

## Guía para el manejo de la densidad en plantaciones de Caoba

(*Swietenia macrophylla* King)



## **CONTENIDO**

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>LA DENSIDAD EN PLANTACIONES FORESTALES</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE DENSIDAD DE REINEKE</b>	<b>4</b>
<b>DIAGRAMAS DE MANEJO DE LA DENSIDAD</b>	<b>5</b>
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE</b>	<b>8</b>
<b>Biología</b>	<b>8</b>
<b>Distribución</b>	<b>8</b>
<b>Morfología</b>	<b>8</b>
<b>MANEJO DE LA PLANTACIÓN</b>	<b>10</b>
<b>MANEJO DE LA DENSIDAD INICIAL DE LA ESPECIE</b>	<b>17</b>
<b>TABLA DE DENSIDAD</b>	<b>18</b>
<b>GUÍA DE LA DENSIDAD DE LA ESPECIE</b>	<b>20</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>21</b>
<b>ANEXO FOTOGRÁFICO</b>	<b>22</b>

## INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, en el mundo existen 272 millones de hectáreas de plantaciones forestales y se estima un incremento de 30% para el año 2030 (FRA, 2005). En México, la Comisión Nacional Forestal (2008) reportó la existencia de aproximadamente 140 mil hectáreas de plantaciones forestales comerciales, de las cuales, 105 mil se encuentran distribuidas en áreas de clima cálido-húmedo y subhúmedo.

La Fundación Mexicana para la Investigación Agrícola y Forestal FUMIAF destaca que “las reservas mundiales de la caoba en las selvas tropicales de Centro y Sudamérica se encuentran en franco descenso, situación que ha propiciado la oportunidad para el abastecimiento de plantaciones comerciales de esta especie”. La FUMIAF señala que en términos generales nuestro país tiene una superficie de casi 31 millones 822 mil hectáreas con potencial para plantaciones comerciales de caoba.

Las principales regiones que cuentan con las condiciones óptimas para desarrollar un negocio forestal de este tipo se encuentran en Campeche, Chiapas, Tabasco, Veracruz, Oaxaca, Quintana Roo y Yucatán, dado que satisfacen los requerimientos de altitud, suelos, temperaturas, precipitaciones y humedad con altos rendimientos unitarios; sin embargo, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) reporta plantaciones forestales comerciales de caoba en 13 estados de la República.

La proyección de la demanda por madera en el mundo que define FAO es de una demanda de 1.6 mil millones de metros cúbicos saltará a 2.6 para 2010 y el crecimiento estimado para los próximos años será directamente proporcional al incremento de la poblacional.

Este árbol es originario y nativo de América continental, desde las tierras tropicales de México hasta la porción central de América del Sur, pasando por todos los países de América Central.

La Caoba (*Swietenia macrophylla*) es considerada la especie maderable más valiosa de América. Se le conoce desde la época prehispánica como un árbol que crece de manera natural en nuestro país y es una de las más cotizadas pues produce una madera por sus características tecnológicas. Con aroma fragante y agradable, su

densidad media, brillo, su color rojo oscuro y el veteado mejorado cuando se pule y puede utilizarse en ebanistería.

Un problema que se enfrenta, especialmente en las plantaciones nuevas, es en relación con la prescripción del régimen de espesura o manejo de la densidad, que consiste en la combinación de tres elementos: espaciamiento inicial, la sobrevivencia, durante la fase de establecimiento y los aclareos. Los primeros dos elementos “espaciamiento y sobrevivencia” actúan en conjunto en la fase de establecimiento para determinar la plantación forestal a partir de la cual se practica el conjunto de aclareos.

Ante la falta de documentación sobre las prácticas silvícolas, por estado y especie, este material pretende ilustrar sobre el manejo de la densidad que se debe dar a una plantación, una vez que esta se desarrolle y se encuentre en estado de competencia por espacio de crecimiento. El concepto utilizado es la denso-dependencia de los árboles en el desarrollo individual y por unidad de superficie.

## LA DENSIDAD DE PLANTACIONES FORESTALES

Como bien sabemos la regulación de la densidad de la masa forestal es una de las claves de la silvicultura ya que de esta forma podemos modular la ocupación de la estación, la distribución de los recursos entre los árboles y las condiciones ecológicas (especialmente la luz) en la plantación.

Los Diagramas de Manejo de Densidad de Masa (SDMD acrónimo de su nombre en inglés *Stand Density Management Diagrams*) son útiles herramientas para la definición de regímenes de densidad en plantaciones forestales, para llevar a la plantación a la obtención de productos deseados. Estos diagramas ayudan a los silvicultores de estas plantaciones en la toma de decisiones de cultivo. La relación entre la densidad de la plantación, la altura dominante, el diámetro medio cuadrático y el volumen total de la plantación se puede representar en un gráfico.

