

GUÍA DE DENSIDAD PARA MANEJO DE PLANTACIONES DE *Swietenia macrophylla* King. (CAOBA)

García Cuevas Xavier *
Parraguirre Lezama Conrado **
Ramírez Maldonado Hugo ***

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el Campo Experimental Forestal San Felipe Bacalar, Quintana Roo, México, con el objetivo de desarrollar una guía de densidad para manejo de plantaciones de *Swietenia macrophylla* King. La guía desarrollada toma como base para definir la línea de densidad mínima (Línea B), al Factor de Competencia de Copas (FCC); y para definir la línea de densidad máxima (Línea A), el Índice de Densidad del Rodal (IDR). Se concluye que la guía de densidad obtenida en este estudio, representa la densidad de las plantaciones de *S. macrophylla* en Quintana Roo, México.

Palabras clave: manejo forestal, densidad, plantaciones, *Swietenia macrophylla*, Quintana Roo.

ABSTRACT

This study was carried out at "San Felipe Bacalar" Forest Research Satation, Quintana Roo, México. The aim of this study was developing a stocking guide for management

* Ingeniero Agrónomo. Investigador Asociado del Campo Experimental San Felipe Bacalar, CIR-Sureste, INIFAP, SAGAR.

** Ingeniero Agrónomo, M. Sc. Investigador Titular del Campo Experimental San Felipe Bacalar, CIR-Sureste, INIFAP, SAGAR.

*** Ingeniero Agrónomo, Ph. D. Coordinador General de Estudios de Postgrado, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.

of plantations of *Swietenia macrophylla* King. The developing stocking guide used the Crown Competition Factor (CCF) to define minimum density line (Line B) and the Stand Density Index (SDI) was used to define the maximum density line (Line A). It was concluded that the stocking guide obtained in this study represent the density of plantations of *S. macrophylla* in Quintana Roo, México.

Key words: forest management, density, plantations, *Swietenia macrophylla*, Quintana Roo.

INTRODUCCIÓN.

La aplicación de la Silvicultura y el Manejo Forestal es la forma más adecuada para conducir los rodales hacia condiciones que permitan la obtención de bienes y servicios, en forma sustentable y sostenido. Esto se logra a través de la manipulación de algunos factores del rodal, como son principalmente la densidad, estructura y composición (Daniel *et al.*, 1982)¹.

La densidad del rodal puede considerarse como el principal factor, después de la calidad de sitio para determinar la productividad de un área específica. Así mismo, es el principal factor que el silvicultor puede manejar (Daniel *et al.*, *op. cit.*). El manejo de la densidad permite el control de las existencias de crecimiento para alcanzar objetivos particulares del mismo.

Una herramienta de apoyo silvícola para realizar lo anterior son las guías de densidad, mismas que han sido poco utilizadas en México. Por lo anterior, es necesario desarrollarlas, con la finalidad de que sean utilizadas en la predicción de la evolución de los rodales en diferentes períodos de tiempo, de acuerdo a una intensidad de manejo determinada (Balderas y Rodríguez, 1989)².

Con base a lo señalado, los objetivos de esta investigación fueron desarrollar una guía de densidad para plantaciones de caoba con base al Factor de Competencia de Copas

¹ Daniel T. W.; J. A. Helms y F. S. Baker. 1982. Principios de silvicultura.

² Balderas A., M. C. y R. Rodríguez F. 1989. Elaboración de tres guías de densidad para *Pinus montezumae* Lamb., en el C. E. F. San Juan Tetla, Pue., México.

(FCC) y al Índice de Densidad del Rodal (IDR) y diagnosticar las necesidades de aclareos, prescribiendo niveles de densidad residual que maximicen el aprovechamiento de los espacios de crecimiento, para una plantación de caoba en el Campo Experimental Forestal San Felipe Bacalar.

ANTECEDENTES

Se han desarrollado varias guías de densidad para los principales tipos de bosques y especies de Norteamérica. La mayoría de estas guías expresan la densidad del rodal en función del número de árboles y/o área basal por unidad de superficie, por ser éstos estimadores fáciles de obtener en campo (Balderas y Rodríguez, *op. cit.*). Las guías de densidad se fundamentan principalmente en la interpretación de requerimientos de espacio de crecimiento (USDA, 1984)¹.

