin embargo debido a que mi vivero y jardín está a 40 msnm, su crecimiento es 1/3 del crecimiento que tienen *D. retusa* y *D. glomerata*.

1.6.2. Las experiencias con *D. latifolia*, *D. sissoo* y *D. melanoxydon* en Asia y África.

1.6.2.1. Las experiencias empíricas:

En el Sureste de Asia, *D. latifolia* es frecuentemente propagado por esquejes de raíces y estacas de tallo (NFTA 1994; Lemmens, 2008):

Los esquejes y yemas de raíz deben ser extraídos de árboles mayores de 5 años de edad. Se recomienda cortar esquejes de 20 cm de largo con diámetro entre 1- 2 cm. Los brotes de raíces deben extraerse de 1- 2.5 cm de diámetro. Estacas de tallo también pueden ser utilizados.

El uso de brotes laterales de plántulas de 2- 3 años con tallos de 5 cm de longitud, diámetros de cuello de 5- 15 mm y raíces de 15 cm de largo han sido exitosamente usados. También tocón con cuello de 0.5- 1.5 cm de diámetro con 2.5- 4.0 cm de tallo y 4.5 cm de raíz ha sido usado.

Se recomienda mantener por 3 días en ambiente bajo techo el material a reproducir, antes de sembrarlo en los almácigos o en bolsas de polietileno. De las estacas (de raíz o de tallo) de 20 cm, hay que enterrar 18 cm bajo tierra y 2 cm fuera de ella.

Las yemas de raíces y de las estacas comienzan a brotar a los 9 días después de plantadas y de los esquejes de raíces aparecerán a los 15 días después de plantadas. Después de 2 meses todas las plantas producidas tendrán más o menos la misma talla.

El trasplante del material prendido no debe realizarse antes de 6 meses de vivero. La siembra al campo debe de coincidir con un período de buena lluvia, sino la sobrevivencia del material será baja (NFTA 1994).

1.6.2.2. Tecnología Mejorada Experimental:

Singh (2001), encontró que estacas de tallo de 41 clones de *Dalbergia sissoo* tienen variación significativa de: porcentaje de enraizamiento, longitud de raíz y número de raíces adventicias; recomienda incluir la habilidad de enraizar como uno de los caracteres a utilizar para la selección de árboles plus ya que facilita la producción comercial de material superior para plantar.

Según Amri et al (2010), la regeneración natural de *D. melanoxylon* es limitada por la baja disponibilidad, viabilidad y germinación de las semillas. Considerando la edad del árbol donante, la posición de la estaca en el árbol y el tratamiento de IBA¹ se estudió el mejor protocolo para la propagación vegetativa por estacas de *D. melanoxylon*. Se encontró que el efecto interactivo entre posición de proveniencia de la estaca x edad del árbol donante x tratamiento IBA fue significativo solo para porcentaje de enraizamiento y número de raíces por estaca. Además que el efecto de la edad del donante x tratamiento IBA solo fue significativo para porcentaje de enraizamiento. Las diferencias de enraizamiento observadas pueden deberse a la distribución irregular de las sustancias promotoras e inhibitoras con respecto a la edad del donante y que el IBA intensifica la promoción de raíces formadas. Estacas de plantas donantes juveniles se comportaban mejor (71.1% de enraizamiento) en todos los parámetros que el de las plantas donantes maduras (24.4% de enraizamiento). Estacas tratadas con IBA producen los más altos valores de enraizamiento, número de raíces y longitud de raíz en comparación con las estacas no tratadas, lo que revela que el tratamiento IBA tiene

una influencia en la promoción de raíces en las estacas. Concluyendo que las estacas tienen que obtenerse de árboles juveniles, que provengan de ramas de posición basal y deben ser tratadas con IBA 300 ppm para poder producir un alto porcentaje de estacas de alta calidad para programas de reforestación y conservación de *D. melanoxylon*.

En las estaciones: lluviosa y seca del año 2010, Washa (2014), realizó un ensayo (diseño en bloques subdivididos) obteniendo: 100 estacas jóvenes de 20 x menos de 1 cm de diámetro, 100 estacas medianas y 100 estacas con duramen, ambas con 1- 2.5 cm de diámetro; además se lograron 120 esquejes de raíces de 10 cm. Suelo de la rizósfera de las plantas muestreadas fue usada como sustrato de las macetas en un sistema sin nebulizador. La prueba de enraizamiento fue observada por 3 meses durante las 2 épocas. Los parámetros observados fueron: porcentaje de estacas enraizadas, con formación de callo, con brotes de yemas y número de raíces por estaca. Enraizaron: 100% de las estacas delgada (con albura), 37% de los esquejes de raíces y no enraizaron ninguna de las estacas medianas (con semi- duramen) y con duramen. Estacas con menos de 15 g de peso fueron mejores que todas las otras y se recomiendan usar para la propagación de *D. melanoxylon*.

En la Universidad de Agricultura de Faisalabad, en la primera semana de Septiembre, Khan et al (2012), cortaron estacas (de 15 x 1 cm desinfectadas con cloro proporción de 1:4 por ½ hora) de ramas de 1 año de edad de árboles plus de 15 a 20 años de edad de *D. sissoo* en los cuales se observó el efecto de 3 niveles de IBA 200 mg/l, 100 mg/l y 0 mg/l (control) con 4 réplicas de 25 estacas cada una, sembradas en 300 bolsas de polietileno. La comparación muestra que el mejor nivel de IBA es el de 200 mg/l y otros experimentos han mostrado que la sobrevivencia de las estacas

¹ Ácido Indol-3-Butírico

brotadas y enraizadas es del 80% cuando plantadas en el campo.

1.6.2.3. Micropropagación.

En la India ha desarrollado exitosamente la micropropagación in vitro de *D. sissoo* desde hace 20 años atrás (Ravinshankar & Chandra, 1989; Swamy et al, 1992) y formas diferentes de regeneración de plántulas: de cotiledones (Singh et al, 2002) y de segmentos de nudos (Chand & Singh, 2004). Entre los últimos ensayos en esta dirección están:

Boga et al (2012), usaron medio Murashige & Skoog (MS) suplementado con 6 Bencil Amino Purina (BAP) 0.5 mg/l y Ácido α -Nafataleno Acético (NAA) a 0.1 mg/l para cultivar yemas axilares de brotes jóvenes de genotipo superior de *D. latifolia*, donde un 84.96% de ellos exhibieron brote de yema axilar del segmento nodal. El subsiguiente cultivo de los brotes de yema de los explantes en medio MS suplementado con BAP (0.5 mg/l) y Ácido Giberélico (GA3) 2.5 mg/l se encontró que fue esencial para subsiguiente multiplicación de yemas y su elongación. Las yemas desarrolladas In Vitro de 4 a 5 cm de longitud mostraron una respuesta del 80% al enraizamiento en 4 semanas en medio MS a media concentración, suplementada con Ácido Indol-3-Butírico (IBA) 2.0 mg/l. Las plántulas fueron luego trasladada al campo exitosamente.

Kiondo et al (2014 a), lograron propagación in vitro de explantes de los nudos colectados de árboles maduros de *D. melanoxylon* en medio MS. Se investigó la influencia de varios reguladores de crecimiento in vitro sobre la multiplicación de los brotes. El mayor número de brotes por explantes (5.55 ± 0.18) fue obtenido en medio MS suplementado con 2.0 mg/l de 6-Bencilamina Purina (BAP) en combinación con 0.5 mg/l de Ácido α -Naftaleno Acético (NAA). Se encontró que NAA fue más efectivo produciendo raíces que el Ácido Indol-3-Butírico (IBA). La mejor respuesta en formación radicular (86.67%) con el mayor número promedio de raíces (3.88 ± 0.17) fue obtenido con medio MS conteniendo 1.0 mg/l NAA después de 6 semanas de cultivo. Las plántulas fueron adaptadas al medio y trasplantadas a macetas con sobrevivencia del 66.67%. Los pasos descritos pueden ser usados como protocolo para la multiplicación a gran escala de *D. melanoxylon* que es un árbol maderable económica y ecológicamente importante que tiene una pobre germinación que limita su multiplicación.

Luego Kiondo et al (2014b), proporcionan la alternativa de usar explantes de nudos cotiledonares. El mayor número de explantes (85.3%) se lograron iniciando brotes en medio Murashige & Skoog (MS) conteniendo 2.0 mg/l de 6-bencil amino purina (BAP) y 1.0 mg/l Ácido α -Naftaleno Acético (NAA) con la mayor multiplicación de brotes (6.12 ± 0.13) de los segmentos nodales. Los brotes enraizaron mejor (92%) en medio MS conteniendo 1.0 mg/l NAA con 5.89 ± 0.47 raíces por micro-brotes. La plántulas se sembraron en macetas con suelo de bosque esterilizado mezclado con arena (1:1) y aclimatados en el vivero. Después de 4 semanas 84.6% de las plantas sobrevivieron.

1.6.3. Propagación Vegetativa de *D. retusa*.

Es de mucho interés poder reproducir a los diferentes Granadillos de forma vegetativa debido a que las vainas de la mayoría de las especies (exceptuando *D. stevensonii*) están listas para cosecha justo al inicio de las lluvias (mediado de Mayo a comienzo de Junio) y es muy difícil realizar esa cosecha, si no se realiza antes de que llueva, se pierde la oportunidad.

Es oportuno tener plántulas listas para plantar en Mayo- Junio pero las semillas del año anterior ya han perdido mucha de su viabilidad, aun guardadas en cuarto frío.

En la propagación vegetativa (clonación por estacas, acodos y hasta micro-propagación), sería muy interesante lograr la reproducción vegetativa (clonación) de material de árboles que ya tienen buena cantidad de duramen formado, debido a que hay una gran posibilidad de adelantar la producción de duramen y poder lograr turnos de corte a los 17 a 20 años, en otras palabras adelantar el ciclo de corte por 13 a 10 años respectivamente.

Esto es probable ya que se ha observado que después de corta normal, el tocón rebrota y se pueden manejar de 1 hasta 3 vástagos cosechables a los 15 años, así sucesivamente en un manejo policíclico.

La reproducción vegetativa (incluyendo la micropropagación) nos lleva a situaciones nuevas:

Ejemplo 1. Similarmente que en las estacas e injerto, las plantas reproducidas en 3- 4 años de desarrollo tendrán la edad de la planta madre, lo que puede ser conveniente en lo que respecta al desarrollo temprano de la producción de duramen; habrá que probar de reproducir clones de individuos maduros que ya tienen buena cantidad de duramen.

Ejemplo 2. Reproducir un solo individuo que por ser autoincompatible y no haber suficiente polen en la población natural, será casi estéril, entonces toda la energía utilizada para formación de semilla se invertirá en el crecimiento.

Ejemplo 3. Se puede fabricar una población Sintética con aporte proporcional de individuos clones de al menos 10 fuentes muy similares en hábito de crecimiento en una plantación aislada, ésta proporcionará semilla sexual de calidad genética mejorada.

1.6.3.1. Estacas brotadas y enraizadas.

Volviendo a *D. retusa*, en una nota de www.elmundoforestal.com, leí que habían logrado reproducir Cocobolo por estaca en Costa Rica, les escribí y me contestó la Ing. Yamileth Sánchez Vargas (2017) que la experiencia la realizaron con estacas de unos 2 cm de diámetro, cortadas en meneguante y tratadas con la hormona ácido indol butírico, enraizadora en polvo (Agriroot). Plantadas en un sustrato de piedra pómez muy fina desinfectada adecuadamente. Ello representa un excelente logro tecnológico para el futuro manejo de la especie en Centroamérica.

1.6.3.2. Inicios de la Micropropagación de *D. retusa*.

También en Costa Rica, se inició los primeros pasos de micropropagación de *D. retusa* (Valverde & Alvarado, 2004) con un buen porcentaje de explantes con brote (de 60.4 a 92.9%) con buena promoción de raíces pero el promedio de brotes de raíces por explantes es apenas de 1.8- 2.0 por lo que la tecnología está muy próxima, pero aún no se está multiplicando eficientemente el material.

1.7. Nodulación y Micorrización.

1.7.1. Nodulación.

La fijación biológica de nitrógeno depende de la presencia de la correcta cepa de bacteria *Rhizobium* en la especie vegetal en cuestión. Inocular con *Rhizobium* garantiza la asociación de la correcta bacteria con la planta para la fijación de nitrógeno. Por el valor de unos dólares de inoculante se puede ahorrar cientos de dólares en la compra de fertilizantes nitrogenados, usando los ciclos naturales de retorno de la materia orgánica y el nitrógeno al ecosistema de la finca. El uso de inoculantes puede ser parte de la rehabilitación de las tierras degradadas, disminuyendo los costos del establecimiento y mantenimiento de las plantaciones (Wilkinson & Elevitch, 2010).

Cuando la correcta cepa de *Rhizobium* está presente, el nitrógeno se estará fijando naturalmente en los nódulos, los nódulos pueden ser detectados en las raíces de la planta, en cada nódulo se alojan millones de bacterias *Rhizobium*. Si el nódulo se corta o se abre y se nota un color rojizo o rosado es un buen indicador de que hay actividad efectiva de fijación de nitrógeno; entonces, la efectividad se puede comprobar visualmente! La cepa de *Rhizobium* va a multiplicarse en los suelos mientras las plantas vivan (Wilkinson & Elevitch, 2010).

De 600 géneros de Leguminales cerca de 16,000 especies, menos de 16% han sido revisados de presencia de nodulación, mayoritariamente especies Mimosáceas. De 482 géneros de Fabáceas con 12,000 especies, 1,024 (8.5%) especies han sido examinados (entre las cuales predominan las especies de producción de grano y forrajeras) de los cuales 959 especies de 175 géneros han sido

encontrados que nodulan, entre ellos se sitúa el género *Dalbergia* con varias especies forestales examinadas (*D. lanceolaria*, *D. sissoo*, *D. sericea*, *D. sissooides*), (Sprent & James, 2007).

Hace 59 millones de años inició la aparición de las Leguminales y entre los 56 a 50 millones de años apareció la nodulación simbiótica. Los nódulos más primitivos están en el grupo de las leguminosas Dalbergioides, en el cual el tipo de nódulo es Aeschynomenoide (formación típica de nódulos elipsoides en el género *Aeschynomene* de las Fabaceas).

La infección Aeschynomenoide ocurre a través de roturas de las raíces laterales o en el punto donde va aparecer las raíces adventicias donde ocurrirá pérdida de actividad meristemática, aunque, hay divisiones del tejido huésped para alojar de forma uniforme a las bacterias. A medida que en la infección penetra, las bacterias pasan entre las células del tejido de la raíz, pudiendo ser envueltas por material extracelular, en su penetración infectan algunas células y otras no, por lo que en el tejido infectado también hay células no infectadas, pero su proceso de infección no es transcelular (Its), la infección transcelular es evolutivamente más especializada (Broughton et al 2000).

Este tipo de infección simbiótica es encontrado entre las leguminosas Dalbergioides y Genistoides. Lo que acontece en aproximadamente el 25% de los géneros Leguminales. (Sprent. & James, 2007). En el grupo se encuentra las importantes especies de grano (*Lupinus*, *Arachis*) y forrajera (*Stylosanthes*) pero han sido muy poco estudiados (Broughton et al 2000).

Según Kannaiyan. (2002), se ha observado que *D. sissoo* nodula tanto con las cepas de *Rhizobium* spp de rápido y de *Bradyrhizobium* spp de lento crecimiento.

1.7.2. Micorrización.

La ocurrencia de EctoMicorriza (ECM) en Leguminales es esporádica. La típica ECM con una mancha- vaina (red de Hartig) es característico de algunas Caesalpináceas, en esta familia que no presenta nódulos hay una sección que solo presenta géneros que tienen ECM y otros que tienen Micorrizas Arbusculares (AM) (Sprent 2007).

Esto sugiere un origen común de ECMs en esta rama, son mayoritariamente árboles de los bosques lluviosos de África. Las EMCs son encontradas principalmente en la capa de desechos vegetales, a como son los nódulos entre los pocos que nodulan pero profusamente (Sprent, 2005).

Las leguminales con ECMs son vitales para la dinámica del fósforo en estos bosques. Es conocido que los nódulos y las ECMs en leguminales son mutuamente exclusivos, pero hay especies que normalmente forman ECMs y no nodulan, sin embargo pueden formar AMs y luego pueden nodular. También hay casos de plantas que no nodulan pero pueden formar AMs en ciertas situaciones en los trópicos, lo que les debe permitir intercambiar nutrientes con leguminales que forman AMs y nodulan.

