



## PROYECTO

**“GENERACIÓN DE CAPACIDADES Y LINEAMIENTOS TÉCNICOS DE MANEJO PARA ELABORAR DICTAMENES DE EXTRACCIÓN NO PERJUDICIAL ORIENTADOS A LAS ESPECIES DEL GÉNERO DALBERGIA EN GUATEMALA, EL SALVADOR Y NICARAGUA”**



Actividad 3.4.1 Guía técnica y/o manual de campo para el manejo de las especies del género *Dalbergia* en estado silvestre, plantaciones y sistemas agroforestales son elaborados, impresos y compartidos a los actores interesados en Guatemala, El Salvador y Nicaragua.

**GUÍA TÉCNICA DE CAMPO**  
para el manejo de las especies del  
género *Dalbergia* en medio silvestre,  
plantaciones forestales y sistemas  
agroforestales



### **Informe de Actividad 3.4.1**

Elaboración de la guía técnica y/o de un manual de campo para el manejo de las especies del género *Dalbergia* en medio silvestre, plantaciones y sistemas agroforestales

Abril, 2022

## **GUÍA TÉCNICA DE CAMPO PARA EL MANEJO DE LAS ESPECIES DEL GÉNERO *DALBERGIA* EN MEDIO SILVESTRE, PLANTACIONES FORESTALES Y SISTEMAS AGROFORESTALES**

Proyecto "Generación de lineamientos técnicos de manejo para elaborar dictámenes de extracción no perjudicial orientados a las especies del género *Dalbergia* en Guatemala, El Salvador y Nicaragua"

Consultores:

**Álvaro Centeno**

**William Zac**

**Producto 3.4** Guía técnica y/o de un manual de campo para el manejo de las especies del género *Dalbergia* en medio silvestre, plantaciones y sistemas agroforestales son elaborados.

**Actividad 3.4.1** *Elaboración de la guía técnica y/o de un manual de campo para el manejo de las especies del género *Dalbergia* en medio silvestre, plantaciones y sistemas agroforestales.*

# CONTENIDO

## 1. FENOLOGÍA DE LA DALBERGIA

- 1.1. Concepto de fenología
- 1.2. Calendario fenológico
- 1.3. Viabilidad de la semilla
- 1.4. Dispersión de la semilla
- 1.5. Polinización

## 2. CRECIMIENTO DE LA DALBERGIA

- 2.1. Análisis fustal
- 2.2. Crecimiento de Dalbergia
- 2.3. Desarrollo del duramen
- 2.4. Protocolo para colecta y análisis de muestras fustales
- 2.5. Modelos de crecimiento
- 2.6. Incremento anual
- 2.7. Tiempo de rotación y su implicación en el manejo forestal

## 3. PARAMETROS SILVICULTURALES

- 3.1. Diámetro Mínimo de Corta (DMC)
- 3.2. Turno, ciclo de corta e incrementos diamétricos
- 3.3. Intensidad del aprovechamiento
- 3.4. Selección de árboles semilleros

## 4. LINEAMIENTO TÉCNICO SOBRE ÁRBOLES SEMILLEROS

- 4.1. Definición de árbol semillero
- 4.2. Criterios para la selección de semilleros en plantaciones
- 4.3. Criterios para la selección de semilleros en bosque natural
- 4.4. Variables cuantitativas y cualitativas

## 5. LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA EL MANEJO FORESTAL INTEGRAL

- 5.1. Definiciones técnicas
- 5.2. Criterios técnicos para el manejo y aprovechamiento
- 5.3. Buenas prácticas para el aprovechamiento forestal

## 6. BIBLIOGRAFÍA

# 1. FENOLOGÍA DE LA DALBERGIA

## 1.1. Concepto de fenología



La fenología se ha definido como la ciencia que relaciona los factores climáticos principalmente temperatura y precipitación, con el ritmo periódico de los fenómenos biológicos acomodados en el tiempo como la brotación de hojas, florecencia, maduración de frutos, etc.

A continuación, se presentan los resultados del estudio fenológico para las especies representativas de Dalbergia en Nicaragua.

## 1.2. Calendario fenológico

***Dalbergia retusa* Hemsl. (Granadillo negro)**

### Floración

Las flores se presentan de mayo a junio.

### Fructificación

Los frutos suceden de junio a agosto; atípicamente puede retrasarse de septiembre a octubre.

### Follaje

Defolia severamente antes de la floración.

***Dalbergia tucurensis* Donn. (Granadillo amarillo)**

**Floración:** Ocurre de febrero a abril con alternabilidad de 2 años.

### Fructificación

Presenta un periodo alterno (cada 2 años) en la producción de frutos, los cuales se observa de abril a junio.

### Follaje

Defolia completamente antes de la floración.

## 1.3. Viabilidad de la semilla

El tiempo máximo aceptable de almacenamiento de la semilla de las especies del género Dalbergia es de 10 días. La semilla cuando está fresca presenta un 40 % de germinación con tratamiento pregerminativo.

La variabilidad climática presenta periodos prolongados de sequías o exceso de lluvia, estos fenómenos generan un comportamiento atípico en la fenología de los árboles, lo que causa cambios en la producción de semilla. Por ende, los periodos de recolección ocasionalmente pueden adelantarse o retrasarse al mes más inmediato. Para asegurar el éxito en el proceso de recolección y manejo de semillas, es necesario destacar los recursos económicos a esta labor, además de realizar recolección oportuna de semillas, las mismas deben ser manejadas de manera adecuada para evitar la pérdida de viabilidad.

## 1.4. Dispersión de la semilla

La dispersión de los frutos de las especies del género *Dalbergia* es anemocórica. La especie tiende a producir gran cantidad de semillas, cuando algún individuo presentaba frutos estos llegaban a cubrir hasta un 75% del árbol. La especie no libera las semillas, si no que estas son llevadas en los frutos, los que son delgados y alargados, pero sin duda pesados, lo que permite que éstos al ser desprendidos del árbol productor, por efectos del viento y la gravedad, le permite regular su velocidad de descenso.

Según Dalling (2002), las semillas que son dispersadas por la gravedad pueden presentar una distribución más uniforme. El fruto una vez desprendido y dependiendo de la intensidad de viento, giran y llegan a establecerse a una distancia del productor que le permite su establecimiento. Una vez establecida, las semillas requieren mucha luminosidad para germinar y desarrollarse, dándose una fuerte competencia entre otros frutos que transportan semillas y entre las mismas semillas que porta el fruto (Rivera & Viquez, 2010).



## 1.5. Polinización

Las flores, de aroma fragante, son polinizadas por insectos melíferos, y al igual que los frutos, se producen manera masiva (Rivera & Viquez, 2010). La floración se produce en época seca e inicio del periodo lluvioso, entre enero y abril, en tanto, la fructificación ocurre a finales del periodo seco y hasta mediados de la época lluviosa, entre abril y julio (Jiménez, 1998; Rivera & Viquez, 2010; Zamora, 2010).

# 2. CRECIMIENTO DE LA DALBERGIA

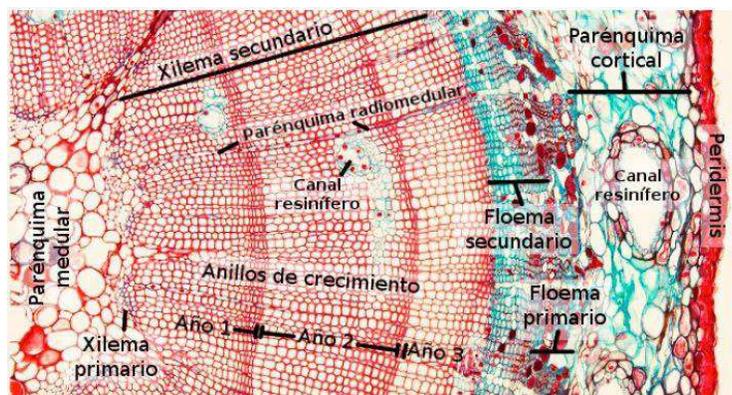
## 2.1. Análisis fustal

Es el proceso de decodificación de la información registrada en los anillos de crecimiento de los árboles. Esta técnica permite descubrir y registrar el crecimiento pasado del árbol analizado. Específicamente, permite reproducir patrones de:

1. Crecimiento del dap (diámetro del árbol a 1,3 m altura).
2. Crecimiento de la altura total del árbol.
3. Crecimiento en volumen total del árbol con corteza o sin corteza, o hasta un diámetro mínimo utilizable dado.
4. Cambio en la forma del fuste del árbol en el tiempo.
5. Análisis del perfil del fuste al momento de su corta

Las técnicas de la dendrocronología<sup>1</sup> y de análisis fustal se desarrollaron para árboles en zonas climáticas templadas y frías, en donde el crecimiento de los árboles se ve disminuido y estancado según la estación del año, esto es, se ve favorecido en la primavera y verano, y se ve limitado en el otoño e invierno dejando de así marcas de crecimiento debido a los cambios en el tamaño de los poros de la madera y el tamaño de fibras cuando se ven en cortes transversales del tronco.

En zonas templadas cada anillo corresponde al crecimiento anual, consta de dos zonas claramente diferenciadas, una formada en primavera en la que predominan vasos gruesos que conducen la savia bruta hasta las hojas, formada por los tejidos vasculares, de color claro, pared delgada, fibras huecas y blandas; y otra formada en otoño de vasos más pequeños y apretados, sus fibras forman el tejido de sostén, son de color más oscuro y de paredes gruesas.



Una de las limitaciones de la dendrocronología y el análisis fustal técnica es encontrar especies que formen anillos con resolución anual o bianual, donde sea posible distinguir los anillos y poder así fechar correctamente las muestras y construir cronologías. Aunque en regiones templadas la mayoría de los árboles forman anillos anuales, esto es especialmente difícil en zonas tropicales húmedas debido a la uniformidad climática anual. No obstante, existen evidencias científicas de muchas especies de árboles tropicales que forman anillos de

<sup>1</sup> La dendrocronología, del griego (dendron, árbol, jónos, tiempo, y logos, estudio), es la ciencia que se ocupa de la datación de los anillos de crecimiento de las plantas leñosas, usando el patrón de crecimiento de anillos de crecimiento.

crecimiento anual, más aún, han sido estudiadas para estudiar el clima o la dinámica de los bosques tropicales (*Swietenia macrophylla*, *Simarouba amara*, *Cordia alliodora*, *Rhizophora mangle*, por citar solo unas pocas) (Worbes, 1999).

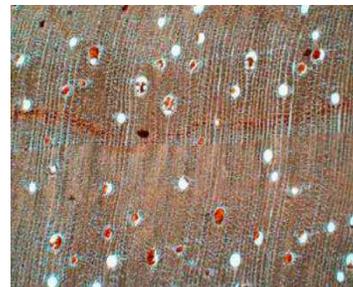


Árboles de especies tropicales como Ciprés (*Cupressus lusitanica*), Teca (*Tectona grandis*), Pino (*Pinus caribaea*), etc., que crecen en regiones en donde existe una estación seca marcada, desarrollan anillos de crecimiento anual, que una vez analizados y decodificados permiten conocer cuál ha sido el crecimiento del árbol en el pasado.

Se ha reportado árboles con dos anillos de crecimiento por año en regiones de África del Este, en donde existen dos estaciones secas (Worbes, 1999). Este autor además indica que la visibilidad de anillos anuales de crecimiento en los trópicos es más factible en especies deciduas<sup>2</sup>, y en especies leguminosas que forman bandas terminales de parénquima<sup>3</sup>.

La técnica de análisis fustal sólo podrá emplearse si en el árbol analizado se pueden identificar claramente los anillos de crecimiento, y si los mismos pueden asociarse a períodos de tiempo constantes (anuales, bianuales, etc.). En Centro América hay al menos 6 especies de *Dalbergia*, y sus maderas son muy similares, solo reconocibles por expertos.

Meyrat (2017) indica que poseen una amplia adaptación ecológica, presentando hábitos de arbustos decumbentes<sup>4</sup> y erectos hasta árboles pequeños. Señala que en general los límites de anillos de crecimiento son visibles o ausentes. La madera tiene porosidad difusa<sup>5</sup>, con vasos solitarios, a veces en grupos de 2 a 3, y comúnmente llenos de goma oscura, además posee radios estrechos y numerosos, y el parénquima<sup>6</sup> mayormente difuso o en bandas.



En uno de los casos estudiados por Meyrat (2017) en La Palmita, Nicaragua, este autor señala la posibilidad de la existencia de anillos de crecimiento dobles, es decir la existencia de anillos de crecimiento de periodo seco y otro de época lluviosa. En ese caso se conocía que la edad de

<sup>2</sup> Especies deciduas: Plantas caducifolias que presentan una marcada tendencia a botar sus hojas desde las ramas cuando las condiciones climáticas son adversas, ya sea un invierno frío o en condiciones sequía.

<sup>3</sup> Parénquima en bandas: parénquima es el tejido por lo general más claro que las fibras del leño, están en sentido longitudinal y transversal, cuya principal función es de almacenamiento y conducción de sustancias alimenticias. Se denomina en bandas cuando las células de parénquima forman líneas o bandas concéntricas.

<sup>4</sup> Decumbentes: con tallo es postrado y que se apoya sobre el sustrato pero en el sector apical es ascendente. Las plantas de tallo erguido son las que poseen tallo que se eleva sobre el sustrato desde su base.

<sup>5</sup> Porosidad difusa: indica que los poros o vasos no cambian de diámetro en todo el anillo de crecimiento.

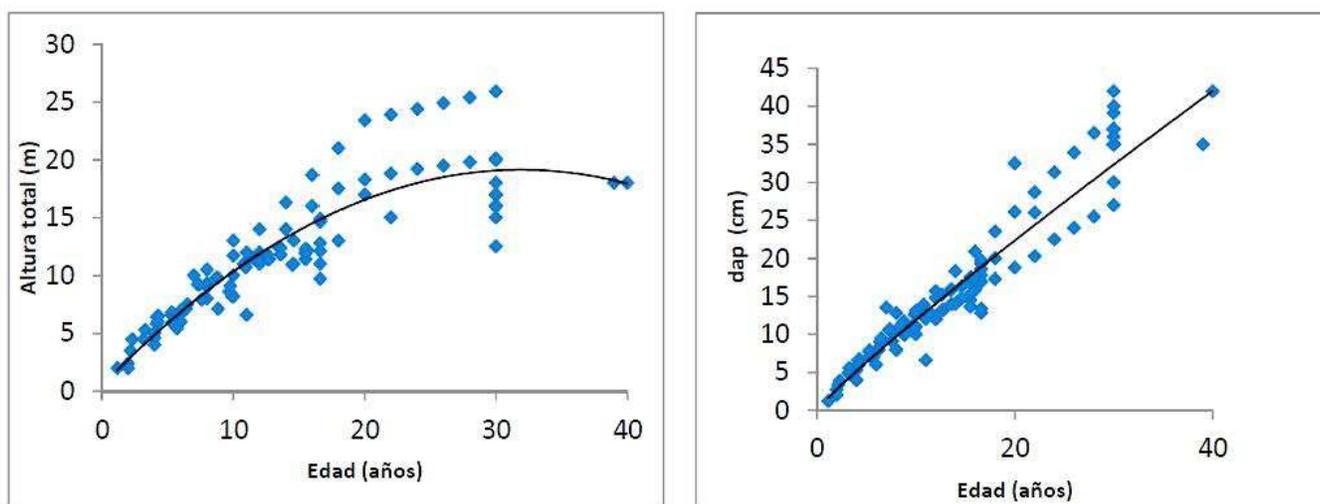
<sup>6</sup> Parénquima en bandas: es el tejido por lo general más claro que las fibras del leño, están en sentido longitudinal y transversal, cuya principal función es de almacenamiento y conducción de sustancias alimenticias. Se denomina en bandas cuando las células de parénquima forman líneas o bandas concéntricas, es terminal se presentan en los límites de los anillos de crecimiento.

la plantación era 8 años, y se pudo contar la presencia de 16 anillos. Rzedowski y Guridi-Gómez (1988) reportan para árboles de palo escrito (*Dalbergia palo-escrito*) en México, que la madera no presenta anillos de crecimiento, “pero que existe cierta zonación debido a la presencia de parénquima terminal”.

## 2.2. Crecimiento de *Dalbergia*

Meyrat (2017) hace una extensa recopilación de datos de crecimiento de diámetro (dap) y altura de árboles de varias especies de *Dalbergia* en Centro América. Este autor indica que 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. Adicionalmente, para preparar este documento se ha recopilado datos de parcelas permanentes de medición (PPM) de plantaciones de *D. retusa* en Parrita, Costa Rica, incluyendo la estimación del factor volumétrico de forma el cual fue estimado en 0,401 (Corrales-Solís, 2012), así como otros datos existentes en la literatura.

El análisis de los datos indica que los árboles de *Dalbergia* creciendo en climas secos de Centro América tienden a alcanzar su altura máxima a los 30 años, la cual se estima en 20,1 metros, con una variación entre 12,4 y 25,9 metros. Por otro lado, la información recopilada muestra que su crecimiento en “dap” sigue una función potencial, llegando a alcanzar en promedio 32,3 cm a los 30 años, con un rango de variación entre 27 y 42 cm, y hasta 42 cm, a los 40 años, por lo que estima un incremento medio anual promedio de 1,05 cm/año a los 40 años. A continuación, se presenta el crecimiento en altura y en diámetro (dap) de *Dalbergia* sp. en la Región Pacífica de Centro América.



## 2.3. Desarrollo del duramen

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 *Dalbergia*. El desarrollo del duramen es irregular. Worbes (1999) señala que éste está muy regulado por factores ambientales, más que factores genéticos, incluyendo daños por fuego, insectos, y el desarrollo de ramas.

## 2.4. Protocolo para colecta y análisis de muestras fustales

El análisis fustal consiste básicamente en contar y medir las distancias de los anillos de crecimiento presentes en secciones transversales de un árbol, discos o secciones que fueron tomadas a diferentes alturas en el fuste. Luego se procede al análisis de datos para reproducir los patrones de crecimiento del árbol. El proceso metodológico se divide en tres etapas: a) metodología para la toma de datos en campo, b) metodología de toma de datos en oficina y c) la metodología para análisis de los datos.

### A. Metodología de toma de datos del campo

Para la toma de datos de campo se recomienda un equipo de tres personas. Un jefe de cuadrilla, que selecciona el árbol, supervisa el trabajo, registra la información, y colabora en las mediciones; un motosierrista con experiencia comprobada, y una tercera persona que hace las mediciones, marca los sitios de mediciones y registra datos en las muestras. El equipo necesario a tener antes salir al campo es:

- a) formulario de campo No. 1 y lápices HB,
- b) cinta métrica de 30 metros,
- c) cinta diamétrica<sup>7</sup> de 2 a 5 m,
- d) motosierra y afilador de cadena de motosierra,
- e) un receptor de gps o equipo similar,
- f) galón de gasolina con mezcla,
- g) un galón de aceite para cadena,
- h) al menos dos machetes correctamente afilados,
- i) al menos dos “pilots” o marcador permanentes de punta gruesa o crayones rojos.

El procedimiento específico se detalla en los siguientes pasos:

1. El primer paso es seleccionar el árbol típico o medio del rodal en estudio (o el de altura mayor si se desea desarrollar curvas de clasificación de calidad de sitio). La selección del árbol es vital para poder hacer el análisis fustal de anillos de “verano-invierno”<sup>8</sup>. El árbol a

---

<sup>7</sup> Cinta diamétrica: Cinta graduada en pulgadas o centímetros que se utiliza para medir el diámetro de los árboles, colocándola alrededor del tronco de los árboles a una altura de 1.30 m (diámetro a la altura del pecho, D.A.P). Su escala esta graduada para brindar el dato del diámetro del árbol, y no su circunferencia.

<sup>8</sup> Verano-invierno: es decir anillos originados por cambio de estación seca y lluviosa.

seleccionar debe localizarse en un sitio con estación seca marcada (de 3 a 5 meses secos), no se deben seleccionar árboles en zonas riparias<sup>9</sup>, o con localizado en sitio con una capa freática<sup>10</sup> alta. Se debe dar preferencia sitios con pendiente moderada para que el efecto de la estación seca sea más marcada, y visible en las muestras de discos. Según los datos de la sección anterior la altura mínima que deben tener los árboles es de 12 a 15 metros.

2. Medir y registrar las características y dimensiones básicas del árbol. Esto es:

- a) número o código del árbol,
- b) coordenadas geográficas (latitud y longitud en sistema WGS84),
- c) pendiente del terreno,
- d) género y especie,
- e) edad o referencia de una edad aproximada, y
- f) diámetro a 1,30 m de altura o “dap”<sup>11</sup>.

En este momento se debe marcar con un pilot o marcador grueso rojo o un crayón la altura en que midió el “dap”. Estos datos deben registrarse en el formulario 1. Sección I. Datos de campo.

3. Luego se debe cortar el árbol. Al cortar el árbol se debe seleccionar el sitio de caída correctamente para no se vaya a quebrar, y cortarlo a la altura más baja posible, y haciendo un corte de dirección de caída<sup>12</sup> pequeño y recto si es posible, caso contrario la diferencia de alturas entre el corte de dirección<sup>13</sup> y el corte de caída debe hacer lo más pequeño posible según el tamaño e inclinación del árbol.

4. Medir la altura del tocón y anotarla en el formulario 1. Sección I. Datos de campo. Inmediatamente se debe medir el largo del fuste del árbol (en metros). Para esto se mide el largo del fuste con una cinta métrica de 30 m, desde el corte de caída hasta la rama más alta. Este dato se anota en el formulario 1. Tome en cuenta entonces que la altura del árbol será el largo del fuste del árbol más la altura del tocón.