Las guías de densidad más comunes son como las desarrolladas por Gingrich (1967)², citado por Balderas y Rodríguez (*op. cit.*). Estas guías relacionan el diámetro cuadrático, el área basal, la densidad y los niveles de existencias de crecimiento. Comúnmente, en estos diagramas las líneas de los niveles de existencias de crecimiento se basan en el FCC (Krajisek *et al.*, 1961, *cit. pos* Balderas y Rodríguez, *op. cit.*).

La primera guía de densidad fue elaborada por Gingrich (*op. cit.*), citado por Balderas y Rodríguez (*op. cit.*), para rodales de latifoliadas de las partes altas de los estados centrales de Estados Unidos de América. La metodología utilizada consistió en generar ecuaciones de la Relación Área Árbol (RAA) para rodales de alta densidad y el FCC para árboles aislados, con el fin de determinar los requerimientos de espacio máximo y mínimo que un árbol de cierto diámetro normal requiere para crecer adecuadamente (Zepeda y Villarreal, 1987)³.

Marquis, Salomon y Bjorkbom (1969), Salomon y Leak (1969), Leak, Salomon y Filip (1969), Frank y Bjornbom (1973), Philbrook, Barret y Leak (1973) y Lancaster y Leak

¹ USDA. 1984. Forest stand density and stocking concepts; terms and the use of stocking guides.

² Gingrich, S. F. 1967. Measuring and evaluating stocking and stand density in upland hardwood forest in the central state. pp. 38-52.

³ Zepeda B., M. y M. E. Villarreal D. 1987. Guía de densidad para *Pinus hartwegii* Lindl., Zoquiapan, México.

(1978), citados por Zepeda y Villarreal (*op. cit.*), con una metodología similar a la anterior generaron guías de densidad para varias especies de los Estados Unidos de América.

Roach (1977), *cit. pos* Zepeda y Villarreal (*op. cit.*) generó una guía multiespecífica para seis especies de latifoliadas. La expresión de la RAA adoptó la forma siguiente:

$$RAA = (a_1N_1 + b_1\Sigma d_1 + c_1\Sigma d_1^2) + (a_2n_2 + b_2\Sigma b_2 + c_2\Sigma d_2^2)$$

Donde:

- a, b, c = Coeficientes de regresión muestral.
- N_i = Número de árboles por unidad de área de la i ésima especie.
- Σd_i = Suma de diámetros por unidad de área de la i ésima especie.
- Σd_i^2 = Suma de cuadrados de diámetros por unidad de área de la i ésima especie.
- y = 1,2, ..., (Especies o grupos de especies).

La línea B de esta guía fue ubicada arbitrariamente al 60 % de la densidad máxima promedio estimada (línea A).

Cochran (1985), *cit. pos* Zepeda y Villarreal (*op. cit.*) generó curvas de niveles de densidad para *Larix occidentalis* Nutt. de Oregon y Washington con apariencia de una guía de densidad. Estas curvas muestran la influencia del índice de sitio y la densidad sobre el diámetro cuadrático promedio de rodales bajo manejo.

En México, Becerra (1986)⁶ generó la primera guía de densidad para rodales naturales de *Pinus patula* Schl. et Cham. en la región de Chignahuapan-Zacatlán, Puebla, produciendo ecuaciones de la RAA para rodales de alta densidad y el FCC para árboles aislados.

⁶ Becerra L., F. 1986. Determinación de una guía de densidad para *Pinus patula* Schl. et Chamb. en la región de Chignahuapan-Zacatlán, Pue.

Zepeda y Villareal (*op. cit.*) generaron dos guías de densidad para rodales naturales de *Pinus hartwegii* Lindl. de la Sierra Nevada, en la Estación Forestal Experimental Zoquiapan de la Universidad Autónoma Chapingo. Las ecuaciones para la construcción de estas guías se basan en los resultados de tres índices de densidad: el IDR y RAA para rodales de alta densidad y FCC para árboles aislados. Los autores concluyeron que las guías de densidad, definitivamente sirven para fomentar una silvicultura firme y uniforme, además de ser una herramienta de apoyo silvícola de gran facilidad de uso, lo cual puede repercutir socialmente en la comprensión de las técnicas silvícolas aplicadas.

