



Diagrama de manejo de densidad para el género *Pinus* en el ejido Pueblo Nuevo, Durango

Density management diagram for the genus *Pinus* in the Pueblo Nuevo ejido, Durango State

Fátima del Carmen Acevedo Benítez¹, Marco Aurelio González Tagle^{1*}, Wibke Himmelsbach¹, Óscar Alberto Aguirre Calderón¹ y Javier Jiménez Pérez¹

Abstract

A density management diagram (DMD) was developed for the genus *Pinus*, from a plot of land managed by the *ejido Pueblo Nuevo* in *Durango*, whose aim is the production of sawn timber. The data were obtained from the forest inventory, provided by UMAFOR 1008, *El Salto, Durango*, of 196 sampling sites of which the dasometric variables were estimated: number of trees per hectare N , dominant height $H0$, mean square diameter dg and volume V . The diagram was developed with two base equations, representing the mean square diameter dg and Volume V . The Hart-Becking IH Spacing Index was calculated in order to be used as a reference in cuts planning, the base equations were adjusted through the non-linear regression of the nls function in the statistical software R project 3.4.0. Rstudio 1.0.143, through an iterative process, the simultaneous adjustment of the equations was performed by the FIML (full information maximum likelihood) method. The equation system was simultaneously adjusted using the MODEL procedure of the SAS/ETS[®] statistical system. The goodness of adjustment of the statisticians gave a determination coefficient $R^2 = 0.7074$ and a mean square error RMSE = 2.7563 for the equation of dg and $R^2 = 0.9947$, RMSE = 7.9114 for the Volume. The Hart Index isolines reached minimum and maximum values as a percentage of the density of 16 out of 56 respectively. A cutting scheme was proposed according to the production objective: wood with dimensions for sawmill.

Keywords: Mean square diameter, cutting scheme, nls function, Hart-Becking index, forest management, timber volume.

Resumen

Se desarrolló un diagrama de manejo de densidad (DMD) para el género *Pinus* en un predio bajo manejo del ejido Pueblo Nuevo, Durango, cuyo objetivo es la producción de madera para aserrío. Los datos se obtuvieron del inventario forestal de la Umafor 1008, en El Salto, Durango y consta de 196 sitios de muestreo, de los cuales se estimó el número de árboles por hectárea N , la altura dominante $H0$, el diámetro medio cuadrático dg y el volumen V . El diagrama se desarrolló con dos ecuaciones base, en las que se representó el diámetro medio cuadrático y el volumen. El Índice de espaciamiento de *Hart-Becking IH*, se calculó como referencia en la planeación de cortas; las ecuaciones base fueron ajustadas a través de la regresión no lineal de la función nls en el *software* estadístico R project 3.4.0. Rstudio 1.0.143, a través de un proceso iterativo; el ajuste simultáneo de las ecuaciones se realizó por el método de FIML (*full information maximum likelihood*). El sistema de ecuaciones fue ajustado simultáneamente mediante el procedimiento MODEL del sistema estadístico SAS/ETS[®]. La bondad de ajuste de los estadísticos arrojó un coeficiente de determinación $R^2 = 0.7074$ y un error medio cuadrático RMSE = 2.7563 para la ecuación de dg y de $R^2 = 0.9947$ y RMSE = 7.9114 para el volumen. Las isóneas del Índice de *Hart* adquirieron valores mínimos y máximos en porcentaje de la densidad de 16 de 56, respectivamente. Se planteó un esquema de cortas de acuerdo al objetivo de producción: madera con dimensiones para aserrío.

Palabras clave: Diámetro medio cuadrático, esquema de cortas, función nls , Índice de *Hart-Becking*, manejo forestal, volumen maderable.