5. El siguiente paso es cortar las ramas al ras del tronco, que no queden muñones<sup>14</sup>, y cuidando de que se deje un fuste limpio que coincida con que se usó para definir el largo del fuste del árbol, y que no se vaya a quebrar. El motosierrero debe ir cortando las ramas con cuidado y asegurándose que se pueda tener un tronco limpio de ramas desde la base hasta el punto más largo del fuste. En el caso de árboles ramificados, se debe buscar que el fuste sea el que define la rama que sigue hacia arriba y que define la altura total del árbol.

---

<sup>9</sup> Zona riparias: es la interfaz entre la tierra y un río o corriente, y es un hábitat de plantas y comunidades a lo largo de las márgenes de los ríos.

<sup>10</sup> Capa freática: es la capa de terreno donde se encuentran las aguas subterráneas, en reposo o movimiento, formada por la infiltración de las precipitaciones. También se le conoce como nivel freático, manto freático, o napa freática.

<sup>11</sup> dap.: Diámetro de un árbol a altura del pecho, o 1,30 metros de altura.

<sup>12</sup> Corte de caída: es un corte opuesto al de dirección de caída, con el que se remueve la mayor parte de la madera que sostiene aún el árbol y es el que provoca su caída. Este corte se debe realizar a unos pocos centímetros por encima del corte horizontal de dirección (2 a 5 cm).

<sup>13</sup> Corte de dirección de caída: es el corte que da la dirección de caída del árbol al cortarlo. Está compuesto por dos cortes, uno oblicuo y otro horizontal.

<sup>14</sup> Muñones: parte de las ramas de un árbol que no sido cortada completamente.

6. Una vez cortadas las ramas, se procede a extender la cinta métrica sobre el fuste libre de ramas, y a marcar con un “pilot” rojo grueso o un crayón, y desde la base del corte de caída, largos a 1, 2, 3, 4, metros hasta que el diámetro del fuste sea de 2 a 3 cm. Note que la primera marca es la de la base, que debe coincidir con la altura del tocón, y la segunda se realiza a un metro de altura, es decir debe marcarse a una distancia en el fuste igual a un metro menos la altura del tocón.

Esto debe hacerse así para corregir la altura en que se tomarán las muestras de los discos por el efecto de la altura en que se hicieron los cortes de caída del árbol. Por ejemplo, si la altura del tocón es 10 cm, la primera muestra se tomará a 10 cm, la segunda a 90 cm sobre fuste cortado, la tercera es la del diámetro a 1,30 m de altura (dap), y por eso se marcó antes de cortar el árbol, la cuarta muestra se toma a 1 metro de la marca de 90 cm por lo que corresponde a una altura de 2 m, la quinta a un metro más, y corresponde a 3 metros de altura, y así sucesivamente.

7. En el caso de árboles ramificados, la marca de las trozas se hace sobre la rama que sigue hacia arriba y que define la altura total del árbol. Estas marcas definen en donde se tomarán discos de muestreo para el análisis fustal, por lo que deben marcarse de forma que sea visibles.
8. Tomar secciones transversales del fuste (discos) a diferentes alturas a lo largo en el fuste. El primer disco se toma en la base, a la altura del corte de caída, luego uno a cada marca hecha en el paso 6, incluyendo uno a la altura de 1,30 m que fue marcado anteriormente. Este trabajo debe hacerse paso a paso, sin prisa y con cuidado. Cada disco tiene dos caras: una de análisis y otra de identificación. La de análisis corresponde a donde estaba la marca del corte, la identificación es la opuesta, y sobre esta debe escribirse tanto el número o código del árbol, y la altura a que se tomó el disco, esto es, la altura del tocón, 1 metro, dap (1,3 m de altura), 2, 3, 4, etc. metros.
9. Para tomar el disco se hacen dos cortes, uno exactamente sobre la marca hecha en el fuste del árbol y para el cual se conoce su altura, y otro corte arriba de esta marca, corte que define el grosor que tendrá el disco. El grosor de los discos deben ser proporcional al diámetro, esto es, entre más grande el diámetro del disco se debe dar mayor grosor para evitar que este vaya a sufrir rajaduras y torceduras del disco, pero sin embargo, no muy grueso ya que esto dificulta su traslado y cuidado posterior. El corte debe hacerlo un motosierrista capacitado o con experiencia, usando una motosierra con una espada de corte superior al diámetro del tronco del árbol, y correctamente afilada para que el corte sea recto y que no deje muchas marcas en el disco, ya que esto dificultará luego el lijado del disco.
10. Al momento de hacer el corte el analista debe estar atento para que se confunda cuál es la cara de análisis cuál la de identificación.
11. Los discos debe colocarse en sacos para su transporte a la oficina, y tratarse con cuidado para que no sufran rajaduras o que se vayan a quebrar.

12. El siguiente paso es el secado de los discos. El secado es al aire<sup>15</sup>. Los discos no deben exponerse al sol directo, y deben colocarse verticalmente y separados al menos 10 cm en un lugar seco y ventilado para facilitar su secado. Este proceso puede tomar de 15 a 22 días, no debe forzarse su secado al sol o en una secadora no controlada.

## **B. Metodología de toma de datos en oficina**

Para el procedimiento de toma de datos de oficina se requiere de al menos una persona. El equipo requerido para esta etapa es:

- a) mesa de trabajo o similar en un sitio con muy buena iluminación
- b) formulario de campo N° 1 y lápices HB,
- c) etiquetas o “post-it” amarillas
- d) Pilot negro de punta fina
- e) cinta diamétrica de 1 a 3 m
- f) cinta métrica de 2 a 3 m calibrada con centímetros y milímetros,
- g) regla de 30 a 40 cm calibrada con centímetros y milímetros,
- h) lupa de 10x o más
- i) calculadora de bolsillo o similar
- j) cámara digital
- k) Lija para madera grado o número 100, 200 o 300
- l) Lijadora orbital o circular<sup>16</sup>
- m) Toallas o paños de mano
- n) Barniz (1/4) mate sin tintes preferible de base de agua
- o) Brocha de pequeña
- p) Litro de diluyente

El procedimiento de oficina se hace disco a disco, siguiendo el procedimiento que se describe a continuación uniformemente en cada disco, y por una misma persona, de forma que no se introduzcan variaciones en el análisis. Esta información se registra en el formulario 1. Sección II. Datos de laboratorio, datos que pueden digitarse en un libro Excel (MS), como el que se adjunta con este informe.

1. Una vez secas las muestras deben lijarse para facilitar la identificación de los anillos y la medición de distancias entre ellos. Se debe lijar la cara de análisis del disco, nunca la cara de identificación. El lijado debe hacerse con lija para madera, grado o número 100 a 200, y se recomienda que se use una lijadora orbital o circular, y no una de banda. Gené et al. (1993) encontraron que se puede lograr mejor definición de los anillos de crecimiento con este tipo de lijadora.
2. Sobre cada disco se debe medir las características propias del disco, a saber a) diámetro con corteza, el diámetro sin corteza, diámetro del duramen. Estos datos se anotan en el

---

<sup>15</sup> Secado al aire: Consiste en exponer la madera a las condiciones ambientales prevalecientes de temperatura, humedad relativa y velocidad de circulación de aire

<sup>16</sup> Lijadora circular o orbital: es una herramienta motorizada portátil que funciona en un sentido de giro aleatorio. Debido a esta acción de lijado aleatorio, la herramienta no deja marcas circulares y no se ve afectada por la dirección de la veta de madera.

formulario1. Sección II. Datos de laboratorio. Estas medidas se hacen en centímetros y al menos un decimal.

3. Luego se debe definir y marcar el radio de análisis de cada sección. En el caso de discos no circulares se debe buscar el radio de cuadratura. El radio de cuadratura se calcula cuando el disco no es completamente circular, y se calcula con la fórmula:

$$\text{Radio de cuadratura} = 2 (\text{Diámetro del disco}) - (\text{Radio 1} + \text{Radio 2} + \text{Radio 3}).$$

Los radios 1, 2, y 3 se miden en el disco correspondiente seleccionando tres radios que estén separados entre sí 120 grados. Si el disco es circular no es necesario calcular el radio de cuadratura, ya que los radios 1, 2 y 3 son iguales, y se marcará el radio de análisis en donde mejor se vean los anillos de crecimiento.

4. El siguiente paso es marcar sobre el disco, el radio medio de análisis o radio de cuadratura de la sección utilizando un lápiz suave (HB). Esto es, buscar sobre el disco un radio que sea igual en distancia al radio de cuadratura calculada en el paso anterior, y en una posición en donde sean visibles los anillos de crecimiento.
5. A lo largo del radio de análisis marcado en cada sección, se procede a marcar y contar el número total de anillos. La marcación de los anillos se hace partiendo del cambium<sup>17</sup> hacia el centro del disco usando un lápiz HB. Marque el primero justamente en donde finaliza el duramen y empieza el cambium. Para ver mejor los anillos puede usar una lupa de 10X, y para resaltar los anillos, es decir el inicio o final de cada uno se puede: a) humedecer ligeramente con un paño o toalla el radio de análisis (Worbes, 1999), b) aplicar barniz blanco, c) aplicar barniz oscuro. De estos tres métodos Gené et al. (1993) trabajando con discos de *Quercus ilex*, encontraron que la mejor forma fue opción fue la aplicación de barniz oscuro. Se recomienda sin embargo, hacer pruebas de cada alternativa en alguna parte de la cara de identificación del disco antes de aplicarla en sobre el radio de análisis marcado.
6. Terminado el paso anterior, se procede a medir la distancia de cada anillo al centro del disco definido por la médula<sup>18</sup>. La medición y anotación se hace iniciando con el primer anillo, es decir, el más cercano a la médula, y sobre el radio medio de análisis marcado previamente. Esta distancia se mide en centímetros con dos decimales, es decir se debe medir con una precisión de 0,05 centímetros, por ejemplo. 1,20 cm, 5,25 cm, 12,45 cm, etc. Esta información se debe registrar en el formulario N° 2.
7. Finalmente, se le tomará una fotografía a cada disco, junto con una escuadra de carpintero graduada en centímetros y milímetros colocada tangencialmente con el disco, y una etiqueta de identificación que lleve la información del código del árbol, y la altura correspondiente a la que se tomó el disco. Las fotos deben ser perpendiculares, y con

---

<sup>17</sup> Cambium: meristemo secundario es un tejido vegetal meristemático específico de las plantas leñosas, situado entre la corteza y el xilema o madera sólida compuesto normalmente por una capa única de células embrionarias.

<sup>18</sup> Médula: o corazón es el tejido esponjoso que se encuentra en el centro del árbol, en muchas especies se desprende cuando la madera se seca. Al igual que el duramen es madera muerta, pero por sus deficientes características físicas y mecánicas se la desecha y no se emplea en carpintería.

buena iluminación, si se tiene acceso a un escáner se puede usar el mismo. La resolución de la foto recomendada es entre 400 y 600 dpi.

### C. Metodología para análisis de los datos

El análisis de los datos de campo del análisis fustal está dirigido en este caso específicamente a generar las curvas de crecimiento de diámetro a la altura de pecho o 1,3 metros de altura sin corteza, y la curva de crecimiento aproximada de la altura del árbol. Esto permitirá luego generar la curva de crecimiento del volumen sin corteza. Esta información se extrae del Formulario 1, Sección 1 de datos de campo.

En la siguiente ilustración se presenta un ejemplo de un resultados de análisis fustal, similar al que se espera estudiar con *Dalbergia sp.*, y de este se derivan los datos de crecimiento en altura y en diámetro (dap en cm).

#### Formulario 1 con Ejemplo del Registro de información de campo y laboratorio

##### Sección I. Datos de campo.

Árbol# :	1c	Especie :	Mora
Dap:	11,7 cm	Grosor corteza al dap :	4 mm
Altura total :	7,1 m	Altura comercial :	----- m
Altura tocón :	0,1 m		
Años para alcanza altura tocón:	0,5 años	Edad estimada :	8,5 años
Fecha:	12/09/20	ANOTADOR :	E. Ortiz

##### Sección II. Datos de laboratorio.

SEC. No.	LARGO (m)	DIAMETRO.		Nº DE ANILLOS	DISTANCIA A CADA ANILLO MARCADO (cm) <sup>2</sup>						
		CON CORTEZA (cm)	SIN CORTEZA (cm)		1	2	3	4	5	6	7
1	0,1	15,7	14,5	8	0,85	1,30	2,20	3,10	4,90	6,10	7,20
2	0,9	13,2	12,1	7	0,80	1,00	1,90	2,50	3,8	5,00	6,05
3	0,4	11,7	10,9	6	0,75	0,90	1,10	2,00	3,10	5,45	
4	1,0	6,5	6,0	5	0,60	0,80	1,00	1,90	3,00		
5	1,0	3,7	3,2	4	0,55	0,70	0,90	1,60			
6	1,0	1,5	1,1	2	0,40	0,55					
7	1,0	1,2	0,8	1	0,30	0,40					

La curva de crecimiento en altura se genera llenando un cuadro, y se empieza con el registro de datos de la fila 1 del cuadro, datos que se toman directamente del formulario 1, Sección II. Datos de Laboratorio, de la siguiente forma:

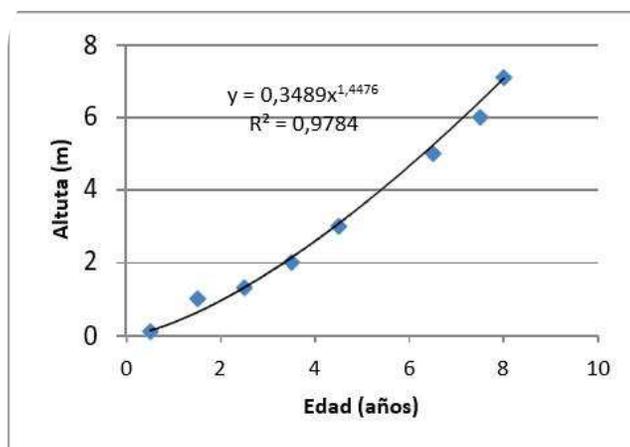
- La línea 1 corresponde al número de sección que se anotó en la Sección 2.
- La línea 2 es el largo que tiene la sección (en metros) en donde se tomó cada disco de análisis, y que proviene de la Sección 2.

- La línea 3 es el largo acumulado de las secciones y que corresponde altura del árbol en donde se tomó un disco de muestra. Note que la altura del tocón es de 0,1 m, lo que indica que el segundo disco se tomó a una distancia de 0,9 m de la base, y por lo tanto la altura hasta el tope de la sección 2 es 1,0 metros. El tercer disco se tomó a 1,30 m de altura del árbol (dap), y el cuarto a 2 metros de altura, y así sucesivamente.
- En la línea 4 se registra el número de anillos que se marcaron en cada sección o disco de análisis. Este dato está registrado en el formulario 1, Sección II. Datos de laboratorio.
- La línea 5 corresponde al número de años que se estima que se tardó para alcanzar el tope de sección, y es igual al número de anillos<sup>1</sup> que se registraron en la base a 0,1 metros de altura, menos el número de anillos contados en la correspondiente sección. En este caso, se asume que el árbol tardó 0,5 años para alcanzar la altura del tocón, y por eso se le suma a cada cálculo 0,5 años. Por ejemplo, para la sección a 0,1 metros de altura, el cálculo es;  $19-19+0,5=0,5$  años. Para la sección a 1,30 de altura será:  $19-17+0,5= 2,5$  años.

### Cuadro con Ejemplo de resumen de información del crecimiento en altura de un árbol

ITEM		SECCIÓN NÚMERO						
		1	2	3	4	5	6	7
2	Largo de la sección (m)	0,1	0,9	0,4	1,0	1,0	1,0	1,0
3	Altura hasta el tope de la sección	0,1	1,0	1,3	2,0	3,0	5,0	6,0
4	Número de anillos al tope de la sección	8	7	6	5	4	2	1
5	Número de años para alcanzar tope de sección	0,5	1,5	2,5	3,5	4,5	6,5	7,5

### Gráfico de altura total según edad

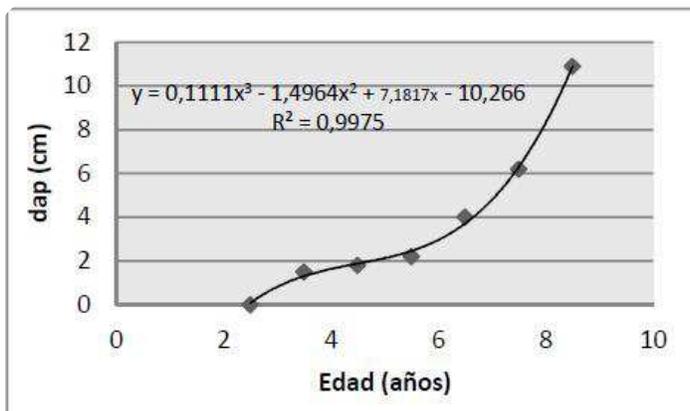


En otro cuadro se debe registrar la información del dap (cm) a diferentes años. Esta información proviene del formulario 1. Sección II. Datos de laboratorio, como el que se presenta en el cuadro siguiente. En este caso la edad máxima registrada corresponde al número de anillos marcados en la sección a 1,3 de altura, y el diámetro sin corteza es igual a dos veces la distancia medida a cada anillo.

Recuerde que los anillos se marcaron desde el cambium hacia el centro del disco, por lo que es ideal empezar registrar los datos desde el primer anillo marcado, y que corresponde al último año de crecimiento, y desde ahí ir registrando los datos hacia el centro del disco. Se sabe que el primer anillo marcado corresponde a la edad que tenía el árbol cuando se cortó, que según el cuadro 1 se aproxima a 8,5 años. La edad y el diámetro a 1,30 m de altura son entonces respectivamente 8,5 años y 10,9 cm. El segundo anillo marcado corresponde entonces a 8,5 menos 1 año, es decir 7,5 años, y su dap es entonces  $2 \times (3,1) = 6,2$  cm. El tercer anillo marcado a 1,30 m de altura corresponde a 6,5 años y el dap sin corteza es entonces  $2 \times (2) = 4,0$  cm. Este procedimiento se continúa de esa forma hasta alzar el último anillo marcado, siempre utilizando los datos del formulario 1. Sección II, que corresponden a la sección o disco tomado a 1,3 m de altura.

**Cuadro con Ejemplo de resumen de crecimiento de dap (cm) y altura total (m) del árbol a diferentes edades según análisis fustal y Gráfico de dap sin corteza (en cm) según edad para el árbol**

Año	Diámetro sin corteza (cm)
8,5	10,9
7,5	6,2
6,5	4,0
5,5	2,2
4,5	1,8
3,5	1,5
2,5	0



## 2.5. Modelos de crecimiento para Centroamérica

El análisis fustal es el proceso de decodificación de la información registrada en los anillos de crecimiento de los árboles. Esta técnica permite descubrir y registrar el crecimiento pasado del árbol analizado. Específicamente, permite reproducir patrones de:

- Crecimiento del dap (diámetro del árbol a 1,3 m altura).
- Crecimiento de la altura total del árbol.
- Crecimiento en volumen total del árbol con corteza o sin corteza, o hasta un diámetro mínimo utilizable dado.
- Cambio en la forma del fuste del árbol en el tiempo.
- Análisis del perfil del fuste al momento de su corta

Una de las limitaciones de la dendrocronología y el análisis fustal es encontrar especies que formen anillos con resolución anual o bianual, donde sea posible distinguir los anillos y poder así fechar correctamente las muestras y construir cronologías. Aunque en regiones templadas la mayoría de los árboles forman anillos anuales, esto es especialmente difícil en zonas tropicales húmedas debido a la uniformidad climática anual. No obstante, existen evidencias científicas de muchas especies de árboles tropicales que forman anillos de crecimiento anual, más aún, han sido estudiadas para estudiar el clima o la dinámica de los bosques (Worbes, 1999).

La técnica de análisis fustal sólo podrá emplearse si en el árbol analizado se pueden identificar claramente los anillos de crecimiento, y si los mismos pueden asociarse a períodos de tiempo constantes (anuales, bianuales, etc.).

En Centro América hay al menos 6 especies de *Dalbergia*, y sus maderas son muy similares, solo reconocibles por expertos. Meyrat (2018) indica que poseen una amplia adaptación ecológica, presentando hábitos de arbustos decumbentes y erectos hasta árboles pequeños. Señala que en general los límites de anillos de crecimiento son visibles o ausentes. La madera tiene porosidad difusa, con vasos solitarios, a veces en grupos de 2 a 3, y comúnmente llenos de goma oscura, además posee radios estrechos y numerosos, y el parénquima mayormente difuso o en bandas.

En uno de los casos estudiados por Meyrat (2018)<sup>19</sup> en La Palmita, Nicaragua, este autor señala la posibilidad de la existencia de anillos de crecimiento dobles, es decir la existencia de anillos de crecimiento de periodo seco y otro de época lluviosa. En ese caso se conocía que la edad de la plantación era 8 años, y se pudo contar la presencia de 16 anillos.

En este acápite se presentaran los resultados estudio de análisis fustal realizado en nueve árboles de género *Dalbergia* desarrollado en tres países de Centroamérica: Guatemala, El Salvador y Nicaragua. La presencia de anillos fue visible en las muestras recolectadas, y se asumió que estas correspondían a anillos anuales, y la comparación de las tasas de crecimiento y turnos de rotación calculados indican que este supuesto es correcto.