Balderas y Rodríguez (*op. cit.*) elaboraron tres guías de densidad para *Pinus montezumae* Lamb. en el Campo Experimental Forestal San Juan Tetla, Puebla. Para definir la primera guía se utilizaron la RAA y el FCC; para la segunda, el IDR y el FCC y para la tercera, se usó la metodología propuesta por Seymor y Smith en 1987 (*cit. pos Balderas y Rodríguez, op. cit.*), todas estas metodologías se fundamentan en requerimientos de espacio de crecimiento. Para mayores detalles sobre las metodologías se puede recurrir a Clutter *et al.* (1983), Zepeda y Villarreal (*op. cit.*) y Balderas y Rodríguez (*op. cit.*). En este trabajo se concluye que las tres guías de densidad presentan estimaciones precisas de la densidad del rodal de *P. montezumae*, de acuerdo a diferentes consideraciones para la ocupación completa del espacio de crecimiento. Por otra parte, su utilización estará en función de los objetivos de manejo.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Área de estudio.

La plantación de caoba (*S. macrophylla* King.) que se estudió en este artículo, ocupa 1.5 hectáreas en la Zona II del Campo Experimental Forestal San Felipe Bacalar, el cual se ubica entre las coordenadas geográficas 18°46' a 18°51' de latitud norte y 88°17' a 88°32' de longitud oeste a una altitud promedio de 10 metros sobre el nivel del mar, a la altura del Km. 50 de la carretera federal Chetumal-Cancún, en el municipio de Othón P. Blanco, Quintana Roo, México (Chavelas, 1981)⁷ (Figura N° 1).

⁷ Chavelas P., J. 1981. Campo Experimental Forestal San Felipe Bacalar. *In*: Los Campos Experimentales Forestales. INIF, SARH. México. Ciencia Forestal 1 (3):65-82.