Fecha de recepción/Reception date: 21 de marzo de 2018

Fecha de aceptación/Acceptance date: 17 de septiembre de 2018

¹Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. México. Correo-e: marco.gonzaleztg@uanl.edu.mx

Introducción

El aprovechamiento ordenado de los recursos que ofrece el bosque, y procura la satisfacción de las necesidades que demanda la sociedad actual, sin comprometer las necesidades de bienes y servicios de las generaciones futuras describe el manejo forestal sostenible en México (Aguirre, 2015). A lo largo de su historia, México como un país independiente, ha enfrentado diversos cambios, mismos que lo han conducido hacia un Manejo Forestal Sustentable Comunitario (Trujillo, 2009). La forestería (silvicultura), con un objetivo primordial de garantizar el abastecimiento de materia prima forestal para la industria nacional, surgió con gran auge en los años ochenta (FAO, 2004).

Conceptualmente, el manejo de la densidad permite el control del desarrollo de un bosque, la competencia y la regulación forestal con el fin de alcanzar los objetivos específicos del manejo forestal (Castedo-Dorado *et al.*, 2009). La densidad es un indicador confiable de la ocupación del arbolado en un tiempo y lugar determinado; de manera clara y objetiva representa la estructura de las áreas forestales de mayor interés (Hernández *et al.*, 2013). Si el manejo de la densidad es el principal objetivo de los silvicultores para lograr una condición deseable en el bosque, un diagrama de manejo de densidad (DMD) es uno de los métodos más eficaces de diseño, visualización y evaluación de los regímenes alternativos en la administración de la densidad de masas (Barrio y Álvarez, 2005). Los DMD constituyen una herramienta valiosa para la planeación de tratamientos silvícolas que garanticen una ocupación óptima del sitio, en función de los objetivos de producción propuestos.

La utilidad de los DMD radica en la manifestación gráfica, de forma rápida y sencilla de la evolución de la masa forestal y, con ello, la comparación entre las diferentes alternativas silvícolas, con base en los diversos fines del rodal, lo que lo convierte en uno de los métodos más efectivos en la representación de la densidad de las masas forestales (Castedo-Dorado *et al.*, 2007).

Estructuralmente, un DMD se representa en una gráfica dimensional con relaciones cuantitativas que son superpuestas (Newton, 2003), en la que se establece el número

de árboles por hectárea (N) en el eje de las ordenadas, y la altura dominante (H0) en el eje de las abscisas; un sistema de dos ecuaciones que se refieren al diámetro medio cuadrático (dg) y el volumen (V), además de un Índice de Espesura que, para este estudio de caso, se utilizó el Índice de *Hart-Becking*. Se define como la razón expresada en porcentaje, entre la distancia media de los árboles del rodal y su altura dominante, dn/dl , en la que se asume que la distancia media es dependiente de la distribución de los individuos en el terreno. El índice de *Hart-Becking* es utilizado para la caracterización de la densidad por ser independiente de la calidad de sitio y de la edad, y porque la altura dominante como parte de la composición del mismo, define los esquemas de corta desde un punto de vista biológico (Diéguez *et al.*, 2009).

El objetivo principal del presente estudio consistió en desarrollar un diagrama de manejo de densidad, basado en el Índice de Espaciamiento de *Hart-Becking* (IH), con la finalidad de emplearlo en la toma de decisiones de manejo forestal en bosques naturales del género *Pinus* en el ejido de Pueblo Nuevo, Durango.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el ejido Pueblo Nuevo situado al suroeste del municipio del mismo nombre en el estado de Durango, México (Figura 1).