A continuación se presenta un cuadro con la distribución de las nueve muestras recolectadas para el análisis fustal realizado según país y especie:

País	Numero de análisis	Especie
El Salvador:	1	<i>Dalbergia retusa.</i>
	1	<i>Dalbergia calderonii.</i>
	1	<i>Dalbergia melanocardium.</i>
Guatemala	2	<i>Dalbergia stevensonii</i>
	1	<i>Dalbergia glomerata</i> <sup>2</sup>
Nicaragua:	3	<i>Dalbergia retusa.</i>

Los resultados de los análisis fustales fueron utilizados para desarrollar cuatro tipos de modelos de crecimiento. Los modelos preparados fueron los siguientes:

1. un modelo de crecimiento para diámetro con corteza a 1,30 m de altura (dap\_cc en cm),
2. un modelo de crecimiento para altura (ht en metros),
3. un modelo de crecimiento para volumen total con corteza (vol\_tot\_cc en m<sup>3</sup>), y
4. un modelo para estimar el porcentaje de volumen de duramen (%vol\_duramen) en función del dap\_cc.

Para preparar estos modelos los datos se agruparon por especie según lo observado en los gráficos de dispersión de los resultados, resultando que para ambas variables (dap\_cc y altura) se identifican tres grupos.

---

<sup>19</sup> Meyrat, K. 2018. Biología y Silvicultura de las especies de *Dalbergia* en América Central. US Forest Service (USFS-IP). Departamento de Estado, Estados Unidos de América

Para los modelos de diámetro y altura se utilizó el modelo de Schumacher (ecuaciones 1 y 2), el cual se modificó para introducir la variable  $(1/edad^2)$  y variables indicadoras (dummies) para identificar los efectos asociados a los grupos de especies.

**Modelo de Schumacher:**

$$Hd = \beta * \exp(\beta_1 * (1/E)^k) \quad (\text{Ecuación 1})$$

**Modelo de Schumacher modificado:**

$$dapcc = \beta * \exp((\beta_1 * (1/Edad) + \beta_2 * (1/Edad^2))) \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

$\beta$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ , y  $K$  son coeficientes a estimar  
 Dap\_cc es el diámetro a 1,30 de altura en cm  
 Edad es la edad del árbol en años

Se conoce que para este modelo el valor de  $K$  oscila entre 0,2 y 2, y que para la mayoría de las especies estudiadas el valor de  $k = 1$  suministra un ajuste satisfactorio.

En el siguiente cuadro se presenta la agrupación de especies para el desarrollo de modelos de crecimiento de diámetro (dap) y altura (ht) según los resultados de los análisis fustales realizados.

Especies	Dap	ht
<i>Dalbergia melanocardium</i>	1	1
<i>Dalbergia calderonii</i>	2	1
<i>Dalbergia retusa</i>	2	2
<i>Dalbergia stevensonii</i>	3	3
<i>Dalbergia glomerata</i>	3	3

El volumen total con corteza (vol\_tot\_cc en m<sup>3</sup>), fue calculado con una ecuación de variable combinada (dapcc<sup>2</sup> x ht) usando los datos recopilados en el estudio, y el volumen de duramen (vol\_duram en m<sup>3</sup>) se calculó usando el porcentaje de duramen estimado según los datos de los

análisis fustales preparados, porcentaje que varía para cada grupo de especies y el diámetro con corteza (dap\_cc en cm).

A continuación se presentan los resultados de **Modelos de crecimiento de diámetro con corteza (dapcc)** desarrollados a partir de los resultados de los análisis fustales para árboles de especies del género *Dalbergia* en Guatemala, El Salvador y Nicaragua, en estado silvestre.

Variable	Modelo	R <sup>2</sup> (%)	Error estándar (Syx)
dap_cc	$=\exp(3,86465-Z1*0,23229-Z2*0,32555-54,64915*(1/Edad)+163,25306*(1/Edad^2)+Z1*34,31156*(1/Edad)+Z2*43,65497*(1/Edad)-Z1*146,38485*(1/Edad^2)-Z2*155,37134*(1/Edad^2))$ donde Edad mayores a 4 años	87,8	0,35
	Si especie es <i>Dalbergia melanocardium</i> se reduce a:		
	$=\exp(3,86465-54,64915*(1/Edad)+163,25306*(1/Edad^2))$ para Edad > 4 años		
	Si especie es <i>Dalbergia calderonii</i> o <i>Dalbergia retusa</i> se reduce a:		
	$=\exp(3,63236-20,33759*(1/Edad)+16,86821*(1/Edad^2))$		
	Si especies es <i>Dalbergia stevensonii</i> o <i>Dalbergia glomerata</i> se reduce a:		
	$=\exp(3,5391-10,99418*(1/Edad)+7,88172*(1/Edad^2))$		

Donde:

Z1= 0 si especie son: *Dalbergia melanocardium*, *Dalbergia stevensonii*, *Dalbergia glomerata*

Z1= 1 si especies son: *Dalbergia calderonii* o *Dalbergia retusa*

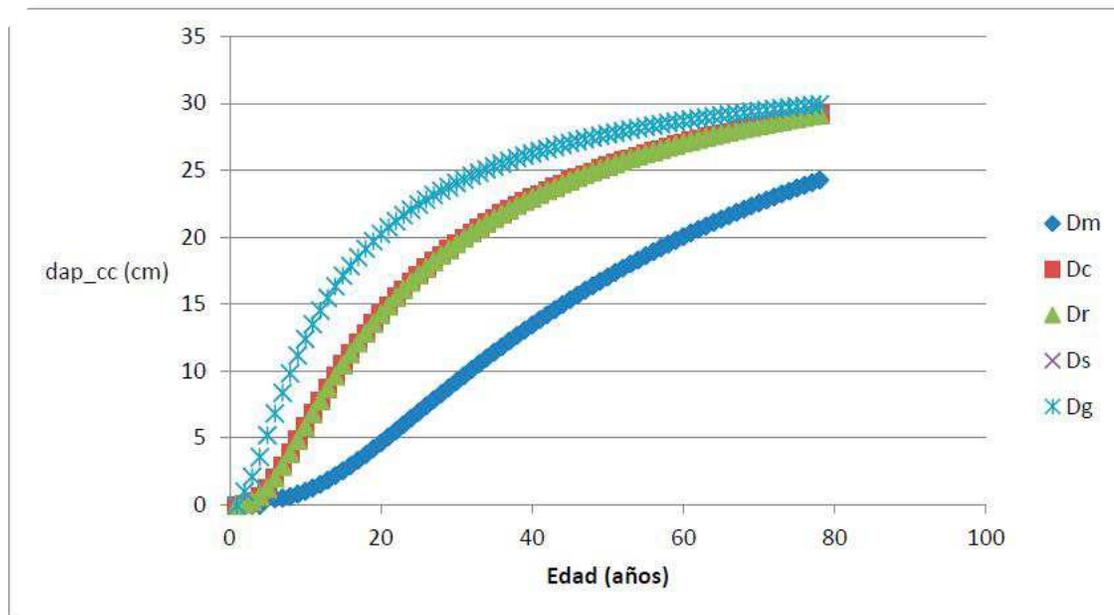
Z2=0 si especies son: *Dalbergia calderonii*, *Dalbergia retusa*, *Dalbergia melanocardium*

Z2= 1 si especies son: *Dalbergia stevensonii* o *Dalbergia glomerata*

Edad es: edad en años (mayores a 4 años)

dap\_cc: es el diámetro con corteza a 1,30 metros de altura en cm

### Crecimiento en diámetro con corteza (dap\_cc) para árboles de especies del género *Dalbergia* en Guatemala, El Salvador y Nicaragua, en estado silvestre



Dm=*D. melanocardium*, Dc= *D. calderonii*, Dr= *D. retusa*; Ds= *D. stevensonii*, y Dg= *D. glomerata*

A continuación se presentan los **Modelos de crecimiento altura total (ht)** utilizando los resultados de los análisis fustales para especies del género *Dalbergia* en Guatemala, El Salvador y Nicaragua, en estado silvestre.

variable	Modelo	R <sup>2</sup> (%)	Error estándar (Syx)
ht	$=\exp(2,600+Z1*0,23092+Z2*0,59152-6,11306*(1/Edad)+2,23558*(1/Edad^2)+Z1*1,45293*(1/Edad)+Z2*2,50034*(1/Edad)-Z1*0,78613*(1/Edad^2)-Z2*1,20808*(1/Edad^2))$	79,5	0,53
	Si especie es <i>D.melanocardium</i> y <i>D. calderonii</i> se reduce a:		
	$=\exp(2,6000- 6,11306*(1/Edad)+2,23558*(1/Edad^2))$		
	Si especie es <i>Dalbergia retusa</i> se reduce a:		
	$=\exp(2,83092- 4,66013*(1/Edad)+1,44945*(1/Edad^2))$		
	Si especies es <i>Dalbergia stevensonii</i> o <i>Dalbergia glomerata</i> se reduce a:		
	$=\exp(3,19152-3,61272*(1/Edad)+1,0275*(1/Edad^2))$		

Donde:

Z1= 0 si especie son: *Dalbergia melanocardium*, *Dalbergia calderonii*, *Dalbergia stevensonii*, o *Dalbergia glomerata*

Z1= 1 si especies son: *Dalbergia retusa*

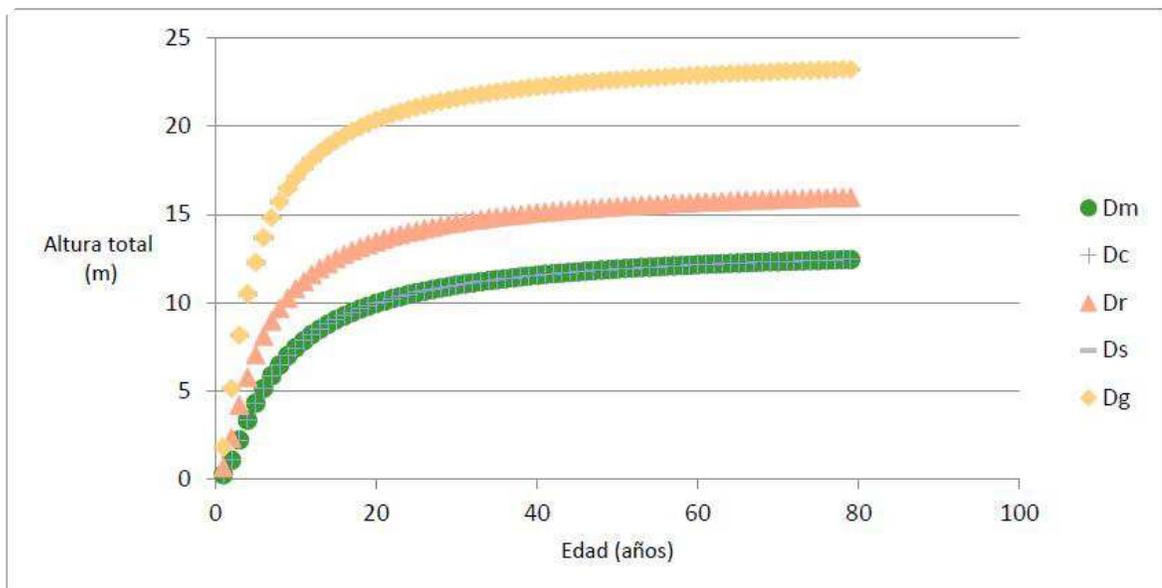
Z2=0 si especies son: *Dalbergia melanocardium*, *Dalbergia calderonii*, o *Dalbergia retusa*,

Z2= 1 si especies son: *Dalbergia stevensonii* o *Dalbergia glomerata*

Edad es: edad en años

ht: es la altura total del árbol metros

### Crecimiento en altura total (ht) para árboles de especies del género *Dalbergia* en Guatemala, El Salvador y Nicaragua, en estado silvestre



Dm=*D. melanocardium*, Dc= *D. calderonii*, Dr= *D. retusa*; Ds= *D. stevensonii*, y Dg= *D. glomerata*

A continuación se presenta ecuación de volumen total con corteza (vol\_tot\_cc en m<sup>3</sup>) en función de diámetro con corteza a 1,3 metros de altura (dap\_cc) y altura total (ht) preparado utilizando los resultados de los análisis fustales para especies del género *Dalbergia* en Guatemala, El Salvador y Nicaragua, en estado silvestre.

Variable	Modelo	R <sup>2</sup> (%)	Error estándar (Syx)
vol_tot_cc	$=0,02512+2,8533 \times 10^{-5} * ((dap\_cc)^2 * ht)$	81,1	0,10

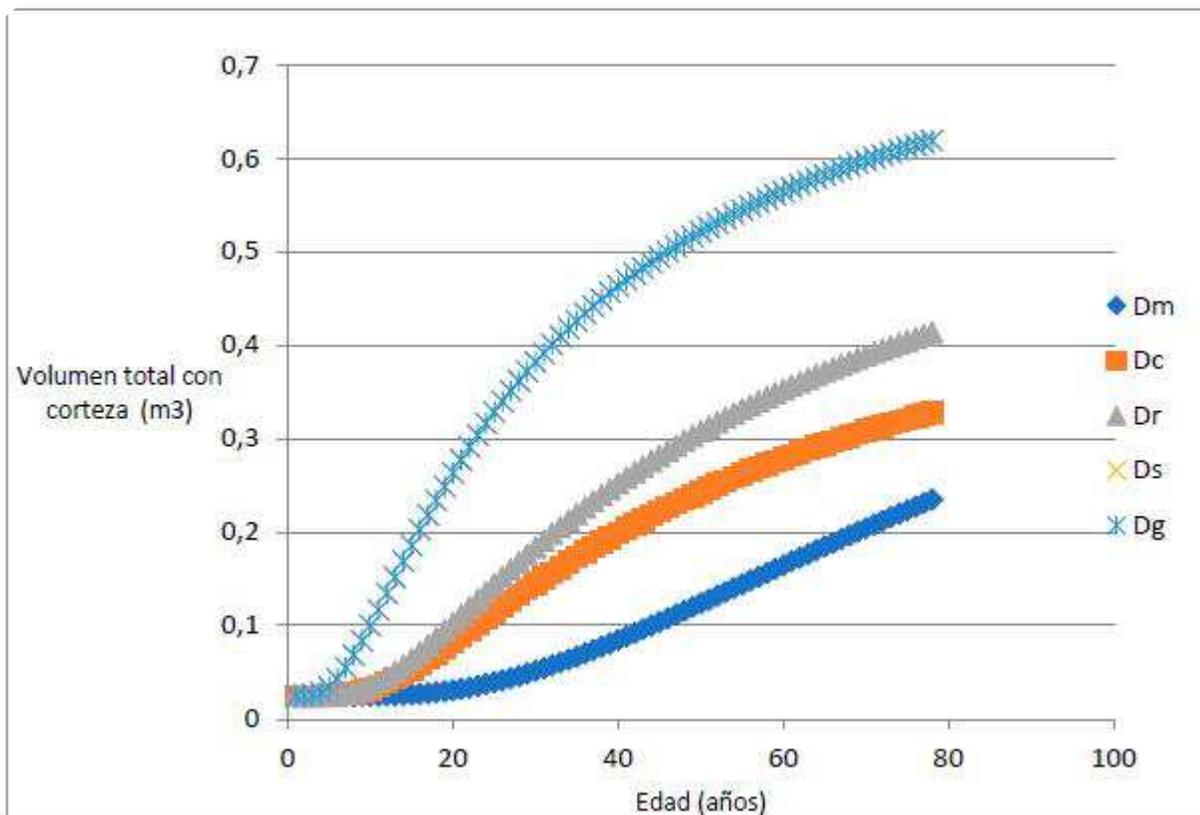
Donde:

vol\_tot\_cc es el volumen total con corteza en m<sup>3</sup>

dap\_cc es el diámetro con corteza a 1,30 metros de altura en cm

ht es la altura total del árbol en metros

### Crecimiento en volumen total con corteza (vol\_tot\_cc) para árboles de especies del género *Dalbergia* en Guatemala, El Salvador y Nicaragua, en estado silvestre



Dm=*D. melanocardium*, Dc= *D. calderonii*, Dr= *D. retusa*; Ds= *D. stevensonii*, y Dg= *D. glomerata*

A continuación se presenta ecuación de porcentaje de volumen de duramen (% vol\_duram en m<sup>3</sup>) en función de diámetro con corteza a 1,3 metros de altura (dap\_cc) utilizando los resultados de los análisis fustales para especies del género *Dalbergia* en Guatemala, El Salvador y Nicaragua, en estado silvestre.

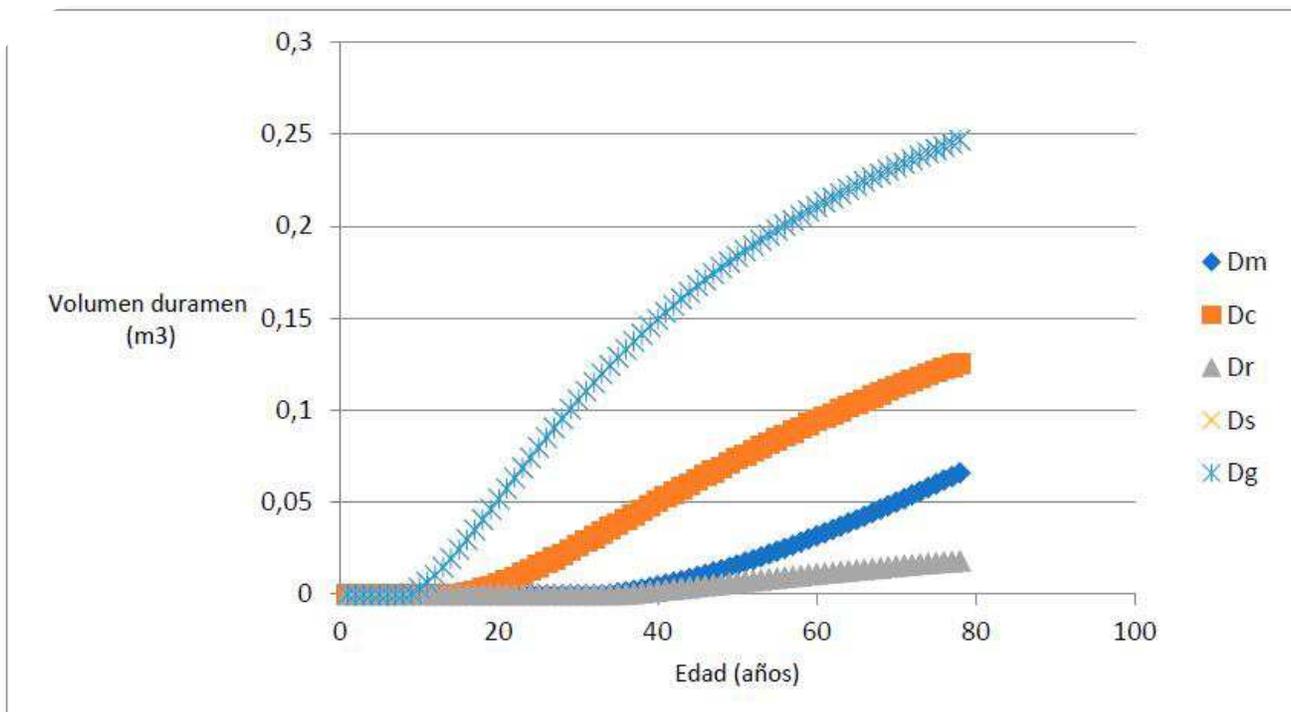
Variable	Especies	Modelo	R <sup>2</sup> (%)	Error estándar (Syx)
% Vol_duramen	<i>Dalbergia stevensonii</i> , <i>Dalbergia calderonii</i> , <i>Dalbergia melanocardium</i> , y <i>Dalbergia glomerata</i>	$=-0,22503+0,02082*(dap\_cc)$	76,5	0,08
	<i>Dalbergia retusa</i>	$= -0,12686+0,00585*(dap\_cc)$	55,2	0,02

Donde:

%Vol\_duramen es: el porcentaje de duramen respecto al volumen total con corteza (vol\_tot\_cc)

Dap\_cc es el diámetro con corteza a 1.3 m de altura en cm

### Crecimiento en volumen total con corteza (vol\_tot\_cc) para árboles de especies del género *Dalbergia* en Guatemala, El Salvador y Nicaragua, en estado silvestre



$D_m = D. melanocardium$ ,  $D_c = D. calderonii$ ,  $D_r = D. retusa$ ;  $D_s = D. stevensonii$ , y  $D_g = D. glomerata$

## 2.6. Incremento anual

Con los modelos desarrollados y descritos en los resultados anteriores se calculó el incremento corriente anual (ICA) del volumen total y del volumen de duramen (en  $m^3$ ) para las especies bajo estudio.

El ICA es igual a la primera derivada de la función de crecimiento en volumen, y también se puede calcular usando la Ecuación 3.

(Ecuación 3)

Donde,

ICAvolt: es el crecimiento corriente anual del volumen (en  $m^3$ ) a una edad  $t$  (en años)

Volt: es el volumen total acumulado (en  $m^3$ ) a la edad  $t$

Volt-1: es el volumen total acumulado (en  $m^3$ ) a la edad  $t-1$

Se calculó además el incremento medio anual (IMA) del volumen total y del volumen de duramen (en  $m^3$ ) de las especies bajo estudio. El IMA es una variable que cambia con el tiempo y se calculó usando la Ecuación 4. El IMA es una variable que cambia con el tiempo y se calculó usando la ecuación 4.