El IDR expresa en forma matemática la relación entre el tamaño de los árboles y la densidad del rodal, a través de la siguiente ecuación:

$$\text{IDR} = N \cdot (d/25)^{-b}$$

Donde

N: es el número de árboles por hectárea,

D: es el diámetro promedio de la plantación y

b: es una constante definida con un valor de  $-1.605$

Utilizada extensivamente en muchos trabajos sobre densidad del rodal. Hay evidencia que el valor de la pendiente de la curva puede variar entre especies por lo tanto, los trabajos basados en este índice deben analizar si el valor de la pendiente encontrada para una especie en particular tiene congruencia con los fundamentos del IDR. Conociendo el valor de "b" y utilizando la información proveniente de rodales bajo condiciones extremas de competencia, se llega a establecer el IDR máximo para la especie. Este límite establece el punto en el cual la única manera de que los árboles incrementen sus dimensiones es a través de la reducción del número de individuos (mortalidad o autoclareo). Determinando el IDR máximo para la especie es posible

definir diferentes bandas para el manejo de la densidad de la plantación (aclareos) que se ajustan a los objetivos de producción (producción de biomasa para pulpa, postes, madera para aserrío).

En el ámbito internacional, el manejo de la densidad basado en el IDR ha sido ampliamente utilizado para especies forestales en Japón, Norteamérica y Europa. Especialmente escasos son los estudios en latifoliadas tropicales.

### ÍNDICE DE DENSIDAD DE REINEKE

Indicador para medir la espesura de una masa forestal, que establece un índice basado en el número de árboles por hectárea y el diámetro normal del árbol de área bisimétrica. Promedio (diámetro medio-cuadrático a la altura del pecho)

El **área basimétrica** o **área basal** de una masa forestal es la suma, expresada normalmente en m/ha, de las DAP (diámetro a la altura del pecho) (a 1.30 m) de todos los árboles existentes en una hectárea de una masa.

Generalmente, se calcula a partir de los diámetros normales de la siguiente manera:

$$G = \sum_{i=1}^n \left( \frac{\pi}{4} d_i^2 \right) = \frac{\pi}{4} \sum_{i=1}^n (d_i^2)$$

En el caso de masas forestales a máxima espesura posible, se representa el logaritmo del número de árboles por unidad de superficie respecto el logaritmo del diámetro cuadrático medio (diámetro del árbol de área basal promedio) se obtiene una línea recta de pendiente negativa usualmente denominada como línea de autoaclareo o línea de máxima espesura.

$$\ln(N) = k - r \ln(D)$$

Donde

N = número de pies por unidad de superficie

D = Diámetro medio cuadrático

k = constante dependiente de la especie considerada

En cuanto al valor de la pendiente de la recta (r) Reineke que postuló que su valor era relativamente independiente de la especie y se ubica en el rango de -1.605 en algunas especies. Estudios posteriores han comprobado que la pendiente puede variar con la especie, aunque se admita el valor propuesto por Reineke como aceptable en ausencia de información detallada.

Se conoce como Índice de Reineke (Stand Density Index - SDI) el número de árboles de 10 pulgadas (25,4 cm) por hectárea de espesura equivalente.

$$S = N \left( \frac{D}{25.4} \right)^r$$

Donde

N = Número de pies por hectárea

D = Diámetro medio cuadrático (cm)

r = constante dependiente de la especie considerada válida de información específica, 1.605

El valor de S obtenido se compara con el máximo de la especie para determinar la espesura de la masa respecto a la máxima biológicamente posible.

## **DIAGRAMAS DE MANEJO DE LA DENSIDAD**

Uno de los métodos más efectivos de planificar el manejo de la espesura en plantaciones es a través del uso de los diagramas de manejo de densidad. Estos diagramas representan gráficamente las relaciones temporales entre la densidad de la plantación, la altura mayor, el diámetro cuadrático y el volumen medio del rodal. Con ellos es posible desarrollar y proyectar intervenciones de aclareo a lo largo del tiempo de establecimiento hasta el final de la corta, determinar la factibilidad del manejo de la densidad y medir edad

para realizar métodos de aclareos y contrastar los posibles efectos de un número de intervenciones de espesura.

Los diagramas de manejo de densidad (DMDs) fueron propuestos basándose en teorías desarrolladas por investigadores japoneses (Ando 1962, Tadaki 1963).

Estas teorías se basan a la vez en el “principio del autoaclareo” propuesto por Yoda *et al.* (1963). De acuerdo a este principio, existe una relación entre el tamaño máximo y la densidad máxima que pueden ocurrir dentro de un rodal relativamente homogéneo de plantas, y que es determinada por la mortalidad ocurrida debido al efecto de la competencia (mortalidad denso-dependiente).

Si se construye un gráfico representando el logaritmo de los valores de la biomasa o volumen de un rodal en función de los correspondientes valores del logaritmo de la densidad (Figura 1) provenientes de mediciones, se puede observar que existe un límite superior para las posibles combinaciones de tamaño y densidad y que puede representarse por una línea con pendiente aproximada de  $-1,5$  (pero véanse críticas a este límite –Séller 1985, Sackville *et al.* 1995). Para cualquier densidad, existe un tamaño máximo promedio que puede ser alcanzado. En los inicios del desarrollo del rodal, el tamaño del árbol medio del rodal se incrementa sin que ocurra mortalidad denso-dependiente. A medida que la trayectoria del rodal se aproxima a la línea límite de tamaño densidad (t-d), cualquier incremento adicional en el tamaño del árbol medio del rodal irá acompañado por reducciones en densidad.