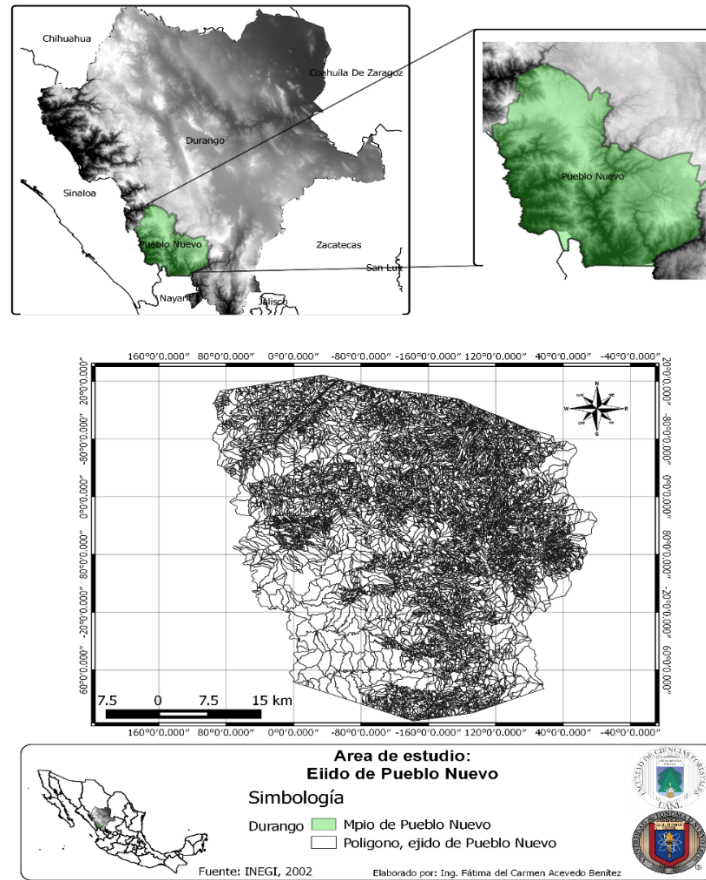


Figura 1. Área de estudio: polígono del ejido Pueblo Nuevo.

El bosque natural perteneciente al ejido está conformado por masas forestales mixtas de pino-encino; sin embargo, solo se consideraron los datos correspondientes a las especies de *Pinus* existentes en las áreas de inventario.

Los taxa de interés fueron *Pinus cooperi* C. E. Blanco, *P. durangensis* Ehren, *P. leiophylla* Schltl. & Cham., *P. ayacahuite* Ehren, *P. teocote* Schiede ex Schltl., *Quercus sideroxyla* Humb. & Bonpl., *Arbutus* spp. (Cuadro 1).

Cuadro 1 Representatividad de las especies en las parcelas.

Género	% Ocupación
<i>Pinus</i>	91.2
<i>Quercus</i>	7.3
Otras latifoliadas	1.5

Origen de los datos

Los datos fueron proporcionados por la Unidad de Manejo Forestal (Umafor) 1008 El Salto, Durango. Corresponden a 196 parcelas, del inventario forestal ubicadas en el ejido Pueblo Nuevo, Durango. De acuerdo con (Castedo-Dorado *et al.*, 2007), se trata de cubrir la máxima densidad existente en masas puras y regulares de pino.

La información se extrajo de parcelas con un área de 1 000 m², en donde se obtuvieron en cada uno de los individuos las mediciones: altura (h), en m; y diámetro a la altura de 1.30 m (dn), en cm, con un intervalo de 7.5 a 45 cm y una densidad mínima de 100 árboles ha⁻¹ por parcela, pues la proporción de pinos cubre 90 % de la superficie de los sitios de muestreo.

Estimaciones dasométricas

Para cada parcela seleccionada se estimaron las siguientes variables: número de árboles por hectárea (N), diámetro medio (DN), altura media (H), diámetro medio cuadrático (dg), altura dominante ($H0$), área basal por hectárea (G), volumen total (V) e índice de *Hart-Becking* (IH), cuyas expresiones matemáticas se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Expresiones matemáticas de las variables estimadas.