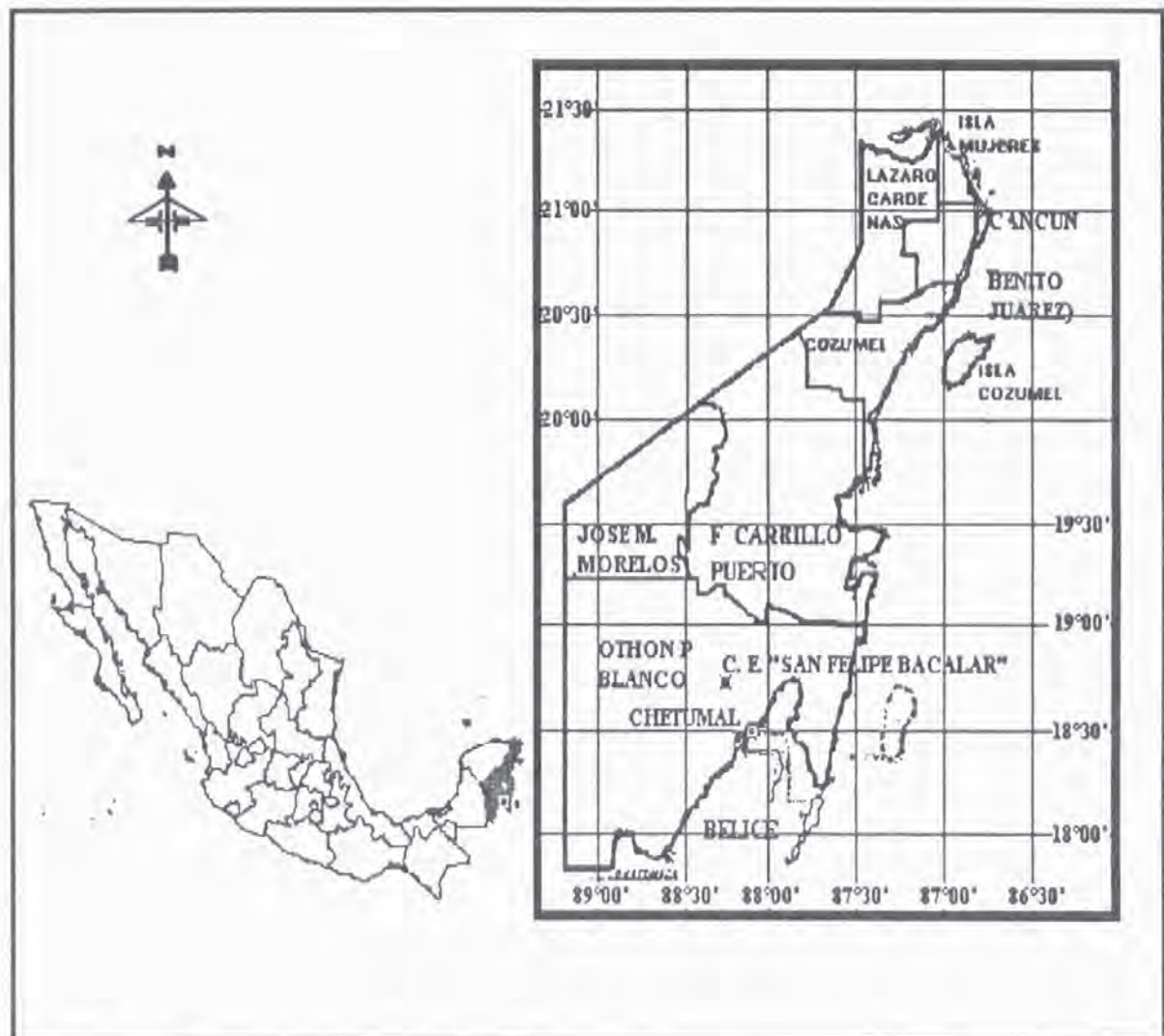


Figura N° 1. Localización del área de estudio.

De acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por García (1988)⁸, el clima existente es un Aw(x')i o cálido subhúmedo con lluvias en verano y parte del invierno, la oscilación térmica es menor de 5° C (INEGI, 1986). El terreno es plano y de acuerdo a la terminología maya, el suelo es de tipo Ya'axhoom (Luvisol, según la clasificación FAO-UNESCO)

⁸ García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlas a las condiciones de la República Mexicana).

En 1964, fue establecida una plantación de caoba en una superficie de 12 hectáreas. El método de plantación empleado fue cepellón en cepa común, a un espaciamiento de dos metros entre planta y cuatro metros entre hileras, desarrollándose los árboles en forma normal durante los siguientes diez años.

En 1974 se trataron seis hectárea de la plantación, aplicando tratamientos de manejo: limpieza total, en brechas, circular y testigo. De 1974 a 1980 se hicieron mediciones anuales de altura total y diámetro normal, de las cuales solo se tienen registrados los promedios anuales. En la parcela de limpieza total en 1986 se aplicó un aclareo ligero por lo alto.

Base de datos

A la fecha, en los archivos del Campo Experimental se cuenta con los promedios anuales de los tratamientos de limpieza para la altura total y el diámetro normal de 1974 a 1980. Se cuenta además con los datos dendrométricos de campo de 1983 y 1992 en la parcela de 1.5 hectáreas donde se aplicó limpieza total y aclareo. Con estos datos se calculó el IDR.

Los datos para generar el FCC se obtuvieron de árboles dominantes sin padecer los efectos de la competencia en el desarrollo de sus copas, ubicados en la plantación en estudio y de árboles de diferentes categorías diamétricas creciendo aisladamente y libres de competencia en la región

Análisis de la información.

La información fue procesada mediante la aplicación de técnicas de regresión para obtener los parámetros del FCC y el IDR. La guía fue elaborada al emplear las ecuaciones generadas. Para mayores detalles sobre la metodología se puede recurrir a

Clutter *et al.* (1983)⁹, Zepeda y Villarreal (*op. cit.*), así como a Balderas y Rodríguez (*op. cit.*).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Determinación del factor de competencia de copas (FCC).