Al continuar el crecimiento en tamaño, la mortalidad se acelerará y la trayectoria del rodal se desplazará paralelamente a la línea t-d. Adicionalmente a la línea t-d, en los DMDs se representan otras dos líneas por debajo de esta: La línea de inicio de la mortalidad densodependiente (Línea B) y la línea del límite inferior de máxima producción del rodal (Línea C) que indica las combinaciones de tamaño densidad a partir de las cuales la masa forestal ocupa totalmente el sitio y el rodal es altamente productivo (Saunders y Puettmann 2000).

Las líneas anteriores pueden representarse en términos de densidad relativa utilizando como base algún índice de densidad. La densidad relativa es la razón entre la densidad actual y la densidad máxima (definida por la línea t-d) para un tamaño medio del árbol. Adicionalmente se puede representar una línea que indica las combinaciones de

tamaño densidad donde debería ocurrir el cierre del dosel (Línea D). Para maximizar la producción, el silvicultor debería mantener el rodal entre las líneas de máxima producción y de inicio de la mortalidad durante la mayor parte del turno.

Otra línea de interés es la línea de cierre del dosel. Generalmente la línea de densidad máxima del diagrama para una determinada especie es hallada a partir de parcelas de inventario o parcelas permanentes de aclareo y rendimiento establecidas en plantaciones dentro del área de interés.

Las líneas restantes generalmente se consideran como un porcentaje de la densidad máxima y usualmente los valores son para algunos casos calculados, y pueden a su vez calcularse los porcentajes de densidad.

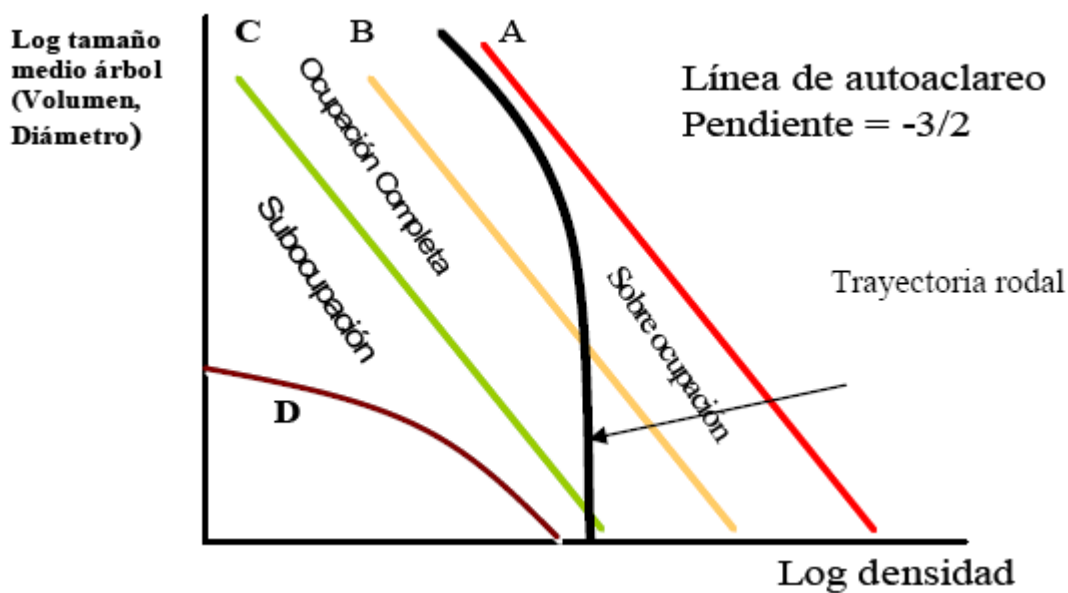


FIG. 1. Diagrama de densidad. Líneas que definen el grado de ocupación de un rodal. Línea de máxima densidad o de autoaclareo (A); Línea de inicio de la mortalidad densodependiente (B); Línea de inicio de la ocupación completa del rodal (C) y Línea de cierre del dosel (D).

## DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

### Biología

Orden: Sapindales

Familia: Meliaceae

Género: *Swietenia*

Especie: *S. macrophylla*

### Distribución

Se distribuye únicamente en la vertiente del Golfo, desde el norte de Puebla y Veracruz hasta el sur de la Península de Yucatán. Altitud: 0 a 750 m. Estados de Campeche, Chiapas, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Q. Roo, Sinaloa, Tabasco, Veracruz, Yucatán Se extiende del norte de Veracruz a Yucatán en México y a lo largo de la costa Atlántica de Centroamérica a Venezuela. También en Colombia, Perú y Bolivia y el extremo occidental del Brasil. Ha sido introducida al sur de Florida, Puerto Rico e Islas Vírgenes, Cuba, Trinidad y Tobago, La India y otros países tropicales. Altitud: 200 a 1,500 m.

### Morfología

Árbol perennifolio o caducifolio, de 35 a 50 m (raramente hasta 70 m) de altura, diámetro a 18 dm de altura: 10 a 18 dm (hasta 35 dm). Copa abierta, redondeada en forma de sombrilla. Hojas alternas, paripinnadas (pocas veces imparipinnadas), de 1 a 4 dm de largo (incluyendo pecíolo); 3-5 pares de folíolos, de 5 x 2 a 12 x 5 cm, lanceolados a ovados, asimétricos, márgenes enteros. Es el árbol emblemático del estado Portuguesa (Venezuela).