Variable	Expresión matemática
Área basal individual	$gi = \frac{\pi}{4}(dn/100)^2$
Volumen total árbol	$VTA = \beta_0 + \beta_1 * (dn^2 * h)$
Número de árboles por hectárea	$N = \sum n * 10$
Altura media H	$H = \frac{\sum h}{n}$
Área basal G	$G = \sum gi * 10$
Diámetro medio cuadrático dg	$dg = \sqrt{\frac{40000}{\pi} * \frac{G}{N}}$
Volumen V	$V = \sum VTA * 10$
Altura dominante $H0$	$H0 = \frac{\sum Hdmax}{100}$
Diámetro medio DN	$DN = \frac{\sum dn}{n}$

En el Cuadro 3 se resume la estadística descriptiva de las parcelas de muestreo.

Cuadro 3. Valores descriptivos de las variables de interés.

Variable	Media	Máximo	Mínimo	SD
N (árboles ha ⁻¹)	559.39	1340	130	230.82
dg (cm)	21.01	45.81	11.58	5.10
G (cm)	18.26	107.11	4.51	9.13
V (m ³ .ha ⁻¹)	168.84	1219.805	20.62	108.2
Dn (cm)	18.95	45.24	10.48	4.82
H (m)	12.67	21.23	4.39	2.88
$H0$ (m)	18.81	25.25	7.33	3.26
IH (%)	26.62	56	16	7.59

Metodología

Se aplicó la metodología propuesta por Barrio y Álvarez (2005) y de Pérez *et al.* (2009); para la construcción de un diagrama de manejo de densidad (DMD) se siguen los siguientes pasos:

1. Representación gráfica del número de árboles por hectárea (N) en el eje de las ordenadas y la altura dominante ($H0$) en el eje de las abscisas.
2. Índice de caracterización de espesura, en este caso se elige el Índice de *Hart-Becking*.

El índice de *Hart-Becking* se define como la relación entre el espaciamiento medio del arbolado y su altura dominante ($H0$), expresado en porcentaje; la distancia media entre árboles depende de la distribución teórica de estos en el terreno que se asuma Diéguez *et al.* (2009) según la fórmula siguiente:

$$IH = K * \frac{10000}{\sqrt{N}} * H0 \quad (1)$$

Donde:

IH = Índice de *Hart-Becking* expresado en por ciento (%)

K = Constante $(4/3)^{0.25}$, bajo el supuesto de que es una distribución natural o a tres-bolillo de los individuos en el bosque, o si la distribución de los árboles en el terreno asume una malla cuadrada (plantaciones forestales) entonces la constante = 1.

N = Número de árboles por hectárea

H0 = Altura dominante por parcela

3. Un sistema de dos ecuaciones no lineales.

La primera ecuación propuesta permite predecir el diámetro medio cuadrático (*dg*), a partir del número de árboles por hectárea y la altura dominante del rodal. Está basada en la relación entre el tamaño medio de los árboles, la densidad y un indicador de la productividad.

$$dg = \beta_0 * N^{\beta_1} * H0^{\beta_2} \dots \dots \dots (2)$$

La segunda ecuación estima la productividad del rodal expresada como la relación entre el volumen de masa y el volumen de un árbol representativo (dado por el producto del diámetro medio cuadrático y la altura dominante) y el número de pies por hectárea.

$$V = \beta_3 * dg^{\beta_4} * H0^{\beta_5} * N^{\beta_6} \dots \dots \dots (3)$$

Donde:

dg = Diámetro medio cuadrático (cm^{-2})

V = Volumen de masa (m^3ha^{-1})

$H0$ = Altura dominante (m)

N = Número de árboles por hectárea

$\beta0... \beta6$ = Parámetros estimados

Ajuste de ecuaciones

El DMD se construyó a partir del Índice de *Hart-Becking*, y dos funciones base, modelos no lineales que a través de un proceso iterativo estima los parámetros para realizar la representación del gráfico.