Pereira et al (2009), menciona que las Micorrizas Arbusculares (AM) entre la mayoría de las plantas y los hongos Glomeromycota (por ejemplo: *Gigaspora margarita*) son muy útiles para el desarrollo de la agricultura sostenible, varias especies fueron usado para micorrizar con éxito a 3 especies forestales: *Dalbergia nigra*, *Schinopsis brasiliensis* and *Astronium fraxinifolium*. Entre los beneficios obtenidos está; el incremento en la absorción de nutrientes poco móviles en el suelo como: P, Cu y Zn; mejora de la resistencia a patógenos, resistencia a escasez de agua en el suelo y contribución a la formación de la estructura del suelo.

La inoculación de árboles leguminosos con *Rhizobium* y Micorrizas vesiculares arbusculares (AM) mejoran el crecimiento pero no mucho más que las inoculadas solo con *Rhizobium* (Bisht et al, 2009).

En el esfuerzo de optimizar la propagación vegetativa de *D. melanoxyton*, se investigó los efectos

de la inoculación con Hongo Micorrizico Arbuscular (AMF del inglés) sobre la habilidad de enraizar de estacas de tallos que previamente habían sido tratadas con la auxina Ácido Indol 3-Butírico (IBA). Amri (2015), usó 3 niveles (v/v) de inóculo de AMF con respecto al sustrato: Control, 1:1, y 1:2 y dos niveles de tipo de estacas por su posición en el tallo o rama: basales y medias. Los parámetros de enraizamiento usados fueron: porcentaje de enraizamiento, número de raíces, longitud de raíz y peso seco de raíces. El análisis de varianza denota que el efecto de la inoculación fue significativo ($p < 0.001$) para los diferentes tratamientos y que la cantidad de inóculo fue significativa ($p < 0.05$) mejorando los parámetros radiculares observados. El máximo porcentaje de enraizamiento (67.28%) fue para las estacas de posición basal. Se concluye que AMF tiene una fuerte influencia en mejorar la habilidad de enraizar de las estacas de *D. melanoxylon* tratadas con auxina y se concluye que se debe de usar inóculo de AMF para mejorar el enraizamiento de las estacas tratadas con IBA para obtener el mejor material para los programas de reforestación y conservación de *D. melanoxylon*.

Se realizaron observaciones de campo en El Sauce, Nicaragua, se desenterraron y observaron las raíces de 5 plantas juveniles (entre 1.0 y 2.5 m), 2 plantas eran de regeneración natural en suelo vertisol y 3 plantas provenían de plantaciones (2.0, 2.4 y 2.5 m) de estos el más bajo estaba en suelo vertisol, los otros dos de suelos arcillosos (Meyrat, 2010).

De las dos plantas naturales ambas muestras presentaban muchas hifas blancas muy delgada en la rizósfera y sectores de la raíz secundaria (de la parte media hacia el ápice) presentaba un tejido corchoso blanco- grisáceo que la rodeaba a diferencia del resto de raíces que presenta epidermis como pergaminoso de color ámbar. Por todas las características se concluye que había presencia de Ectomicorriza en ambas plantas. El suelo era en ambos casos vertisol con mucha presencia de detritos vegetales y estaban húmedos debido a que había llovido la semana anterior (Meyrat, 2010).

La única planta que presentaba nódulos (Figura 16) fue la muestreada en un suelo Franco arcilloso, los nódulos ocupan la misma posición de la rizósfera, donde en las otras plantas se encontró micorrizas; los nódulos eran bastante numerosos en las intersecciones de las raíces secundarias y terciarias, y en las intersecciones entre terciarias y cuaternarias; la base del nódulo está rodeado de una escama de la epidermis pergaminosa, son oblatos (menos de 0.5 mm de largo) de color ámbar oscuro con el ápice más claro, casi amarillo (Meyrat, 2010).

Es lógico haber encontrado micorrizas en los vertisoles, generalmente esta simbiosis se presenta en condiciones de suelos áridos donde la planta tiene desventaja de absorción de agua, minerales y fósforo. También era lógico no encontrar nódulos donde había ectomicorriza; asimismo no encontrar micorriza donde la planta estaba nodulada.

Es posible que en las plantaciones no se encontró micorrizas ya que se fertilizan y ello desestimula la simbiosis, pero si se encontró nodulación porque la fertilización de fósforo y de nitrógeno inicial no desestimula, más bien favorece la formación de nódulos (Meyrat, 2010).



Figura 16. Raíces secundarias de la única planta de *D. retusa* nodulada en el muestreo en El Sauce, los nódulos son señaladas con flechas rojas en la foto de la derecha (Foto Glenda Bonilla).

Es notorio que los 3 individuos plantados carecían de raíz pivotante y una presentaba un defecto de cuello en S, este último es problema en el momento de plantar y las dos anteriores pueden tener origen en el vivero (plantas de probetas) por lo que hay prestar atención si ello pueda ser un problema en el desarrollo de las plantaciones (Meyrat, 2010).

1.8. Plagas y Enfermedades.

Boshier & Cordero, 2003 informan que las hojas de *D. retusa* son atacadas por *Colletrochicum* sp. y *Uredo* sp aunque no indican la gravedad de estos ataques.

Un sinnúmero de insectos herbívoros atacan el follaje las especies de *Dalbergia* pero ninguna ha sido reportada como un problema, se conocen diferentes insectos que perforan el tallo pero generalmente no son la causa del daño primario sino que aparecen una vez el árbol o parte del árbol muere.

Hay poca información estructurada sobre este tema para *D. retusa*, sin embargo, las especies de *Dalbergia* asiáticas han sido más estudiadas debido a que han sido plantadas por mayor período de tiempo.

Además, hay una enfermedad epidémica que causó alarma en el Sur de Asia al finalizar los años 90's este es el "damping-off" o la Fusariosis de *D. sissoo* y *D. latifolia*, que es una enfermedad potencial para *D. retusa* y los ejemplos de las estrategias usadas, sirve para prevenir que algo similar afecte las plantaciones en Nicaragua.

La Fusariosis, ocurre durante los meses más húmedos de año. Los síntomas característicos es el amarillamiento y muerte de las hojas de abajo hacia arriba (acropétalo) y como resultado todo el árbol amarillea, luego las hojas se caen y las ramas quedan totalmente desnudas, el árbol se marchita y finalmente muere. Los árboles más viejos son más susceptibles a la mortalidad. Es típico que la parte externa de la albura presente manchas de rosadas a rojizas características, a veces también penetra hasta la albura interna pero no se nota cambio de color en el duramen. La zona manchada progresa desde la albura de la raíz hacia el tallo y en las últimas etapas de la marchitez ha llegado a los 3- 5 m de la superficie. Por debilitación del árbol, la corteza es atacada con perforaciones de penetración de insectos (*Euplatypus* sp., *Coleoptera: Platypodidae*) y se manchan del mismo color (Baksha & Basak, SF). Gran parte de los árboles muertos están ubicados en lugares con mal drenaje, al menos estacionalmente, por desnivel pero más comúnmente por compactación de suelo (Baksha & Basak, SF).

El agente causal de la mortalidad de Sissoo es el hongo *Fusarium solani* (Mart.) Appel & Wr., (*F. solani* f.sp. *dalbergiae*) que es un parásito facultativo que habita el suelo donde funciona como saprófita (Baksha & Basak, SF).

Biología y Silvicultura de las especies de *Dalbergia* en América Central

Control Cultural. Webb & Hossain (2004) encontraron que la disminución de la densidad de plantación redujo notablemente la mortalidad por Fusariosis, en cada caso hay que hacer análisis económico de lo que significa.

Control Biológico. De plántulas de *D. Sissoo* infestadas se aislaron 3 hongos patogénicos: *Fusarium solani*, *F. moniliforme* (*Gibberella fujikuroi*) y *F. oxysporum f.sp. dalbergiae*. Seis agentes de control biológico fueron evaluados en condiciones in vitro y in vivo, los resultados indican que *Gliocladium virens* y *Bacillus subtilis* fueron los antagonistas más efectivos y significativamente controlan la enfermedad. (Kaushik, J.C., Mandal, B.S. & Sushil Sharma, 2003).

Medición de susceptibilidad y resistencia de la especie forestal y virulencia del patógeno. Se muestreó suelo y semilla de diferentes sitios de ataque de Fusariosis, se prepararon suspensiones de espora de *Fusarium solani f.sp. dalbergiae* para sumergir las raíces de plántula de diferentes proveniencias; se plantaron en almácigos observar la evolución de la enfermedad, clasificando 4 categoría de resistencia a la enfermedad, desde Muy Resistente a Muy Susceptibles. Algunas proveniencias de patógenos eran mucho más virulentas en comparación con otras conocidas (Shukla, 2008).

Control con Resistencia Genética. Usando índices de selección, entre ellos resistencia a Fusariosis, 300 clones de *D. sissoo* fueron seleccionados. En evaluación temprana, 36 clones fueron promovidos para las condiciones de localidades geográfica específicas para aplicación del test de desenvolvimiento de la interacción G X E (Genotipo x Ambiente), (Kumar et al 2009).

2. BASES PARA LA SILVICULTURA DE LAS DALBERGIA DE CENTROAMÉRICA.

2.1. El Crecimiento de las *Dalbergia* (Altura, Diámetro a Altura de Pecho. Volúmen del Fuste y Volúmen de Durámen).

2.1.1. El Crecimiento comparativo de *D. retusa* con Comenegro, Genízaro, Gavilán del Pacífico y Teca en plantaciones puras y mixtas.

Comparación del crecimiento y productividad de 5 de las 14 especies plantadas en el experimento de Piotto et al (2004): Comenegro, Námbar, Genízaro, Gavilán del Pacífico y Teca en plantaciones puras y mixtas en el trópico seco.

Un experimento de crecimiento y productividad (Piotto et al, 2004) se ubicó en el trópico seco de Costa Rica en una localidad de 10- 100 msnm con diferentes condiciones de pendiente (0- 70%), temperatura media anual de 27.5°C, precipitación media anual de 2,350 mm (5 meses secos) con suelos Typic Haplustalf (pH: 5.9- 7.3) de media a alta fertilidad. Se compararon 13 especies nativas en plantaciones (3x3 m) puras (25 árboles/ parcela) y mixtas (20 árboles/ parcela) con *Tectona grandis*, una especie exótica ampliamente plantada en la región, las plantaciones experimentales fueron organizadas en: especies de lento y especies de rápido crecimiento siguientes:

Especies de Lento Crecimiento: *Platymiscium parviflorum* Benth. (Fabaceae), *Swietenia macrophylla* King (Meliaceae), *Cedrela odorata* L. (Meliaceae), *Platymiscium pinnatum* (Jacq.) Dugand ex Seem. (Fabaceae), *Astronium graveolens* Jacq. (Comenegro; Anacardiaceae), *Dalbergia retusa* Hemsl. (Námbar; Fabaceae), *Samanea saman* (Jacq.) Merril (Genízaro; Mimosaceae); Piotto et al (2004).

Especies de Rápido Crecimiento: *Vatairea lundelli* (Standl.) Killip (Fabaceae), *Terminalia oblonga* (Ruiz & Pav.) Steud. (Combretaceae), *Pseudosamanea guachapele* (Kunth) Harms (Gavilán del Pacífico; Mimosaceae), *Anacardium excelsum* (Bert. & Balb. ex Kunth) Skeels (Anacardiaceae), *Platymiscium pinnatum* (Jacq.) Dugand ex Seem. (Fabaceae), *Sterculia apetala* (Jacq.) Karst. (Sterculiaceae), *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake (Caesalpiniaceae), *Tectona grandis* (L.f.) Lam (Teca; Verbenaceae); Piotto et al (2004).

Según Piotto et al (2004): En sobrevivencia, *D. retusa* y *S. saman* mostraron las mejores tasas (Cuadro 2). En general, las especies no mostraron diferencias entre parcelas puras y mixtas ($P < 0:05$).

En la plantación de especies de lento crecimiento, *S. saman* y *D. retusa* resultaron con los mejores crecimientos, seguidos de *A. graveolens* y *S. macrophylla*; mediciones en la plantación de especies de rápido crecimiento mostró que *S. parahyba* presentó mayor crecimiento en parcelas puras y mixtas, seguido de *T. oblonga*, *A. graveolens* y *P. guachepele*. Además, en la plantación de especies de rápido crecimiento, *P. guachepele* mostró la más alta tasa de sobrevivencia, las otras especies presentaron altas tasas de mortalidad (Piotto et al, 2004).

Entre las especies de lento crecimiento, *S. saman* and *D. retusa* mostraron las mayores alturas (Cuadro 2), seguido de *A. graveolens* y *S. macrophylla*, sin diferencias ($P < 0:05$) entre plantaciones puras y mixtas (Piotto et al, 2004):

Según Piotto et al (2004), *S. saman* presentó buen crecimiento tanto en plantaciones puras como mixta (Cuadro 2) con tasas comparables de plantaciones de 8 años de edad en el trópico seco de Nicaragua en 1995 (altura 1.2 m/ año y DAP 1.8 cm / año), así como en plantaciones mixtas de 6.6 años en Liberia, Costa Rica (altura 0.9 m/año y DAP 1.8 cm /año). Aunque su productividad fue menor de 5 m³/ Ha / año que es mucho menor que cifras reportadas por otros autores de 10- 15 y 25- 35 m³/ Ha / año (nota del actual autor: posiblemente debido a que los últimos incluyeron las ramas en el estimado).

Biología y Silvicultura de las especies de *Dalbergia* en América Central

Cuadro 2. Supervivencia, Crecimiento, Área Basal y Volumen a los 5.7 años de edad^a de 5 especies seleccionadas de las 14 especies del estudio de Piotto et al (2004).

ESPECIES	PARCELA	SOBRE-VIVENCIA (%)	ALTURA TOTAL (m)	DAP (cm)	ÁREA BASAL (m ² / ha)	VOLUMEN (m ³ /ha)
ESPECIES DE LENTO CRECIMIENTO						
A. graveolens	Pura	66.0(19.5) abc	4.71 (0.67) bcd	6.48(1.04) cdef	2.72 (1.38) cde	8.86 (5.41) c
	Mixta	75.0(7.1) ab	5.35(0.84) bcd	8.01(1.18) bcd		
D. retusa	Pura	97.0(1.9) a	5.40(0.34) bcd	6.99(0.61) bc-def	4.24 (0.77) c	12.60 (2.83) c
	Mixta	88.7(5.6) a	5.87(0.37) b	7.51(0.37) bcde		
S. saman	Pura	90.0(7.4) a	6.09(0.29) b	9.89(0.72) bc	7.93 (1.52) b	27.19 (6.07) b
	Mixta	85.0(11.8) ab	5.47(0.87) bc	9.25(1.96) bc		
Mezcla de 7 especies					3.43 (0.70) cd	11.25 (2.76) c
ESPECIES DE RÁPIDO CRECIMIENTO						
P. guachapele	Pura	90.0(2.6) ab	5.04(0.28) def	8.09(1.01) bcde	5.42 (1.34) bcd	15.88 (4.32) c
	Mixta	92.5(3.3) a	6.42(0.50) cde	9.79(0.43) bcd		
Mezcla de 7 especies					8.04 (2.21) bc	52.72 (16.70) abc
T. grandis	Pura	46.2(6.6) cde	16.38(1.43) a	26.06(2.75) a	15.33(1.38) a	84.69 (9.34) a
	Mixta	90.0(5.3) ab	10.71(0.34) bc	14.04(1.05) bc		

^a Cada variable de la plantación se compara entre especies y entre parcelas de especies de lento y rápido crecimiento. Medias presentan diferencias significativas cuando la desviación estándar es seguida de diferentes letras en la misma columna (P < 0:05).

Basado en Piotto et al (2004), entre las especies de rápido crecimiento, las mayores alturas y diámetro fueron de *S. parahyba*, tanto en parcelas puras como mixtas, seguido de *T. oblonga*, *A. excelsum* y *P. guachapele* sin diferencias entre ellos en parcelas puras y mixtas (P < 0:05).

S. saman y *P. pinnatum* presentaron los mejores crecimiento en las plantaciones puras. Las otras especies, al contrario, presentaron los mejores crecimientos en condiciones de plantaciones mixtas. En las parcelas mixtas, el mayor diámetro lo obtuvo *C. odorata* seguido de *S. saman*, *S. macrophylla*, *A. graveolens* y *D. retusa* sin diferencias significativas (P < 0:05) entre parcelas puras y mixtas; a excepción de *C. odorata* que presentó mayores diámetros (P < 0:05) en las parcelas mixtas (Piotto et al, 2004).