Tronco recto, sin ramas hasta cierta altura, algo acanalado, con sistema radical profundo. Ramas gruesas ascendentes, escasas, retorcidas por arriba de los 25 m; corteza externa profunda, muy fisurada, especialmente en el caobo negro, costillas escamosas, alargadas, pardo grisáceas a castaño grisáceas; corteza interna rosada a roja, fibrosa,

amarga, astringente, 1 a 3 cm de grosor. A través de las grietas de la corteza puede verse el color rojizo de la madera, más oscuro cuanto más profunda sea la grieta.

Madera rojiza, que da nombre al color caoba (de marrón rojizo hasta vino tinto), muy pesada y maciza, por lo que se hunde rápidamente en el agua y no se pueden utilizar los ríos para que floten los troncos hacia un aserradero. Es una madera de grano fino, ideal para la ebanistería por ser fácil de tallar, de gran valor para la elaboración de muebles y, en general, constituye una de las maderas de mayor valor en el mercado mundial.

Flores pequeñas, verdosas amarillentas, en panículas axilares y subterminales, glabras, de hasta 2 dm de largo. Hermafrodita (ambos sexos en la misma inflorescencia); las masculinas más abundantes que las femeninas, ambas muy perfumadas. Flores actinomorfas, de 6 a 9 mm de diámetro; cáliz acopado; 5-pétalos, corola oval, cóncava.

Fruto cápsula leñosa, ovoide a oblonga, pardo rojizo (a veces grisáceo), de 1 a 2 dm x 8 cm, dehiscentes desde la base, abre en 4 a 5 valvas. 40-60 semillas por fruto (por lóculo 12). Semillas numerosas de 1 cm de largo, asimétricas, comprimidas, color canela, con una prolongación alar asimétrica, de 6 a 8 cm de largo. Semillas aladas muy amargas, astringentes, extremadamente livianas para que el viento las disperse a cierta distancia.

## **MANEJO DE LA PLANTACIÓN.**

En el manejo de la plantación comienza cuando la planta se encuentra establecida; entre las operaciones de manejo de la plantación se pueden citar el control de la maleza (Rivas et al., 2009), entre otros.

El control de las malezas dentro de una plantación es indispensable, desde el trasplante hasta la etapa en la que los árboles alcanzan un tamaño suficiente para dominar la vegetación indeseable. Se mencionan las actividades que se deben realizar en plantaciones de caoba.

### Control de malezas

#### Control manual

- Control de malezas de forma manual es la más realizada en todo tipo de plantaciones, específicamente en cedro, la forma manual consiste en utilizar herramientas como machetes, guadañas, azadones; el uso del azadón es indispensable en los primeros meses de vida de la planta, el uso de machete ya cuando tengamos una edad de aproximadamente de 8 meses, no quiere decir que no podamos utilizar las tres herramientas al mismo tiempo o ha edad temprana, pero no se recomienda el uso de machete para no dañar con cortes o cortar la planta por completo. El emplear el control manual de maleza mediante el chapeo; el efecto de este método es temporal, por lo que se requiere de varios chapeos al año, en la plantación establecida tiene un costo alto, pero necesario en el primer año, para la eliminación de las malezas principales como bejucos entre otros. El control manual se emplea alrededor de la planta (cajete), o en el caso en dirección de la línea de plantación limpiando 50 centímetros de lado y lado.

#### Control químico

- El control químico de las malas hierbas, ha probado ser indispensable en las plantaciones forestales, sin embargo, en la península de Yucatán, existen pocas opciones para éste tipo de control. La mayoría de los herbicidas con posibilidades de ser utilizados en las actividades forestales, tienen efectos temporales en el control de la maleza. La duración del control después de su aplicación, fluctúa de dos a tres o hasta cuatro meses. La aplicación de herbicidas y es una herramienta importante

para el establecimiento y mantenimiento de la plantación; es bastante eficiente y en ciertas condiciones, más económico que algunas prácticas de control mecánico.

- El uso de herbicidas que contengan (Glifosato), son unos de los herbicidas que tienen una buena aplicación y son muy eficientes en el control de zacates (gramíneas) que es el tipo de malezas que atacan seriamente a la raíz de la planta, también el uso de (Glifosinato de Amonio) es uno de los herbicidas que atacan a la maleza de hojas anchas; estos al ser combinados en proporción de 1.5 de Glifosato y 1.5 de Glifosinato de Amonio en 200 litros de agua por hectárea, dan como resultado la eliminación de un 90% de la maleza; se recomienda su aplicación en fechas donde exista una buena humedad para un mejor rendimiento, si se aplica en el mes de junio, la posterior aplicación se podría hacer en el mes de Octubre; así se optimiza y se tiene un control todo el año. No se recomienda en plantaciones menores no porque podría haber problemas de intoxicación. Su aplicación debe hacerse con mochilas aspersoras y con boquillas de 4.0. La aplicación también puede hacerse mecánicamente, se emplea una aspersora de 600 ó 400 litros con un aguilón de la medida de espaciamiento según la plantación, se utilizan dos o cuatro aspersores con boquillas de bronce 2.0 con corte de 90 grados, así la aspersión sería la adecuada, señalando que los cuatro aspersores para una aplicación completa, calle y línea; solo se puede aplicar en plantaciones de 8 meses en adelante.