El ajuste de los modelos descritos se hizo en el *software* estadístico *R Project* 3.4.0. *Rstudio* 1.0.143 (R Core Team, 2017), con la función *nls*, que permite el proceso iterativo al que se agregan valores de partida inicial para calcular los valores de $\beta0... \beta6$, con base en una convergencia positiva del proceso.

Al realizar como primer paso el ajuste simultáneo de las ecuaciones base (2) y (3), N y $H0$ funcionan como variables exógenas (sus valores son determinados de forma completamente independiente al sistema); V es una función endógena (depende de otras variables, es decir, el modelo intenta explicarlo) y dg es una variable endógena instrumental (aparece en ambos lados de la igualdad), debido a la correlación entre los componentes del sistema (Pérez *et al.*, 2011).

A fin de evaluar la confiabilidad del modelo a un nivel de 95 % se estimó el coeficiente de determinación de R^2 ajustada y la raíz cuadrada del error medio cuadrático (RMSE, por sus siglas en inglés).

$$R^2_{ajust} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \left(\frac{N-1}{N-p} \right) \dots\dots\dots (4)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-p}} \dots\dots\dots (5)$$

Donde:

Y_i = Valor observado de la variable dependiente

\hat{y}_i = Valor predicho de la variable dependiente

y = Valor promedio de la variable dependiente

p = Número de parámetros por estimar en el ajuste

N = Número de datos empleados en el ajuste

Debido a la correlación de los componentes del error existente en las variables que componen el sistema de las dos ecuaciones base, es necesario un ajuste simultáneo de las ecuaciones no lineales, que se logró mediante el método de estimación de máxima verosimilitud del procedimiento de FIML (*Full Information Maximum Likelihood*). El sistema de ecuaciones fue ajustado, simultáneamente, mediante el procedimiento MODEL del sistema estadístico SAS/ETS® (SAS, 2004).

Representación gráfica del DMD

Una vez estimados los parámetros de las ecuaciones (2) y (3) es posible obtener las expresiones que permiten representar de manera gráfica los valores para el Índice de *Hart-Becking IH*, el diámetro medio cuadrático dg , y el volumen del rodal V .

1. Se expresa el nivel de espesura de la masa mediante el Índice de *Hart-Becking*. La representación de las isolíneas se obtiene despejando N de la ecuación (1).

$$N = k * \left(\frac{10000}{IH*H0}\right)^2 \dots\dots\dots (1-1)$$

2. La representación de las isolíneas del diámetro medio cuadrático, se hace por medio de la ecuación (2) y se fija a dg como una constante, se despeja N y se asignan valores a la altura dominante $H0$ para cada valor del diámetro medio cuadrático.

$$N = \left(\frac{dg}{\beta_0*H0\beta_2}\right)^{1/\beta_1} \dots\dots\dots (2-1)$$

3. Las isolíneas para el volumen en el gráfico se derivan de despejar el número de árboles por hectárea N de la ecuación (3) y se otorgan valores de altura dominante para cada valor de volumen V .

$$N = \left(\frac{v}{\beta_3*\beta_0\beta_4*H0\beta_2*\beta_4+\beta_5}\right)^{1/\beta_1*\beta_4+\beta_6} \dots\dots\dots (3-1)$$



Resultados y Discusión

Datos de rodal

La distribución de los datos que representan una distribución normal para el ajuste de los modelos de densidad se muestra en la Figura 2, con un diámetro medio cuadrático en un intervalo de 11.5-45.5 cm y una altura dominante de 7.3 a 25.2 m.