(Ecuación 4)

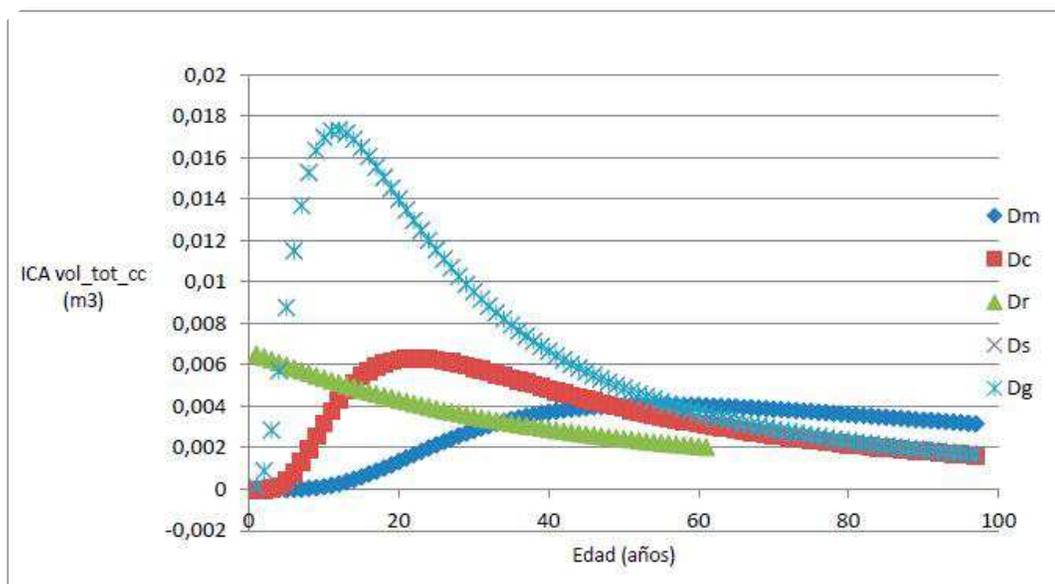
Donde,

IMAvolt: es el crecimiento medio anual del volumen a la edad  $t$  (en  $m^3/año$ ),

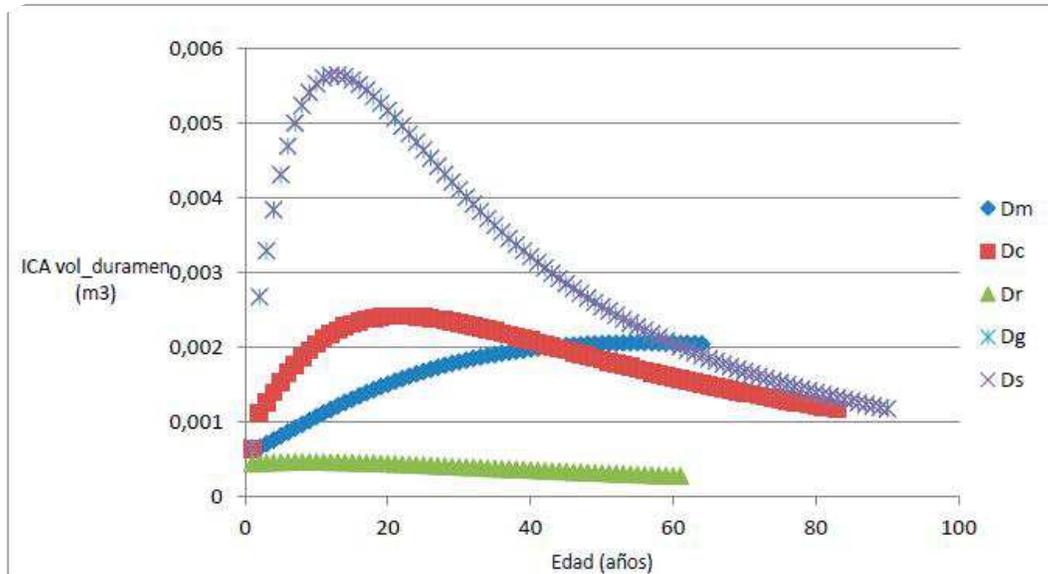
Volt: es el volumen total acumulado (en  $m^3$ ) a la edad  $t$

$t$ : es la edad en años

### Incremento corriente anual (ICA) del volumen total con corteza (vol\_tot\_cc)



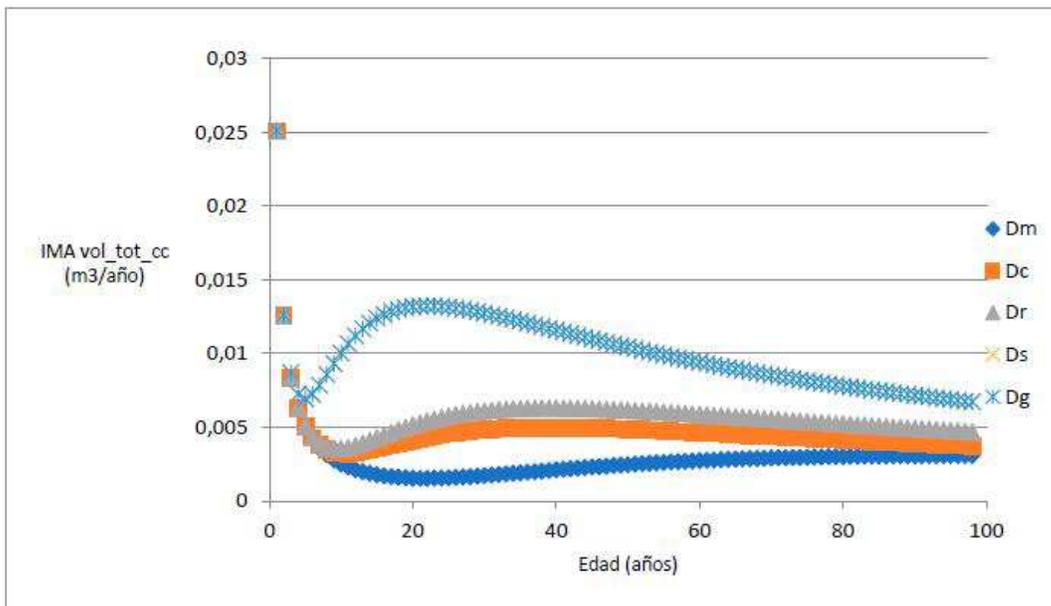
### Incremento corriente anual (ICA) del volumen de duramen (vol\_duramen)



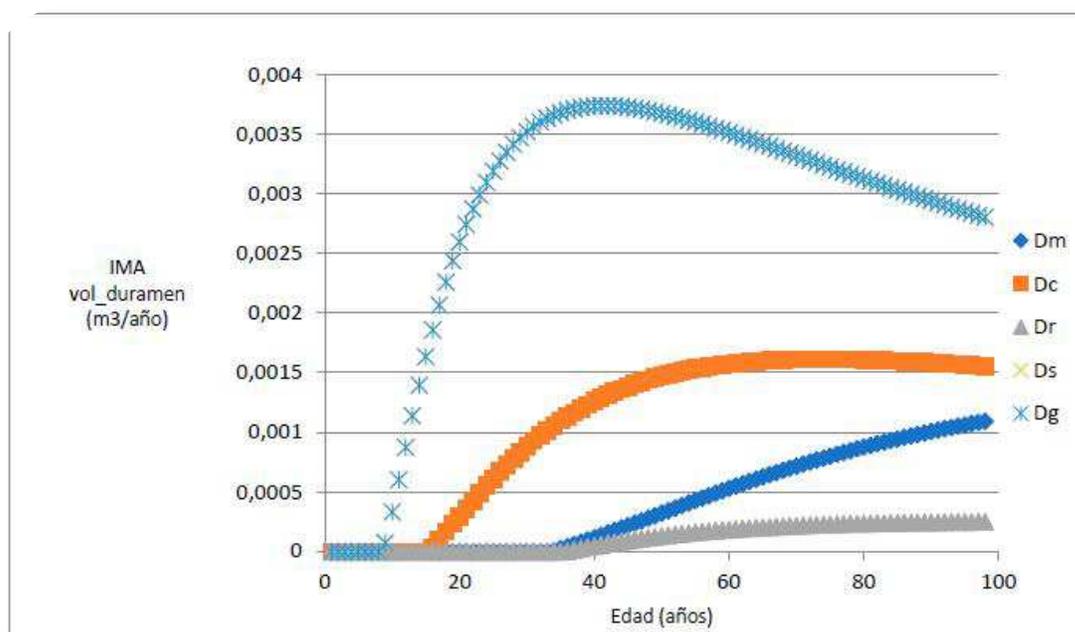
Dm=*D. melanocardium*, Dc= *D. calderonii*, Dr= *D. retusa*; Ds= *D. stevensonii*, y Dg= *D. glomerata*

Asimismo, con los modelos desarrollados y descritos anteriormente se calculó el incremento medio anual (IMA) del volumen total y del volumen de duramen (en m<sup>3</sup>) para las especies bajo estudio.

### Incremento medio anual (IMA) del volumen total con corteza (vol\_tot\_cc)



### Incremento medio anual (IMA) del volumen de duramen (vol\_duramen)



Dm=*D. melanocardium*, Dc= *D. calderonii*, Dr= *D. retusa*; Ds= *D. stevensonii*, y Dg= *D. glomerata*

## 2.7. Tiempo de rotación y su implicación en el manejo forestal

Utilizando los resultados de las secciones anteriores se estimó el turno de rotación óptima, el cual corresponde al tiempo en que el IMA alcanza su máximo valor, y en donde las curvas del IMA y el ICA se intersecan. Este turno se ha llamado también turno biofísico, máximo técnico u óptimo, el cual es diferente al turno económico, y al turno de rotación técnico. Este último corresponde al plazo de tiempo en los árboles alcanzan un tamaño adecuado para obtener un producto específico.

Las especies de *Dalbergia stevensonii* y *Dalbergia glomerata*, tiene menores turnos de rotación debido al mayor crecimiento que tiene estas especies en diámetro y altura. Mientras que las especies de *D. calderonii*, *D. retusa*, y *D. melanocardium* tienen turnos de rotación más largos, especialmente *D. melanocardium* y *D. retusa*. Por otro lado, si se asume que se desea obtener árboles con un diámetro de duramen de al menos 20 cm a 1,30 metros de altura, el turno se

prolonga, especialmente para árboles de *D. retusa*, esto de acuerdo con los resultados que nos muestran los análisis fustales obtenidos en este estudio, ya que *D. retusa* presentó menor porcentaje de duramen para un  $dap_{cc}$  dado, en comparación con las otras cuatro especies. Se observa que la estimación del turno biofísico es similar al calculado por Meyrat (2018) para árboles de *D. glomerata*.

Meyrat (2018) indica que en el caso de *D. glomerata* que: “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. Lo anterior descrito es indicativo que el turno de corte en esta especie es de 30 o a lo sumo 33 años”. Sin embargo, los información recopilada por Mayrat (2018) difiere significativamente con la recopilada en este estudio para *D. retusa*, quien sugiere un turno de rotación entre 30 y 40 año para plantaciones de esta especie.

La determinación del momento óptimo para talar un árbol o especie forestal constituye un problema clásico en el contexto forestal, y a ese momento se le conoce con el nombre de turno de rotación. El problema puede tratarse desde una perspectiva técnica, la cual sólo tiene en cuenta la función de crecimiento del árbol, y desde una perspectiva económica, la cual incorpora aspectos financieros.

En el primer caso está en función de la función de crecimiento, y se le ha llamado también turno biofísico, óptimo, y turno de máxima producción media (MPM)<sup>20</sup>. En el segundo caso, se pueden valorar sólo el recurso madera (turno de Faustmann, 1849) o bien añadir los recursos no madereros que genera el bosque (turno de Hartman, 1975). Existe también el concepto de turno técnico, el cual se define con el plazo en el cual los árboles alcanzan las dimensiones necesarias para un determinado producto, y en el caso particular de árboles del género *Dalbergia*, debiera corresponder al tiempo el cual se logra obtener un diámetro significativo de duramen o de volumen de duramen para ser aprovechado.

Los resultados de la estimación del turno de rotación óptimo se presentan en el siguiente cuadro. Acá se muestra que los turnos de rotación para las especies de *Dalbergia* estudiadas, los turnos biofísicos y técnicos son superiores a 40 años, por lo que lo recomendable es la protección de estas especies y el inicio de programas de conservación de las mismas, recomendación que es congruente con el estado de conservación reportado para estas especies.

Meyrat (2018) reporta para *D. retusa* en Nicaragua que “...aunque no han sido estudiadas completamente las poblaciones, se puede notar en el campo es que sus poblaciones tienen alta

---

<sup>20</sup> Trujillo-Ubaldo, E., Salomón Álvarez-López, P., Valdovinos Chávez, V., Benítez-Molina, G., y Rodríguez González, L. 2018. Turnos forestales en plantaciones maderables de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, en Balancán, Tabasco. Revista Mexicana de Ciencias Forestales Vol. 9 (48). [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_issuetoc&pid=2007-113220180004&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_issuetoc&pid=2007-113220180004&lng=pt&nrm=iso)

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, y por otro lado la madera de estas especies ha sido de mucha demanda, y es raro encontrar individuos de buen fuste, la mayoría de lo que queda son árboles jóvenes”.

### Determinación del tiempo de rotación biofísico para árboles del género *Dalbergia* en estado natural en Centro América utilizando criterios biológicos y técnicos

Especie	Turno de rotación biofísico según función de crecimiento en volumen total con corteza (en años)	Turno de rotación biofísico según función de crecimiento en volumen de duramen (en años)	Turno de rotación para obtener un diámetro mínimo de duramen de 20 cm a 1,30 metros de altura (en años)	Incremento medio anual en diámetro con corteza (dap_cc) para una edad de 40 años (mm/año)
<i>D. stevensonii</i>	25	41	58	6,6
<i>D. glomerata</i>	25	41	58	6,6
<i>D. calderonii</i>	40	74	72	5,7
<i>D. retusa.</i>	40	98	72	5,7
<i>D. melanocardium</i>	95	98	103	3,4

### Estado de conservación de las especies de *Dalbergia* en Centro América

Especie	Estado de conservación	Tendencia poblacional
<i>D. stevensonii</i>	Vulnerable (Con Riesgo)	No aparece en lista roja de UICN.
<i>D. glomerata</i>	En peligro crítico	Decreciendo. En lista roja
<i>D. calderonii</i>	En peligro crítico	Decreciendo. En lista roja
<i>D. retusa.</i>	En peligro crítico	Decreciendo. En lista roja
<i>D. melanocardium</i>	En Peligro	Decreciendo. En lista roja

Fuente: UICN. Lista Roja. <https://www.iucnredlist.org/search/stats?systems=0&searchType=species>. Consultado 26/10/2021

Como se presenta el siguiente cuadro las especies bajo estudio están en su mayoría en la lista roja de la UICN, y son catalogadas como en peligro crítico o en peligro, con poblaciones decrecientes, con excepción de *D. stevensonii*.

Este estado indica la necesidad de fortalecer la protección de las poblaciones e individuos remanentes para las especies de *Dalbergia* en Centroamérica, pero principalmente desarrollar

programas de reproducción y regeneración de estas especies, especialmente para las de mayor riesgo tales como *D. melanocardium*, *D. calderonii*, *D. retusa* y, y *D. glomerata*.

### Esfuerzos de conservación para especies del género *Dalbergia* en peligro crítico según UICN. Lista de especies en “Lista Roja”

Especie	Tendencia poblacional
<i>D. stevensonii</i>	No incluida en lista roja de UICN.
<i>D. glomerata</i>	This taxon is known to occur within a number of protected areas but seeds have yet to be collected and stored by a seed bank as a method of ex situ conservation. No ex situ collections are recorded by BGC I2019. <i>Dalbergia glomerata</i> was previously assessed as Vulnerable in 1998 and again as Vulnerable in 2010. The species is now known to have a more restricted distribution with records outside Mexico assigned to other species. It has been proposed to include this species in Mexican legislation, as specially protected (Pr). An urgent conservation need is to increase enforcement efforts to prevent illegal logging and trade in the highly valued timber. The species is listed on CITES Appendix II, requiring licensing for international trade.
<i>D. calderonii</i>	In El Salvador, this species is included in the official list of endangered species. It has been proposed for inclusion in the Mexican legislation as a species in danger of extinction (P). All <i>Dalbergia spp.</i> are included in Appendix II of CITES, offering them some protection within international trade. There is an urgent conservation need to increase enforcement efforts to prevent illegal logging and trade in the highly valued timber. Better monitoring of the species in trade would also be valuable.
<i>D. retusa.</i>	This species was listed on CITES Appendix II in 2013. The international trade of the species is now monitored and can only be conducted by those with correct permits. The species is found in some plantations. <i>Dalbergia retusa</i> is recorded in 10 ex situ collections. Protected areas where this species occurs include Santa Rosa, Guanacaste and Palo Verde National Parks, Lomas Barbudal Biological Reserve and Refugio de Vida Silvestre Curú in Costa Rica. Urgent conservation need is to increase enforcement efforts to prevent illegal logging and trade in the highly valued timber. Remaining individuals and localities in the wild should be protected, and methods for regeneration in the wild investigated.
<i>D. melanocardium</i>	It has been proposed that this species is included in the Mexican legislation as a species in danger of extinction (P). All species of <i>Dalbergia</i> are included in Appendix II of CITES. <i>Dalbergia melanocardium</i> is not recorded in any ex situ collections. It is recommended that remaining habitat of the species is protected and that ex situ collections are made for the species. Also more information on the current occurrence of the species in international trade would be valuable.

Fuente: UICN. Lista Roja.

<https://www.iucnredlist.org/search/stats?systems=0&searchType=species>. Consultado 26/10/2021.

## 2. PARAMETROS SILVICULTURALES

### 3.1. Diámetro Mínimo de Corta (DMC)

La determinación de diámetros mínimos de corta (DMC), es un método de regulación del aprovechamiento más remota, por ejemplo, en Petén en años 1950-60 la extracción de la *Swietenia macrophylla* y *Cedrela odorata*, se efectuó la extracción en forma selectiva, sin planes de manejo, y la regulación del aprovechamiento se definió a través de los DMC para las especies preciosas (caoba y cedro)  $\geq 60$  cm de DAP y las secundarias o pocas conocidas a partir de 45 cm de DAP.

El método de diámetros mínimos de corta (DMC) es un parámetro que se obtiene de manera empírica, definiendo los árboles de las categorías grandes o maduros y que sean rentable su extracción, el sistema es fácil la regulación se adapta cuando los aprovechamientos forestales el sistema de manejo provienen de bosques disétaneos. Sin embargo, es importante considerar el ciclo de corta, factor determinante en el ritmo del crecimiento de la especie.

El propósito de la determinación del DMC de las especies *Dalbergias ssp*, tiene por objeto regular el aprovechamiento que permita la corta de árboles grandes y maduros, liberando los árboles de menor tamaño para que al largo plazo, estos reemplacen a los árboles de mayores dimensiones aprovechados.

Lamprecht (1990), menciona que este sistema del diámetro mínimo de corta es posible garantizar una producción maderera cuando: a) existe suficiente número de árboles gruesos para un aprovechamiento rentable, b) El DMC ha sido fijado en un grosor suficientemente alto, c) Las especies aprovechadas presentan una distribución diamétrica regular.

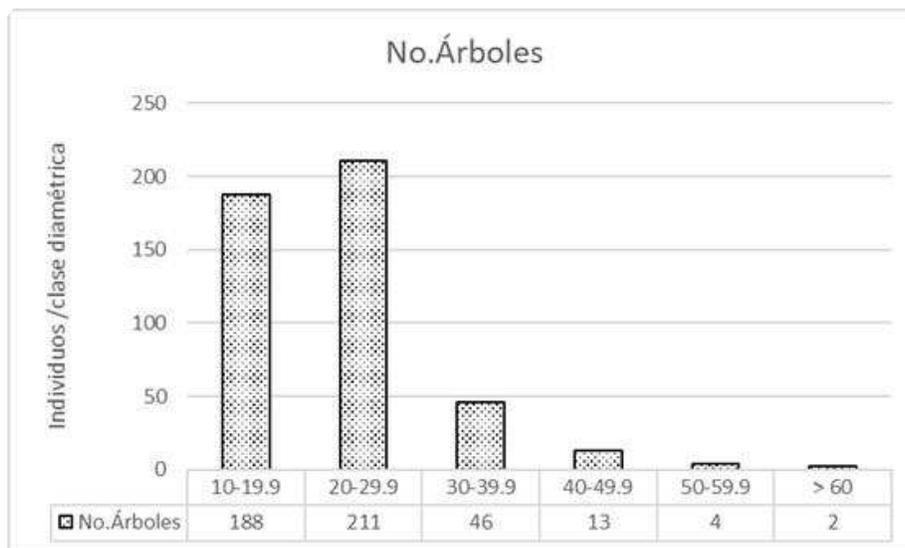
Louman (1998), indica que el DMC tiene importancia para la regulación y para mantener la sostenibilidad del recurso forestal, la determinación depende de varios factores: a) Valor de la madera, b) Tasa de crecimiento de la especie, c) Distribución diamétrica de las especies, d) Reproductividad de las especies, definir DMC en un diámetro superior al diámetro a que los

árboles llegan a ser productivos, e) Posibilidades de venta de madera en tamaños menores o de la tecnología disponible para el procesamiento de la madera.

Determinar DMC sin aplicar tratamientos adicionales puede ser sostenible, siempre y cuando exista suficientes árboles en las clases diamétricas inferiores, dejar los mejores individuos como semilleros, y considerar un umbral apropiado que permita garantizar un aprovechamiento a largo plazo.

El procedimiento más sencillo de definir el DMC es mediante un análisis de la distribución diamétrica, considerando el caso del El Salvador establece para la especie *Dalbergia calderonii* un DMC de 30 (cm), Nicaragua solamente hace referencia de especies comerciales y potenciales Diámetro Mínimo de Corta (DMC), a partir de 40 cm de DAP. La interrogante es que pasa si no existen individuos que puedan alcanzar estas categorías diamétrica.

En la siguiente figura se observa datos de la situación especie *D. stevensonii* disminuyen los individuos en la clase diamétrica de 30 a 40 cm, esto indica que el DMC puede definirse en 30 y 40 cm. Sin embargo, hay que considerar la rentabilidad de la extracción en relación con el valor comercial de diámetros menores.