Relación diámetro de copa/diámetro normal (DC/DN). Con la base de datos de árboles de diferentes categorías diamétricas, creciendo libres de competencia por espacio de crecimiento, se estimó la ecuación que representa la relación entre diámetro de copa (DC) y diámetro normal (DN), ajustando el modelo $Y_i = B_0 + B_1(X_i)$, obteniéndose la ecuación (1). Los datos de diámetro normal utilizados variaron en un rango de 5 a 70 cm.

$$DC = 0.79696 + 0.23089 (DN) \dots\dots\dots(1)$$

Donde:

DC = Diámetro de copa (m).

DN = Diámetro normal (cm).

Una parte de los datos que se usaron en este ajuste, provienen de la medición de 77 árboles creciendo aisladamente y libres de competencia, aunque no se pudo tener certeza de que durante toda su vida hayan estado en tales condiciones; ante esa incertidumbre, para cada árbol se calculó el cociente diámetro de copa/diámetro normal, se obtuvo el promedio de esa relación y solo se incluyeron los árboles que tuvieron una relación igual o mayor a la promedio. El mismo criterio se aplicó para seleccionar árboles en una plantación, considerando que los que tuvieran una relación igual o mayor al promedio de árboles aislados, habrían crecido como árboles dominantes sin padecer los efectos de la competencia en el desarrollo de sus copas.

Los resultados del análisis de varianza se muestran en el Cuadro N° 1, mismos que indican que el diámetro normal de árboles aislados de *S. macrophilla* contribuye significativamente a la predicción del diámetro de copa.

⁹ Clutter, J. L.; J. A. Fortson; L. V. Pienaar; G. H. Brister y R. L. Bailey. 1983. Timber management a quantitative approach.

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	PROBABILIDAD	COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN
Regresión	1	2288.84742	0.0001	0.94
Error	437	0.33786		
Total	438			

PARÁMETRO ESTIMADO	VALOR ESTIMADO	PROBABILIDAD
B ₀	0.79696	0.0001
B ₁	0.23089	0.0001

Cuadro N° 1. Análisis de varianza para la relación diámetro de copa/diámetro normal de árboles individuales de *Swietenia macrophylla* King., San Felipe Bacalar, Quintana Roo, México.

Área máxima de copa individual (AMCI)

Este concepto expresa en términos de porcentaje de una hectárea, el área máxima de terreno que teóricamente podría ocupar la copa de un árbol de diámetro normal dado, empleando la relación obtenida en la sección anterior.

El área de copa de un árbol se puede calcular con la ecuación (2).

$$AC = 0.7854 (DC)^2 \dots\dots\dots(2)$$

Donde:

- AC = Área de la copa de un árbol individual (m²)
- DC = Diámetro de copa (m)
- 0.7854 = $\pi/4$

Redefiniendo ahora AC por AMCI, al sustituir el diámetro de copa (ecuación 1) por el diámetro de copa (ecuación 2) de árboles creciendo sin competencia (Cuadro N° 2), se genera la siguiente expresión (3):

$$AMCI = 0.7854(0.79696+0.23089(DN))^2 \dots\dots\dots(3)$$

Donde:

$$AMCI = \text{Área máxima de copa individual (m}^2\text{)}$$

Al desarrollar el cuadrado se genera la ecuación (4).

$$AMCI = 0.49885 + 0.28904 (DN) + 0.04187 (DN)^2 \dots\dots(4)$$

Cálculo de espacios de crecimiento (EC), número de árboles por hectárea (NH) y área basal total por hectárea (ABH). Una vez determinada la ecuación para el AMCI se puede estimar el espacio de crecimiento que teóricamente ocuparían los árboles de categorías diamétricas dadas y que crezcan libremente, así como el número de árboles y área basal por hectárea. El espacio de crecimiento en porcentaje de superficie (EC%), es la proporción de superficie en una hectárea que ocupa la copa de un árbol creciendo sin competencia (Cuadro N° 2). Para lo anterior se utiliza la siguiente expresión (5):

$$EC (\%) = (AMCI/10,000) * 100 \dots\dots\dots(5)$$

Donde:

$$EC (\%) = \text{Espacio de crecimiento en porcentaje de superficie.}$$

Esta expresión al desarrollarse genera la ecuación (6).

$$EC (\%) = (0.49885 + 0.28904 (DN) + 0.04187 (DN)^2) / 100 \dots\dots(6)$$

El número de árboles por hectárea se calcula de acuerdo a la expresión (7).

$$NH = 10,000 / AMCI \dots\dots\dots(7)$$

Por último, para calcular el área basal total por hectárea, se utiliza la expresión (8).

$$ABH (\text{m}^2/\text{ha}) = (0.7854) * (DN/100)^2 * (NH) \dots\dots\dots(8)$$

Donde:

$$\begin{aligned} NH &= \text{Número de árboles por hectárea} \\ ABH &= \text{Área basal total por hectárea (m}^2\text{)} \end{aligned}$$

Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro N° 2.