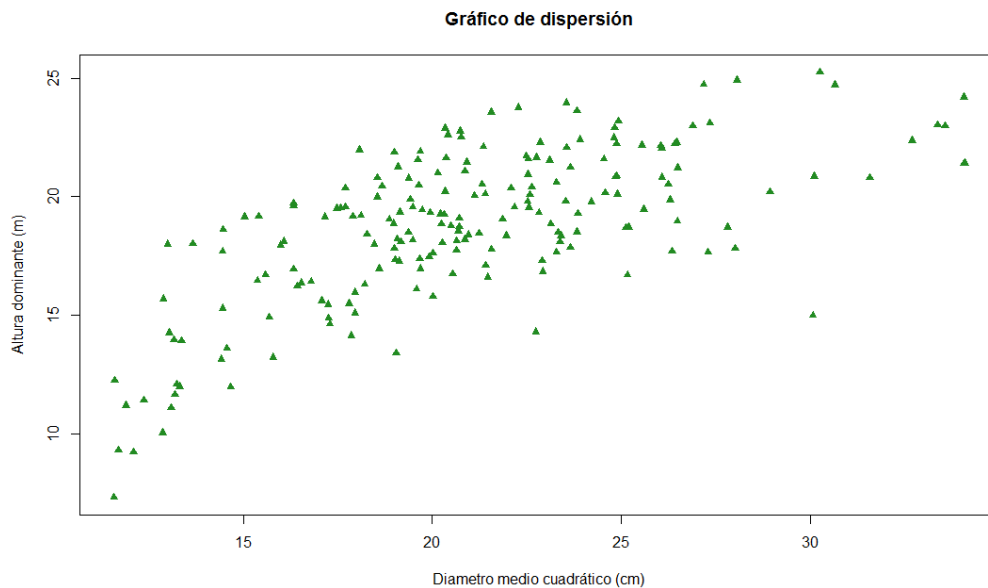


Figura 1. Gráfico de dispersión de las variables del rodal.



Parámetros de ajuste de los modelos

Los parámetros de ajuste de los modelos utilizados en el desarrollo del gráfico del DMD se muestran en el Cuadro 4. Las fórmulas finales ajustadas con los parámetros son:

$$dg = 8.585482 * N^{0.87124} * H0^{-0.26779};$$

$$R^2 = 0.7074 \text{ y } RMSE = 2.7563$$

$$V = 0.000061 * dg^{2.089923} * H0^{0.864783} * N^{0.940937}, R^2 = 0.9947 \text{ y } RMSE = 7.9114$$

Al realizar la inspección es posible afirmar que el ajuste de los mismos fue altamente significativo.

Cuadro 4. Parámetros de ajuste de los modelos.

Parámetros	Estimados	Error estándar	Valor de t	Pr(> t)
β_0	8.585482	2.0915	4.10	***
β_1	0.87124	0.0721	12.08	***
β_2	-0.26779	0.0219	-12.23	***
β_3	0.000061	6.622e-6	9.15	***
β_4	2.089923	0.0286	73.01	***
β_5	0.864783	0.0402	21.53	***
β_6	0.940937	5.456e-6	91.99	***

*** Probabilidad = <0.001

Diagrama de manejo de la densidad para el género *Pinus* en el ejido Pueblo Nuevo, Durango

La representación gráfica del Diagrama de Manejo de la Densidad se muestra en la Figura 3, donde la superposición de los elementos claves para el manejo forestal de un rodal, a través de isolíneas, permiten interpretar el comportamiento de una masa forestal, y facilita la toma de decisiones en el desarrollo silvícola; toma como primer opción el Índice de espaciamiento de *Hart-Becking* como base para el planteamiento de cortas, ya que este índice como se mencionó con anterioridad es independiente de la calidad de estación.