S. saman, *D. retusa* and *S. macrophylla* presentaron las más altas productividad entre las especies de lento crecimiento con respectivas área basal de 7.93, 4.24 y 4.15 m² / ha. Esos valores son mayores que las obtenidas en las parcelas mixtas (3.43 m²/ha). El valor obtenido por *S. saman* es significativamente diferente (P < 0:05) que el resto de las especies y la mezcla de especies y representa una diferencia de cerca de 87% de *D. retusa* y casi 131% de la mezcla de especies (Piotto et al, 2004).

Según Piotto et al (2004), *A. graveolens* y *D. retusa* muestran incrementos DAP mayores de 1 cm / año (Cuadro 2), lo que es mayor que valores en otras plantaciones puras y mixtas estudiadas en Guanacaste, Costa Rica (que es más seco: PP de 1,300. 1500 mm / año) y otra plantación de 31 años de edad en Lancetilla, Honduras donde medidas brindaron incrementos de 0.57 y 0.84 cm /

año para *A. graveolens* y *D. retusa*, respectivamente. El alto valor de la madera de estas especies compensa su bajo incremento anual, especialmente si se realizan en plantaciones mixtas (Piotto et al, 2004).

P. guachapele and *T. oblonga* exhibieron valores promedio de 5.42 y 4.06 m² / ha. Las restantes especies presentaron niveles de productividad muy bajas (Piotto et al, 2004).

Cuando Piotto et al (2004) calculan el promedio de las áreas basales, encontraron que en la plantación de las especies de lento crecimiento produjo en parcelas puras 2.94 m² / Ha que es menor que en las parcelas mixtas que fue de 3.43 m² / Ha; por otro lado, en la plantación de las especies de rápido crecimiento, en parcelas puras produjo 3.17 m² / Ha que es menor que las 8.04 m² / Ha producidas por las parcelas mixtas. En otras palabras, plantando parcelas mixtas de las mismas especies brindarán mayor productividad que plantando la misma superficie en parcelas de plantación puras de las mismas especies (Piotto et al, 2004).

Entre las especies de lento crecimiento, *S saman* representó el 30% del área basal de las parcelas mixtas, seguido de *D. retusa*, *S. macrophylla* y *A. graveolens*, es muy posible que esa plantación en un primer raleo (temprano: 12 años) no brindaría ningún producto maderable con buen valor comercial (Piotto et al, 2004).

Según Piotto et al (2004), las especies nativas desarrollan mejor en condiciones de parcelas mixtas. En general los árboles en las parcelas mixtas tienen mejores diámetros, posiblemente debido a la reducción de la competencia intra- específica (mismos hábitos y mismos recursos). La competencia por la luz es reducida debido a la combinación de diferentes estructuras de las coronas arbóreas que resultan en una mejor distribución de follaje en los estratos verticales, creando condiciones de brillos intermedios utilizables por las diferentes especies. La interacción entre plantas de diferentes familias con las especies Leguminosas en las plantaciones de especies de lento y de rápido crecimiento pudo también contribuido a un mejor balance de la utilización de los nutrientes de los sitios en las parcelas mixtas (Piotto et al, 2004).

Sin embargo para (Piotto et al, 2004), la baja productividad de las especies nativas fue notablemente influenciada por bajas sobrevivencias observadas en ambas plantaciones y por la alta variabilidad genética dentro de cada especie que es evidenciada por contraste de la uniformidad genética de *T grandis*.

2.1.2. El Crecimiento de *D. glomerata* (sinónimos: *D. cubilquitenzis* ó *D. tucurensis sensu lato*).

Las observaciones de campo en visita a San Luis, Petén, Guatemala y en mayor número en Lancetilla, Tela, Honduras se tomaron datos de Altura total, Altura comercial, y Diámetro a Altura de Pecho de 30 árboles de *D glomerata* de 20, 30, 40, 50 y 87 años de edad (ver Anexo 1). Los valores sirvieron para construir empíricamente una curva de crecimiento (Figura 17).

Se nota que desde el inicio hasta los 20 años aproximadamente, el DAP se incrementaba a razón de 1.3 cm por año y la altura solo por. 1.17. Algunos autores (PROECEN 1999 y Knoblauch, 2001) mencionan crecimientos del 1ro y 2do año de hasta 2 m pero eso sucedía, luego de unos pocos años ese crecimiento debió decrecer mucho para llegar a los valores existentes a los 20 años. Luego, de los 20 a los 30 años, el DAP continuaba muy similar de 1.3 cm por año pero la altura disminuyó drásticamente a 0.25 m por año, de los 31 a los 40 años, el incremento medio anual del DAP disminuyó a 0.79 cm y el IMA de altura se mantuvo en 0.25 m / año, finalizando de 41 a 87 años con IMA DAP de 0.25 cm y IMA H de 0.035, en otras palabras, llega un momento en que ya el árbol no crece longitudinalmente más, solo incrementa lentamente de grosor. Los datos, tomando en consideración tanto el incremento del grosor como la elongación del tallo o fuste, indican que el ciclo de cosecha debe de estar ubicado un poco después de los 30 años, mucho antes de llegar a los 40 años. (Figura 17). Lo anterior descrito es indicativo que el turno de corte en esta especie es

de 30 o a lo sumo 33 años. (Figura 17).

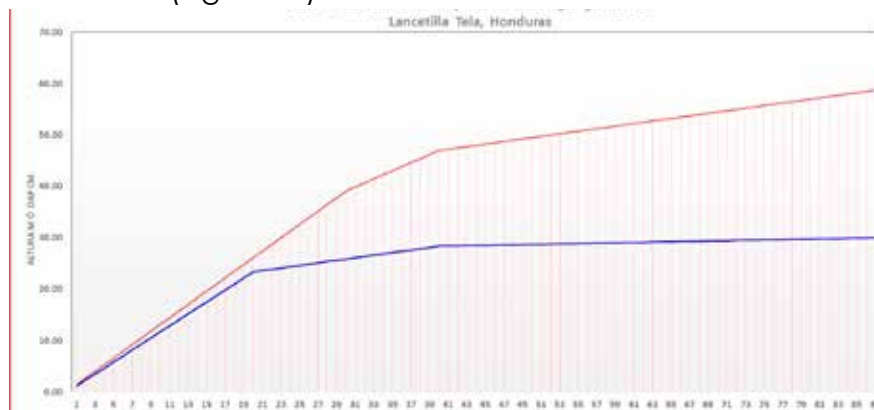


Figura 17. Curva de crecimiento empírico de diámetro a altura de pecho (cm) y altura (m) de *D. glomerata* usando datos de 7 árboles de Petén y 23 árboles en diferentes ubicaciones del Jardín Botánico de Lancetilla, Tela Honduras, 2017.

También tenemos datos de una plantación de *D. glomerata* en la finca El Edén, Nagarote, en zona del Trópico Seco (Bosque decídúo), de semilla proveniente del trópico húmedo de Honduras. Que se nota se ha adaptado bastante bien (cumpliéndose con la teoría de expansión y contracción de los bosques húmedos por las glaciaciones ver 1.4.3), sin embargo el sitio está ubicado en un suelo vertisol poco profundo que se aniega estacionalmente por largo período y fue plantado a una densidad muy elevada de 2.5x2.5 m.

Como consecuencia de los dos últimos factores, la plantación aunque presenta un desarrollo diametral aceptable, no ha podido crecer una altura suficiente (Figura 18) y varios árboles se han tumbado naturalmente debido a no tener un sistema radicular profundo y posiblemente por pudrición de raíces en los sectores que se mantienen inundado por mucho tiempo. Los árboles tumbados de 14 años ya tenían un 45% de duramen pero no de la calidad esperada, sino un duramen menos compacto que el normal en la especie.

En la curva, se puede notar el efecto de la sequía en los años 2013- 2016 donde no creció mucho en diámetro ni en altura.

En la actualidad ya se ha resuelto en gran medida la densidad por el raleo, quedando solo un 59% de la población original, sin embargo, se notan plantas agrupadas que no se sabe si se están dejando las mejores plantas o se han ido raleado (en parte?) por muerte natural. Por otro lado se nota formación de nidos (± 2 m de altura) y el ataque de termitas.



Figura 18. Curva de crecimiento empírico de DAP (cm) y altura (m) *D. glomerata* usando datos de 14 árboles de la finca El Edén, Nagarote, Nicaragua, 2017.

2.1.3. Crecimiento y Productividad del Granadillo (*D. retusa*).

No hay mucha información del seguimiento del crecimiento de *D. retusa* por largo período de tiempo, hay 3 fuentes de mucha importancia considerar, ellas son:

Boshier & Cordero (2003), consideran que la especie es de lento crecimiento. En la zona del Pacífico seco de Costa Rica mostró a los 5 años de edad un incremento medio anual (IMA) en altura de 0.6 m. Para la misma zona en una plantación pura con espaciamiento de 2x2 m a la edad de 11 años el IMA en altura fue idéntico (0.6 m), mientras que en IMA del DAP fue de 1.0 cm, con una productividad en volumen de 9.0 m³/ha / año, éste último dato parece ser una equivocación por expresarlo en 5 años, lo que sería 1.9 m³/ha / año que es más aceptable (nota del autor). Se estima que la especie tiene un potencial de crecimiento de 10 m en altura en 15 años, con un diámetro (DAP) de hasta 20 cm (Boshier & Cordero, 2003).

Vargas (2005) que describe árboles naturales creciendo en vertisoles con 15 años de edad tenían hasta 8 m de altura y mediciones de DAP entre 15 y 20 cm, lo que nos permite estimar un IMA DAP de 1.0 a 1.33 cm (prom 1.17) / año e un IMA de altura de 0.53 m / año.

Piotto et al (2004) que midieron árboles en plantaciones puras y mixtas en suelos arcillosos de 5.6 años de edad presentaron respectivamente DAP: 6.99 y 7.51 y Alturas de: 5.40 y 5.87, lo que da IMAS DAP: 0.96- 1.04 (prom 1.0) cm /año e IMA Altura: 1.25- 1.34 (prom 1.3) m /año; lo que representa 2.25 m³/ha / año.

Algunos árboles juveniles muestreados en 1. Nandaime (plantación 2007) brindaron alturas de 3 a 4 metros y diámetros de 4- 4.5 cm, 2. El Sauce (plantación 2008) con alturas de 2- 2.25 m y diámetros de 1.5- 2 cm, y 3. El Sauce (plantación Julio 2009) con alturas de 0.8- 1.2 m con diámetros aproximados de 1 cm, nos indican que inician con un IMA de altura de 1.08 m con leves diferencias entre los sitios (1.17, 1.06 y 1.0 m) y un IMA DAP de 1.09 cm con mejor comportamiento en Nandaime (1.42, 0.85 y 1.0), hay que tomar en consideración que hay diferentes tipos de suelos en los sitios de las plantaciones y responden mejor en las condiciones de mejor textura.

Los 4 árboles medidos en los vertisoles de El Sauce, los estimados de edad se ajustan mejor a las cifras dadas por Vargas (2005). Ello se debe al tipo de suelo (muy arcilloso o vertisol) es más estresante para las plantas de la especie y como resultado, el IMA de DAP es un poco mayor que en los suelos más friables de Piotto et al (2004) y el IMA de altura es mucho inferior, casi la mitad.

Las personas de la localidad de El Sauce, describen que el árbol crece rápido hacia arriba pero le toma tiempo engrosar. Tal comportamiento es cierto pero aun así el diámetro se forma de una forma más rápida de lo que se estima, cuando se le compara con otras especies del mismo medio.

En la recién visita (Abril 2017) a la finca Las Lomas, comarca La Curva, Niquinohomo del Sr. Dámaso Barquero observamos tasas de crecimiento de *D. retusa* eran de 12 m de altura y 12 cm DAP en 11 años de edad o sea una relación IMA de 1.09: 1.09).

2.2. Bases para el Manejo de las Plantaciones de *Dalbergia*.

2.2.1. La experiencia de las plantaciones de Granadillo (*D. retusa*), Las Colinas (Faurby, 2002).

Faurby (2002) nos brinda la experiencia de Las Colinas, Quezalguaque, León, Nicaragua, donde en 1984 se plantaron 5 Ha de Granadillo (Ñámbar). En 2002 una parte de la plantación que fue raleada desde 1998 (400- 450 arb. / Ha) y otra parte no recibió raleo formal desde 1991 (700 a 750 arb. / Ha).

Para Faurby (2002), el raleo aparentemente fue muy intensivo, removiendo un poco más de la mitad de los árboles. El grado de afectación se nota en la distribución de los árboles por grupos de altura, entre 1998 y 2002 la proporción de árboles por debajo de 10 m aumentaron en la parte

raleada, aunque la altura de los árboles dominantes se incrementó de 10.5 a 13 m. Se supone que en el raleo se remueven los árboles atrasados pero, la parte raleada, presentaba una gran cantidad de árboles que en 1998 tenían 10 m, en 2002 midieron menos (8 y 9 m). Situación que se presenta también en la parte no raleada pero en menor intensidad. Faurby (2002) nota que la afectación en la altura de árbol se debió a la desatención de manejo, la mayoría de los árboles perdieron su paso de crecimiento en 1998. En la parte raleada hay muchos árboles quebrados por el viento pero más frecuente, árboles y ramas doblados y quebrados por el peso y la tensión de los bejucos.

Faurby (2002) observa que con la apertura apresurada del dosel, no se logró el resultado que más se espera del raleo que es: aumentar el crecimiento en diámetro (o grosor). La parte raleada representa un diámetro (DAP) medio solo un 10% mayor; una de las causas principales es que en el sector no raleado (denso) permanece una cantidad de árboles suprimidos que bajan su promedio. En las parcelas densas (sin raleo) se encontró con árboles son más sanos, más altos, con tendencia a mejor forma y con mayor frecuencia de árboles gruesos (con DAP mayor de 20 cm).

Según Faurby (2002), el Granadillo (*D. retusa*) no tolera intervenciones fuertes, y es posible que la densidad de 450 árboles / Ha con altura de 10.5 m, hubiera funcionado con una remoción escalonada de árboles y un intenso control de bejucos, aunque no le parece recomendable. La densidad observada en las partes densas parece más indicada, tal vez lo óptimo; los datos recogidos indica una producción media hasta la fecha de 12 m³/ Ha/ año, con tendencia a aumentar, ya que el incremento media anual (IMA) a los 18 años está cerca de los 20 m³/ ha/año. Estima que hay menos que 25 m³/ ha en troncos de buena forma. Con un manejo adecuado, tal vez la cifra podría subir a 70 u 80 m³/ Ha. Una parte de la producción siempre se pierde en los raleos y en las partes mal formadas o dañadas (Faurby, 2002).

Acertadamente Faurby (2002), considera que la madera de Granadillo de Las Colinas todavía no es comercial, ya que los árboles sólo están comenzando a formar duramen, lo único por el cual es valorada, árboles de 18 años con sólo un cilindro oscuro (duramen) que cubre un 10% del corte transversal (círculo) del tronco, sólo 1% del volumen. No existe información para estimar el desarrollo del duramen del Granadillo y es de esperar que en los próximos años se acelere el proceso de formación de éste, así que cuando los árboles tengan 30 años habrá una buena cantidad de duramen. Aun en las condiciones en que encontramos la plantación de Granadillo de Las Colinas se puede esperar que se genere un ingreso considerable (Faurby, 2002).

Faurby (2002), recomienda que desde el inicio de la plantación, se debe manejar el Granadillo con altas densidades (Cuadro 3), ya que se desarrolla mejor donde los árboles se cierran completamente sobre el terreno. Si sufre competencia de hierbas y zacate tiende a ramificarse y extenderse horizontalmente para combatir la maleza. En un modelo para plantar Námbar en un lugar similar que Las Colinas, Faurby (2002) recomienda llegar a los 18 años con unos 600 arb. / Ha, y durante los próximos años efectuar otras intervenciones (Cuadro 3).

Biología y Silvicultura de las especies de *Dalbergia* en América Central

Cuadro 3. Modelo para plantación de Granadillo (*D. retusa*) en mezcla con especie auxiliar en un sitio similar a Las Colinas (tomado de Faurby, 2002).

Edad	Densidad de <i>D. retusa</i>	Densidad Especie Auxiliar	Altura esperada de <i>D. retusa</i>	Diámetro Altura de Pecho de <i>D. retusa</i>
Años	Arb / Ha	Arb / Ha	m	cm
0	2,222	1,111		
4	1,600	800	5	4
8	1,200	400	9	8
12	1,000	100	11	12
18	600	0	13	20
22	400	0	15	26
30	300	0	17	35
40	200	0	18	42

Faurby (2002), considera que el Ñámbar tiene fustes curvos, ramificados que no tiende a formar copas muy anchas, y que no es probable que una plantación muy abierta desde el inicio logre producir una cantidad considerable de buena madera, recomendando tratar de regularlo con una fuerte competencia lateral – que no tape la parte de arriba – esperando la formación de troncos altos y (casi) rectos. Puede que los mejores resultados se logren mezclando el Granadillo con otras especies con mayor tendencia a crecer recto. Aun con un esquema de competencia intensiva suele ser necesario aplicar podas de formación, sin embargo, tanto éstas como los raleos deben emplearse con mucho cuidado, ya que el Granadillo muestra gran sensibilidad ante intervenciones.