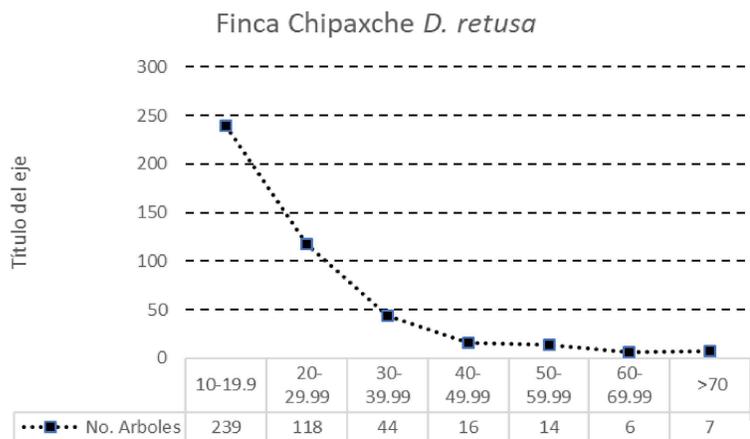


Como instrumento para el manejo disetáneo, el uso de DMC supone que las especies tengan una distribución exponencialmente negativa (“J” invertida).

Un caso se presenta en la Finca Chipaxche, la *Dalbergia retusa*, donde se presenta una distribución típicamente esciófita donde la abundancia disminuye en cuanto aumenta la clase diamétrica. Observando las clases menores son más abundantes y crecen bajo el dosel de los árboles grandes, la especie dependerá de la formación de claros para sobrevivir y crecer. De

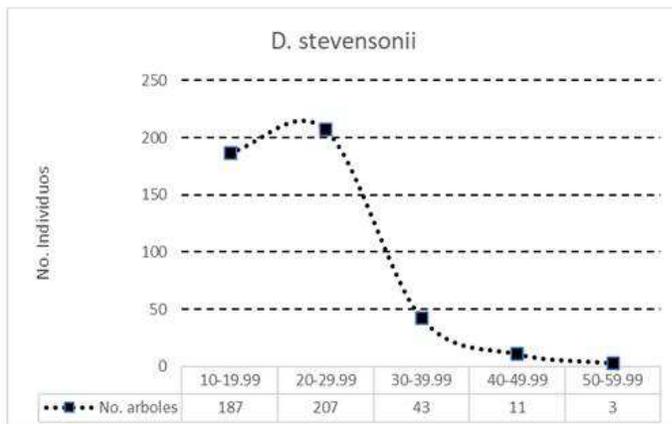
acuerdo al DMC de 40 cm, se estarían cortando 19 árboles, definiendo un umbral del 80%, la categoría anterior sería 44 individuos que podrían reemplazar a los árboles cortados en la primera cosecha.

### Distribución diamétrica *D. retusa*, especie esciófita



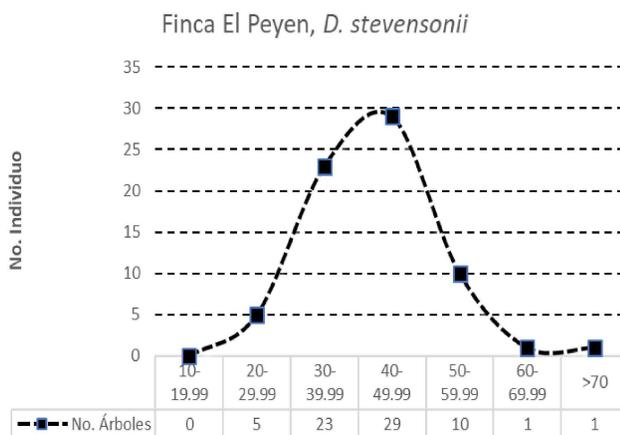
Se presentan dos casos de *Dalbergia stevensonii*, donde se observa una distribución irregular en donde en las primeras dos clases diamétricas mantienen la misma cantidad de individuos, la distribución de la especie puede considerarse como heliófila (intolerantes a la sombra) con buena regeneración, esta distribución favorece el manejo debido a que la corta se realizaría a partir de los diámetros de 30 cm, asegurando dos cosechas en las primeras dos clases diamétricas inferiores.

### Distribución diamétrica *D. stevensonii*, especie heliófita



En el tercer caso en la Finca El Payen, la especie se considera como heliófita sin presencia de regeneración, el manejo se enfocaría en cortar los árboles a partir de 40 cm y propiciar la regeneración a través de la regeneración a través de enriquecimiento del bosque.

### Distribución diamétrica *D. stevensonii*



En los tres casos, es importante realizar labores silviculturas encaminadas en buscar las condiciones favorables, para obtener en los próximos ciclos la misma cantidad de volumen que extraeremos de acuerdo con los ciclos de corta propuesta.

Algunas recomendaciones para fijar DMC son:

- El DMC no solo debe definirse en base a las características ecológicas de las especies, es importante también considerar, la distribución diamétrica, la tasa incremento anual de la especie, rentabilidad de la extracción, demanda del producto en el mercado, sanidad del árbol entre otras.
- Los DMC deben ser utilizados como una herramienta básica que sirva para cumplir con el volumen de la corta anual permisible (VCAP) que establecen los ciclos de corta. No obstante, podrá ser necesario modificar los DMC sobre la base de cambios de las propiedades de la madera o de su calidad, con respecto a los cambios en las clases diamétricas.
- El aprovechamiento selectivo, es importante ponerle atención debido que su aplicación puede ser perjudicial para la sostenibilidad de las especies intolerantes a la sombra que frecuentemente requieren grandes claros en el dosel y suelos descubiertos para regenerarse. Por lo que se hace imprescindible realizar tratamientos silviculturales (enriquecimientos, escarificación en claros y otros) a fin de lograr su establecimiento a largo plazo).

## 3.2. Turno, ciclo de corta e incrementos diamétricos

En este acápite se presentan algunas consideraciones y estudios de casos sobre el turno, ciclo de corta, incrementos diamétricos, supuestos a través de datos de incrementos medio anual de estudios e inventarios forestales de Guatemala, El Salvador y Nicaragua para obtener la intensidad de corta y corta anual permisible (CAP).

El ciclo de corta, en Guatemala no se encuentra normado, en el reglamento de la ley forestal, no indica el número de años, solo especifica en el artículo 41. Plan de manejo, que las operaciones deben contemplar al menos un ciclo de corta, según lo establecido en el plan. Las normas técnicas de manejo forestal sostenible (2,005), en el Capítulo II. Planificación del MFS, Sección C. Artículo 45. Duración del Ciclo de Corta (CC). La duración del ciclo de corta se determinará en función de las tasas de crecimiento de las especies a manejar, la abundancia de dichas especies y los factores socioeconómicos del propietario. La determinación del ciclo de corta es decisión del técnico que elabora el Plan, brinda la opción de realizar ajustes y modificaciones del plan, haciendo imprescindible el levantamiento y monitoreo de Parcelas Permanentes de Medición (PPM), para determinar el establecimiento de la regeneración y el incremento diamétrico de las especies deseables para los próximos ciclos.

En Nicaragua, el Instituto Nacional Forestal (INAFOR) y según Resolución administrativa N°11-2015 sobre las disposiciones administrativas para el manejo sostenible de los bosques latifoliados, coníferas y sistemas agroforestales, determinó DMC a partir de 40 cm de DAP 1.30 cm y ciclos de corta deberán ser de 15 años mínimo. Y determina intensidad de corta IC un IMA bosque tropical seco 0.35 cm y tropical húmedo 0.50. La posibilidad silvícola se define en base al área basal.

En el Salvador el ACUERDO N° 485 el 04 de octubre de 2018., emitió las Normas Técnicas para la Formulación de Planes de manejo Forestal, donde la Corta Anual Permisible (CAP) si el bosque maduro es mayor al 50% de la cobertura total, se permitirá aumentar la corta anual permisible en 20% del incremento; Y si por el contrario el bosque es joven y mediano con cobertura total al 70%, se reducirá la corta anual permisible en un 10% del incremento. Y si fuere mayor al 80%, se permitirá reducirla en un 20% del incremento. El establecimiento del

Diámetro Mínimo de Corta (DMC), para la especie *Dalbergia calderonii* el DMC es de 30 cm, y *Dalbergia retusa* de 40 cm.

Algunas consideraciones previas sobre el Ciclo de Corta son:

- Liocourt (1868), alude dentro del esquema del manejo de bosques irregulares existe una previsión según la cual, categorías diamétricas grandes deben ser eliminadas porque su incremento está por debajo del ritmo que tienen las categorías menores. Y determina que el mayor diámetro debe mantenerse en el terreno (criterio de madurez o condición de explotabilidad).
- Mayer (1952), Marquis (1975), recomiendan que para manejar un bosque incoetáneo definen la combinación apropiada de densidad (Área Basal), diámetro de madurez, estructura diamétrica, ciclo de corta. La densidad del bosque o rodal meta es la densidad residual después de la corta.
- Stanley (1997) indica que los ciclos de corta deben determinarse en función de las tasas de crecimiento de las especies a manejar, la abundancia y los factores económicos de los usuarios del bosque.
- Louman (1998), menciona que los ciclos cortos tienen la ventaja de mantener el bosque remanente más vigoroso, la cantidad de árboles a extraer es menor, siempre y cuando el daño hecho durante el aprovechamiento es mínimo, y los caminos de arrastre sean mantenidos de manera que puedan usarlos de nuevo en el próximo ciclo. Otra ventaja es el aspecto económico, generalmente es mejor recibir ingresos lo más temprano posible, para reducir el tiempo sobre el cual se paga los costos de uso de capital. Una desventaja es que hay más intervenciones por rotación, aumentando la posibilidad de dañar la masa remanente. Los métodos de aprovechamiento de impactos reducidos adquieren importancia cuando el ciclo de corta va reduciéndose.

Lo siguiente son algunos estudios de caso que presentan resultados de datos de PPM sobre estimación de la tasa de incremento diamétrico:

- ❖ Castañeda Hurtado (2013), INAB Sub-Región II-6 Ixcán, Quiché, en plantaciones puras de Rosul, en dos estratos se obtuvieron incrementos medio límites superiores e inferiores en altura entre 1.01 a 1.26 m por año y en DAP (cm) límites inferiores y superiores IMA entre 0.97 cm y 1.23 cm hasta 1.35 cm. Incremento medio anual del DAP (cm) de 0.56 a 0.76 cm. Mayor detalle ver siguiente cuadro.

**Tabla 1. Incremento medio anual de *Dalbergia stevensonii* Standl.**

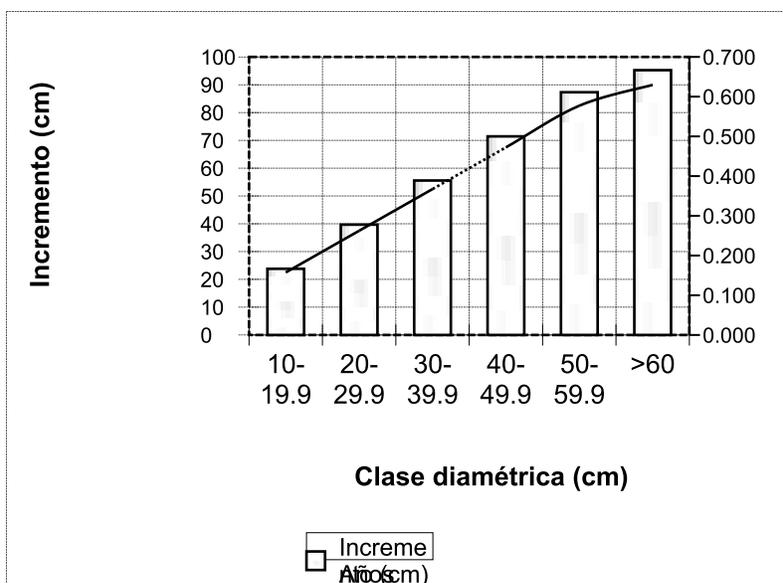
Sub Región	Código experiment	Comunidades	IMA DAP (cm)	IMA Altura	Edad Años
---------------	----------------------	-------------	-----------------	---------------	--------------

	o			(m)	
II-6	04-02	Nueva Jerusalén	0.66	0.76	12.5
	07-02	Atlántida	0.73	0.72	8.6
	10-02	El Peñón	0.59	0.56	15.3

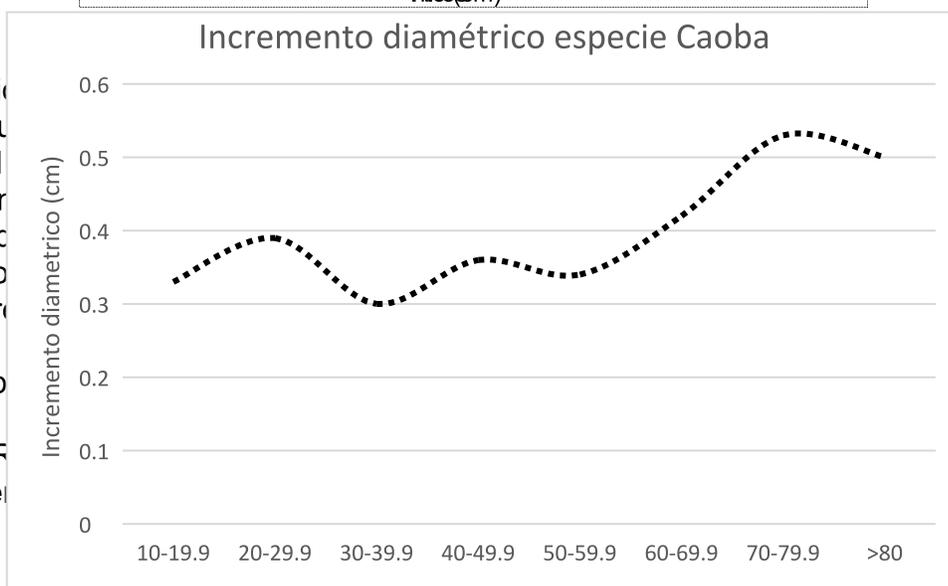
Fuente: Castañeda (2013).

- ❖ En un estudio sucesiones en Carmelita (Manzanero, 1999), se puede observar la figura en el bosque de Chuntuquí, para alcanzar un diámetro > 60 cm de DAP tiene que pasar noventa años, resultado con un IMA de 0.667 cm/año. Igual IMA de 0.66 reporta Gretzinger (1994) en un estudio sucesional en Uaxactún para caoba y cedro.

Estudio sucesión Carmelita. (Manzanero 1999).



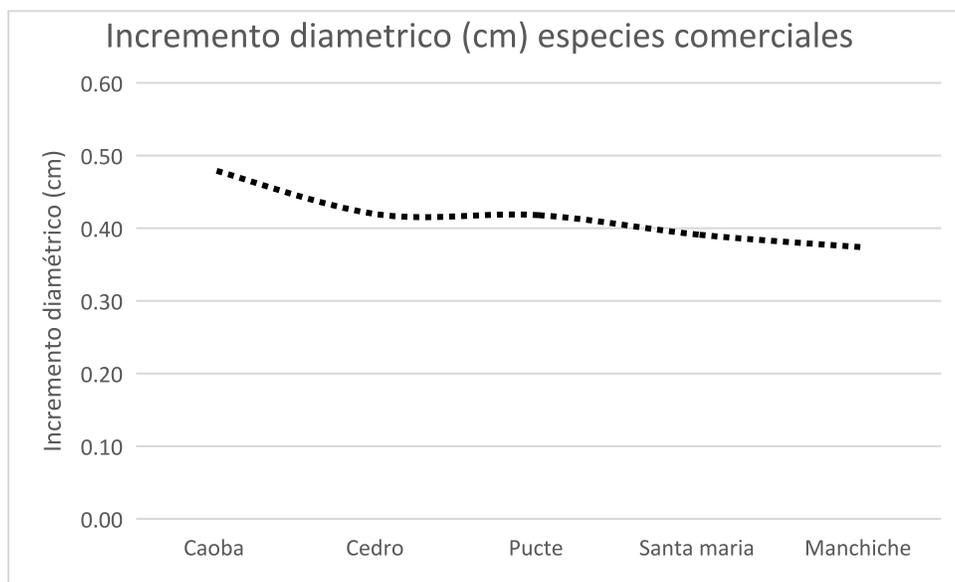
- ❖ El estudio de bosques de bosques de extensión incluyendo caoba promedio **cm/año**, con respecto a la ZUM-F **Incremento**



55 hectáreas provienen a hectárea de bosque medio, Manzanero (2016), del fuste de incremento de **0.49 cm/año** y **0.3 cm/año**. Y el CONAP en **án**

Pinelo & Zac (2018), resultados de las PPM, la dinámica general tomando en cuenta 5,775 individuos, registraron un incremento promedio de 2.48 mm/año y una mediana con 1.96 mm/año. Para Caoba un incremento promedio de 4.79 mm/año y una mediana de 4.47 mm/año (N=299). En los incrementos por grupo económico se registró en el grupo AAACOM (caoba y cedro) un promedio de 4.75 mm/año (N = 322 árboles).

### Incremento diamétrico (cm) especies comerciales ZUM-RBM



A continuación se presenta una discusión sobre el turno y ciclo de corta:

Es importante tener claro que significa turno y ciclo de corta, el primero es el periodo de tiempo que los productos forestales necesitan para establecerse y crecer hasta alcanzar una condición de madurez, esto se refiere a la edad que ha ocurrido desde el establecimiento de la regeneración hasta que se aprovecha. En cambio, ciclo de corta es el intervalo de rotación entre aprovechamientos en una misma área de corta y esta generalmente en función de la intensidad del aprovechamiento, el tiempo de la recuperación de los volúmenes a cortar, las clases de producto, el tipo de bosque, las tasas de crecimiento, el tipo de tratamiento silvicultural y el tamaño de las unidades de aprovechamiento.

En la siguiente tabla se presenta datos de incrementos medios anuales de 0.5 cm, 0.6 cm, 0.8 cm y 1 cm, DMC de 20, 30, 40 cm y ciclos de corta de 5, 10 y 15 años y turnos.

**Análisis de turno en relación con el IMA y DMC**

<b>IMA (cm)</b>	<b>Ciclo años</b>	<b>Diámetro (cm)</b>	<b>No. Rotación</b>	<b>Turno (años)</b>
<b>0.5</b>	5	20	8	40
		30	12	60
		40	16	80
	10	20	4	40
		30	6	60
		40	8	80
	15	20	3	40
		30	4	60
		40	5	80
<b>0.6</b>	5	20	7	33
		30	10	50
		40	13	67
	10	20	3	33
		30	5	50
		40	7	67
	15	20	2	33
		30	3	50
		40	4	67
<b>0.8</b>	5	20	5	25
		30	8	38
		40	10	50
	10	20	3	25
		30	2	38
		40	3	50
	15	20	2	25
		30	2	38
		40	2	50
<b>1.0</b>	5	20	4	20
		30	6	30
		40	8	40

10	20	2	20
	30	3	30
	40	4	40
15	20	1	20
	30	2	30
	40	3	40

En los siguientes cuadros se presentan, el intervalo del tiempo que tiene que transcurrir entre los ciclos de corta, relacionándolos con el turno e incremento medio anual.

#### Tiempo de rotación o regreso a las mismas AAA, con DMC de 20 cm.

<b>Datos DAP 20 cm</b>	<b>IMA</b>					
	<b>0.5</b>	<b>0.6</b>	<b>0.7</b>	<b>0.8</b>	<b>0.9</b>	<b>1</b>
<b>Turno y rotación (años)</b>						
Turno (años)	40	33	29	25	22	20
Rotación (ciclo de 5 años)	8.0	6.7	5.7	5.0	4.4	4.0
Rotación (ciclo de 15 años)	2.7	2.2	1.9	1.7	1.5	1.3
Rotación (ciclo de 20 años)	2.0	1.7	1.4	1.3	1.1	1.0
Rotación (ciclo de 30 años)	1.3	1.1	1.0	0.8	0.7	0.7

#### Tiempo de rotación o regreso a las mismas AAA, con DMC de 30 cm.

<b>Datos DAP 30 cm</b>	<b>IMA</b>					
	<b>0.5</b>	<b>0.6</b>	<b>0.7</b>	<b>0.8</b>	<b>0.9</b>	<b>1</b>
<b>Turno y rotación (años)</b>						
Turno (años)	60	50	43	38	33	30
Rotación (ciclo de 5 años)	12.0	10.0	8.6	7.5	6.7	6.0
Rotación (ciclo de 15 años)	4.0	3.3	2.9	2.5	2.2	2.0
Rotación (ciclo de 20 años)	3.0	2.5	2.1	1.9	1.7	1.5
Rotación (ciclo de 30 años)	2.0	1.7	1.4	1.3	1.1	1.0

#### Tiempo de rotación o regreso a las mismas AAA, con DMC de 40 cm

<b>Datos DAP 40 cm</b>	<b>IMA</b>					
	<b>0.5</b>	<b>0.6</b>	<b>0.7</b>	<b>0.8</b>	<b>0.9</b>	<b>1</b>
<b>Turno y rotación (años)</b>						
Turno (años)	80	67	57	50	44	40

Rotación (ciclo de 5 años)	16.0	13.3	11.4	10.0	8.9	8.0
Rotación (ciclo de 15 años)	5.3	4.4	3.8	3.3	3.0	2.7
Rotación (ciclo de 20 años)	4.0	3.3	2.9	2.5	2.2	2.0
Rotación (ciclo de 30 años)	2.7	2.2	1.9	1.7	1.5	1.3

Stanley (1997) menciona que existe variabilidad entre las especies y aún en la misma especie entre tamaños, la mortalidad es dependiente de la competencia entre árboles por luz, las condiciones del sitio y el clima. Lo ideal para obtener datos de tasas de mortalidad por especie se necesita un promedio de diez años.

Gullison (1995) en un estudio en Bolivia, indica que una tasa anual de mortalidad para caoba en sitios bien drenados es de 1.5%, e inundables fue de 5.3%.