DN (cm)	DC (m)	AMCI (m ²)	EC (%)	NH	ABH
5	1.95	2.99	0.0299	3344	6.5651
10	3.10	7.57	0.0757	1320	10.3666
15	4.26	14.25	0.1425	702	12.3965
20	5.41	23.02	0.2302	434	13.6427
25	6.56	33.89	0.3389	295	14.4828
30	7.72	46.85	0.4685	213	15.0868
35	8.87	61.90	0.6190	162	15.5416
40	10.03	79.05	0.7905	125	15.8963
45	11.18	98.29	0.9829	102	16.1807
50	12.34	119.62	1.1962	84	16.4137
55	13.49	143.05	1.4305	70	16.6081
60	14.65	168.57	1.6857	59	16.7728

Cuadro N° 2. Diámetro de copa (DC), área máxima de copa individual (AMCI), espacios de crecimiento (EC), número de árboles por hectárea (NH) y área basal total por hectárea (ABH) para *Swietenia macrophylla* King., estimados a partir del FCC, San Felipe Bacalar, Quintana Roo, México.

Cálculo del factor de competencia de copas (FCC). El FCC es la suma de todas los EC(%) de los árboles que se encuentran sobre la unidad de superficie. Si el FCC es mayor del 100%, existe una sobreposición de copas y competencia por espacios de crecimiento, por lo que es justificable la aplicación de aclareos, de lo contrario, el rodal puede seguir existiendo pero a costa de una pérdida continua de individuos.

La expresión utilizada (9) para el cálculo del FCC es la siguiente:

$$FCC = \sum EC (\%)_i \dots\dots\dots(9)$$

Para $i=1, 2, 3, \dots$, hasta el número de árboles en una hectárea tipo.

En el rodal caso de estudio se determinó el FCC siguiente:

$$\text{FCC} = 149.10 \%$$

Determinación del índice de densidad del rodal (IDR).

Relación número de árboles y diámetro cuadrático medio (NH/DQ). Se estima la relación funcional entre número de árboles (NH) y diámetro cuadrático medio (DQ) mediante la relación $NA = B_0 * DQ^{B_1}$. Los datos de diámetro normal utilizados variaron en un rango de 5 a 40 cm.

La expresión corresponde a la propuesta por Reineke (1933), cit. pos. Clutter *et al.* (*op. cit.*), Balderas y Rodríguez, (*op. cit.*) y Ortiz (1989)¹⁰ la cual linealizada bajo una transformación logarítmica, ajustada con técnicas de regresión lineal simple y utilizando el método de mínimos cuadrados se estiman sus parámetros, adoptando la siguiente expresión:

$$\text{LOG}(\text{NH}) = \text{LOG}(B_0) + B_1 * \text{LOG}(\text{DQ})$$

Donde:

$$\begin{aligned} \text{NH} &= \text{Número de árboles por hectárea} \\ \text{DQ} &= \text{Diámetro cuadrático medio} \\ B_0, B_1 &= \text{Parámetros estimados} \end{aligned}$$

Los resultados del análisis de varianza se muestran en el Cuadro N° 3, mismos que indican que el logaritmo del diámetro cuadrático promedio de árboles en rodales de máxima densidad de *S. macrophylla* contribuye significativamente a la estimación del número de árboles por hectárea.

La ecuación obtenida es:

$$\text{LOG}(\text{NA}) = 10.88716 - 1.31861 \text{ LOG}(\text{DQ}) \quad \dots\dots(10)$$

¹⁰ Ortiz, E. 1989. Utilización del Índice de Desarrollo del Rodal (IDR) en la planificación y ejecución de aclareos en plantaciones forestales con especies de uso múltiple. *In:* Manejo y aprovechamiento de plantaciones forestales con especies de uso múltiple. pp. 329-349.