#### Control mecánico

- La eliminación de la maleza de forma mecánica es la forma más rápida, pero teniendo en cuenta que el control químico va de la mano con el mecánico. Las principales actividades que se pueden realizar en una plantación de caoba son:
  - El uso del rastreo de la calle o de calle y línea, cuando haya un espaciamiento de 3.5 x 3.5 metros, con el uso de un tractor agrícola (JD 5715) y una rastra chica, esta actividad solo se puede realizar en los primeros 4 meses de crecimiento de la plantación; dando como resultado la eliminación total de la maleza, quedando una cantidad menor alrededor de la planta la cual se elimina con la actividad de cajete.

- La utilización de la desvaradora con un tractor agrícola se utiliza cuando la plantación lo necesite se recomienda desvarar antes de la aplicación de herbicida así da un mejor resultado y un rápido control de la maleza.

#### Fertilización.

En el cultivo de caoba, la fertilización ha permitido obtener altas tasas de sobrevivencia, crecimiento rápido en altura, mayor crecimiento diamétrico y por lo tanto biomasa y volumen aprovechable de madera.

Para la fertilización se recomienda fertilizar entre los 15 y 30 días después de la plantación. La dosis anuales más comunes y con resultados satisfactorios fluctúan entre los 100 y los 150 gramos de N-P-K por planta; las formulaciones frecuentemente utilizadas son 15-15-15; 10-34-6; 22-22-11. El fertilizante deberá colocarse directamente debajo de la proyección de la copa del árbol y debe cubrirse con tierra para reducir sus pérdidas. Un método que se puede emplear es el de espeque, donde se realiza un hoyo como a 20 centímetros del tronco de la planta de lado y lado en dirección de la línea de plantación, teniendo en cuenta que quepa la cantidad que se está administrando y tajarla por completo.

#### Podas.

Los nudos constituyen uno de los defectos más comunes de la madera; por tal motivo, el control del crecimiento de las ramas, así como su eliminación, son prácticas importantes sobre todo cuando la producción se destina a madera aserrada o chapa.

La selección de las herramientas para realizar la poda depende de algunos factores como grosor, ángulo de inserción y altura de las ramas. Por ejemplo, un operador con un serrote manual puede alcanzar desde el suelo las ramas que se encuentren a una altura de dos a dos metros y medio.

Cuando se podan árboles jóvenes, se intenta podar fuste de hasta alrededor de 10 cm de diámetro o más pequeños, para que la parte de nudos se confine a esas dimensiones. La poda solo se aplica en plantaciones jóvenes, creciendo en buenas calidades de sitio, que han sido aclareadas y deseablemente fertilizados. No se deben de podar más de 300 árboles por hectárea. Se utilizan serrotes podadores curvos. El corte se realiza lo más cerca del tallo sin dañar el fuste en un ángulo de 60°. Se recomienda la

poda en la época de secas o reposo de la planta. Si se hace en época de lluvias, se deberá sellar la herida con una solución de Oxiclورو de Cobre para no exponer al ataque de insectos e infecciones de hongos.

El inicio de podas se inicia desde que la planta tiene sus primeros rebotes, a la edad de los primeros 4 meses se le debe hacer la poda de selección o selectiva, consiste en eliminar los rebotes no deseados a la competencia del crecimiento del fuste, se utilizan unas tijeras de mano el cual deben estar muy bien afiladas para que al cortar no se desgare el corte. Esta poda se puede seguir haciendo posteriormente a los cuatro meses de crecimiento si la planta lo requiere.

Después de haber realizado la poda selectiva, se realiza la poda baja, donde se eliminan los rebotes innecesarios de los dos primeros tercios de la altura total de la planta, esta poda puede iniciarse a la edad de 12 meses de edad dependiendo de la cantidad y grosor de los rebotes se puede anticipar la poda, al inicio de lluvias se incrementa la cantidad y el crecimiento de los mismos; el implemento que debe utilizarse es un serrate manual. Es importante evitar herramientas que cortan por impacto como machetes o hachas, ya que éstas causan un gran daño por desgaje de las ramas y corteza. Otra de las podas es la poda alta, esta define la altura del fuste limpio donde se utiliza una extensión de madera o aluminio, donde se monta el serrate, se recomienda la extensión de aluminio porque se adapta a cualquier altura de planta, esta poda se inicia cuando ya la plantación tiene una altura promedio de 3 metros en adelante.

### **Problemas fitosanitarios.**

El uso de insecticidas para el combate de *Hypsifila grandella* ha tenido poca aceptación, tanto por su alto costo como por factores operativos, entre los que destacan la rápida penetración de la larva en el brote tras emerger del huevo, el lavado causado por las lluvias, y los métodos de aplicación.

De los cuatro a siete años de edad la planta ya no es atacada por el barrenador de la yema apical, se aplican podas cuando se emiten ramas gruesas, así con este tratamiento mecánico se continua eliminando solo el primer tercio inferior de la copa. Se continúa con tres a cuatro intervenciones hasta formar un fuste limpio de 5 a 6 m, para obtener una o dos trozas comerciales de 8 pies.