Louman (1999) indica que la mortalidad se puede estimar en 1.5% por año para todas las clases diamétricas a partir de 10 cm de DAP, la regeneración es un parámetro que este momento no se puede estimar. Sin embargo, se puede asumir que, lo que pasó en el pasado, también va a pasar en el futuro cercano, y entonces el número de individuos en la clase diamétrica menor se mantiene.

### 3.3. Intensidad del aprovechamiento

Para seleccionar arboles a extraer, para el caso especie *Dalbergia* spp, es necesario analizar a detalle la variabilidad, seleccionar de acuerdo con el mercado, leyes que rigen el manejo, requerimientos ecológicos, potencial de la regeneración y abundancia de la especie en el bosque.

Para obtener una producción sostenible, es necesario definir el DMC, las categorías grandes deben ser eliminadas debido que el incremento está por debajo de las categorías menores, si la abundancia es baja involucra cortas más intensas del aprovechamiento.

La intensidad del aprovechamiento estará en función de porcentaje del área basal ( $m^2$ ), cuando los porcentajes son mayores del 100% se considerará ajustar un 25%, 10% árboles decrepitos y 15 árboles semilleros. En herramienta de manejo consideraciones técnicas se propone un umbral del 80%, esto quiere decir que si el porcentaje de la intensidad de corta es mayor del umbral establecido no se permitirá su extracción.

A continuación, se presenta ejemplos intensidad de aprovechamiento, datos de Nicaragua, para obtener el % de AB ( $m^2$ ), árboles y corta permisible por hectárea, aplicación del cálculo del tiempo de paso, para esto se necesita estimar: el ciclo de corta en años, la tasa de incremento diamétrico de las especies de interés, tasa de mortalidad para las mismas especies.

- **Ejemplo ciclo de corta 15 años, DMC 40, turno de 50 años.**

El ejemplo que se presentan a continuación son datos de bosque de Nicaragua con una extensión de 14.78 hectáreas, definiendo diámetros mínimos de corta de 40 cm y 30 cm, ciclos de 5, 10, 15 y 25 años. Aplicando al número de árboles/ha., una sobrevivencia del 98.5%.

### Datos generales ciclo corta 15 años, DMC 40 y turno 50 años

Turno	50 años
Ciclo de corta	15 años
IMA	0.8 cm
DMC	40 cm
Rotación	3.3
Sobrevivencia	98.5% N./año
Área	14.78 /ha

### Distribución diamétrica, N (Arb/ha), G ( $m^2/ha$ ) y V ( $m^3/ha$ )

Clase Diam.	10-19.9	20-29.9	30-39.9	40-49.9	>50	Total, (N,G,V)	> al DMC	Extraer	Extraer Aj.	Recuperar próximo ciclo	IC%	IC (%) Ajust	CAP ( $m^3/año /Área$ )	CAP ( $m^3$ ) Ajust
N	21.3	6.24	1.91	0.68	0.20	30.33	0.88	2.51	0.66	2.51	285.6%	75.0%		
G	0.3	0.26	0.17	0.11	0.06	0.92	0.16	0.23	0.12	0.23	138.0%	75.0%		
V	1.1	1.05	0.65	0.46	0.31	3.61	0.76	0.86	0.57	0.86	112.7%	75.0%	0.848	0.564

Nota: Cuando la intensidad pasa del 100% se aplica un 25%. Igual 10% de créditos y 15 semilleros.

A continuación se dan los pasos para el cálculo del incremento diamétrico:

- **Primer paso:** se quiere conocer cuántos centímetros crecerán los árboles en 15 años con un IMA de 0.8 cm.

Para obtener el crecimiento del periodo señalado (Cps), se multiplica el ciclo de corta que es 15 \* el IMA que es 0.8 cm/año.

$$Cps = 15 \text{ años} * 0.8 \text{ cm/año} = 12 \text{ cm.}$$

Esto quiere decir que los árboles en el periodo señalado crecerán 12 cm.

- **Segundo paso:** conocer el diámetro donde inicia el reemplazo (**DIR**), se resta el diámetro mínimo de corta menos el crecimiento del periodo señalado.

$$\text{DIR} = \text{DMC } 40 \text{ cm} - 12 \text{ cm} = 28 \text{ cm}$$

- **Tercer paso:** conocer el incremento a partir de DIR 28 cm, se resta la clase diamétrica siguiente menos el DIR, dividido entre el tamaño de clase.

$$\text{Incremento DIR} = 30 \text{ cm} - 28 \text{ cm} / 10 = 0.2 \text{ cm}$$

A continuación se presenta el cálculo para la obtención de la intensidad de corta permisible con respecto al área basal:

- **Primero:** hay que conocer el área basal a reemplazar (**Abr**) para el año 15. El área basal de las clases diamétricas de 20-29.9 y 30-39.9 se multiplica por el **Incremento DIR**.

$$\text{Ab (m}^2\text{)} = (0.26 \times 0.2) + 0.17 = 0.23 \text{ m}^2/\text{ha}$$

El resultado de 0.23 m<sup>2</sup> se conoce como reemplazo o recuperación

- **Segundo:** obtener la sumatoria del Área basal mayor del DMC

$$\text{Sumatoria AB > DMC} = 0.46 + 0.31 = 0.16 \text{ m}^2$$

- **Tercero:** Con los datos anteriores aplicar la siguiente formula:

$$\text{Intensidad corta permisible} = \frac{\text{Área basal de recuperación}}{\text{Área basal arriba del DMC}} * 100$$

$$\text{Ab (m}^2\text{)} = 0.23 \div 0.16 * 100 = 138\%$$

Se pasa del 100% se aplica un intensidad del 75% (10% décréptos y 15 semilleros)

$$\text{Ab (m}^2\text{) ajustada} = 0.12 \div 0.16 = 75\%$$

Para obtener la corta permisible con respecto al número de árboles se realiza con los siguientes pasos:

- **Primer paso:** se utiliza el mismo procedimiento que el utilizado en el área basal. Se inicia en la clase de (20-29.9) se multiplica el número de árboles  $6.24 * 0.2 = 1.248$  luego se suma la clase diamétrica de (30-39.9) 1.91 y esto da 3.15, este resultado los

multiplico por la sobrevivencia elevada según el ciclo de corta  $(0.985)^{15}$  años y esto me da 2.51 árboles/ha.

$$\text{Árboles de reemplazo} = ((6.24 \cdot 0.2) + 1.91) \cdot (0.985)^{15} = 2.51 \text{ árboles/ha}$$

- **Segundo paso: sumatoria** del número de árboles mayores al DMC.

$$= (0.68 + 0.20) = 0.88 \text{ árboles/ha}$$

- **Cuarto paso:** se utiliza la sumatoria del DMC el resultado pasa del 100 % y se le aplicó el ajuste del 75% igual a 0.66 árboles/ha.

$$\text{Árboles extraer} (0.68 + 0.20) \cdot 285\% = 2.51 \text{ árboles/ha}$$

$$\text{Árboles extraer ajustado } 75\% = (0.68 + 0.20) \cdot 0.75 = 0.66 \text{ árboles/ha}$$

El Volumen de la corta anual permisible VCAP, llamado también posibilidad silvícola, se calcula a partir de los siguientes pasos:

- **Primer paso:** Como me salió en la clase de 20 a 30 cm, se multiplica el número de árboles  $1.05 \cdot 0.2 = 0.21$  luego se suma + 0.65 y esto me da 0.86 igual al reemplazo

$$\text{Remplazo} = (1.05 \cdot 0.2) + 0.65 = 0.86 \text{ m}^3$$

- **Segundo paso:** Se suma todas las clases diamétricas mayores de 40 cm y esto sale  $0.76 \text{ m}^3/\text{ha}$ .

$$\sum >\text{DMC} = (0.46 + 0.31) = 0.76 \text{ m}^3$$

- **Tercer paso: Intensidad de corta (%) =  $\frac{\sum >\text{DMC} \cdot 100}{\text{Recuperar } 0.86} = 112.7 \%$ .**

- **Cuarto paso:** Volumen a extraer es igual a la sumatoria  $> \text{DMC}$  por la intensidad en %, sin embargo, el porcentaje es mayor del 100% se aplica un 75% igual un 10% árboles décrepitos y 15 semilleros.

$$\text{Volumen por extraer } > \text{DMC} = (0.76 \cdot 112\%) = 0.86 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen por extraer ajustado} = \sum >\text{DMC} \cdot 0.75\% = 0.57 \text{ m}^3$$

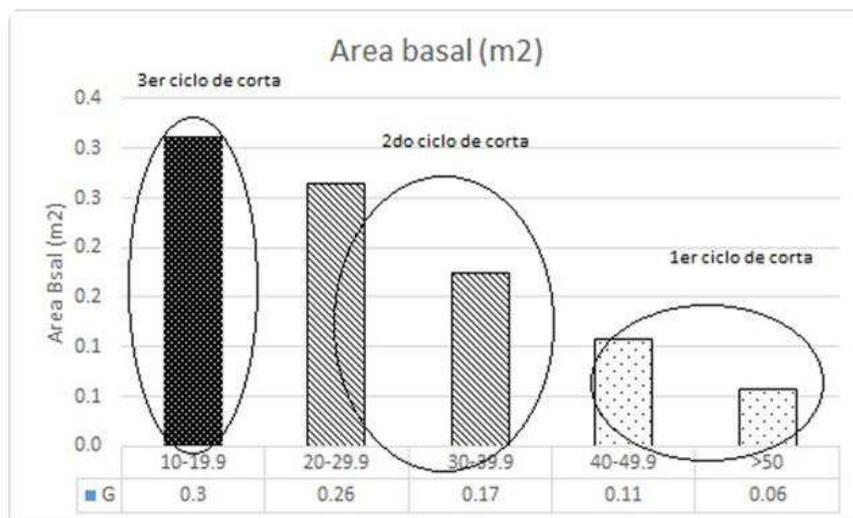
- **Quinto paso:** se aplica la siguiente formula

$$\text{VCAP} = \frac{\text{Volumen (m}^3\text{)/ha} \cdot \text{área del estrato o bosque}}{\text{Ciclo de corta}}$$

**VCAP= 0.85 m<sup>3</sup> \* 14.772 ha/ 15 años = 0.848 m<sup>3</sup>**

**VCAP ajustada = 0.57\*14.772 ha/15 años = 0.564 m<sup>3</sup>**

**Proyección *Dalbergia retusa* DMC 40 cm, turno de 50 años, ciclo de corta 15 años, tasa de crecimiento 0.8 cm/año**



El ciclo de corta 15 años, aplicando 3.3 rotaciones en la misma área para cumplir el turno de 50 años, asumiendo un incremento de la especie *Dalbergia ssp* de 0.8 cm anuales el ciclo puede funcionar. No obstante, si el incremento medio anual es menor el turno aumenta y probablemente la actividad no sería rentable, funcionaría siempre y cuando existe suficientes individuos en las clases diametricas menores al DMC.

- **Ejemplo ciclo de corta 10 años, DMC 40, turno de 50 años**

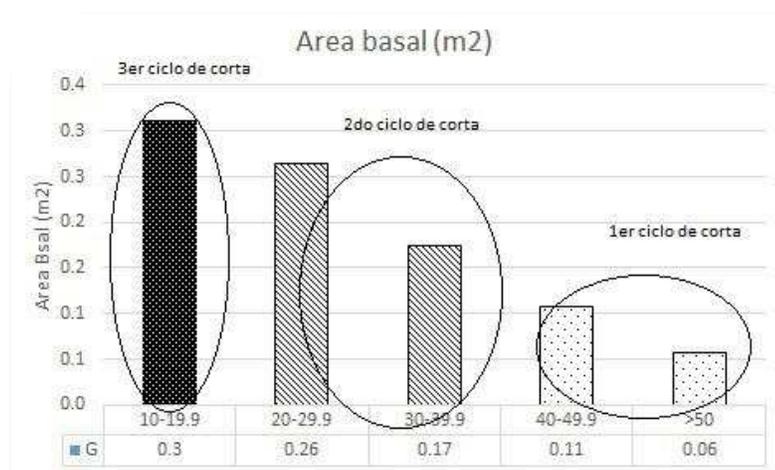
### Datos generales, ciclo 10 años, DMC 40 y turno 50 años

Turno	50 años
Ciclo de corta	10 años
IMA	0.8 cm
DMC	40 cm
Rotación	5
Sobrevivencia	98.5% N./año
Área	14.78 /ha.

### Distribución diamétrica análisis ciclo corta 10 años, DMC 40, turno 50 años

Clase diamétrica	10-19.9	20-29.9	30-39.9	40-49.9	>50	Total, general (N,G,V)	> al DMC	Extraer	Recuperar próximo ciclo	IC%	CAP (m³/año/Área)
Arboles/ha	21.3	6.24	1.91	0.68	0.20	30.33	0.88	1.31	1.31		
AB (m2)/ha	0.3	0.26	0.17	0.11	0.06	0.92	0.16	0.14	0.14	85%	
Vol. (m3)/ha	1.1	1.05	0.65	0.46	0.31	3.61	0.76	0.52	0.52	68.1%	0.769

### Proyección *Dalbergia retusa* DMC 40 cm, turno de 50 años, ciclo de corta 10 años, tasa de crecimiento 0.8 cm/año



Para completar el turno de 50 años, hace falta completar el cuarto y quinto ciclo para cerrarlo

El análisis indica que el ciclo de corta de 10 años no es suficiente alcanzar la misma cantidad de Área basal de acuerdo con el turno de 50 años. Por lo que debe tomarse en consideración, ya que no completaríamos el cuarto y quinto ciclo.

- **Ejemplo ciclo de corta 5 años, DMC 40, turno de 50 años**

Para ejemplificar ciclo de corta 5 años, DMC 40 cm, a continuación, se presentan los siguientes resultados.

### Datos generales para obtener ciclo corta 5 años, DMC 40 años y turno 50 años

Turno	50 años
Ciclo de corta	5 años
IMA	0.8 cm
DMC	40 cm
Rotación	10
Sobrevivencia	98.5% N./año
Área	14.78 /ha

Tabla 11. Resumen de la intensidad de corta y corta anual permisible para el manejo ciclo corta años.

Clase diamétrica	10-19.9	20-29.9	30-39.9	40-49.9	>50	Total, general (N,G,V)	> al DMC	Extraer	Recuperar próximo ciclo	IC%	CAP (m <sup>3</sup> /año/Área)
------------------	---------	---------	---------	---------	-----	------------------------	----------	---------	-------------------------	-----	--------------------------------

Arboles/ha	21.3	6.24	1.91	0.68	0.20	30.33	0.88	0.71	0.71	80.3%	
AB (m2)/ha	0.3	0.26	0.17	0.11	0.06	0.92	0.16	0.07	0.07	42.3%	
Vol. (m3)/ha	1.1	1.05	0.65	0.46	0.31	3.61	0.76	0.26	0.26	34.1%	0.384

En el caso del ciclo de corta de 5 años con rotación en misma área 10 veces para poder cumplir con el turo de 50 años. No se recomienda debido a que se extraerá cantidades muy bajas de árboles, volumen y remoción del área basal.

Posterior al análisis de estudios casos, a continuación se presentan algunas recomendaciones y conclusiones:

- ❖ En cuanto a estudios de incrementos diamétricos de las especies *Dalbergia spp*, existe poca información referente a los incrementos medios anuales. Lo anterior indica la necesidad de aplicar modelos o supuesto para obtener la intensidad de corta. Se recomienda realizar investigaciones y poder en el futuro obtener datos concretos que tomen en consideración los aspectos técnico, ambiental y económico. Turnos y ciclos de corta tan largos pueda que en el futuro no sean atractivos y se pierda el interés en el manejo del bosque.
- ❖ Los estudios de incrementos realizados deben estar basados en la investigación de la dinámica del bosque, cuando el objetivo es investigar el incremento diamétrico de las especies comerciales para obtener resultados confiables, es necesario el levantamiento de PPM de muestreo de un tamaño que logre ingresar el mayor número de especies, además es importante uniformizar una metodología, para que en el futuro pueda ser objeto de comparación en las regiones con presencia de las especies de interés.
- ❖ Se debe utilizar los incrementos y distribuciones diamétricas de cada especie incluyendo *Dalbergia spp*, la existencia alta de una especie no garantiza un volumen aprovechable para el siguiente ciclo, ya que si su incremento es lento se necesitaría mayor tiempo para el próximo ciclo de corta. En relación con los grupos de especies estas deben ser objeto de estudios específicos.
- ❖ Para poder garantizar la misma cantidad de volumen para los próximos ciclos, se debe preparar un plan de regeneración enfocado en el establecimiento de plántulas y brinzales. Además, es necesario realizar ensayos con tratamientos silviculturales de bajo costo que permita obtener el mismo volumen durante los próximos ciclos, por ejemplo, liberación de árboles no comerciales para el crecimiento de los árboles de futura cosecha.
- ❖ Las empresas forestales deben involucrarse más en el manejo de sus bosques, e ir adecuándolo a la situación de la oferta y demanda de los productos comerciales. Por lo que es necesario contar con una herramienta de monitoreo e investigación, e ir incorporando los resultados obtenidos poder conocer los requerimientos ecológicos de las especies comerciales de interés incluyendo *Dalbergia spp* y lograr el establecimiento de la regeneración y tasa de crecimiento deseada.

### 3.4. Selección de árboles semilleros

Para seleccionar un árbol semillero, se debe tomar en consideración los aspectos como calidad fuste, valor comercial, la abundancia espacial, gremio ecológico, la biología de reproducción y las épocas de floración y fructificación, entre las características a considerar: la altura, forma y tamaño de la copa, forma del fuste (buena), ubicación y que este sano.

- **Árboles rectos y sanos aprovechables**

Se define como un árbol recto y sano, no existe presencia de un agente causal y factores físicos, árbol aprovechable en un 100%.

- **Árboles torcidos y sanos aprovechables**

Es un árbol sano y aprovechable, donde al menos una sección del árbol se encuentra torcido, aprovechable 100%.

- **Árboles dañados, torcidos, enfermos pero aprovechables.**

- a) Caso uno, es cuando el árbol tiene presencia de protuberancias o defectos en la base, se considera aprovechable una buena parte del árbol, regularmente un 75%.
- b) Caso dos, este tipo de árboles también puede darse el caso que posee protuberancias y presencia de termitas en la base y parte media del árbol, y se considera aprovechable un 50%.
- c) Criterio es que al menos se obtenga de la troza una longitud en metros madera comercial (en función del mercado).

- **Árboles dañados, enfermos sin posibilidad de aprovechamiento.**

- a) Son aquellos árboles que poseen protuberancias, en la base parte media y final del árbol, con ataque de termitas y se considera no aprovechable menos del 75% del fuste comercial.
- b) Criterio es que el fuste comercial es menor a lo requerido por el mercado, no extraer.

- **Árboles sobresalientes del dosel, sanos, rectos y buena distribución de copa, califican como semilleros.**

Estos árboles los criterios de calidad es igual a la calidad 1, la diferencia es que son árboles emergentes en dosel superior y poseen buena iluminación, copa redonda. *Por sus condiciones califican como semilleros.*

- **Árboles de futura cosecha**

Son aquellos árboles que no alcanzan el diámetro mínimo de corta. Estos árboles por lo regular se encuentran sanos. Sin embargo, si está dañado no califica como futura cosecha.

Para el caso de las plantaciones, se debe de procurar que los árboles sean seleccionados en plantaciones de buena calidad, homogéneas y coetáneas para poder tener un análisis más preciso de los resultados y reducir el factor de error.

## 2. LINIAMIENTOS TECNICOS SOBRE ÁRBOLES SEMILLEROS

### 4.1. Definición de árbol semillero

En la norma técnica obligatoria nicaragüense para el manejo sostenible de los bosques naturales latifoliados y de coníferas se define “árbol semillero” como un árbol con características fenotípicas deseables seleccionado para la recolección comercial o manual de semillas sin conocer su valor genético.

Otra definición, de árbol semillero es la de un árbol maduro que ha sido seleccionado para conseguir semillas de características fenotípicas superiores a las producidas por los árboles vecinos en un rodal, ya sea en plantaciones o en bosque natural, y se busca coleccionar su semilla para el establecimiento de plantaciones. (Programa INSEFOR, 1999)

- **Definición de rodal semillero**

Según la norma técnica obligatoria nicaragüense para el manejo sostenible de los bosques naturales latifoliados y de coníferas “Rodal Semillero” es un rodal mejorado por la eliminación de árboles inferiores, para estimular una abundante producción de semillas y con una edad mínima de cinco años de capacidad productiva.

El rodal semillero representa una medida interina para producir semilla de mejor calidad genética a corto plazo, mientras se desarrollan otras formas más avanzadas de producción. Un rodal semillero se define como un grupo de árboles de la misma especie, que es mejorado mediante la remoción de individuos indeseables y manejados para estimular la producción pronta y abundante de semilla (Barner, 1973).

- **Conservación de árboles semilleros**

INSEFOR (1999) expone que las fuentes de semilla que se encuentran en peligro de extinción o de deterioro severo, se conservan usando básicamente dos métodos diferentes:

**Rodales In situ.** Protección y mantenimiento de especies y poblaciones (en sitio), es decir en los ecosistemas en los que ocurren naturalmente.

**Rodales Ex situ.** Protección y mantenimiento de recursos genéticos fuera de (fuera del sitio) su ambiente natural plantaciones, poblaciones de mejoramiento, rodales semilleros y de conservación.

La diferencia básica entre las dos estrategias es que la conservación In situ permite que el proceso evolutivo continúe dentro del área de distribución natural. En ecosistemas complejos se asegura la existencia de los polinizadores naturales.