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	PROBABILIDAD	COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN
Regresión	1	3.11665	0.0050	0.95
Error	3	0.05630		
Total	4			

PARÁMETRO ESTIMADO	VALOR ESTIMADO	PROBABILIDAD
B ₀	10.88716	0.0001
B ₁	-1.31861	0.0050

Cuadro N° 3. Análisis de varianza para el modelo $LOG(NH) = LOG(BO) + B1 * LOG(DQ)$ que estima el número de árboles por hectárea en función del diámetro cuadrático promedio en rodales de máxima densidad de *Swietenia macrophylla*, San Felipe Bacalar, Quintana Roo, México.

Cálculo del número de árboles por hectárea (NH). Con el cálculo de la anterior ecuación, se puede estimar el número de árboles por hectárea, transformándola a la condición original (ecuación 11). Los resultados se observan en el Cuadro N° 4.

$$NH = 53485.18614 (DQ)^{-1.31861} \dots\dots\dots(11)$$

Cálculo del área basal por hectárea (ABH). Se calcula utilizando la ecuación que estima el número de árboles por hectárea multiplicada por el área basal de árboles individuales de un diámetro cuadrático dado. La ecuación utilizada es la siguiente (12) y los resultados se presentan en el Cuadro N° 4.

$$ABH = (53485.18614 (DQ)^{-1.31861}) * (0.7854 (DQ)^2 / 10,000) \dots\dots(12)$$

Cálculo del índice de densidad del rodal (IDR). Se fijó un diámetro cuadrático de referencia convencional de 25 cm por ser un diámetro aprovechable desde el punto de vista industrial, por lo que IDR para la línea de referencia se calcula utilizando la ecuación (11) y redefiniendo el número de árboles por hectárea por índice de densidad del rodal.

$$NH = 53485.18614(DQ)^{-1.31861}$$

$$NH = 53485.18614(25)^{-1.31861}$$

$$IDR = 767$$

En su defecto se utiliza la siguiente ecuación (13).

$$IDR = NH * (25/DQ)^{-B1} \dots\dots\dots(13)$$

$$IDR = 6406 * (25/5)^{-1.31861}$$

$$IDR = 767$$

Para la plantación de caoba que es el objeto de este estudio, se determinó un número de árboles por hectárea de 571 con un diámetro cuadrático promedio de 21.37 cm, el IDR es el siguiente:

$$IDR = 571 (25/21.37)^{-1.31861}$$

$$IDR = 464$$

Esta ecuación se puede manipular algebraicamente para calcular el número de árboles por hectárea cuando el rodal alcance un determinado IDR y los árboles tengan un diámetro cuadrático medio determinado. Así mismo, se puede estimar el diámetro cuadrático medio del rodal dado un IDR y el número de árboles o el número de árboles dado el IDR y el DQ.

Construcción de la Guía de Densidad.

Obtenidos los valores anteriores, se procedió a elaborar la guía de densidad de la siguiente manera:

1. Los valores calculados para número de árboles y área basal del IDR, definen la línea del 100% (línea A), que separa el rango de densidad relativa considerada como plenamente poblada del rango considerado sobrepoblado.

Se calcularon los diversos grados de densidad en base a los valores obtenidos para IDR, de acuerdo a la metodología propuesta por Gingrich (*op. cit.*).

2. La línea B, dibujada a un porcentaje del IDR, separa un rango de densidad relativa que define cuando un rodal tiene una densidad suficiente o deficiente y se obtiene de acuerdo a los valores de número de árboles y área basal calculados con la metodología del FCC.

El rango de densidad definido entre las líneas A y B será en el cual se pretende manejar la plantación para lograr los objetivos planteados.

3. Por motivo de escala, la guía se elaboró en dos partes, tal como se presenta en las Figuras N° 2a y 2b.

DQ (cm)	NH	ABH (m ²)
5	6406	12.5782
10	2568	20.1691
15	1505	26.5956
20	1030	32.3585
25	767	37.6501
30	603	42.6237
35	492	47.3361
40	413	51.8992
45	353	56.1924
50	308	60.4758
55	271	64.3851
60	242	68.4240

Cuadro N° 4. Categorías diamétricas (DQ), número de árboles por hectárea (NH) y área basal total por hectárea (ABH) para *Swietenia macrophylla* de acuerdo al IDR, San Felipe Bacalar, Quintana Roo. México.