Por tanto, es necesario desarrollar un enfoque y prácticas de manejo integrado de plagas (MIP), el cual consiste en la combinación de varios métodos para mantener dicha plaga a niveles que no causen pérdidas de importancia económica, sin provocar serios perjuicios ambientales ni humanos. El MIP enfatiza los aspectos de *prevención*, *coexistencia* con la plaga (permitiéndole convivir, pero sin que su daño sea fuerte) y *sostenibilidad* económica y ecológica (uso de métodos eficaces, que dejen ganancias económicas, y que no perjudiquen al ambiente ni a la gente).

Los insectos que se alimentan de brotes y yemas constituyen un grupo importante de insectos que dañan a los árboles. Su alimentación ocasiona algunos o todos estos daños: muerte de brotes y yemas, deformación del fuste y reducción del crecimiento en altura.

La distribución probablemente coincide con la de sus plantas hospederas principales, eso es, las caobas y los cedros, el sur de la Florida, la mayoría de las islas de las Indias Occidentales, México desde Sinaloa hasta el sur, Centroamérica, y América del Sur con la excepción de Chile.

A nivel nacional Campeche, Colima, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luís Potosí, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán , Chiapas.

Existen diversas técnicas para el control de esta plaga entre las que destacan las siguientes.

Prácticas silviculturales:

Esta práctica se realiza cuando el barrenador ha provocado la muerte de los brotes principal, cuando la planta haya emitido dos o tres brotes apicales hay que podar los brotes mas no deseados y dejar el más vigoroso y sano., la poda se realiza con tijera podadora o gancho podador. Es recomendable aplicar después del apoda un fungicida comercial, para evitar la presencia de enfermedades en la herida de la planta.

Control químico

Es el uso de insecticidas de contacto, ingestión y sistémico, el cual representa una alternativa eficaz para el control de este barrenador. En general para la mayoría de los insecticidas se recomienda la aplicación de uno o dos litros por hectárea; mezclados con

agua a razón de 200 a 400 litros por hectárea, lo cual depende de la densidad de plantación y altura de la planta. El insecticida más usado es el Furadan, se recomienda aplicaciones mensuales en la época de seca y quincenales en la época de lluvia. Este se aplica con aspersora de mochila cuando el árbol es pequeño, y con tractor cuando el árbol haya alcanzado más de dos metros de altura.

### Control Orgánico

El uso de aceite de neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) asperjando sobre el follaje, durante la incidencia del barrenador. Se recomiendan aplicaciones mensuales y si el ataque es severo aplicaciones quincenales. Se recomienda utilizar como medida preventiva aplicaciones de sulfato de cobre y cal agrícola mezclada con agua, en la parte dañada combinar con aplicaciones de Furadan a razón de uno a dos litros de ingrediente activo en 200 a 400 litros de agua.

### Aclareo.

Los aclareos son cortes parciales que se realizan en poblaciones inmaduras, con el objeto de estimular el crecimiento de los árboles y aumentar la producción de madera utilizable. En esta operación se remueven los árboles excedentes, para que se pueda concentrar el potencial productivo de la población en los árboles seleccionados. Para la selección de los árboles a remover, se deben considerar la forma y calidad del tronco, sanidad de los árboles, posición relativa con plantas adyacentes y condición de la copa. Los aclareos pueden ser sistemáticos o selectivos.

Los aclareos sistemáticos son cortes aplicados a poblaciones altamente uniformes, donde los árboles aún no se diferencian en clases de copa; esto se efectúa en poblaciones jóvenes no aclaradas anteriormente. Los aclareos selectivos, por el contrario, implican la selección de los individuos según ciertas características previamente establecidas. Los árboles removidos son siempre los de menor calidad, subyugados o defectuosos. Para el aclareo de caoba se recomienda marcar las caoba que tenga algún defecto, en un porcentaje de 25% de un aclareo inicial a una edad de 2 ó 3 años. Se puede dar un uso a los árboles que se corten ya sea para hacer polines, pequeñas tablas, tarimas, entre otros. Para realizar segundo aclareo al 25% la plantación debe de tener una edad de 4 a 5 años, a esta edad ya se tienen determinadas las copas de la competencia

entre árboles, de los cuales se determinan que árboles tienen algún tipo de daño (huracán, animal, infeccioso, etc.), dejando el 50% de la población con calidad, como recomendación general.

La principal razón para aclareos es para acelerar el crecimiento en diámetro, se distribuye el potencial de crecimiento en los mejores individuos y se provee de calidad a la cosecha final. Las edades de aclareo son cuando se presenta competencia por nutrimentos y espacio de crecimiento, lo cual ocurre entre los 8 y 26 años, ya que a los 8 años disminuye la tasa de crecimiento en altura, a los 15 años para diámetro y a los 26 para volumen. La intensidad de aclareo se puede definir a partir de tres criterios: del número de árboles removido y a los remanentes, con tablas de rendimiento y guías de densidad de plantaciones.

## **MANEJO DE LA DENSIDAD INICIAL DE LA ESPECIE**

La manipulación de la espesura es el medio más eficiente de que dispone el silvicultor para lograr los objetivos del manejo de plantaciones forestales. El nivel de espesura (ocupación) del rodal afecta una serie de atributos del mismo tales como su diámetro medio, volumen, conicidad media, longitud media de copa, tamaño de ramas, vigor de los árboles y longitud del periodo de cosecha. A la vez, estos atributos afectan la cantidad y calidad de la madera producida y por ende su valor comercial. Asimismo, el vigor del rodal y su resistencia a plagas y enfermedades también dependen del nivel de espesura. La elección de un régimen de espesura, es por tanto, una decisión crítica de la cual depende el logro de los objetivos del manejo.