## **4.2. Criterios para la selección de semilleros en plantaciones**

Ha como se ha mencionado anteriormente los árboles semilleros son importantes debido al potencial de sus características genéticas para sobrevivir y prosperar ante la adversidad ambientales que solo los arboles vigorosos de fuentes semilleros adecuados lo garantizan.

En el caso de la selección de árboles del género *Dalbergia*, debido a su alto valor comercial en el mercado internacional el principal objetivo se encuentra orientado hacia la obtención de árboles con fustes con la mayor rectitud posible que produzcan trozas de calidad que generen la mayor cantidad posible de volumen aprovechable.

Para el caso de las plantaciones, se debe de procurar que los árboles sean seleccionados en plantaciones de buena calidad, homogéneas y coetáneas para poder tener un análisis más preciso de los resultados y reducir el factor de error.

Los árboles seleccionados deben cumplir los siguientes requisitos:

1. Encontrarse en rodales coetáneos de densidad uniforme.
2. Ser dominante (excepcionalmente codominantes).
3. Diámetro superior al promedio del rodal.
4. Fuste lo más recto posible, cilíndrico y sin crecimiento en espiral.
5. Copa de diámetro pequeño y balanceado.
6. Poseer ramas cortas, de poco diámetro y de ángulo de inserción en el fuste lo más cercano a 90°.
7. El árbol no debe estar inclinado.
8. Poseer alta tolerancia a enfermedades, deficiencias nutricionales y afectaciones por plagas.
9. No debe ser un árbol borde

### **4.3. Criterios para la selección de semilleros en bosque natural**

En bosques naturales es de gran relevancia la existencia de árboles semilleros, de acuerdo a lo planteado por Janzen y Vásquez (1990), Putz (1993) y Plumptre (1995), quienes exponen que durante el aprovechamiento forestal en bosques tropicales disetáneos son sumamente importantes debido a que son los que garantizan la dispersión de las semillas en el lugar y su correspondiente regeneración natural lo que a su vez garantiza la disponibilidad de la especie para poder seguir realizando un manejo sostenible.

En la actualidad la fuerte presión sobre las especies del género *Dalbergia* en bosques naturales en las diferentes regiones del país donde existe presencia de estas ha influido sobre las poblaciones lo que incide directamente sobre los árboles requeridos para ser seleccionados para cumplir con los criterios para ser seleccionados como arboles semilleros.

En muchos casos solamente se encuentran algunos individuos aislados, situación que incide directamente sobre la variabilidad genética.

Es de gran importancia la consideración de la situación antes expuesta debido a que no se puede utilizar los criterios tradicionales que se emplean para especies de valor comercial en bosques naturales en el caso de densidades poblacionales de la especie por unidad de área

por lo que debe de ser considerado trabajar con árboles que cumplan con parámetros requeridos, aunque en algunos casos no se posea árboles de referencia en el área circundante.

En el caso del género *Dalbergia*, en Nicaragua los árboles semilleros existente en los bosques naturales, además de proveer el material genético para promover la regeneración en los sitios donde se encuentran, también constituyen una fuente importante de material para su recolección y utilización en otros sitios las poblaciones de este género se han visto reducidas en gran medida y no se cuenta con árboles que cumplan los criterios para la propagación de la especie.

De acuerdo a la NTON vigente en relación a los Diámetros Mínimos de Cortas (DMC) de las especies comerciales y potenciales, estos deben poseer Diámetro Mínimo de Corta (DMC), a partir de 40 cm de DAP, pero esta consideración es orientada más hacia la obtención de madera para comercialización que para la producción de semillas.

La situación expuesta no significa necesariamente que los árboles con diámetros inferiores a los estipulados con fines comerciales no puedan ser viables fenológicamente para recolectar semillas de estos siempre y cuando cumplan con ciertos criterios. Además que debe de ser considerado que en muchos casos los árboles con diámetros iguales o superiores al mínimo estipulado en la NTON ya han sido extraídos.

Los árboles seleccionados en bosque natural deben cumplir los siguientes requisitos:

1. Ser dominante (excepcionalmente codominantes).
2. Diámetro  $\geq 20$
3. Fuste lo más recto posible, cilíndrico y sin crecimiento en espiral.
4. Copa de diámetro pequeño y balanceado.
5. Poseer ramas cortas, de poco diámetro y de ángulo de inserción en el fuste lo más cercano a 90°.
6. El árbol no debe estar inclinado.
7. Poseer alta tolerancia a enfermedades, deficiencias nutricionales y afectaciones por plagas.

Tanto para el caso de bosque natural como para el caso de plantaciones se debe de tener presente que los árboles seleccionados ya hayan producido semillas anteriormente, aunque no constituye un criterio de exclusión el no haberlo hecho.

Una vez localizado un árbol que reúna estos requisitos, debe ser comparado con los 5 mejores árboles que se encuentren dentro de un radio aproximado de 20 m. Dependiendo de las condiciones del área dicho radio podría aumentarse hasta 30m. Para el caso de los bosques naturales esta consideración deberá de realizarse en base al estudio del lugar y las condiciones de abundancia de la especie y podrá compararse en relación contra los criterios de los árboles presentes en la zona en el caso en que las poblaciones de esta especie sean demasiado escasas.

Los árboles de comparación deben ser elegidos considerando fundamentalmente su volumen, razón por la cual se les medirá solamente diámetro y altura, pero sin descuidar las demás características de calidad. Es decir, árboles de alto volumen, pero de mala calidad no serán considerados para comparación.

El árbol candidato debe cumplir con las siguientes características mínimas:

- Volumen: mínimo 20% superior respecto al promedio de los 5 árboles de comparación.
- Rectitud: mínimo rectitud 2 cercana más hacia 3 que hacia 1.
- No presentar bifurcación fustal.
- Sin daños en el fuste.
- Calidad de ramas: mínimo calidad 2 cercana más hacia 3 que hacia 1.

Una vez que un árbol candidato ha sido definitivamente seleccionado, se le asignará un número el que se deberá marcar con pintura en dos caras opuestas del tronco a una altura visible. Del mismo modo, se deberán marcar los árboles de comparación con números correlativos definitivos del 1 al 5 correspondientes a los anotados en el Formulario. Cada uno de los árboles deberá de ser georreferenciado.

En el caso del código del formulario deberá de contar con el código del municipio, año en que fue tomada la muestra y un número consecutivo.

Se debe de completar la información solicitada en el formulario, dentro de la esta se debe de incluir el croquis de ubicación del candidato y árboles de comparación, para más tarde poder elaborar los datos de cada árbol y encontrarlo nuevamente en el terreno con facilidad y rapidez.

## 4.4. Variables cuantitativas y cualitativas

- **Variables cuantitativas**

Estas características son las que manifiestan la superioridad del crecimiento del árbol, que a través de la altura y el diámetro reflejan exactamente el potencial volumétrico del candidato. Estas deben ser medidas, tanto en el árbol candidato como en los árboles objeto de comparación.

**Altura:** Determinar la razón de altura mediante la siguiente fórmula:

$$A = (Hs / Hc) * 100 - 100$$

Donde,

Hs: Altura candidato

Hc: Altura media 5 árboles de comparación

La razón de las alturas es luego convertida a puntaje mediante la siguiente escala:

SUPERIORIDAD EN ALTURA	EDAD (*) HASTA 20 AÑOS
Menos de 10%	0
10 % - 11%	1
12 % - 13%	2
14 % - 15%	3
16 % - 17%	4
18% - 19%	5
20 %	6
Mayor a 20%	≥7
*Tabla utilizada en plantaciones coetáneas	

**Inferioridad:** Si el árbol candidato se encuentra por debajo que el promedio de los árboles de comparación, se deducirán puntos con la misma escala como ellos son designados cuando el candidato es superior.

**Volumen:** Determinar el radio de volúmenes por las fórmulas:

$$V = (Vs / Vc) * 100 - 100$$

Donde,

Vs: Volumen candidato (según función o D2H)

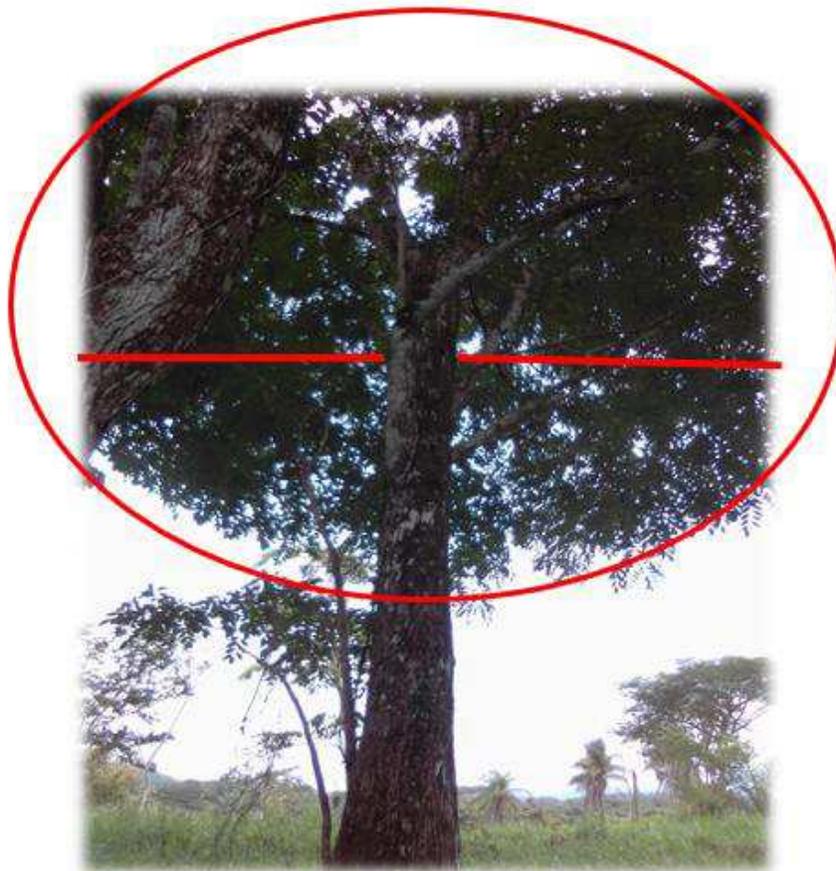
Vc: Volumen medio 5 árboles de comparación

**Superioridad:** Por cada 10% de exceso de volumen del candidato sobre los 5 árboles de comparación se asigna 1 punto extra.

- **Variables cualitativas**

**Copa**

Para ser juzgada subjetivamente desde el punto de vista del candidato respecto a los demás árboles, considerando radio de la copa, tamaño del tronco, competencia bajo la cual ha crecido el árbol, conformación de la copa y dominancia balanceada.



**Ejemplo de árbol con buena distribución de copa**

### ***Rectitud***

El proceso para realizar la determinación de la rectitud es mediante la proyección de una línea imaginaria entre el fuste, al centro de la copa, y el centro del fuste en la base del árbol. Si esta línea pasa aproximadamente por el centro del fuste, el valor de rectitud es 4; si la línea se sale claramente del fuste, el valor es 1; calificaciones intermedias se clasifican como 2 y 3 donde 2

representa una posición intermedia cercana a 1 (mala rectitud) y 3 es una rectitud intermedia cercana a 4 (buena rectitud).

1. Árbol fuertemente curvado o con curvaturas múltiples
2. Árbol con problemas de rectitud, cercano a 1
3. Árbol con curvaturas menores, cercano a 4
4. Árbol recto



### **Ejemplo de árbol con buena rectitud**

Esta es una de las variables cualitativas de mayor importancia en la toma de decisión, se debe tener claridad en definir si un árbol es o no es recto y verificar que esto no haya sido alterado por efectos externos como daños durante el control de malezas, daño mecánico producto de viento en etapas juveniles u otro factor que haya provocado afectación en su desarrollo de forma normal.

En este tipo de situaciones, se deben de realizar ciertas valoraciones, para estos casos, pueden ser aceptadas una torcedura basal hasta 1 m desde el suelo.

### **Calidad de ramas**

Se juzga en forma subjetiva globalizando el diámetro y ángulo de ramas como un solo concepto. Es evaluado de 1 a 4, donde:

1. Ramas marcadamente más gruesas y/o ángulos más agudos que el promedio del rodal.
2. Calidad intermedia cercanas al valor 1
3. Calidad intermedia cercanas al valor 4
4. Ramas de diámetro pequeño y ángulo cercano a los 90°.

A continuación se presentan algunas conclusiones relevantes:

- ✓ Para el caso de las especies del género *Dalbergia*, la normativa debe ser específica y determinar el porcentaje a conservar dentro de un plan de manejo forestal.
- ✓ En las normas técnicas se deben incluir directrices para elegir árboles semilleros. Sin embargo, no es necesario que los semilleros sean los árboles más altos o mejor formados, sobre todo para los de bosque natural. Se puede usar para este fin árboles viejos que ya han pasado la madurez, siempre y cuando sean suficientemente fuertes como para no morir en el futuro inmediato.
- ✓ Dentro de los criterios de selección tanto en plantaciones y bosque natural debe tomarse en cuenta que el fuste se encuentre lo más recto posible, cilíndrico y sin crecimiento en espiral, que la copa sea de diámetro pequeño y balanceada, que posean ramas cortas, de poco diámetro y de ángulo de inserción en el fuste lo más cercano a 90° y que no se encuentre inclinado. En cuanto al diámetro que sea igual o superior a 20 para el caso de bosque natural y en plantaciones debe ser superior al promedio.
- ✓ Cabe mencionar que la selección de árboles semilleros en bosques tropicales, va más allá de dejar en pie árboles grandes. Se deben considerar las diferencias específicas de cada especie en cuanto a ecología de semillas y plántulas, de modo que no se deje un número innecesario de árboles en pie ni un número insuficiente que impida la regeneración posterior al aprovechamiento.
- ✓ Se requiere mayor información sobre la ecología de regeneración de especies tropicales como las especies arbóreas de las del género *Dalbergia spp*, que permita emitir pautas más precisas y cuantitativas para la reserva de árboles semilleros.

- ✓ Las normas técnicas y disposiciones administrativas, deberán brindar flexibilidad en las reglas de conservación In situ de árboles semilleros para acomodar diferencias específicas al sitio y diferentes estrategias de manejo.
- ✓ Existe una complejidad ecológica y biológica en la designación de árboles semilleros y la variabilidad dentro de una especie como las del género *Dalbergia* que se encuentran en Nicaragua, esto pone en evidencia la necesidad de contar con profesionales o técnicos forestales capacitados.

Se recomienda los siguientes puntos:

- La conservación de árboles con diámetro mayores al diámetro mínimo de corta tiene como fin brindar un “factor de seguridad” para evitar errores de cálculo en la duración del ciclo de corta. No obstante, estos árboles aprovechables que se conservan se denominan en el ámbito forestal como “árboles semilleros” lo que hace suponer que su objetivo es brindar fuentes de semilla.
- Probablemente no sea necesario que exista un “factor de seguridad” una vez que se cuente con suficientes datos de crecimiento y rendimiento provenientes de los resultados del estudio científico del análisis fustal propiciado por la administración forestal.
- En lo que se refiere al factor de seguridad, conservar árboles muy grandes como “semilleros” es un desperdicio. Los datos sobre mortandad muestran que estos árboles presentan un mayor riesgo de caída antes del siguiente ciclo de corta. Sería preferible conservar árboles que estén justo sobre el diámetro mínimo de corta. Existe mayor posibilidad de que estos árboles sean aprovechables en el próximo ciclo de corta durante en “tiempo de paso”
- Al margen del factor de seguridad, la permanencia de árboles semilleros, es fundamental para la regeneración de varias especies arbóreas de los bosques latifoliados en Nicaragua. La regeneración de especies comerciales es un factor crítico para el manejo forestal sostenible y la conservación de árboles semilleros constituye una estrategia para la regeneración de dichas especies, incluyendo las *Dalbergias* spp.
- Las experiencias en Nicaragua, muestran que muchas especies de importancia comercial no se regeneran suficientemente como para garantizar un aprovechamiento sostenible.
- Dejar simplemente un porcentaje de árboles semilleros de cada especie no es suficiente para garantizar la regeneración adecuada de todas las especies.

- El número apropiado de árboles semilleros que debe permanecer en el bosque depende de varios factores como el mecanismo de reproducción, densidad de árboles maduros, frecuencia y cantidad de árboles semilleros, y requerimientos de microsítios o aperturas, necesarios para la germinación y el crecimiento.
- Se deberían modificar los criterios para la selección individual de semilleros. Preferentemente, los árboles semilleros deberían ser altos y tener una copa grande y saludable.
- Los árboles huecos y malformados también pueden producir buena y abundante semilla, siempre y cuando sean altos y tengan copas grandes. Dichas deformidades generalmente no son hereditarias, sino que son causadas por condiciones ambientales o daños debidos a incendios o caída de ramas o troncos de árboles adyacentes.
- Los árboles semilleros deberán ser liberados de bejucos, a fin de que alcancen su capacidad máxima de producción de semilla. La corta de bejucos es una operación de bajo costo que se puede efectuar junto con los censos forestales y que aumentará la eficacia de la conservación de árboles semilleros.
- El requerimiento de distribución uniforme puede obstaculizar el uso de algunos sistemas silviculturales, como el aprovechamiento por selección de grupos. Sería más importante que se dejen árboles semilleros cerca de microsítios en los que las semillas puedan germinar y las plántulas se puedan establecer adecuadamente.
- Cualquier desviación de las normas deberá justificarse debidamente con datos apropiados del sitio, dentro del plan general de manejo forestal.
- Debe de haber un mayor involucramiento en las actividades de post aprovechamiento de parte de la entidad rectora para monitorear la correcta ejecución de los permisos de aprovechamiento en sus diferentes modalidades, y la conservación de árboles semilleros.
- Promover el establecimiento de rodales semilleros de diferentes procedencias con el objetivo de ampliar la disponibilidad germoplasma y obtener una mayor variabilidad genética.
- Crear alianzas estratégicas entre instituciones de gobierno con universidades y centros de investigación para desarrollar líneas de investigación orientadas al mejoramiento genético de las especies del género *Dalbergia*.

## 2. LINIAMIENTOS TECNICOS SOBRE MANEJO FORESTAL INTEGRAL

### 5.1. Definiciones técnicas

- **Áreas productivas aprovechamiento forestal**

Son aquellas áreas productivas de especies maderables de valor comercial incluyendo las *Dalbergia*, se desarrollan en bosques remanentes, por lo regular degradados por los aprovechamientos insostenibles de productos maderables y no maderables; bosques secundarios, sistemas agroforestales áreas en recuperación a través de prácticas agroforestales.

- **Diámetro mínimo de corta**

Diámetro mínimo de corta, se definirá de acuerdo con la abundancia por clase diamétrica de las especies en el bosque, así como el interés del propietario del bosque por determinado tipo de producto forestal, y las condiciones del mercado, es tomado de referencia para que a partir del mismo sean seleccionados los individuos a ser intervenidos. Se sugiere ver documento técnico Determinación diámetro mínimo de corta especies *Dalbergia ssp.* Manzanero (2021).

- **Diámetro mínimo a censar**

Corresponde al diámetro a la altura del pecho a partir de 10 cm, donde se evaluarán las características dasométricas de las especies de interés comercial.

- **Censo comercial**

Actividades que son realizadas en la fase de pre-aprovechamiento, donde son registradas las variables dasométricas de todos los individuos (a partir del diámetro mínimo a censar) de las especies de interés comercial, situación aplicable a los árboles a aprovechar, remanentes (regeneración no establecida e individuos que por alguna razón no serán intervenidos), semilleros, futura cosecha y protección. Asimismo, permite evaluar paralelamente las características del terreno donde se desarrollará la intervención del bosque.

- **Inventario Forestal**

El inventario forestal es la actividad que se realiza para conocer de forma general la composición florística y estructura del bosque. Los datos de campo serán de utilidad para caracterizar el bosque, especies presentes, distribución diamétrica, conocer el número de árboles, área basal y volumen por hectárea.

- **Propuesta de manejo**

Planteamiento que presenta de forma integral las especies a manejar, el número de árboles a extraer y el volumen correspondiente, el sistema de corta o manejo a aplicar y el sistema de repoblación a implementar para lograr la recuperación de la masa forestal intervenida.

- **Turno**

Es el periodo de tiempo que los productos forestales necesitan para establecerse y crecer hasta alcanzar una condición de madurez, esto se refiere a la edad que ha ocurrido desde el establecimiento de la regeneración hasta que se aprovecha

- **Ciclo de aprovechamiento**

Es el intervalo de rotación entre aprovechamientos en una misma área de corta y esta generalmente en función de la intensidad del aprovechamiento, el tiempo de la recuperación de los volúmenes a cortar, las clases de producto, el tipo de bosque, las tasas de crecimiento, el tipo de tratamiento silvicultural y el tamaño de las unidades de aprovechamiento.

- **Intensidad de corta**

Criterio para regular la posibilidad silvícola, se definió un umbral máximo del 80% de los árboles aptos para ser intervenidos, dejando como mínimo el 20% de remanencia. Sin embargo, se propone aplicar la intensidad de corta de acuerdo documento técnico Ciclo de corta e intensidad del aprovechamiento especies *Dalbergia spp.* Manzanero (2021).

- **Sistema de corta o manejo policíclico**

Es el sistema donde pueden realizarse intervenciones en el corto o mediano plazo entre uno y otro ciclo de aprovechamiento, respetando siempre el criterio de intensidad de corta aplicable a cada una de las especies sujetas del manejo forestal.

- **Índice de valor de importancia**

Es la importancia ecológica de cada especie arbórea igual o mayor de 10 cm de DAP presente en cada tipo de bosque, y es determinada por el Índice de valor de importancia simplificada IVIs (Salcedo, 1985).