Una densidad de 3,333 plantas al inicio es muy difícil de manejar y es el problema que se encontraba la plantación de Las Lomas, Niquinomo (ver final de 2.3) donde la competencia era muy alta y después de 8 años tuvieron que ralear bruscamente a *Albizia guachepele* para poder liberar a *D. retusa* y promover su engrosamiento diamétrico. Aun con esas altas densidades, *D. retusa* presentaba 2 y 3 ramificaciones, a veces desde la base que se ralearon hasta la edad de 10 y 11 años; dichas ramificaciones deben ser podadas desde el inicio 1er y 2do año.

2.2.2. Distancias de Plantación como Estrategia de Manejo Silvicultural.

Entre individuos de diferente especies que competía en la sucesión natural en el Parque Nacional Santa Rosa, C.R. (Vargas, 2005), se estimó una distancia promedio entre 2.2- 2.3 m entre plantas; hay que considerar que aun habían arbustos y latizales que iban a suprimirse, sucumbiendo a la competencia de los arbolitos y árboles más grandes que se van desarrollando, por lo que distancia mayores (3 y hasta 4 m entre plantas) finales pueden ser esperadas.

En plantaciones de *D. retusa*, se ha utilizado espaciamentos desde 2x2 hasta 4x4 m. En una prueba de densidades de siembra los mejores resultados a 5 años de edad han sido reportados bajo un espaciamento de 3x3 m (1111 árboles / Ha) (Gutiérrez citado en Boshier & Cordero, 2003).

Las distancias a que fueron plantadas (Genízaro, Ñámbar, Gavilán y Ron Ron) en el estudio de Piotto et al (2004) fue de 3 x 3 m tanto en plantaciones puras como mixtas.

Según Boshier & Cordero (2003), las plantaciones mixtas y altas densidades de siembra podrían ser estrategias a utilizar para disminuir la producción de ramas y disminuir el costo de un intensivo plan de podas en plantaciones de Ñámbar, debido a que la especie ramifica excesivamente.

Tanto en las plantaciones de Pasquier en Masaya (Figura 7) como las de Ponzón en El Edén, Nagraote, las densidades eran estrechas (2x2 y 2.5x2.5 m respectivamente) sin embargo, las plantas de *D. retusa* se han elongado bien pero siempre con forma ramificada.

Por otro lado las plantaciones de Futuro Forestal tanto en Nandaimé como en el Sauce, a 3x3 y 3x4 no presentan plantas excesivamente ramificadas (Figuras 10 y 11).

Plantando diferentes especies forestales en bandas limpiadas en remanentes de bosques con árboles hasta de 14 m de altura, *D. retusa* creció mejor a medida que el ancho de la banda limpiada era mayor (2, 4, 6 m) lo que indica que la especie requiere de luz, nutrientes y espacio para crecer competitivamente (Paquette et al 2009).

En las especies de *Dalbergia* Asiáticas y Africanas (Duke, 1983; NFTA, 1994; Lemmens, 2008; Nshubemuki, 1993) se ha recomendado plantar con altas densidades y podar continuamente las ramificaciones, las últimas investigaciones indican que la forma de crecer de las especies de *Dalbergia* es controlado genéticamente (NFTA 1994; Lemmens, 2008; Kumar et al 2009), además las plantaciones densas tienen mayor problema de Fusariosis (Webb & Hossain, 2004).

En plantaciones mixtas de Granadillo con Roble de sabana en la finca El Edén, Nagarote, donde los suelos son vertisoles inundados por un largo período, los índices de crecimiento de 7 años del Roble de Sabana (IMA DAP: 1.3 cm; IMA H: 0.6 m), nos indican que hay poca posibilidad de obtener productos de valor en un raleo temprano (12- 14 años) de Roble de Sabana con tallas de solo 16.9 cm DAP y 7.8 m H.

Se considera mejor no plantar en lugares inundados por más de 5 meses (incluyendo la canícula), usar las distancias de plantación de 3x3 ó 3x4 m (este último principalmente con especies muy competitivas como el Genízaro) y manejar solo al comienzo las ramificaciones por medio de poda. Al ampliarse las distancias se disminuye la competencia (luz, nutriente y agua) intra e interespecífica; también es una forma de prevención contra las potenciales enfermedades epidémicas (como la Fusariosis, ver 1.8). Considerando los tipos de suelo y la baja precipitación, podrían mejorar los índices IMA en DAP, aunque más difícilmente los IMA de altura.

2.2.3. Selección de la Especie Nodriz a Plantar de Forma Mixta con el Granadillo y Fines de Obtener Productos en el Raleo Temprano (12- 16 años).

Wishnie et al (2007) encontraron que especies valoradas por su madera brindaron buenos índices de volumen de producción en los sitios más secos de Panamá (aprox. 1,100 mm / anual), entre los que se comportaron mejor están: *Tectona grandis*, *Pachira quinata*, *Tabebuia rosea*, *Albizia guachapele* y *Samanea saman*.

Considerando la tasa de sobrevivencia en suelos arcillosos en el trópico seco, además la tasa de crecimiento y la productividad (Piotto et al, 200; Vargas, 2005; Celis, 2007; Meera & Kobe, 2007), las especies con similar sobrevivencia que el Granadillo y que tienen madera de aceptable valor forestal son:

Genízaro: *Albizia* (antes *Samanea*) *saman*

Gavilán del Pacífico: *Albizia* (antes *Pseudosamanea*) *guachapele*

Roble Rosado Macuelizo, de Llano ó Sabana: *Tabebuia rosea*

Ron Ron, Palo Obero, Comenegro: *Astronium graveolens*

Pochote: *Pachira* (antes *Bombacopsis*) *quinata* y agregaría

Laurel: *Cordia alliodora*

Los dos últimos (Laurel y Pochote) aunque aparecen en las sabanas de vertisoles, no son muy frecuentes dentro de ella sino en los suelos vecinos, por lo que es razonable de no priorizarlos para las plantaciones mixtas en vertisoles pero si en otros suelos de textura menos arcillosas.

El Gavilán está muy adaptado al medio y brinda muy buena productividad (15.88 m³ / Ha) aunque su madera es poco conocido aun en los mercados nacionales de Centroamérica.

El Ron Ron, aunque bien adaptado, tiene una productividad un poco baja (8.86 m³ / Ha), no hay comercialización de su semilla para plantaciones y es una especie que de forma similar que el Granadillo ó Námbar requiere tiempo para formar duramen por lo que no es propicio para obtener producto en un raleo temprano.

El Roble de Llano tiene alta sobrevivencia en medios secos de suelo arcillosos con inundación estacional, se le ve con cierta frecuencia en los vertisoles, es fácil de obtener semilla y de producir en el vivero, su madera es inferior que el Genízaro pero es conocida (Ipe) en el mercado nacional.

Otras especies que se adaptan muy bien a las condiciones de la sabana como la Mora o Kaki (*Maclura tinctoria*) de excelente madera dura y amarilla se tiene poca información de plantaciones (Faurby & Barahona, 1998) pero puede ser un buen candidato para obtener producto en un raleo temprano. La Caoba del Pacífico (*Swietenia humilis*) tiene el problema del barrenador de los brotes y el Guanacaste Blanco (*Albizzia niopoides*), se adapta muy bien a los suelos arcillosos y clima seco pero su madera no es de mucho valor.

En suelos arcillosos que no sean vertisoles las combinaciones de Granadillo- Gavilán, y Granadillo- Mora podrían ser buenas opciones porque se sabe se puede obtener madera de pequeños diámetros (30- 35 cm DAP) con mercado seguro. En suelos menos arcillosos se podría combinar: Granadillo- Laurel ó Granadillo- Pochote.

La mejor opción de combinación de productividad sería Granadillo (12.60 m³ / Ha)- Genízaro (27.19 m³ / Ha) pero el Genízaro es muy competitivo en suelos menos arcillosos y habría que dar más espacio, luego Granadillo- Roble de Llano y la tercera Granadillo- Gavilán (15.88 m³ / Ha); en caso que haya mercado para la madera del Gavilán, inmediatamente se convertiría en segunda opción debido a que su productividad es mayor que Granadillo y es segundo después del Genízaro. En ambas especies (Genízaro y Gavilán) es posible obtener un producto maderable en un raleo a los 12- 15 años. Pero en suelos no arcillosos no se recomienda al Genízaro por su alta competitividad en esas condiciones.

2.2.4. Plantaciones Mixtas y Densidad de Plantación.

No se recomiendan plantar altas densidades (1.5x1.5, 1.5x2, 2x2, 2.5x2.5) para reducir la aparición de enfermedades epidémicas (como *Fusariosis*) pero especialmente pensando en obtener una cosecha aunque sea de madera de pequeños diámetros (25- 35 cm DAP) en el primer raleo de la especie acompañante a los 12- 16 años.

Las plantaciones mixtas se recomiendan: para aprovechar la competencia interespecífica con fines de regular el desarrollo umbelado del Granadillo (tanto *D retusa* como *D glomerata*), como estrategia para evitar enfermedades epidémicas que potencialmente pueden ocurrir y para maximizar la utilización efectiva de luz y nutrientes del espacio de plantación.

- Por lo anterior expuesto, realizar plantaciones puras de Granadillo no es recomendado.

Las plantaciones mixtas se realizarán solo con 2 especies: Granadillo y otra especie, debido a que no se quiere, al momento, complicar el manejo de plantaciones por razones de calificación de mano de obra y recursos humanos (desde obtención de semillas, vivero, plantación y manejo silvicultural), y por la elevación de los costos, de cara a las metas de áreas a plantar contra un presupuesto ya planteado generalmente para una solo especie.

Después de estudiar sobre los crecimientos (altura y DAP) de diferentes especies acompañantes potenciales (ver arriba), por el valor comercial de los productos que pueden brindar y por preferencias de especies planteadas por la empresa,

- hay 5 especies que se recomiendan usar combinadas con el Ñámbar, ellas son:

Gavilán: *Albizzia* (antes *Pseudosamanea*) *guachapele*

Roble Rosado Macuelizo, de Llano ó Sabana: *Tabebuia rosea*

Laurel (*Cordia alliodora*)

Mora Fustic (*Maclura tinctoria*)

Pochote *Pachira* (*Bombacopsis*) *quinata*

- Se recomienda que las plantaciones mixtas comerciales sean de: Granadillo y Gavilán o Roble Rosado en suelos muy arcillosos. Puede ser con Laurel, Mora o Pochote en suelos más friables.

- Si se va a realizar a gran escala, siempre es bueno hacer pruebas experimentales con las diferentes combinaciones en forma reducida (1- 5 Ha), de prueba, la decisión de hacerlo en mayor escala dependerá de la forma en que se comporte la combinación y de la investigación del valor de la madera de la especie acompañante comparación del Gavilán, Roble, Laurel y Mora en el mercado nacional o internacional, según el caso.

- Las distancias de plantación general recomendada es de 3x3 m y en menor escala 3x4 cuando la combinación se quiera realizar con especies altamente competitivas como el Genízaro (*Saman samanea*).

2.2.5. Dos Modelos para Plantar Granadillo (*D. retusa*): Granadillo Puro y Granadillo Mixto con otra especie nodriza.

Usando todo el conocimiento hasta hoy obtenido en relación al crecimiento, competencia, respuestas a diferentes factores del medio ambiente (biótico y abiótico), productividad y formación de duramen, se presentan 2 Modelos Básicos para el manejo silvicultural del Ñámbar.

Se recomienda plantar a todos los Granadillo ó *Dalbergia spp* de forma Mixta con una especie que le servirá de nodriza.

El modelo de Granadillo puro se presenta para aquellos que lo prefieran hacer así con la desventaja del costo y escasas de semilla de Granadillo y de que el producto del raleo apenas se podrá vender como leña. En el Modelo Mixto, se trata de ahorrar un recurso escaso y caro pero además, producir madera de pequeños diámetro que se puede obtener de la especie nodriza después de los 16 años.

2.2.5.1. Modelo Granadillo (*D. retusa*) Puro.

Densidad de Plantación:	Inicia con 1,111 y finaliza con 220 árbol / Ha con fuertes raleos a los 10 a 16 años.
Espaciamiento relativo:	70, 42, 37, 32, 26 % respectivamente a los 5, 14, 20, 28 y 40 años.
Crecimiento en altura:	0.6 m / año hasta 25.1 m a los 40 años.
Incremento del DAP:	1.1 cm / año hasta 41.2 cm a los 40 años.
Corte final:	40 años.

El modelo se construye considerando todos los parámetros conocidos sobre la especie en condiciones de plantación. El inicio con 1,111 plantas /Ha a distancia de 3x3 m permite el espacio suficiente para evitar la competencia por nutrientes en el suelo y con ambiente de luminosidad suficiente para un buen desarrollo inicial de las plantas, evitando que a los 6- 8 años de edad haya supresión de las plantas por una competencia intensiva.

Biología y Silvicultura de las especies de Dalbergia en América Central

Es muy probable que la especie tienda a formar varios ejes y una copa abierta desde el inicio de su desarrollo es de carácter genético. El logro de plantas más erectas y menos ramificadas es posible por selección genética pero aun no estamos en esa etapa. La forma de lograr plantas elongadas a través de la presión del uso de altas densidades ha resultado en árboles de diámetros reducidos y muchos individuos suprimidos por la alta competencia por luz y nutrientes. Las altas densidades pueden tener efecto benéfico por 4- 5 años, pero el costo de estas es muy alto para una función de muy corto plazo, aun pensando en el uso de arbustos como Gandul (1- 2 años) o árboles pequeños como Achiote (4- 5 años), en ambos casos hay productos agrícolas adicionales (producción, cosecha, comercialización) que distraen el trabajo silvicultural de una empresa forestal pero es benéfico para un sistema agroforestal para productores con fincas pequeñas o medianas.

La desventaja de plantar 1,111 plantas de Námbar / Ha es tener una plantación pura muy densa expuesta a las plagas y enfermedades que se pueden convertir en epidemia, la competencia intra- específica por similares recursos del medio y el costo de cada planta de Námbar debido a la escasez de semilla de la especie, de las cuales se eliminarán un 67% de plantas sin brindar un producto de valor comerciable.

Cuadro 4. Productividad de madera ($V = 3.14 \times (H \times DAP^2/2) \times 0.5$) y duramen de tronco y raíz los parámetros para el Modelo del Granadillo (*D. retusa*) Puro, iniciando con 1,111 árboles / Ha (3X3 m), describiendo la mortalidad y raleo, el crecimiento longitudinal y en grosor por árbol y población, y estimando la producción de duramen según la edad.

Edad Años	No Árboles	Altura (m) D. retusa	DAP (cm) D. retusa	Volumen (m3/ Arb.) D. retusa	Volumen (m3/ Ha) D. retusa por periodo	Árboles D. retusa fallidos / extraído	Volumen Madera (m3/ Ha) Extraída	% Estimado Duramen	Volumen Duramen (m3 /Ha)	Volumen Duramen de Raíz (25%)
0	1,111	0.7	1.2	0.00004	0.0	111	0.00			
2	1,000	2.3	3.1	0.0009	0.9	50	0.0			
4	950	3.5	5.2	0.004	3.5	50	0.2			
6	900	4.7	7.0	0.009	8.1	50	0.5			
8	850	5.9	9.1	0.02	16.3	50	1.0			
10	800	7.1	11.0	0.03	27.0	75	2.5			
12	725	8.4	13.2	0.06	41.6	100	5.7			
14	625	9.5	15.1	0.09	53.1	100	8.5			
16	525	10.7	17.2	0.1	65.2	90	11.2			
20	435	13.1	21.0	0.2	98.6	70	15.9			
24	365	15.5	25.3	0.4	142.1	60	23.4	15	3.5	
28	305	17.9	28.8	0.6	177.7	50	29.1	30	8.7	
32	255	20.3	33.1	0.9	222.6	20	17.5	40	7.0	
36	235	22.7	37.0	1.2	286.6	15	18.3	50	9.1	
40	220	25.1	41.2	1.7	367.9	220	367.9	60	220.7	
TOTAL						1,111	501.6		249.1	62.3
+ Raíz										311.4

Se plantean mortalidad de 20% que se da más en el inicio. En el modelo se sitúan los raleos más intensos hasta el año 12, 13, 14, 15 y 16 con raleos medios en los años 10, 11, 17, 18, 19 y 20. Siguiendo las experiencias de Faurby (2002), los raleos se deben de hacer de forma paulatina para evitar brechas que expongan a los árboles a la penetración de las ráfagas bruscas de vientos y a la invasión profusa de bejucos. En caso de hacer raleos intensos, se debe supervisar y controlar la proliferación de bejucos para evitar que su peso y tensión quiebre troncos y ramas que afectan la altura de los árboles.