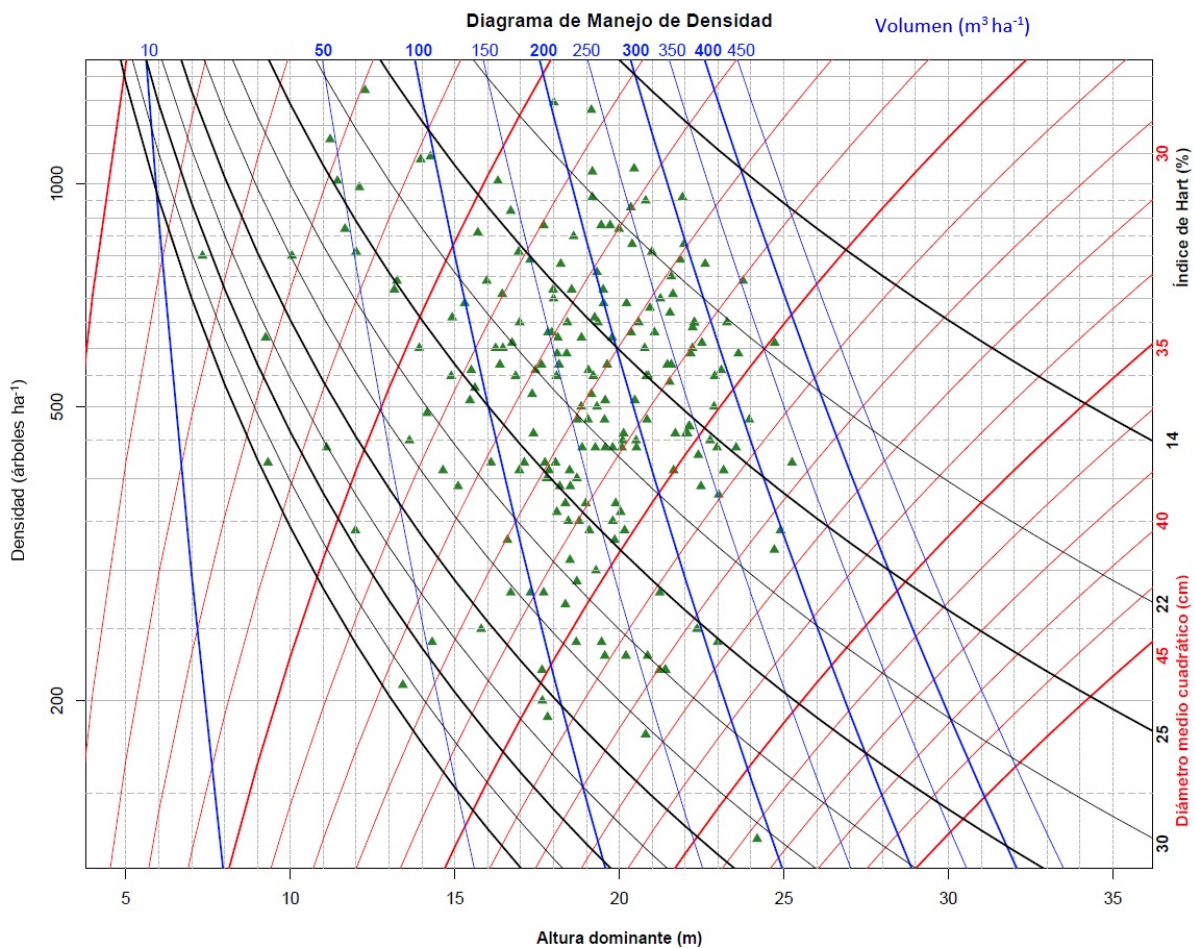


Figura. 2. Diagrama de manejo de densidad para el ejido Pueblo Nuevo, Durango.

Los parámetros obtenidos mediante el ajuste simultáneo de las ecuaciones fueron altamente significativos, lo que hace efectiva la toma de decisiones en el área de manejo al emplear el DMD como base en el esquema de cortas.

Aplicación práctica

El uso del DMD permite realizar la planeación de distintos esquemas de corta que mejor se ajusten al desarrollo del rodal, en este caso es obtener madera con buenas dimensiones para aserrío, con un diámetro medio cuadrático de 30 cm. En la Figura 4 se presenta de manera gráfica el esquema de cortas basado en el índice de *Hart-Becking* en forma de escalera ascendente y en el Cuadro 5 la tabla de producción derivada del diagrama, cuyo objetivo final es la corta para obtener 250 árboles por hectárea, mediante la realización de cortas cada 3 o 4 m, sin sobrepasar un nivel de espesura de 30 %.