## 5.2. Criterios técnicos para el manejo y aprovechamiento

---

- ❖ El tipo de inventario a aplicar será de una intensidad de muestreo al 2% y censo comercial (priorizando las especies del censo de acuerdo con el interés particular del propietario).
- ❖ En el censo debe incluirse información a partir del rango clase diamétrica de 10 cm.
- ❖ Para el cálculo de volumen ( $m^3$ ) de árboles mayores o iguales a 10 cm de DAP, se aplicará la fórmula de la Polinomial<sup>2</sup>, Vol. ( $m^3$ ) =  $-0.44+0.032*Dap\text{ cm} + 0.00109*(Dap\text{ cm} - 21.2867)^2$ , (Manzanero Cano & Ortiz Malavassi, 2020).
- ❖ El área productiva, corresponde al área efectiva donde se realizará el aprovechamiento.
- ❖ El procesamiento de la información obtenida del análisis estadístico incluir intensidad de muestro del 2%, en lugar del error de muestreo en porcentaje.
- ❖ El área basal del compromiso de repoblación se aplicará de acuerdo con resultados del inventario forestal.
- ❖ Para la intensidad de corta se propone un umbral máximo del 80% de árboles que reúnan las condiciones de ser cosechados, con la finalidad de garantizar la sostenibilidad de la especie intervenida.
- ❖ La intensidad de corta debe calcularse en base al porcentaje del Área basal ( $m^2$ ), en función a la distribución de las clases diamétricas.
- ❖ El plan de manejo incluirá los árboles remanentes (semilleros, protección y futura cosecha), quienes deberán ser incluidos en el mapa respectivo.
- ❖ La recuperación de la masa forestal deberá asegurarse a través de: a) la regeneración natural proveniente de árboles semilleros, y b) enriquecimiento por medio del establecimiento de plantas, siembra directa de semillas o al voleo, priorizando las especies de *Dalbergia* que hayan sido aprovechadas. En los casos del género *Dalbergia* y otras con capacidad de rebrote, la recuperación debe complementarse con el manejo de rebrotes de los individuos aprovechados.
- ❖ La recuperación de la masa forestal podrá realizarse en: a) claros dentro del área de manejo, b) caminos y c) sitios de acopio. Con la finalidad que el manejo integrado se enfoque en la recuperación de las poblaciones de *Dalbergia* en su área de distribución, la densidad de individuos en la categoría de brinzales no deberá ser menor de 1,000 plantas/ha, para estas especies (considerando regeneración natural y/o enriquecimiento).
- ❖ Utilizar la fórmula *Dalbergia spp* para el cálculo del volumen comercial aplicable a árboles a partir de 10 cm DAP de acuerdo al estudio de Modelos Matemáticos para determinar

Volumen (m<sup>3</sup>), Altura (m) de los árboles en pie y edad años de las especies *Dalbergia* spp. (Manzanero Cano & Ortiz Malavassi, 2020).

- ❖ El sistemas de manejo serán poli cíclico: Sistema selectivo definido en periodos cortos de aprovechamiento (1 a 5 años); Sistema selectivo definido en periodos intermedios (>5 a 10 años); Sistema selectivo definido en periodos de largo plazo (>10 años) y el el sistema policíclico en cualquiera de las modalidades podrá aplicarse a la mismas o diferentes especies intervenidas.
- ❖ Para la intensidad de corta estará en función del porcentaje del Área Basal (m<sup>2</sup>), sin embargo, se definió un umbral máximo del 80% que reúnan las condiciones de ser cosechados, dejando un mínimo del 20% de remanencia para garantizar la sostenibilidad de la especie intervenida.
- ❖ El incremento diamétrico, se definirá en base a estudios de PPM parcelas permanentes de muestreo realizados en bosque natural y plantaciones de la región. Ver documento de aplicación determinación diámetro mínimo, e intensidad de corta *Dalbergia* spp. (Manzanero Cano, 2021).

### 5.3. Buenas prácticas para el aprovechamiento forestal

#### ***Actividades de pre-aprovechamiento***

- Reconocimiento y determinación del área efectiva de aprovechamiento anual (actividad en base a la planificación propuesta en el plan de manejo), accesibilidad, distancia e infraestructura existente, topografía, relieve, y otros.
- Delimitación física del área efectiva de aprovechamiento y de protección
- Coordinación y planificación del aprovechamiento
- Capacitación del personal de campo
- Censo comercial
- Inventario Forestal
- Determinación de árboles a aprovechar
- Corte de lianas durante el POA.
- Determinación de árboles de futura cosecha
- Identificación de árboles semilleros
- Diseño de la infraestructura
- Medidas de prevención de incendios forestales
- Medidas de prevención de plagas y enfermedades forestales.

#### ***Actividades durante el aprovechamiento***

- Maquinaria por utilizar, preferible de bajo impacto.
- Construcción de caminos forestales
- Tala dirigida
- Arrastre, saneo, cubicación, carga y transporte de trozas o fustes

- Dispersión o extracción de subproductos
- Control de transporte
- Control de incendios forestales
- Retiro y disposición de desechos sólidos y líquidos.
- 

### ***Actividades post aprovechamiento***

- Cierre de caminos
- Tratamientos silviculturales
- Retiro y disposición de desechos sólidos y líquidos
- Actividades de repoblación forestal
- Monitoreo de plagas y enfermedades
- Patrullajes de prevención de tala ilícita.

### ***Repoblación forestal***

- Los sistemas de repoblación propuestos deben incluir número de hectáreas donde se efectuará la actividad, así como el ambiente de perturbación (sitios de acopio, caminos, claros de intervención u otro).
- El sistema de repoblación aplicando la regeneración natural podrá desarrollarse a través de árboles semilleros, considerando como subactividades para favorecer la regeneración realizar la limpieza de la hojarasca u otro material debajo de los árboles semilleros, trasladando posteriormente parte de las plantas ya establecidas a otro ambiente de perturbación (siembra a raíz desnuda).
- En el sistema de repoblación por medio de siembra directa se podrán utilizar semillas, debiéndose indicarse el número, distancia, ambientes de perturbación (caminos, sitios de acopio, claros u otro).
- En caso de aplicar el procedimiento de dispersión de semillas al voleo, indicar número de semillas por hectárea, así como el peso en libras.
- Las plantas podrán ser establecidas en el sitio definitivo a raíz desnuda o conducida en bolsas de polietileno de las dimensiones apropiadas.

### ***Árboles semilleros, de protección y remanentes***

- Los árboles por reservar como semilleros, de protección y remanentes deben considerar los aspectos siguientes:
- Árboles semilleros: diámetro igual o mayor al diámetro mínimo de corta autorizado, dominante, fuste recto y sano, buena copa.
- Árboles de protección: no se permite talar o extraer las especies protegidas de acuerdo con el plan de manejo y normas vigentes. Considerar aquellos árboles que

por cuestiones de ubicación (pendiente, sitios arqueológicos o cuerpos de agua) se encuentra restringido su aprovechamiento.

- Remanentes es la suma de los árboles semilleros, de protección y decrepitos.

### ***Corta de lianas***

Actividad que se realiza durante el censo, la cual consiste en eliminar todos los bejucos que tienen los árboles que se van a aprovechar, los semilleros y los de futura cosecha, (al menos 06 meses antes del aprovechamiento).

### ***Delimitación de áreas de protección***

De acuerdo con las características del bosque o unidad de manejo, presencia de sitios arqueológicos, ceremoniales o de valor cultural y a los accidentes geográficos del área, delimitar y rotular, o al menos, colocar en cuatro puntos una estaca señalizando dichos sitios.

### ***Manejo de desechos sólidos y líquidos***

Los restos de materiales plásticos, vidrios, metal, papel, aceites, líquidos y otros deberán ser depositados en recipientes o colectores, tanto dentro del campamento como en las áreas de trabajo en el campo. Los desechos serán trasladados posteriormente hacia el basurero municipal local u otro que cumpla con las condiciones sanitarias para verter los mismos.

Las aguas servidas en el campamento deben estar retiradas al menos 50 metros de las fuentes de agua para garantizar que no exista contaminación de éstas.

### ***Prevención y control de plagas y enfermedades***

Considerar la aplicación de tratamientos silvícolas que favorezcan la sanidad de la masa boscosa y eviten el desarrollo de plagas y enfermedades.

Para el control de plagas o enfermedades se propone el control mecánico (eliminar los individuos o sus partes afectados de los árboles). Se recomienda aplicar preferentemente el control biológico y en caso de utilizar productos químicos estos deberán ser de un nivel de toxicidad que no afecte la diversidad biológica del área.

### ***Mantenimiento de linderos***

Considerar la limpieza periódica de las brechas que delimitan la propiedad, así como también verificar la presencia de esquineros o mojones que permitan la identificación inmediata de sus límites.

### ***Tala dirigida (tumba e impacto a vegetación remanente)***

- Altura de tocón no mayor de 30 cm

- Presencia de bisagra y corte de caída
- Ningún daño a los árboles deseables (no mayor de 3 árboles comerciables).

### ***Camino secundarios***

Los caminos secundarios son aquellos que conectan con los sitios de acopio al camino principal, son utilizados únicamente durante el aprovechamiento, el ancho mínimo oscila entre 3.5 y 4 m.

### ***Camino de arrastre ancho***

Los caminos de arrastre son aquellos que llegan hasta el tocón de los árboles tumbados, se realizan después de que los árboles han sido talados, facilitando el ingreso del skider u otro tipo de tractor que realice el arrastre, su ancho se encuentra comprendido ancho mínimo 3 y 3.5 m.

### ***Sitios de acopio***

Los sitios de acopio donde se depositarán las trozas o fustes previo al transporte definitivo deberán construirse en lugares planos, con pendiente aproximada de 2% y no mayor de 2500 m<sup>2</sup>.

### ***Claros de tumba (entre 250 a 300 m<sup>2</sup>)***

Los claros generados por la tumba de los árboles, por lo regular deben estar entre 250 a 300 m<sup>2</sup>, a excepción de las especies amate y ceiba que podrían superar dicha superficie. ■

### ***Uso de maquinaria liviana***

- Para el arrastre de trozas se recomienda utilizar Skiders
- Para el arrastre de trozas de preferencia no utilizar tractores mayores al D6 súper o equivalente
- Si se utilizan tractores de oruga deberán poseer arcos para disminuir el daño al suelo durante el arrastre.

### ***Arrastre y transporte (solo época seca)***

El arrastre debe realizarse en la época seca, lo cual evitará impacto negativo a la vegetación remanente y el suelo.

### ***Protección de sitios arqueológicos y/o culturales***

En caso de aprovechamiento de árboles ubicados dentro o próximos a sitios arqueológicos deberá observarse lo definido por los Ministerios de Medio Ambiente.

### ***Reserva de árboles y arbustos para alimento y anidación de aves***

Son aquellos árboles y arbustos de protección propuestos en el plan de manejo que tendrán la función de alimento y anidación de aves.

### ***Manejo de desechos sólidos y líquidos***

Observar las recomendaciones para la etapa previa al aprovechamiento forestal. Asimismo, considerar la disposición, retiro o eliminación de residuos orgánicos e inorgánicos (aceites, grasas, lubricantes) que pueden ser focos de inicio, medio de propagación de un incendio forestal o que contamine el suelo, cuerpos de agua o manto friático.

Las aguas grises y negras provenientes de duchas, lavamanos, lavaplatos (pila) o sanitarios deberán ser conducidas a un sitio donde no contaminen cuerpos de agua.

### ***Dispersión de residuos en los sitios de tumba y caminos forestales***

Los residuos de la tala, desramado, saneo o troceo que se encuentren en los sitios de tumba deberán ser dispersados para evitar contar con material combustible en la época sea que puedan constituir focos de incendios forestales. De igual forma, deberá ser dispersado los residuos del aprovechamiento que pudieren encontrarse en los caminos habilitados para la extracción y transporte del producto forestal.

### ***Cierre de caminos secundarios***

Al concluir el aprovechamiento forestal deberán cerrarse los caminos habilitados temporalmente, quedando dichos caminos relegados en su utilización únicamente para desarrollar actividades de monitoreo, evaluación, patrullajes de control, investigación, entre otros.

### ***Tratamientos y prácticas silviculturales***

Entre los tratamientos silviculturales que podrían implementarse pueden mencionarse el corte de lianas a los árboles de futura cosecha, la liberación para todas las especies comerciales, enriquecimiento de claros ocasionados por el aprovechamiento u otros que se estimen convenientes.

## **2. BIBLIOGRAFÍA**

- Castañeda Hurtado, M. 2013. Evaluación de parcelas permanentes de medición forestal, con la finalidad de generar propuestas de áreas para establecer especies predominantes en plantaciones mixtas en la Sub-Región II-6 Ixcán y II-7 Salacuim, del Instituto Nacional de Bosques. Escuela Técnica de Formación Forestal. Jacaltenango Huehuetenango.
- Chacón, C. (2014). 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.
- Comisión de expertos no permanente, asociada al consejo de representantes de autoridades científicas CITES de Costa Rica (CRACCITES-Costa Rica). Dictamen de Extracción No Perjudicial (DENP) para la especie de Cocobolo (*Dalbergia retusa* Hemsl., 52 Páginas, Junio, 2017.
- Corrales-Solis, J. 2012. Determinación de ecuaciones de volumen y coeficiente mórfico para la especie *Dalbergia retusa* en la Zona de Parrita, Puntarenas, Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal, ITCR, Costa Rica.
- De Liancourt, F. 1868. De l'ameganament des sapinières. Bolletin trimestriel, socite forestière de franche-comté et Belfort 4:396-409.
- Fredericksen, T; Contreras, F; Pariona, W. 2001. Guía de silvicultura para bosques tropicales de Bolivia. Proyecto Manejo forestal sostenible BOLFOR-USAID, Santa Cruz, Bolivia. 81 p.
- FUNDACION NATURALEZA PARA LA VIDA. 2001. informe del taller "determinación de intensidad de corta y de criterios para árboles semilleros". Fomentando el cumplimiento de las precondiciones y condiciones de la certificación del FSC de las concesiones forestales comunitarias. WWF. Petén, Guatemala. 14 p.
- Gené, C., Espelta, J., Gracia, M, y Retana, J. 1993. Identificación de 10s anillos anuales de crecimiento de la encina (*Quercus ilex* L.). Orsis, 8: 127-139
- Grijalva Pineda, Alfredo et al. Las Plantas Ornamentales en Nicaragua: una guía sobre los árboles y arbustos ornamentales exóticos / Alfredo Grijalva P., José Benito Quezada Bonilla; Primera edición --Managua: 256 páginas, UNA, 2014.
- Hernández López, José A. Estudio botánico y fenológico de las especies *Swietenia macrophylla* King., *Swietenia humilis* Zucc., y especies arbóreas del genero *Dalbergia*, presente en departamento Alta Verapaz, Izabal y áreas aledañas, durante el periodo de abril a noviembre del 2014, Guatemala, C. A. 47 páginas, febrero 2016.
- Instituto Nacional de Bosques -INAB- Dirección de Manejo y Conservación de Bosques, Departamento de Manejo de Bosques Naturales. Lineamientos técnicos del manejo forestal. Guatemala de La Asunción. 46 páginas. Noviembre 2014.
- Knoblauch B. 2001. Estudio ecológico, silvícola y de utilización del Granadillo (*Dalbergia tucurensis* ID. Smith) en bosques latifoliados de Honduras. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomos, Zamorano, Honduras. 44 p. Diciembre, 2001.
- Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los Trópicos. Eachborn, Alemania. Cooperación Técnica, República Federal de Alemania, GTZ. 335 p.
- Louman, B.; Quirós, D.; Nilsson, M. (eds). 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie Técnica, Manual Técnico No. 46. 265 p.
- Louman, B.1999. Tema: Ordenación Forestal [II Curso Manejo de Bosques Naturales Latifoliados, CATIE-CONAP, Petén, Guatemala, del 20 al 28de agosto].
- Manzanero Cano, M. 2001. Estudio de la regeneración natural de las especies de interés económico, en árboles semilleros y áreas afectadas por incendios forestales, en las concesiones comunitarias de Carmelita y San Andrés, Petén, Guatemala. Tesis M.Sc. Universidad Rural de Guatemala.

- Manzanero Cano, M. 2005. Diámetros mínimos de corta en bosque de la RBM. Cumplimiento certificación grupal de la empresa forestal comunitaria de servicios del bosque -FORESCOM-, criterio 5.6 la tasa de aprovechamiento de los productos forestales no debe exceder los niveles que pueden ser permanentemente sostenibles. Proyecto BIOFOR Chemonics/USAID, Petén Guatemala ZUM-RBM.
- Manzanero Cano, M. 2005. Ciclo de corta, incrementos e intensidad de corta. Cumplimiento certificación grupal de la empresa forestal comunitaria de servicios del bosque -FORESCOM-, criterio 5.6 la tasa de aprovechamiento de los productos forestales no debe exceder los niveles que pueden ser permanentemente sostenibles. Proyecto BIOFOR Chemonics/USAID, Petén Guatemala ZUM-RBM.
- Manzanero Cano, M.1999. Evaluación de la estructura y composición florística de la sucesión secundaria en áreas disturbadas, bosque húmedo subtropical en la concesión forestal comunitaria de Carmelita, San Andrés, Petén. Tesis Ing. For. Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario del Nor-Occidente. Flores, Petén, Guatemala.
- Manzanero, M. 2005. Diámetros mínimos de corta en bosques de la RBM. CONAP, Proyecto Biofor-USAID. Petén, Guatemala. 19 p.
- Marquis, David A. 1975. Application of uneven-aged silviculture and management on public and private lands. En Uneven-aged silviculture and management in eastern United States. Proc. In-Service Wordkshop. Morgantown, W.V., del 15 de julio de 175, USDA Forest Service, Timber Mngagment Research. Washington, DC., EE.UU.
- Mayer H. Arthur. 1952. Structure, growth, and drain in balanced unevenaget forest. J. Forestry 49:85-92.
- Meyrat, A. (2018). Biología y Silvicultura de las especies de Dalbergia en América Central” DR-CAFTA.
- Meyrat, A. 2017. Biología y Silvicultura de las especies de Dalbergia en América Central. USF-IP- USSD. Consultado en línea 1/09/2020:  
<https://www.google.com/search?q=Biolog%C3%ADa+y+Silvicultura+de+las+especies+de+Dalbergia+en+Am%C3%A9rica+Central&oq=Biolog%C3%ADa+y+Silvicultura+de+las+especies+de+Dalbergia+en+Am%C3%A9rica+Central&aqs=chrome..69i57.1545j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8> Tschinkel, H.M. 1966. Annual growth rings in *Cordia alliodora* Revista Turrialba Vol. 16(1): 73-80.
- Meyrat, Alain. Biología y Silvicultura de las especies de Dalbergia en América Central. 75 páginas, Editado y Publicado en febrero 2018.
- Montiel, Olga Marta. UCA. Historia del proyecto MBG: Research: Flora de Nicaragua. 2020.
- MARENA/INAFOR Guía de Especies Forestales de Nicaragua/Orgut Consulting AB 1a Ed. Managua, Nicaragua, Editora de Arte, S.A. Junio, 2002. 304 p. ISBN 99924-34-17-1. Especies Forestales - Guía 2. Reproducción de Bosques.
- Osorio Pérez, Carmen. Cambios del hábitat disponible de especies arbóreas por efectos del cambio climático y su influencia en la conservación y provisión de servicios ecosistémicos en dos ecorregiones de Costa Rica. Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado como requisito para optar por el grado de Magister Scientiae en Manejo y Conservación de Bosques Naturales y Biodiversidad. Turrialba, Costa Rica, 77 páginas, 2013.
- Pinelo Morales G. & Zac W. 2018. Dinámica del bosque petenero II, Avances de Investigación en Petén: Curso de Manejo, Análisis e Interpretación de datos de Parcelas Permanentes de Monitoreo (PPM) en el Departamento de Petén. GIZ, Petén, Guatemala.
- Pinelo, G. 2000. Manual para el establecimiento de Parcelas Permanentes de Muestreo en la Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. Manuel Técnico No. 40. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 52p.
- Pinelo, G. 2000. Informe final monitoreo de parcelas permanentes de muestreo en la Reserva en Petén, Guatemala. NPV-CATIE/CONAP.
- Proyecto BOLFOR. (2003). Consideraciones para Árboles Semilleros en Bosques Tropicales bajo Manejo en Bolivia Recomendaciones basadas en la Investigación Forestal.

- Proyecto BOLFOR. 2003. Diámetros Mínimos de Corta en Bosques Tropicales de Bolivia: Recomendaciones basadas en la Investigación Forestal". Proyecto BOLFOR – The Forest Management Trust-, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 8 p.
- Proyecto INSEFOR. (1999). Investigación en semillas forestales. Bogotá, Colombia
- Rzedowski, J. & G. L. I. Guridi-Gómez. 1988. El palo escrito, árbol de madera preciosa, una nueva especie mexicana de *Dalbergia* (Leguminosae, Papilionoideae). *Acta Botánica Mexicana* 4: 1-8.
- Salas Estrada JB, Árboles de Nicaragua, Regiones Ecológicas de Nicaragua, Managua, Nicaragua: Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del Ambiente, IRENA, 1993. 390 páginas: 117 ilustraciones; 9 mapas.
- Stanley, S. 1997. Guía para interpretación de resultados de un inventario forestal, para las concesiones en Reserva de la Biosfera Maya, Guatemala. Serie técnica No. 297 Proyecto CATIE/CONAP, Turrialba, C.R. 40 p.
- Stanley, S. 1997. Guía para interpretación de resultados de un inventario forestal, para las concesiones en Reserva de la Biosfera Maya, Guatemala. Serie técnica No. 297 Proyecto CATIE/CONAP, Turrialba, C.R. 40 p.
- Worbes, M. 1999. Annual growth rings, rainfall-dependent growth and long term growth patterns of tropical trees from the Caparo Forests Reserve in Venezuela. *Journal of Ecology* 87, 391