Biología y Silvicultura de las especies de Dalbergia en América Central

La tasa de crecimiento calculadas son de: longitudinalmente de 0.6 m por año hasta 25.1 m a los 40 años y diametralmente de 1.1 cm por año hasta 41.2 cm a los 40 años de edad, esto significa una productividad promedio de 12.54 m³ / Ha / año que es aceptable en la productividad observada por varios autores (Piotto et al, Faurby 2002, Boshier & Cordero). La fórmula utilizada es muy conservadora ($V = 3.14 \times (H \times DAP^2/2) \times 0.5$) ya que el factor de forma es de 0.5, indicando que solo la mitad del volumen producido es madera de fuste, desechando las ramas de la copa y ejes menores.

Sin embargo, solo un porcentaje de ese volumen de madera produce duramen, el porcentaje depende de la edad del árbol; el autor (ver Cuadro 4) y Faurby (2002) han observado que generalmente la formación de duramen se acelera en árboles mayores de 25 años. La productividad de duramen se estima en 249 m³ / Ha (6.2 m³ / Ha / año), a lo que se puede sumar 62.3 m³ /Ha (1.6 m³ / Ha / año) si se cosechan las raíces (Cuadro 4).

2.2.5.2. Modelo de Mixto de Granadillo (*D. retusa*) con Roble ó Gavilán.

PARÁMETROS:	GRANADILLO	ESPECIE NODRIZA
Crecimiento en altura:	0.6 m / año hasta 25.1 m a los 40 años con raleos de los 28 a los 40 años.	2.0 m / año hasta 17.5 m a los 16 años con raleos fuertes de los 10 a 16 años.
Incremento del DAP:	1.1 cm / año hasta 41.2 cm a los 40 años.	3 cm / año hasta 27.2 cm a los 16 años.
Densidad de Plantación:	Inicia con 555 y finaliza a los 40 años con 239 árboles / Ha	Inicia con 556 y finaliza a los 16 años con 100 árboles / Ha
Espaciamiento relativo:	64, 29, 31 % respectivamente a los 5, 14 y 16 años.	
Corte final:	40 años.	16 años.

El modelo se construye considerando todos los parámetros conocidos sobre el Granadillo, el Roble Rosado o el Gavilán en condiciones de plantación. Se inicia con 1,111 plantas /Ha a distancia de 3x 3 m que evita la competencia intensa por espacio, nutrientes en el suelo y luz con el fin de promover un buen desarrollo inicial de las plantas. El total de plantas se distribuyen en: 555 de Granadillo y 556 de Roble o Gavilán.

Hay mortalidades iniciales de un 20% de Granadillo y 10% de Roble o Gavilán, pero el raleo (500 árboles) solo se realiza en Roble; los raleos son intensos en el año 10, 11 (100 plantas), 12, 13 (100 plantas), 16 y 17 (100 plantas), y muy intenso en los años 14, 15 (200 plantas). Se trata de ubicar el raleo en fecha que permita la obtención de cierta cantidad de madera de los árboles nodrizas de 21 a 27 cm de diámetro, el momento exacto y la cantidad de árboles a ralear dependerá de la situación que presente el Granadillo, en primer lugar y la especie nodriza según las condiciones de cada sitio de plantación, siempre con el objetivo de obtener la máxima producción de ambas especies pero siempre priorizando la especie objetivo que es el Granadillo.

Cuadro 5. Productividad de madera ($V = 3.14 \times (H \times DAP^2/2) \times 0.5$) y duramen de tronco y raíz los parámetros para el Modelo del Granadillo (*D. retusa*) Mixto, iniciando con 1,111 árboles / Ha (3X3 m): 555 de Granadillo y 556 de Roble ó Gavián, describiendo la mortalidad y raleo, el crecimiento longitudinal y en grosor por árbol y población, y estimando la producción de duramen según la edad

Edad Años	No Árboles Totales	No Árboles Dretusa	No Árboles Roble	Altura (m) D. retusa	Altura (m) Roble	DAP (cm) Dretusa	DAP (cm) Roble	Volumen (m3/ Arb.) D. retusa	Volumen (m3/ Arb.) Roble	Árboles raleados Dretusa	Árboles raleados Roble	Volumen (m3/ Ha) Dretusa Extraído	Volumen (m3/ Ha) Roble Extraído	Volumen Total Extraído (m3/ Ha)	% Estimado Duramen Dretusa	Volumen Duramen (m3/ Ha)	Volumen Duramen de Raíz (25%)
1	1,111	555	556	0.7	1.5	1.2	1.7	0.00004	0.0002	90	21	0.004	0.004	0.008			
2	1,000	465	535	2.3	3.5	3.1	3.7	0.0009	0.002	5	0	0.004	0.0	0.004			
4	995	460	535	3.5	5.5	5.2	7.2	0.004	0.02	10	7	0.04	0.1	0.1			
6	978	450	528	4.7	7.5	7.0	10.7	0.01	0.04	2	1	0.02	0.05	0.1			
8	975	448	527	5.9	9.5	9.1	14.2	0.02	0.09	2	27	0.04	2.8	2.9			
10	946	446	500	7.1	11.5	11.0	17.7	0.03	0.17	0	100	0.00	19.4	19.4			
12	846	446	400	8.4	13.5	13.2	21.2	0.06	0.29	2	100	0.11	32.1	32.2			
14	744	444	300	9.5	15.5	15.1	24.7	0.09	0.41	0	200		93.8	93.8			
16	544	444	100	10.7	17.5	17.2	27.2	0.12	0.57	0	100		63.9	63.9			
20	444	444		13.1		21.0		0.2		0							
24	444	444		15.5		25.3		0.4		0							
28	444	444		17.9		28.8		0.6		55		32.1		32.1	30	9.6	
32	389	389		20.3		33.1		0.9		50		43.6		43.6	40	17.5	
36	339	339		22.7		37.0		1.2		100		122.0		122.0	50	61.0	
40	239	239		25.1		41.2		1.7		239		399.7		399.7	60	239.8	
Total Úfil									444	400	597.3	189.7		809.7	327.9	81.9	
TOTAL										555	556	597.6	212.1				
+ Raíz																	409.9

Se finaliza con 239 árboles de Granadillo que son 19 plantas más que en el Modelo de Granadillo Puro debido a que en condiciones de plantación mixta la utilización diferencial de los recursos permite mejores condiciones de recursos para llegar con un poco más de plantas.

Del año 12 al 16 se extraen 189.7 m³ de madera de pequeños diámetro (DAP 21- 27 cm) de la especie nodriza (Cuadro 5).

Similar que el Granadillo puro en el anterior modelo, la tasa de crecimiento calculadas son de: 0.6 m / año de altura hasta los 25.1 m en 40 años y 1.1 cm / año de diámetro hasta llegar a 41.2 cm a los 40 años de edad, esto significa una productividad promedio de 12.54 m³ / Ha / año que es aceptable en la productividad observada por varios autores (Piotto et al, Faurby 2002, Boshier & Cordero). La fórmula utilizada es muy conservadora ($V = 3.14 \times (H \times DAP^2/2) \times 0.5$) ya que el factor de forma es de 0.5, indicando que solo la mitad del volumen producido es madera de fuste, desechando las ramas de la copa y ejes menores (Cuadro 5).

No toda la madera producida es duramen, el porcentaje de duramen depende de la edad del árbol; el autor (ver Cuadro 5) y Faurby (2002) han observado que generalmente la formación de duramen se acelera en árboles mayores de 25 años, yo diría después de los 20 años. La productividad de duramen se estima en 327.9 m³ / Ha (8.2 m³ / Ha / año), a lo que se puede sumar 81.9 m³ / Ha (2 m³ / Ha / año) si se cosechan las raíces (ver Cuadro 5).

Una forma de aumentar la producción de *D. retusa* sería plantarlo en el trópico húmedo aprovechando más meses de lluvia y donde se sabe la planta se adapta (comparar el con el caso de *D. glomerata*). La especie se introduce naturalmente en ciertos sectores del trópico húmedo por ejemplo en el Petén, Guatemala, Alamikamba y Nueva Guinea en Nicaragua, en muchos sectores de Panamá. Sin embargo, no tenemos datos del crecimiento en esas condiciones; logré observar 2 árboles de 71 años de edad (plantados en 1946) en el Jardín Botánico de Lancetilla, Tela, Honduras pero ambos estaban debajo de un enorme árbol de Guanacaste a solo a 3 y 4 m de sus troncos; sus alturas son 23 y 26 m y su DAP de 50 cm cada uno; con lo que se puede estimar un IMA de 7 mm de grosor y 35 cm de altura anual, lo cual no nos brinda más información que la especie *D. retusa* se adapta bien a las condiciones del trópico húmedo para sobrevivir compitiendo con ese Guanacastón.

2.2.6. Plantación de Granadillo amarillo (*D. glomerata* ó *D. tucurensis sensu lato*) usando modelo de Plantación Mixta intercalada con especie nodriza.

2.2.6.1. En el trópico Húmedo:

Usando el modelo de plantación Mixta con especie nodriza intercalada, a distancia de 3x3 m (1,111 plantas /Ha), raleando 100, 100, 200 y 100 individuos a los 10, 12, 14 y 16 años de la especie nodriza (Roble rosado, Gavilán, Laurel, Pochote o Mora) que ya habiendo cumplido su función de presión lateral para favorecer la elongación de la *Dalbergia*, brindará fustes comerciales de pequeños diámetros (DAP de 10 a 17.2 cm).

Siguiendo la curva de crecimiento (Figura 17) que se presenta en Cuadro 6, se estima que *D. glomerata* crecerá hasta la altura de casi 26 m y diámetro DAP de 39.1 cm a los 30 años de edad, sin embargo por el crecimiento que presenta, se espera poder cerrar el ciclo de corte a los 22- 24 años con 24 m de altura y más o menos 30 cm diámetro DAP con volumen de fuste por cada árbol individual de 1.7034 m³ que considerando tengan 50% de duramen serían 0.8517 m³ de duramen por árbol. Que a razón de 555 árboles por Ha daría 945 m³ de madera de fuste y 472 m³ de duramen de fuste (50% de duramen). Para calcular el ingreso neto vea el valor de la madera más adelante.

También se puede cosechar solo una parte de la plantación y dejar la otra parte para que siga

creciendo hasta los 30 años donde el árbol llegará a 25.9 m de altura y 39.1 cm de grosor con un fuste de 3.1 m³ que de forma conservadora considerando solo un 50% de duramen sería 1.55 m³ por árbol.

En caso de que se decida que la plantación se coseche a los 30 años de edad, la producción estimada para 555 árboles sería de 1,722 m³ de madera de fustal, o sea 861.2 m³ de duramen. En duramen es más del doble de lo produciría *D. retusa* en el trópico seco, incluyendo el duramen de las raíces.

2.2.6.2. En el Trópico Seco:

Usando el mismo modelo de plantación Mixta con especie nodriza intercalada del anterior caso del Trópico Húmedo que es el mismo para *D. retusa*, raleando los 500 árboles a los 10, 12, 14 y 16 años de la especie nodriza (Roble rosado, Gavilán, Laurel, Pochote o Mora) para obtener fustes comerciales de pequeños diámetros (de 10 a 17.2 cm).

Se estima se puede obtener árboles de 20.1 m de alto y 27 cm de DAP, lo que brindaría volumen por árbol de 1.15 m³ con 0.57 m³ de duramen. Que a razón de 555 árboles / Ha equivale a volumen de madera de fuste de 637 m³ o sea 318 m³ de duramen (50%) de fuste.

No tiene ventajas de productividad comparado con *D. retusa* pero es muy posible que se adapte mejor a lugares altos (1,200- 1,700 msnm) que *D. retusa* y también es posible que en las tierras bajas produzca duramen de forma más precoz debido a la influencia del estrés hídrico sobre los árboles de esta especie.

Biología y Silvicultura de las especies de Dalbergia en América Central

Cuadro 6. Crecimiento anual de *D glomerata* (proveniente de los datos de Figura 17) en el Trópico Húmedo y para Trópico Seco se ajustaron los datos de Figura 18 para mayor espacio de 3x3 m y mejores condiciones de suelo (no vertisol sino de arcillosos a friables) y más profundos.

$V = 3.14 \times (H \times DAP^2/2) \times 0.5$								
	TROPICO HÚMEDO				TROPICO SECO			
AÑO	HT m	DAP cm	Volumen m3	Duramen 50%	HT m	DAP cm	Volumen m3	Duramen 50%
1	1.1	1.4	0.0002	0.0001	1.2	1.0	0.0001	0.00005
2	2.3	2.7	0.0013	0.0007	2.0	2.0	0.0006	0.0003
3	3.5	4.0	0.0044	0.0022	3.0	3.0	0.0021	0.0011
4	4.6	5.3	0.0102	0.0051	4.0	4.0	0.0050	0.0025
5	5.8	6.6	0.0199	0.0099	5.0	5.0	0.0098	0.0049
6	7.0	7.9	0.0342	0.0171	6.0	6.0	0.0170	0.0085
7	8.2	9.2	0.0542	0.0271	7.0	7.0	0.0269	0.0135
8	9.3	10.5	0.0807	0.0403	8.0	8.0	0.0402	0.0201
9	10.5	11.8	0.1147	0.0573	9.0	9.0	0.0572	0.0286
10	11.7	13.1	0.1571	0.0785	10.0	10.0	0.0785	0.0393
11	12.8	14.4	0.2088	0.1044	11.0	11.0	0.1045	0.0522
12	14.0	15.7	0.2709	0.1354	12.0	12.0	0.1356	0.0678
13	15.2	17.0	0.3442	0.1721	13.0	13.0	0.1725	0.0862
14	16.3	18.3	0.4296	0.2148	14.0	14.0	0.2154	0.1077
15	17.5	19.6	0.5280	0.2640	15.0	15.0	0.2649	0.1325
16	18.7	20.9	0.6405	0.3203	16.0	15.8	0.3116	0.1558
17	19.9	22.2	0.7680	0.3840	17.0	16.5	0.3633	0.1817
18	21.0	23.5	0.9113	0.4556	17.5	17.3	0.4088	0.2044
19	22.2	24.8	1.0713	0.5357	18.0	18.0	0.4578	0.2289
20	23.4	26.1	1.2492	0.6246	18.3	18.8	0.5037	0.2518
21	23.6	27.4	1.3914	0.6957	18.5	19.5	0.5522	0.2761
22	23.9	28.7	1.5428	0.7714	18.8	20.3	0.6036	0.3018
23	24.1	30.0	1.7034	0.8517	19.0	21.0	0.6578	0.3289
24	24.4	31.3	1.8734	0.9367	19.2	22.5	0.7610	0.3805
25	24.6	32.6	2.0531	1.0266	19.3	23.3	0.8190	0.4095
26	24.9	33.9	2.2427	1.1213	19.5	24.0	0.8795	0.4397
27	25.1	35.2	2.4423	1.2212	19.6	24.8	0.9425	0.4712
28	25.4	36.5	2.6522	1.3261	19.8	25.5	1.0081	0.5041
29	25.6	37.8	2.8725	1.4363	19.9	26.3	1.0764	0.5382
30	25.9	39.1	3.1035	1.5517	20.1	27.0	1.1474	0.5737

2.2.7. Plantación del Rosul de Honduras ó Belice (*D stevensonii*).

Mi acompañante de viaje Ing. Pablo Ruiz (2017) me contó que para su tesis de graduación en agronomía referente a *D stevensonii* visitó en Sayaxche, Petén, Guatemala al señor Salvador Calderón que tiene una plantación de 30 años, con espaciamento de 3x3 donde los árboles tienen en promedio de 20 a 40 cm DAP y alturas totales de 10 a 15 m; los datos nos sitúan en IMA de 1 cm para DAP y 0.42 m de altura, comentó que un árbol cortado brindó un 30% de duramen.