CONCLUSIONES

- La estimación del DC en función del DN presentó un patrón de acuerdo a lo esperado, pero para lograr un mayor ajuste del modelo a la base de datos, solo se seleccionaron árboles que tuvieran una relación alométrica igual o mayor al promedio calculado para todos los árboles medidos.
- El FCC y el IDR son índices cuantitativos que permiten comparar la densidad de las plantaciones de la misma especie, independientemente de la edad, calidad de sitio, número de árboles por unidad de superficie y tamaño medio de los árboles, lo cual se demuestra en las plantaciones existentes en Quintana Roo, por lo que su aplicabilidad no se restringe a plantaciones para las cuales originalmente son diseñadas.
- Las guías de densidad son herramientas de apoyo silvícola fáciles de construir, que sirven para tomar decisiones prácticas de manejo, sustentadas en bases científicas, mas no indican el método a utilizar para realizar los aclaros, los cuales son una decisión del silvicultor.
- Dependiendo de la precisión requerida en la toma de decisiones, se puede usar la guía o las ecuaciones con que se generan y la sustitución adecuada de los datos del rodal a manejar.
- Con la guía de densidad elaborada, se pueden hacer comparaciones de los niveles de densidades recomendados con los que presentan las plantaciones utilizadas en su elaboración y se pueden hacer proyecciones de tratamientos silvícolas con la certidumbre de que se está trabajando dentro de un rango de densidad en donde, teóricamente se optimiza un objetivo de manejo, por lo que de antemano se puede saber aproximadamente las posibles respuestas.

BIBLIOGRAFÍA

- Balderas A., M. C. y R. Rodríguez F. 1989. Elaboración de tres guías de densidad para *Pinus montezumae* Lamb., en el C. E. F. San Juan Tetla, Puebla, México. División de Ciencias Forestales, U.A.CH. Chapingo, México. 71 p.

- Becerra L., F. 1986. Determinación de una guía de densidad para *Pinus patula* Schl. et Chamb., en la región de Chignahuapan-Zacatlán, Pue. Tesis de Maestría. C. P. Programa Forestal. Montecillo, México. 82 p.
- Chavelas P., J. 1981. Campo Experimental Forestal San Felipe Bacalar. *In: Los Campos Experimentales Forestales*. INIF, SARH. México. Ciencia Forestal 1 (3): 65-82.
- Clutter, J. L.; J. C. Fortson; L. V. Pienaar; G. H. Brister y R. L. Bailey. 1983. Timber management a quantitative approach. Wiley. New York. 333 p.
- Daniel, T. W.; J. A. Helms y F. S. Baker. 1982. Principios de silvicultura. (Trad. Ramón Elizondo Mata). McGraw-Hill. México. D. F. 491 p.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köepen (para adaptarlas a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía, UNAM. México. D. F. 252 p.
- Gingrich, S. F. 1967. Measuring and evaluating stocking and stand density in upland hardwood forest in the central states. *For. Sci.* 13: 38-52.
- INEGI, 1986. Anuario estadístico del estado de Quintana Roo. Gobierno del estado de Quintana Roo.
- Ortiz, E. 1989. Utilización del Índice de Densidad del Rodal (IDR) en la planificación y ejecución de aclareos en plantaciones forestales con especies de uso múltiple. *In: Manejo y aprovechamiento de plantaciones forestales con especies de uso múltiple: Actas de Reunión IUFRO*, Guatemala. C. A. T. I. E. Turrialba, Costa Rica. pp. 329-349.
- USDA. 1984. Forest stand density and sotcking concepts; terms and the use of stocking guides. Forest Service, USDA. Madison, Wi. 8 p.
- Zepeda B., M. y M. E. VILLARREAL D. 1987. Guía de densidad para *Pinus hartwegii* Lindl., Zoquiapan, México. División de Ciencias Forestales, U.A.CH. Chapingo, México. 52 p.