El modelo de densidad pretende establecer un marco teórico para la optimización del establecimiento y manejo de plantaciones forestales con fines de producción. En primer lugar diferencia entre la fase de establecimiento y la fase de manejo. La primera corresponde a todo lo referido a la creación de una masa forestal desde la preparación del sitio hasta el momento en que puede considerarse establecida la plantación. Este corresponde aproximadamente al momento en que la competencia entre árboles plantados desplaza la competencia entre estos y la maleza. La fase de manejo corresponde al lapso desde que termina la fase de establecimiento hasta el final del periodo de cosecha e incluye todo lo referido al aclareo y poda. La ventaja de esta separación radica en la naturaleza diferente de los problemas y aspectos técnicos y especialmente al hecho de contar con un criterio de densidad meta de establecimiento. Esta es la “densidad deseada” que constituye un elemento importante en la planificación y posterior evaluación plan de establecimiento de una plantación ya que permite orientar las técnicas de preparación de terreno, producción de plantas, plantación y mantenimiento hacia una meta concreta. Por otra parte permite determinar un punto de referencia concreto para los aclareos.

El resultado operativo es la densidad real de establecimiento. El método de manejo de la densidad es la combinación del conjunto de técnicas que determinan la densidad a lograr al final de la fase de establecimiento y los aclareos.

El buen precio de la madera en el mercado internacional ha promovido el establecimiento y manejo de plantaciones para producir madera para aserrío, utilizándose

espaciamientos de 3,0 x 3,0 m, esto favorece el establecimiento de un sotobosque que protege el suelo, evitando la realización de aclareos muy tempranos, baja los costos de establecimiento y, además, mejora el crecimiento.

## **TABLA DE DENSIDAD**

Así la revisión rápida de conceptos nos lleva a proponer el número de individuos que puede recomendarse mantener en un sitio para que su desarrollo donde se aproveche el potencial del sitio (nutrimentos del suelo y espacio de crecimiento). La siguiente tabla indica el número aproximado de individuos que debe de mantenerse si se quiere, un incremento máximo individual o un incremento máximo por unidad de superficie, sin perder incremento en dimensiones y calidad de la madera.

La definición de un criterio de densidad es primordial para conseguir las densidades adecuadas y lograr el manejo efectivo de las plantaciones, el crecimiento de un árbol (medidos en metros cúbicos por año) depende de varios factores, la competencia, su estado sanitario, sus características genotípicas, el manejo silvicultural y la calidad del sitio o micrositio, una plantación forestal puede ser manejada para maximizar su crecimiento por hectárea o para maximizar el crecimiento de los arboles, el tratamiento silvícola aplicado para esto se ha denominado aclareo.

En esta tabla se observa la densidad recomendable de plantas por hectárea que es de 35% si se requiere hacer máximo el volumen del sitio, y de acuerdo al número de 1200 árboles por hectárea para un mejor desarrollo y crecimiento.

Tabla de densidad Caoba

Dq	100%	60%	35%	25%
10.5				1163.19149
11				1074.11528
11.5				995.379946
12				925.410039
12.5				862.922752
13			1129.61034	806.864528
13.5			1058.90849	756.36321
14			994.96813	710.691521
14.5			936.93444	669.238886
15			884.085268	631.489477
15.5			835.806949	597.004964
16			791.575168	565.410834
16.5			750.939659	536.385471
17			713.511901	509.651358
17.5		1163.9231	678.955142	484.967959
18		1109.10218	646.97627	462.125907
18.5		1058.26138	617.319139	440.942242
19		1011.01554	589.759068	421.256477
19.5		967.025607	564.098271	402.927336
20		925.992095	540.162056	385.83004
20.5		887.649653	517.795631	369.854022
21		851.762441	496.861424	354.901017
21.5		818.120252	477.236814	340.883438
22		786.535206	458.812203	327.723002
22.5		756.838941	441.489382	315.349559
23		728.880209	425.180122	303.700087
23.5	1170.87135	702.522809	409.804972	292.717837
24	1129.40635	677.643813	395.292224	282.351589
24.5	1090.22005	654.132028	381.577016	272.555012
25	1053.14444	631.886666	368.600555	263.286111
25.5	1018.02698	610.816186	356.309442	254.506744
26	984.728809	590.837286	344.655083	246.182202
26.5	953.123365	571.874019	333.593178	238.280841
27	923.095039	553.857024	323.083264	230.77376
27.5	894.53807	536.722842	313.088325	223.634518
28	867.355537	520.413322	303.574438	216.838884
28.5	841.458482	504.875089	294.510469	210.36462

## GUÍA DE LA DENSIDAD DE LA ESPECIE

La figura muestra las parcelas establecidas en el estado de Campeche y el nivel de densidad donde están ubicadas, la primera plantación corresponde a un diámetro cuadrático promedio (Dq) de 13.65 centímetros (cm) y con una densidad de 867 árboles por hectárea (Sitio 8), la segunda plantación con una mayor Dq de 17.17 cm 681 árboles por lo que si el objetivo es maximizar volumen individual requiere de reducir la densidad en menos de 700 individuos por ha en los dos casos, para la tercera con Dq de 27.11 cm y 123 árboles.