En nuestra estadía en Poptum, Petén, visitamos al Sr Arturo Gómez (Bo Santa María, Parque La Enea) observando 3 especímenes naturales de *D. stevensonii*: un arbolito de 10 años con 11 cm DAP y 13 m de alto (IMA 1.09 DAP y 1.3 de H), un árbol con 3 ramificaciones basales de 20, 14 y 10 cm DAP y alturas de 10- 11 y 12 m y un espécimen de 35 cm DAP y 18 m de altura, de los dos últimos desconocemos las edades pero podemos inferir que el último árbol tiene entre 35 y 43 años de edad (promedio 39 años); del que no tenemos pista alguno es del árbol con tres vástagos.

Las cifras de la plantación de Sayaxche y los naturales de Poptum indican que el crecimiento de *D. stevensonii* presenta IMA de 0.9- 1.0 DAP y 0.8- 0.9 de altura es inferior a *D glomerata* en el mismo medio ambiente. Tal vez la ventaja de *D stevensonii* es producir varios vástagos que crecen juntos.

En la finca del Sr. Gómez observamos que varios árboles proyectan hijos a distancia de 1 hasta 5 m del tronco. Aspecto observado también por Herrera et al (2016) y confirmado por Ruiz (2017). Además Herrera menciona ciertas irregularidades en la floración de *D. stevensonii* que Ruiz (2017) me explicó un poco más: en los años muy calientes como en los últimos 3 años no se ha podido observar a *D stevensonii* floreciendo. Es probable que la reproducción de *D stevensonii* con varios vástagos por planta y reproducción por proyección de hijos de raíz promoviendo agrupación de árboles de la misma especie sea una forma de compensación reproductiva a la no formación de semillas en ciertos años muy calientes y más secos.

2.2.8. Los Traslados de Plántulas de Ébano o Granadillo Negro (*D calycina*).

Hasta el momento, no se conoce plantaciones de *D. calycina* en Centroamérica. Se le menciona presente como parte de los árboles de los cafetales, aunque no se le conoce por ser plantado, tampoco debe ser buen árbol de sombra porque es deciduo aunque debe de aportar nitrógeno al ecosistema.

El Sr Saturnino de Jesús Álvarez Pérez inició el traslado de varios árboles de *D calycina* desde hace 50 años, actualmente, tienen alrededor de 50 árboles de todos los tamaños, producto de regeneración natural y traslado de plántulas naturales, de los primeros hay 8 árboles que tienen DAP de 40 y 50 cm. Su hijo Rudy Amildo Alvarez Raymundo continúa la labor en la misma dirección del padre en su finca Las Mercedes, volcán Tecuamburro, Nueva Viña, Santa Rosa, Guatemala.

Tanto en Guatemala como en Nicaragua, a esta especie se le observa más frecuentemente en los barrancos y acantilados y es notorio su capacidad de reproducirse vegetativamente de las raíces. Estando el árbol progenitor situado arriba puede radiar hijos de diferentes tamaños hacia abajo. También es notorio el ataque de sus vainas por gorgojos Brúquidos (Bruchidae).

2.2.9. Manejo de las Poblaciones Naturales de *Dalbergia*.

Para el manejo de las poblaciones naturales de cualquier especie de *Dalbergia* arbórea maderable, es necesario excluir el fuego y la ganadería del sector o localidad a manejar. Si hay árboles adultos que ya están produciendo semillas hay que saber dónde están y en qué dirección se mueve el viento o puede mover las escorrentías las vainas samaroides.

Si los árboles están situado en colinas o lomas, su distribución hacia abajo será efectiva. Si se limpian parches de tacotales, matorrales ó pastizales, se promueve el establecimiento de brinzales y latizales de esta especie. Una vez se observan los brinzales y latizales se les puede apoyar con el control de los bejucos.

Si se quiere distribuir mejor los individuos de la especie, se pueden extraer plántulas y plantar en lugares estratégicos, por ejemplo en lugares altos para que la semilla se distribuya en la parte baja, en lugares que el viento transportará la semilla a los lugares necesitamos repoblar. A veces es necesario hacer raleo de brinzales pero especialmente latizales para favorecer a la especie y las plantas mejor formadas.

Una vez que se tienen varias decenas de plantas de 2 a 3 años de edad es necesario inventariarlas con un mapa y traer un encargado de la institución forestal encargada para que registre y brinde a través de la delegación correspondiente un certificado del mismo. Ello garantiza que el dueño de la finca está manejando y lleva control de la población creciente.

Solo se debe cosechar árboles con DAP de 30 cm o mayores. En algunos casos será necesario eliminar árboles de menor valor para favorecer a las *Dalbergia*.

Si hay posibilidad de la aparición de incendios, es necesario prevenir la entrada del fuego al sector donde se está manejando. Se deben de construir rondas corta fuego al menos de 2- 3 m de ancho, eso se logra con chapia a machete con aplicación de herbicidas en bandas. Si se conoce el historial y movimiento histórico del fuego en la localidad, es necesario prevenir su entrada con buen número de corta fuegos. Bandas deshierbizadas, zanjas corta- fuegos, etc. Tener personal listo y equipado en caso aparece un fuego.

2.3. Recomendaciones Técnicas- Silviculturales.

2.3.1. Recolección de Semillas.

- Se ha determinado que los individuos observados (árboles y plántulas) tanto en la naturaleza como en las plantaciones de Futuro Forestal son de *D. retusa* que es la especie que se adapta a la zona de plantaciones y tiene las mejores tallas entre las *Dalbergias* de la región Pacífica de Nicaragua.

- El periodo de recolección de vaina de *D. retusa* es entre marzo y mayo, cuando estas tienen una coloración café verdosa a café oscura (Boshier & Cordero, 2003) y la semilla bien formada.

- Hay que explorar y definir lugares donde hay poblaciones o individuos de buenas características, deben ser lugares con similar condiciones o más extremos que las condiciones de los lugares donde se va a plantar. Los lugares actuales en las fincas de la empresa y alrededores, asimismo los procedentes de SETROPIC (Empalme Acoyapa, 2 Km hacia Santo Tomás y 500 m hacia el Norte) son de lugares que cumplen con las características de sitio. Se está organizando viajes a diferentes lugares (Anexo 3) con poblaciones de árboles de Námbar. Se georeferenciarán los árboles de mejores características con fines de determinar donde se pueden obtener mayor cantidad, calidad de semillas y mayor variabilidad genética, también para proveerse de material vegetativo para iniciar una colección de accesiones promisorias como base para desarrollar plantaciones semilleras y jardines de clones.

- De igual forma, se recomienda que la semilla a obtener (comprada y/o recolectada) de las otras especies nativas (Genízaro, Roble de sabana y Gavilán del Pacífico) que se van a combinar con el Námbar en plantaciones mixtas, tengan proveniencias de localidades bajas (0- 300 msnm), secas (1,000- 1600 mm / anual), si es posible en suelos vertisoles, vérticos o muy arcillosos.

- En la recolecta de semillas, hay que seleccionar los árboles adultos (mayores de 15 años) de mejor porte (los menos ramificados en la parte inferior, los más rectos posibles, visualmente sanos y si es posible, informarse de la edad del árbol para tener idea sobre el crecimiento. En el momento de la recolecta hay que hacer un muestreo de algunas vainas para confirmar que las semillas estén sanas (sin manchas, sin carcomas o superficie elevada de forma irregular: Bacterias *Xanthomonas*), este muestreo es importante para evitar que la cosecha sea infructuosa a los colectores y evitar que la semilla porte enfermedades que contamine a las restantes semillas.

Biología y Silvicultura de las especies de *Dalbergia* en América Central

- Capacitar a las personas que van al campo a recolectar semillas para que se pueda cumplir los objetivos de recolección de la empresa.

- Se colectan las vainas directamente del árbol y se ponen a secar al sol de 1- 2 días por periodos de 3- 4 horas / día, para facilitar la apertura. Habrán de 14,000 a 20,000 semillas / Kg (Boshier & Cordero, 2003).

Es necesario tratar las semillas recolectadas con pesticidas específico para semillas, Boshier & Cordero (2003) indican que las semillas son atacadas por el insecto *Ctenocolum salvini* y hongos de los géneros *Alternaria* y *Aspergillus*.



Figura 19. Vivero 2010, Futuro Forestal desarrolló técnicas de reproducción por semillas muy eficiente (más de 90% de prendimiento y alta sobrevivencia en el campo).

2.3.2. Manejo en el Viveros

2.3.2.1. Germinación.

No se realiza tratamiento pregerminativo (ver en la revisión arriba). Los altos porcentajes de germinación (90- 95%) se debe a que se utiliza semillas del mismo año y en el momento de la siembra se orienta el ápice encorvado (radícula inflexa) de la semilla hacia abajo, evitando la pérdida de tiempo (3 días) de la plántula para acomodarse adecuadamente: radícula hacia abajo y plúmula hacia arriba. La germinación comienza al 5to día después de la siembra y finaliza a los 12 días. Los viveros se realizan a pleno sol, bajo las condiciones de temperatura del ambiente (28- 36°C).

La forma de propagación de plantas embolsadas no han presentado mayores problemas, un productor (Carlos Barrios V.) utilizó pseudoestacas con buenos resultados (Faurby & Barahona, 1998).

2.3.2.2. Nodulación y Micorrización.

Se debe iniciar las investigaciones con *Rhizobium* y Micorrizas (ver 1.7.1 y 1.7.2) en la fase de vivero que es observable.

- La prioridad es encontrar la tecnología adecuada de inoculación con cepas de *Rhizobium* nativas o mejoradas que fijen efectivamente Nitrógeno con la especie de *Dalbergia* que se está plantando. Buscando sean efectivas en las condiciones de suelo y clima de la localidad.
- En caso que no se pueda hacer nodular a las plantas en condiciones de vertisoles, sabana o llano, entonces hay desarrollar la ectomicorrización como alternativa.
- En plantas que nodulan efectivamente, se puede iniciar el desarrollo de las Micorrizas arbusculares, aunque su aporte nutricional es generalmente marginal, es correctivo a la deficiencia de algún mineral.

2.3.2.3. Fertilización en vivero.

- La planta (embolsada) debe estar en vivero de 4 a 6 meses (Boshier & Cordero, 2003), preferiblemente a pleno sol para alcanzar un desarrollo apropiado para su traslado al sitio definitivo de plantación, solo tolera hasta 37% de sombra.

- En el vivero se pueden fertilizar con una solución de 8 onzas de (NPK) 18- 46- 00 en un barril de agua (220 Lt); dejar de regar por 2- 3 días y luego aplicar la solución con regadera, ello es suficiente para estimular la formación de raíces y no impedirá la posterior inoculación con *Rhizobium* en el vivero o con las cepas nativas en el campo. Los resultados de las investigaciones con *Rhizobium* y Micorrizas pueden cambiar esta recomendación temporal. El uso de micronutrientes será favorable, en especial si contiene Molibdeno, éste es requerido por las bacterias *Rhizobium* para la formación de enzimas de fijación simbiótica de nitrógeno.

2.3.3. Selección de Sitio de Plantación.

Se puede plantar *D. retusa* y *D. glomerata* en cualquier tipo de suelo franco, franco- arcilloso y arcillosos. *D. glomerata* crece de forma excelente en las riberas de los ríos o terrenos vecinos de origen aluvial. En el terreno se debe observar que haya otras especies arbóreas creciendo bien en la localidad. Los árboles deben tener buena altura y diámetro; ello es para evitar suelos pocos profundos que en gran medida tienen mal drenaje, lo anterior permitirá el crecimiento del Granadillo y de las especies nodrizas seleccionadas.

Las especies nativas que se han seleccionado a plantar son especies de comprobada adaptación en las condiciones de sitios bajos, secos y de suelo muy arcillosos, incluyendo los vertisoles, sin embargo, en los vertisoles y otros suelos arcillosos, hay situaciones que indican que los suelos no son aptos para plantaciones, por ejemplo: 1. Lugares donde solo se presentan plantas herbáceas, especialmente ciperáceas, navajuelas, tule y tifas. 2. Donde hay árboles de Jícara ó Morro enanizados ó 3. Jícara o Morro jóvenes muy esparcidos. Esas situaciones indican algún tipo de impedimento en el suelo, lo más frecuente es una capa impermeable (capa de piedra o suelo compactado) inmediatamente debajo de la superficie o "bajos" donde se acumula estacionalmente el agua, condiciones donde las plantas son susceptibles al ataque de Fusariosis (Baksha & Basak, SF) y de otros hongos patógenos del suelo. Faurby & Barahona (1998) observaron que plantas de *D. retusa* en suelos inundados por largo período de tiempo no crecen, se quedan reprimidas. Aun en el momento de preparar el suelo, si el técnico observa con cuidado, va a notar muchas características que les permitirá ir tomando decisiones de continuar o no prepararlo para plantar.

2.3.4. Plantación y Manejo Silvicultural.

2.3.4.1. Plantación.

- Para óptima sobrevivencia, plantar desde el establecimiento de la época lluviosa (de forma idónea desde mediados de Mayo) hasta el 10 de Julio (evitar acercarse a la canícula). Si hay plantas remanentes plantarlas del 15- 30 de agosto como última opción.

- En vertisoles o suelos muy arcillosos, conviene plantar sobre camellones (o montículos) para disminuir el efecto del anegamiento estacional sobre las raíces de las plántulas (Figura 14).

- Si es planta de bolsa evitar las raíces pivotantes enrolladas (en caso las haya, podarla), en caso de plantas de tubete, no empujar las raíces en un hoyo estrecho, por lo contrario hacer un hoyo holgado para depositar la plántula con las raíces dirigidas hacia el centro del hoyo y brinde equilibrio a la planta; al apisonar evitar pisar el cuello que resulta en la formación de cuellos en forma de S que atrasa el desarrollo de plántulas.

2.3.4.2. Fertilización de campo.

- Se recomienda depositar al fondo del hoyo 1 onza (28.3 g) de (NPK) 18- 46-00 al momento de la plantación estimula la formación de raíces y consecuentemente la inoculación con los *Rhizobium* nativos.

- Mientras no se haya introducido la inoculación con cepas mejoradas de *Rhizobium* y los suelos no sean vertisoles pesados, se puede hacer una 2da aplicación con igual cantidad del mismo tipo de fertilizante a finales de Septiembre o comienzo de Octubre. No debe realizarse si hay sequía o exceso de lluvia, tampoco se debe fertilizar en vertisoles pesados porque el fertilizante no penetrará y en el ciclo de vértico, el fertilizante se disipará antes de introducirse.

- No se recomienda fertilizar a partir del 2do año en adelante. A menos que se detecte haya problema de corrección de algún nutriente la cual se realizará más eficientemente por fertilización foliar que por deposición al suelo. No se recomienda la fertilización a partir del 2do año porque se espera que naturalmente se micorricen o formen nódulo. Las raíces van profundizando y se dificulta el movimiento vertical de los fertilizantes en los suelos vertisoles. En suelo de mejor textura es probable que el fertilizante sea absorbido por las raíces secundarias y terciarias superficiales (20- 30 cm de profundidad).



Figura 20. Plantas juveniles ramificadas desde la base o con 1- 3 ejes de 3 años de edad, en suelos arcillosos sobre camellones (o montículos), Las Mercedes, Nandaime (Foto Fco. Xavier Escorcja).

2.3.4.3. Control de Malezas.

- Se debe controlar bien las malezas en la plantación, al menos alrededor de las plántulas de Námbar. Se recomienda hacer caseos frecuentes (el número de veces depende del sitio y del crecimiento del tipo de maleza) alrededor de las plántulas, a medida que esta vaya creciendo; (no dejar que las malezas alcancen o sobrepasen a la plántula, ésta es heliófita y un 37% de sombra le afecta el crecimiento. Chapeas del área total debería al menos realizarse 2 en el período lluvioso, una a los 2 meses (aprovechando la canícula) y otra a finales de Octubre, para que la broza pueda descomponerse antes de que entre la época seca (evitando dejar mucho combustible para los posibles fuegos). Los caseos se descontinuaran cuando las plantas tengan en promedio 5 cm DAP, entonces solo se usará las chapeas regulares.



Figura 21. En las plantaciones jóvenes se notan cierta cantidad de individuos con un solo eje y copa proporcionada, características genéticas deseables para facilitar el manejo de plantaciones (Foto Fco. Xavier Escorcía).

2.3.4.4. Poda.

- A los 6 meses se debe revisar sobre la necesidad de poda (usar tijeras de podar y/o navajas bien afiladas), podar todas las ramificaciones en la parte baja de las plántulas. No se deben tocar las ramas superiores del eje o ejes principales porque estas son las que formarán la copa. Como la especie tiene individuos que produce ejes múltiples (2- 3 y hasta 4), se recomienda manejar hasta 2 de estos rebrotes (Boshier & Cordero, 2003). Se deben considerar ejes las ramas más gruesas que se producen desde la base hasta una altura 40 cm. Se debe revisar y podar cada 6 meses hasta el 5to año. Estas recomendaciones son temporales, hasta que las investigaciones indiquen tratamientos más adecuados.

Hacer recorrido en todas las áreas plantadas de Granadillo seleccionar, señalar y marcar las plantas observadas con un buen hábito de desarrollo: buena altura, buen diámetro, recta y con pocas ramificaciones basales que serán progenitores potenciales para producir semillas para las futuras plantaciones.

2.3.4.5. *Raleos.*

Basado las observaciones de Faurby (2002), una de las conclusiones es que en una plantación de Námbar en suelos fértiles, se debe de hacer raleos de forma paulatinos para evitar aperturas de muchas brechas bruscas que expongan a los árboles a la penetración de las ráfagas bruscas de vientos y a la invasión profusa de bejucos. En caso de hacer raleos intensos, se debe supervisar y controlar la proliferación de bejucos para evitar que su peso y tensión quiebre troncos y ramas que afectan la altura de los árboles y consecuentemente disminuya el potencial de engrosar el diámetro de los troncos afectados.

2.3.4.6. *Cosecha*

Al cosechar, es bueno realizarlo con un corte limpio de motosierra con una inclinación de 20- 30 % para que el agua se escurra sobre la superficie cortada. Luego de cortar los árboles es bueno desinfectar la superficie del tocón con caldo Bordelés (Sulfato cúprico + Cal) que evita la entrada de patógenos, se busca la producción de rebrotes sanos. Los rebrotes deberán de manejarse de 2 a 3 para conservar 1- 2 de los mejores. Estos rebrotes estarán de cosecha a los 15 a 20 años nuevamente y así sucesivamente, evitando los costos de semilla y establecimiento temprano de la plantación.

2.4. La Madera del Námbar o Granadillo el Precio y su comercio.

Por sus colores, su jaspeado, brillantez (Figura 5C), textura, dureza, resistencia a la deformación y trabajabilidad la madera del Námbar tiene demanda en el mercado nacional e internacional de parte de los artesanos que la utilizan y el consumidor de los productos elaborados con ella. La madera de albura según la National Academy of Science (1979), no tiene mercado.

Según Herrera & Morales (1992), la madera de *D retusa* tiene una Densidad Básica (Db) entre 0.80- 0.98 g/ cm³ y una Densidad Seca al Aire (Dsa) entre 0.99- 1.22 g / cm³; apropiada para muebles de lujo o partes de éstos, chapas decorativas, mangos de herramientas y cuchillos, instrumentos musicales de percusión, de viento instrumentos científicos, cajas para joyas, piezas de ajedrez y artesanías.

El duramen de Námbar es la madera más bioresistente entre 97 maderas de Panamá, resiste a termitas, gusanos taladradores marinos (carcoma), hongos. Compuestos químicos alergénicos encontrados como: S-4'-hydroxy-4-methoxy dalbergiona, R-4-methoxy dalbergiona y otras quinonas y fenoles pueden ser los responsables de su bioresistencia así como la causa de la irritación (nasal y dermatitis) del aserrín del duramen. Hay personas sensibles que se irritan al contacto con los objetos fabricados con el duramen (Daehler, 2005).

Entre las diferentes especies de *Dalbergia* de Asia y África, algunas igualan muchas de sus características y muy pocas superan algunas de las características deseables. De todas formas hay que considerar que dichas maderas compiten con el Granadillo en volumen de oferta y en precios. También hay que prestar atención que en el Sur de Asia hay 2 especies (*D. sissoo* y *D. latifolia*) que ya tienen al menos 2 décadas de plantarse y de investigación científica para su producción más eficiente. Lo bueno del caso que dichas especies, no igualan todas la cualidades de la madera del Granadillo (*D retusa*).

Por otro lado, varias especies de *Dalbergia* de Asia, de África y del Brasil han sido introducidas a la CITES en la categoría I (amenazadas de extinción) y hace que la demanda de la madera de Námbar se incremente y por consiguiente los precios. Hay una propuesta de introducir a *D. retusa*

y *D. granadillo* en la categoría II de amenazadas (CITES, 2007).

Información obtenida entre los artesanos de Monimbó, Masaya, Nicaragua indica que compran madera de Námbar o Granadillo, puesto en Masaya a igual precio que la Caoba o el Cedro Real, o sea entre US \$ 2- 2.5 el pie tablar (C\$ 42- 52.5 Córdobas), cuando está escaso en el mercado, se llega a cotizar hasta a US \$ 3.0 / pie tablar (C\$ 63) que es como se está cotizando en la actualidad. Se compra en forma de tucas (muy escasos), postes y tocones de cualquier dimensión, se mide solo el duramen, restando la albura para los cálculos.

El precio promedio de la madera de esta especie en Costa Rica en 1995 era de US \$ 31.94 / m³ en pie y US \$ 47.91 / m³ puesta en el patio del bosque. El precio en los EEUU de tablillas machihembradas de 21/4" y 31/4" por 1/2" y longitud variada es de \$ 9.95 por pie cuadrado. Toda esta madera se importa de Nicaragua y Costa Rica, debido a que presenta mejores propiedades de la madera que la de otros lugares (Boshier & Cordero, 2003).

CITES (2007), informa que los sitios de internet (www.cocoboloking.com; eg.www.cocobolo.net) tienen precios de venta de Cocobolo o Námbar en los Estados Unidos de US \$ 15- 25 por Pie Tablar (en otras especies tropicales de maderas menos dura se vende a US \$ 5- 10). Los precios de CITES (2007) están dentro del rango inferior de los precios consultados en la actualidad, de US \$ 11.00 a 42.67 por pie tablar, dependiendo del procesamiento y calidad (Cuadro 7), pero se incrementó si lo comparamos con los precios de Boshier & Cordero (2003) mencionados arriba.

Al transformar los precios de las piezas procesadas a unidad de volumen, nos da un precio entre US \$ 9,000 y 19,700 por metro cúbico, parecido al precio brindado por Nshubemuki (1993) para *D. melanoxylon* de US \$ 18,000 / m³.

Biología y Silvicultura de las especies de Dalbergia en América Central

Cuadro 7. Precio de algunas piezas de Granadillo, Cocobolo o Námbar ofertados en algunos sitios de internet en Marzo, 2017.

	Pulg espesor x ancho*	Cm espesor x ancho x largo	Unidad de Venta	US \$ / Unidad	US \$ / 1 Pie Tablar
Tablas	4/4" x 8"	2.54 x 20.30 cm	Board Foot	11.00	11.00
	8" x 4"	5.08 x 20.30 cm			
Tablas	4/4" x 8"	2.54 x 20.30 cm	Board Foot	16.00	16.00
	8" X 4"	5.08 x 20.30 cm			
Tablas	13/16 " x 3- 5"	0.81 x 7.6- 12.7 cm	Board Foot	19.71	19.71
			Pkt 20 (al menor)	474.83	
			Pkt 20 (al mayor)	394.11	
Tacos	3/4" x 3/4" x 6"	55.306341 cm ³	Pen Blank	0.50	21.34
			pkt 100	50.00	
Reglones para torno	1.5" x 1.5" x 18"	3.8 x 3.8 x 45.7 cm = 663.68 cm ³	Turning square	12.00	42.67
Reglones para torno	1.5" x 1.5" x 18"	3.8 x 3.8 x 45.7 cm = 663.68 cm ³	Turning square	9.00	32.00

*Nota: Generalmente para tablas no detallan el largo o lo dan en un rango, a veces en el ancho también lo dan en rango, pero la unidad de medida es el Pie Tablar que es equivalente a: 0.00236 M³ (± X424).

^^ Nota: 1000 Pies Tablar (1MB) equivale a 2.36 M³ Cbm

En los muchos de sitios web visitados se puede notar que casi en su totalidad es un mercado ilegal, en especial cuando se conoce que los países de donde se dice provienen las piezas no tienen datos oficiales de exportación (CITES, 2007), muchos sitios dicen que la extracción fue después de un huracán. Cuando se buscó quienes compran y el precio de compra, la cosa se complica ya que salen sitios en su mayoría dicen ser de Panamá y de Costa Rica, no dan precios y se comunican solo por correo electrónico.

Mezclados en la internet, salen sitios de venta de objetos de lujo (válvulas de oboe, flautas, marcos de reloj, cacha de pistola, mangos de cuchillos, de paraguas, de bastones, etc.), artesanías y obras de arte. Los precios son increíbles: fruterías (U\$ 300- 900), joyeros (U\$ 500- 1,000) en piezas no mayores de 20 cm. Bien lo describen en CITES (2007), una unidad de guitarra de Cocobolo (de 4 piezas) se vende en U\$ 200, las guitarras de Cocobolo ya terminadas, se venden hasta por miles de dólares una unidad. El vendedor no conoce la fuente de su madera y los consumidores están más interesados en el precio que en la sostenibilidad del recurso por la amenaza de las especies.

En caso que las plantaciones de Granadillo se vayan realizando, Centroamérica tiene que ir pensando en capacitar recursos humanos para captar el valor agregado que genera este tipo de madera.

3. BIBLIOGRAFÍA.

- Amri, E. 2015. Influence of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Rooting Ability of Auxin Treated Stem Cuttings of *Dalbergia melanoxylon* (Guill & Perr.) Research Journal of Botany Vol 10 (3): 88- 97.
- Amri, E., H. V. M. Lyaruu, A. S. Nyomora & Z. L. Kanyeka. (2010). Vegetative propagation of African Blackwood (*Dalbergia melanoxylon* Guill. & Perr.): effects of age of donor plant, IBA treatment and cutting position on rooting ability of stem cuttings. *New Forests*, 39: 183- 194.
- Amri, E., Z.L. Kanyeka, H.V.M. Lyaruu & S. Nyomora. 2009. Evaluation of Genetic Diversity in *Dalbergia melanoxylon* Populations Using Random Amplified Polymorphic DNA Markers. *Research Journal of Cell and Molecular Biology*, 3(2): 71-79.
- Aragón, Juan Alberto Ing. 2010. Comunicación Personal. Agroforestal El Edén, Nagarote Tel 89 77 58 41
- Augsburger, C.K. 1984. Light Requirements of Neotropical Tree Seedlings: A Comparative Study of Growth and Survival. *Journal of Ecology*. 72(3): 777 - 795.
- Baksha, M.W. & A.C. Basak. (SF) Mortality of Sissoo (*Dalbergia sissoo* Roxb.) in Bangladesh. FAO Corporate Document Repository.
- Baqui, S. J J Shah & G. Syamprasad. 1984. Effect of ethephon and amino ethoxy vinyl glycine on heartwood formation in *Acacia auriculiformis* Cann. *Proc. Indian Acad. Sci. (Plant Sci.)*, Vol. 93, No. 1: 77- 82.
- Bawa, K.S. and Webb, C. J. 1984. Flower, fruit and seed abortion in tropical forest trees: implications for the evolution of paternal and maternal reproductive patterns. *Ecology* 72(5): 736 – 751
- Beltetón Chacón, C.A. 2016. Ecología de las especies del género *Dalbergia*, situación del estado poblacional, gobernanza administrativa y volúmenes de comercio internacional de productos de madera en los países del DR-CAFTA. United States of America, Department of State & Department of Agriculture, Forest Service International Program. 73 p.
- Bisht, R., S. Chaturvedi, R. Srivastava, A.K. Sharma & B.N. Johri. 2009. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi, *Pseudomonas fluorescens* and *Rhizobium leguminosarum* on the growth and nutrient status of *Dalbergia sissoo* Roxb. *Tropical Ecology* 50(2): 231- 242.
- Blair B. C. & I. Perfecto. 2004. Successional status and root foraging for phosphorus in seven tropical tree species. *Can. J. For. Res.*34 (5): 1128– 1135.
- Boga, A., B Ram & G. Ravi Shankar Reddy. 2012. Effect of benzyl amino purine and gibberellic acid on in vitro shoot multiplication and elongation of *Dalbergia latifolia* Roxb: An important multipurpose tree. *Biotechnology, Bioinformation and Bioengineering* 2 (1): 597- 602
- Boshier, D & J. Cordero. 2003. Árboles de Centroamérica, un manual para extensionistas (www.arbolesdecentroamerica.info) CATIE- Oxford Forestry Institute & Forestry Research Programme.
- Boshier, D & J. Cordero. 2003. Árboles de Centroamérica, un manual para extensionistas (www.arbolesdecentroamerica.info) CATIE- Oxford Forestry Institute & Forestry Research Programme.
- Broughton, W.J., S. Jabbouri and X. Perret. 2000. Keys to Symbiotic Harmony. *Journal of Bacteriology*, Minireview, Vol. 182, No. 20: 5641- 5652.
- Castillo Mont, J. J. 2017. Comunicación personal en el Herbario AGUAT Profesor José Ernesto Carrillo, Facultad de Agronomía, Universidad San Carlos, Guatemala.
- Celis, G. 2007. Restoring abandoned pasture land with native tree species in Costa Rica: An eco-

physiological approach to species selection. Poster Abstracts PS 67-152: Restoration ecology. ESA/SER Joint Meeting, University of Florida and Shibu Jose, University of Florida.

Chand. S. & A. K. Singh. 2004. Plant regeneration from encapsulated nodal segments of *Dalbergia sissoo* Roxb., a timber-yielding leguminous tree species *Journal of Plant Physiology*, Vol. 161, Issue 2: 237- 243

Chavarría L., A. 2006. Variación Genética del Árbol Tropical en Peligro de Extinción *Dalbergia retusa* Hemsl. (Papilionaceae) en Costa Rica, utilizando el Análisis de AFLP. Tesis Magister Scientiae en Biología, Universidad de Costa Rica "Rodrigo Facio", San José, Costa Rica.

CITES. CoP14 Prop. 31. 2007. Incluir *Dalbergia retusa* y *Dalbergia granadillo* en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies (CITES) Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre. Examen de las Propuestas de Enmienda a los Apéndices I y II. Decimocuarta reunión de la Conferencia de las Partes. La Haya (Países Bajos), 3- 15 de junio. 16 p.

Daehler, C. 2005. *Dalbergia retusa* risk assessment. Pacific Island Ecosystems at Risk (PIER), Australian/New Zealand Weed Risk Assessment adapted for Hawai'i. UH Botany- Kaulunani Urban Forestry Program and US Forest Service.

De Vastey, Jean. 1962. Estudios de propagación de especies forestales por estacas. Thesis MS Agricultura. IICA, OEA. 62 p.

Duke J. A. 1983 *Dalbergia sissoo* Roxb. ex DC. (Fabaceae), Sisu, Sissoo, Indian rosewood 1983. Handbook of Energy Crops. unpublished. Up dated 1996 Center for New Crops and Plant Products. Purdue University.

Faurby, O. & T. Barahona. 1998. Silvicultura de Especies Maderables del trópico seco de Nicaragua. Instituto de Investigación y Desarrollo Nitlapán, Universidad Centroamericana (UCA). 136 p.

Faurby, O. 2002. Plantaciones forestales en suelos fértiles, experiencias de la Hacienda Las Colinas en el Occidente de Nicaragua. Cuaderno de Investigación N° 17 Instituto de Investigación y Desarrollo Nitlapán, Universidad Centroamericana (UCA). 56 p.

Frankie, G., S.V. Vinson. L.E. Newstrom, J.F. Barthell, W.A. Haber and J.K. Frankie. 1990. Plant phenology, Pollinator ecology, Pollination behavior, and Conservation of Pollinators in Neotropical Dry Forest. in K.s. Bawa & M. Handley. 1990. Reproductive Ecology of Tropical Forest Plants. Vol 2. Man and The Biosphere Series. UNESCO. The Partenon Publishin Group.

García, E. G.; Stéfano, J. F. di. 2000. Temperatura y germinación de las semillas de *Dalbergia retusa* (Papilionaceae), árbol en peligro de extinción. *Revista de Biología Tropical*, Vol.48, No.1, pp.43-45,

Gibbs, P. & R. Sasaki. 1998. Reproductive Biology of *Dalbergia miscolobium* Benth. (Leguminosae-Papilionoideae) in SE Brazil: The Effects of Pistillate Sorting on Fruit-set. *Annals of Botany* 81: 735- 740.

Hemsley, William Botting. 1878. *Diagnoses Plantarum Novarum Mexicanarum* 1: 8.

Herrera A., Z. & A. Morales V. 1992. Uso Potenciales de 65 maderas nicaragüenses, parte III. Ficha Técnica N° 45. Laboratorio de Tecnología de la Madera, Departamento de Investigación Forestal, Servicio Forestal Nacional, Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del Ambiente (IRENA). 2 p.