Con la tabla anterior la ubicación de la primera y segunda parcela se aproxima al 60%, para tercera se ubica próximo al 25%.

SITIOS CAMPECHE	ESPECIE	Dq (cm)	DENSIDAD (N/HA)
3	Caoba	27.11	123
8	Caoba	13.65	867
10	Caoba	17.17	681

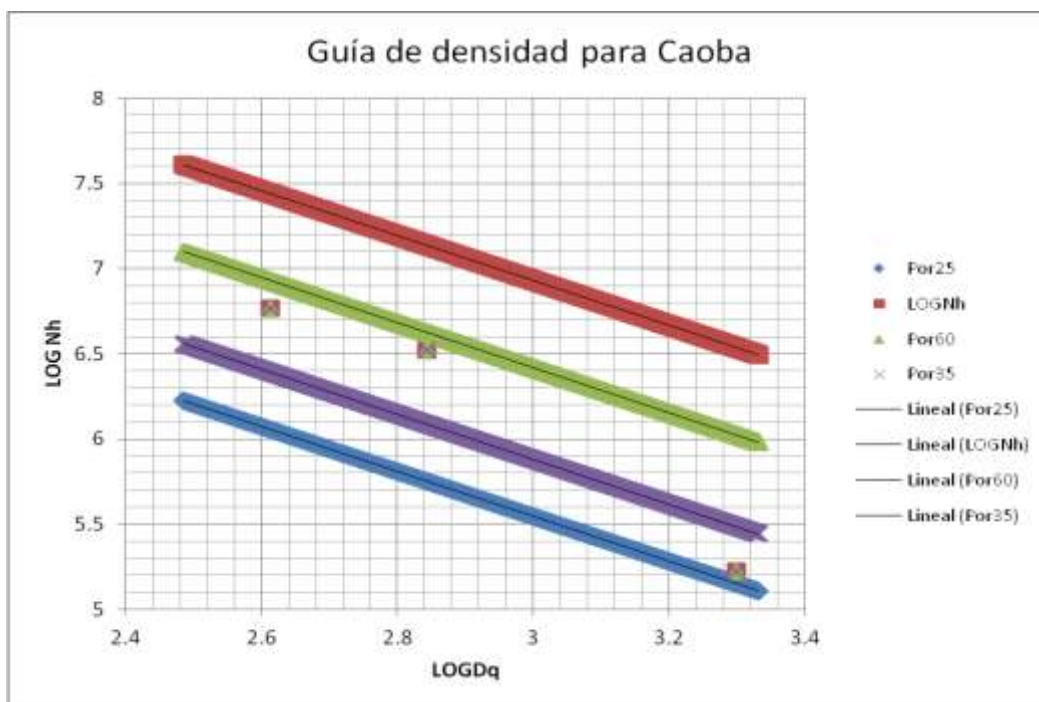


Figura 1. Expresión grafica de la Guía de densidad para Coba, con los porcentajes de 25, 35, 60 y del 100

## BIBLIOGRAFÍA

Ando, T. 1962. Growth analyses on the natural stands of Japanese red pine (*Pinus densiflora* Sieb. Et Zucc). II analysis of stand density and growth. Tokyo, Japan. 77 p .

CHAUCHARD, L.; 2001. *Crecimiento y producción de las repoblaciones de Pinus radiata D.Don en el Territorio Histórico de Gipuzkoa-País Vasco*. Tesis Doctoral U.P.M. Pub. 40 Serv. Pub. Gob. Vasco. Bilbao.

CHAUCHARD, L.; SBRANCIA, R.; GONZÁLEZ, M.; MARESCA, L. Y RABINO, A.; 1999. Aplicación de leyes fundamentales de la densidad a bosques de *Nothofagus*: I. Regla de los  $-3/2$  o ley del autorraleo. *Bosque* 20(2): 79-94.

[http://es.wikipedia.org/wiki/Swietenia\\_macrophylla](http://es.wikipedia.org/wiki/Swietenia_macrophylla)

McCarter, J; Long, J. 1986. A Lodgepole Pine Density Management Diagram. *West. J. App. For.* 1:6-11.

Saunders, M. R; Puettman, K.J. 2000. A preliminary white spruce density management diagram for the Lake States. St. Paul, Minnesota, Department of Forest Resources, College of Natural Resources and Minnesota Agricultural Experiment Station. University of Minnesota. 14 p.

Tadaki, Y. 1963. The pre-estimating of stem yield based on the competition density effect. Tokyo, Japan, Government Forest Experimental Station. 17 p.

[www.inta.gov.ar/bariloche/info/documentos/forestal/.../tesisbasil2007.pdf](http://www.inta.gov.ar/bariloche/info/documentos/forestal/.../tesisbasil2007.pdf) -

[www.virtual.chapingo.mx/dona/sis.prod.forestal/UnidadIV.pdf](http://www.virtual.chapingo.mx/dona/sis.prod.forestal/UnidadIV.pdf) -

## ANEXO FOTOGRÁFICO



Figura 2. Parcela Modulo 1 S.1 en el predio de Agromarañón



Figura 3. Parcela 10 en el predio La chiquita