Herrera S., M.E., J.M. Saravia M., J.J. Castillo M., E. López B., W.G. Alonzo de León, M. Morales, T. J. Hernández L., M.A. Liquez C., E.P. Choxom & P.I. Ruiz M. 2016. Manual para la identificación y Descripción Botánica y de la Madera de las Especies Forestales de Guatemala incluidas en el Listado CITES. Facultad de Agronomía, Universidad San Carlos de Guatemala, Fundación Naturaleza para la Vida, Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Instituto Nacional de Bosques y Ministerio Público.

Primera Edición. 139 p.

<http://www.driftwoodgardens.com/rosewooddalbergiaretusa.htm>

<http://www.facebook.com/pages/MundoForestalcom/194845613890361>

Huang, Z., R. Meilan & K. Woeste. 2008. Cloning and Characterization of JnKNAT3-like, a Class II Knox Homeodomain containing Transcript Associated with Heartwood Formation in *Juglans nigra*. Poster. Hardwood Tree Improvement and Regeneration Center and the Department of Forestry and Natural Resources, Purdue University, West Lafayette, IN 47907-2061

Janzen, D.H. 1988. Tropical dry forests: the most endangered tropical ecosystem. In: Wilson, E. (Ed.) Biodiversity. National Academy Press, Washington, D.C. pp.130-137.

Jiménez, Q. 1999. *Dalbergia retusa* en Costa Rica. InBio. <http://darnis.inbio.ac.cr/FMPro?-DB=UBI-pub.fp3&-lay=WebAll&-Format=/ubi/detail.html&-Op=bw&id=2150&-Find->

Kannaiyan, S. (Editor).2002. Biotechnology of biofertilizer. NAROSA Publishin House, New Delhi, India. 380 p.

Kaushik, J. C., Mandal, B. S., Sushil Sharma. 2003. Biological control of damping-off disease caused by *Fusarium* species In Sharma R. C. &J.N. Sharma (Editors). *Dalbergia sissoo* Roxb. integrated plant disease management, Challenging problems in horticultural and forest pathology, Congress Report, Solan, India, 14- 15 Nov. 2003.

Khan, F. , G. S. Khan, T. Siddiqui & S. H. Khan. 2012. Effect of Indole Butyric Acid (growth Hormone) on possibility of raising *Dalbergia sissoo* through branch cuttings. International Journal of Pharmacy and Biological Sciences. Volume 2 (3): 31- 35. www.ijpbs.com (or) www.ijpbsonline.com

Kiondo, F., T. Feyissa, P. A. Ndakidemi, M. Seth & K. Lema. 2014. Micropropagation of *Dalbergia melanoxylon* Guill. & Perr.: A threatened tree species. American Journal of Research Communication 2(12): 43- 52 www.usa-journals.com

Kiondo,F., T. Feyissa, P. A. Ndakidemi & M. Seth. 2014. In vitro Propagation of *Dalbergia melanoxylon* Guill. & Perr.: A Multipurpose Tree. American Journal of Research Communication Vol 2 (11): 181-194. www.usa-journals.com

Knoblauch, Birgit. 2001. Estudio ecológico, silvícola y de utilización del Granadillo (*Dalbergia tucurensis* J.D. Smith) en bosques latifoliados de Honduras. Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciatura, Carrera de Desarrollo Socio- económico y Ambiente, El Zamorano, Honduras. 44 p. (Asesores: Nelson Agudelo e Ingeniero José Linares).

Kumar, A., R. K. Luna, A. Bhatt and S. Dobhal. 2009. Genotypic X environmental interactions and growth performance in different clones of *Dalbergia sissoo* (Roxb.). Abstract in WFC. Memory XIII World Forestry Congress 18- 23 Oct. 2009 Paseo Colón 982- Anexo Jardín C1063ACV, Buenos Aires, Argentina.

Lemmens, R.H.M.J., 2008. *Dalbergia latifolia* Roxb. In: Louppe, D., Oteng-Amoako, A.A. & Brink, M. (Editors). Prota 7(1): Timbers/Bois d'œuvre 1. PROTA, Wageningen, Netherlands.

Linares, J. y M. Sousa S. 2007 (2008). Nuevas especies de *Dalbergia* (Leguminosae: Papilionoideae: Dalbergieae) en México y Centroamérica. *Ceiba* 48: 61- 82.

Maass, J. M. 1995. Conversion of tropical dry forest to pasture and agriculture. In: Bullock, S.H., Mooney, H.A. and Medina, E. 1995. Seasonally Dry Tropical Forests. The University Press, Cambridge. pp 399-422.

Marín, W.A. & E. M. Flores. 2003. *Dalbergia retusa* Hemsl. In: Vozzo, J.A. 2003. Tropical Tree seeds Manual. Part II Species descriptions. United States Department of Agriculture Forest Service. pp. 429- 431.

Meera, I. & R. Kobe. 2007. The effects of light and soil fertility on seedling survival and growth in a dry tropical forest. Poster Session #29: Plant Ecology: Environmental controls. Exhibit Hall B & C, TCC. Michigan State University, East Lansing, Michigan.

Meyrat, A. 2010. Revisión sobre Ñámbar o Granadillo (*Dalbergia retusa*) y recomendaciones para iniciar plantaciones comerciales en suelos arcillosos de la zona seca de la Región Pacífica de Nicaragua. Futuro Forestal. Managua, Nicaragua. 54 p.

Meyrat, A. 2011. Bases para el manejo de plantaciones comerciales del Ñámbar o Granadillo (*Dalbergia retusa*) en la zona seca de Nicaragua. Futuro Forestal. Managua, Nicaragua. 55 p y Anexos.

Murphy, P.G. and Lugo, A.E. 1995. Dry forests of Central America and the Caribbean. In: Bullock, S.H., Mooney, H.A. and Medina, E. 1995. Seasonally Dry Tropical Forests. The University Press, Cambridge. pp 9-34.

National Academy of Science. 1979. Tropical legumes: resources for the future. National Academy of Sciences. Washington, 331 p.

NFTA. 1994. *Dalbergia latifolia* the high-valued Indian rosewood, NFTA Highlights, A quick guide to useful nitrogen fixing trees from around the world. NFTA 94-04.

Nshubemuki, L. 1993. *Dalbergia melanoxylon*: valuable wood from a neglected tree, A quick guide to useful nitrogen fixing trees from around the world. NFTA Highlights NFTA 93-05, A publication of the Forest, Farm, and Community Tree Network (FACT Net), Winrock International 38 Winrock Drive Morrilton, Arkansas 72110-9370 USA, Email: forestry@msmail.winrock.org - www.winrock.org/forestry/factnet.htm

Paquette, A., J. Hawryshyn, A. Vyta Senikas, and C. Potvin. 2009. Enrichment planting in secondary forests: a promising clean development mechanism to increase terrestrial carbon sinks. *Ecology and Society* 14(1): 31. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss1/art31/>

Pereira, R de, C., Freitas, P. Taiane y A. V. Trindade. 2009. Production and growth of seedlings of *Dalbergia nigra*, *Schinopsis brasiliensis* and *Astronium fraxinifolium* in response to mycorrhizal fungus. Abstract in WFC. Memory XIII World Forestry Congress 18- 23 Oct. 2009 Paseo Colón 982- Anexo Jardín C1063ACV, Buenos Aires, Argentina

Piotto, D., E. Víquez, F. Montagnin, and M. Kanninend. 2004. Pure and mixed forest plantations with native species of the dry tropics of Costa Rica: a comparison of growth and productivity. *Forest Ecology and Management* 190; 359- 372.

Pittier, H. 1922. On the species of *Dalbergia* of Mexico and Central America. *J. Wash. Acad. Sci.* 12: 54- 64.

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

Ramos, A.C.S., J. P. Lemos-Filho, R.A. Ribeiro, F. Rodrigues S. & M. B. Lovato. 2007. Phylogeography of the Tree *Hymenaea stigonocarpa* (Fabaceae: Caesalpinioideae) and the Influence of Quaternary Climate Changes in the Brazilian Cerrado. *Annals of Botany* September 2007: 9 p. AOB Preview online, September 19, 2007.

Ravinshankar Rai, V. & K. S. Jagadish Chandra. 1989. Micropropagation of Indian Rosewood by Tissue Culture. *Annals of Botany* 64: 43- 46.

- Ribeiro R. A. J. P. Lemos- Filho, A. C. S. Ramos & M. B. Lovato. 2010. Phylogeography of the endangered rosewood *Dalbergia nigra* (Fabaceae): insights into the evolutionary history and conservation of the Brazilian Atlantic Forest. *Heredity* 2 (June 2010).
- Ribeiro, R. A., A. C. Simões R., J. P. Lemos-Filho, & M. B. Lovato. 2005. Genetic Variation in Remnant Populations of *Dalbergia nigra* (Papilionoideae), an Endangered Tree from the Brazilian Atlantic Forest. *Annals of Botany* 95: 1171- 1177. www.aob.oupjournals.org
- Ribeiro, R. A., M. F. S. Resende, L. C. Resende, J. P. Lemos-Filho, E. Kalapothakis & M. B. Lovato. 2009. Development of polymorphic microsatellite markers for *Dalbergia nigra* (Papilionoideae), an endangered tree from the Brazilian Atlantic Forest. *Molecular Ecology Resources*, 9: 203- 206.
- Richter, H.G. & M. J. Dallwitz. 2000 and on. Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. In English, French, German, Portuguese, and Spanish. Version: 25th June 2009. <http://delta-intkey.com>
- Rzedowski, J. G. & Gómez, L. I. 1988. El palo escrito, árbol de madera preciosa - una nueva especie mexicana de *Dalbergia* (Leguminosae, Papilionoideae). *Acta Botánica Mexicana*, núm. 4, Diciembre, 1988, pp. 1- 8 Instituto de Ecología, A.C. Pátzcuaro, México. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57400401>
- Sánchez Vargas., Y. 2017. Comunicación personal. www.elmundoforestal.com
- Saslis- Lagoudakis C., M. W. Chase, D. N. Robinson, S. J. Russell & B. B. Klitgaard. 2008. Phylogenetics of neotropical *Platymiscium* (Leguminosae: Dalbergieae): systematics, divergence times, and biogeography inferred from nuclear ribosomal and plastid DNA sequence data. *American Journal of Botany*. 2008; 95: 1270- 1286.
- Seavey, S. R. & K. S. Bawa. 1986. Late-acting self- incompatibility in angiosperms. *Botanical Review* 52: 152- 219.
- Shukla, A. N. 2008. Resistance of *Dalbergia sissoo* to *Fusarium solani* f.sp. *dalbergiae*. *Forest Pathology*: Volume 38 Issue 6: 410- 418
- Singh, A. K., Chand, S., Pattnaik, S. and Chand, P. K. 2002. Adventitious shoot organogenesis and plant regeneration from cotyledons of *Dalbergia sissoo* Roxb., a timber yielding tree legume. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. Vol.68, N° 2: 203- 209.
- Singh, B. & B.P. Bhatt. 2008. Provenance variation in pod, seed and seedling traits o *Dalbergia sissoo* Roxb. Central Himalaya, India. *Tropical Agricultural Research & Extension, India*. 9 p.
- Singh, O. 2001. Clonal variation in rooting ability of branch cutting of *Dalbergia sissoo* Roxb.
- Sprent, J. I. & E. K. James. 2007. Legume Evolution: Where Do Nodules and Mycorrhizas Fit In? *Update on Legume Evolution Plant Physiology* 144: 575- 581.
- Stevens, W.D., C. Ulloa, A. Pool y O. M. Montiel. 2001. *Flora de Nicaragua*. 85 Tomo I, II y III. Missouri Botanical Press. St. Louis, Missouri. 2556 p. *Flora de Nicaragua (dinámica en línea): Flora de Nicaragua- Contenido- Taxonomía*.
- Swamy, BV Raghava and Himabindu, K and Sita, G Lakshmi (1992) In vitro micropropagation of elite rosewood (*Dalbergia latifolia* Roxb). *Plant Cell Reports*, 11 (3): 126-131.
- Tilki, F. and Fisher, R.F. 1998. Tropical leguminous species for acid soils: studies on plant form and growth in Costa Rica. *Forest Ecology and Management*, 108: 175-192.

Valverde C., L & L. Alvarado G. 2004. Organogénesis in vitro en *Dalbergia retusa* (Papilionaceae). Rev. Biol. Trop V 52 N° 1, Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica San José, Costa Rica. rbt@biologia.ucr.ac.cr

Vargas U., G. 2001. Fitogeografía de ecosistemas secos en la meseta de ignimbritas de Guanacaste, Costa Rica. Rev. Biol. Trop V 49 N°1, Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica San José, Costa Rica. rbt@biologia.ucr.ac.cr

Vargas U., G. 2005. Sabana arbustiva del Parque Nacional Santa Rosa, Guanacaste, 1985- 2004. Serie: Cuadernos de Estudios Mesoamericanos; n° 2, 1ª Edición por A. Hernández y N. Sánchez. CE-MEDE/ UNA, San José, Costa Rica. 60 p.

Washa B. 2014. Effective Cutting type in the Rooting of *Dalbergia melanoxylon* in Tanzania. International Journal of AgriScience Vol. 4(4): 256- 259.

Webb, E. L. & S. Y. Hossain. 2004. *Dalbergia sissoo* mortality in Bangladesh plantations: correlations with environmental and management parameters (Abstract) Forest Ecology and Management Volume 206, Issues 1-3.

Wiedenhoeff, A.C. 2011. Identificación de las Especies Maderables de Centroamérica: Identification of Central, American Woods. Forest Product Laboratory, USDA Forest Service- USAID. 162 p.

Wiemann, M. C. & F. Ruffinatto. 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.

Wilkinson Kim M. & Craig R. Elevitch. 2010. Biological Nitrogen Fixation. The Overstory #65. <http://www.overstory.org>; overstory@agroforestry.net P.O. Box 428, Holualoa, Hawaii 96725 USA. NifTAL Project (Nitrogen Fixation by Tropical Agricultural Legumes) of the University of Hawaii, Paia, HI 96779-9744 Hawaii, USA

Wishnie, M.H.; D.H. Dent, E. Mariscal, J. Deago, N. Cedeño, D. Ibarra, R. Condit y P.M.S. Ashton. 2007. Initial performance and reforestation potential of 24 tropical tree species planted across a precipitation gradient in the Republic of Panama. Forest Ecology and Management, Vol. 243, Issue 1: 39- 49.

4. ANEXOS

Anexo 1. Datos de Diámetro a Altura de Pecho (DAP), Altura Total de árbol (H) y Altura Comercial del fuste (H Com.) y Año de plantación, todos ellos fueron plantados 3 x 3 m.

	cm DAP	m H	M H comercial	msnm	X	Y	
	Lancetilla, D. retusa 1946 (71 años) Suprimidos por Guanacaste a 3- 4 m						
	50	26					
	50	23					
	50	24.5					
IMA	0.70	0.35					
	San Luis de Petén, Guatemala: Florencio y Ubal Caal D. glomerata, Plantados: 1987 (30 años)						
	37	16	1.23	0.53			
	35	15	1.17	0.50			
36 + 37	73	20	2.43	0.67			
	42	18	1.40	0.60			
	40	17	1.33	0.57			
	35	16	1.17	0.53			
	37	17	1.23	0.57			
		IMA	1.42	0.57			
	Lancetilla D. glomerata (20 años)						
	28	25	10	595	451380	1741528	
	29.5	26	10				
	21	16	9				
	25	24	12				
	35	24	10.5				
	22	26	10				
	Lancetilla D. glomerata 30 años. Todos junto a laguneta rodeados de Cojoba ferruginea y Pterocarpus officinalis						
	36	26		591	451388	1741151	31-may-17
	33	25		592	451396	1741167	01-jun-17
35+37	72	24					
	50	26		593	451402	1741196	01-jun-17
	Lancetilla D. glomerata árbol enorme (50 Años)						
	57	35	10 + 6 = 16	594	451356	1741245	01-jun-17
	Lancetilla D glomerata (40 años). Son árboles altos por competencia con árboles de Higueros (Ficus insipida) en riberas del río.						
	41	28	17	598	451006	1738830	
	45	28	14				
	56	30	14				
	64	27	11				
	32	29	14				
	Lancetilla D glomerata (87 años) junto a plantación: Caoba, Cocobolo, Cortez y Santamaría; Frente a plantación de Oropéndolas, Sotobosque limpio sombra excesiva del Cacao. Hay presencia de Pterocarpus officinalis						
	48.5	38	9.5				
	70	26	6+5= 11				
	69.5	27	11	596	451308	1742729	31-may-17
	47	30	18	597			