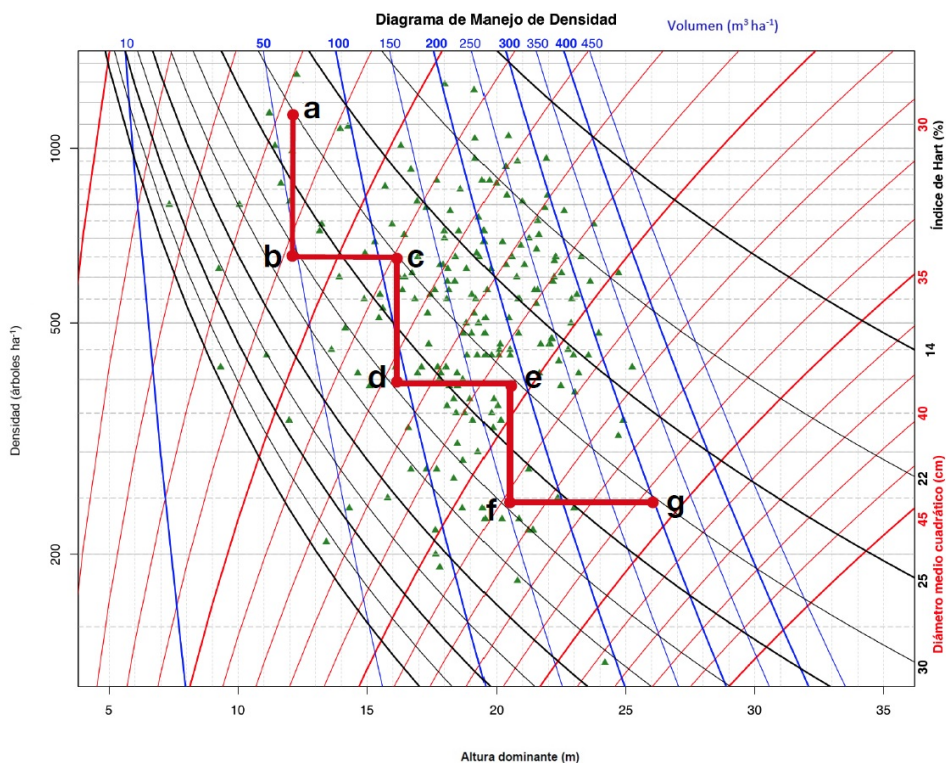


Figura 4. Esquema de cortas para la producción de madera para aserrío.

Cuadro 5. Esquema de cortas basado en el DMD.

Operación	H0	N		dg		V		IH
		Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	
Corta a-b	12.5	850	500	12.7	18.5	64.85	108.96	31
Corta b-c	17	500	320	18.5	25.3	108.96	154.60	30
Corta c-d	20	320	250	25.3	30.2	154.60	188.60	30
C. final g	23	250	-	30.2	-	188.60	-	30

El desarrollo de los Diagramas de Manejo de Densidad basados en el Índice de *Hart-Becking*, permite hacer la planeación silvícola para determinar las cortas y su intensidad de acuerdo al nivel de espaciamiento deseado, que eviten la existencia elevada de la mortalidad natural; así como una adecuada ocupación del terreno con base en lo concluido por Diéguez *et al.* (2009). Así, el usuario final puede planificar el esquema de cortas en función de dos factores que resultan de gran importancia: i) el objetivo de corta del rodal al final del turno; y ii) el nivel de espesura deseado para su manejo forestal.

De acuerdo con Corral-Rivas *et al.* (2015) y Escobedo (2014), quienes desarrollaron un DMD para masas de bosques naturales y plantearon un esquema de cortas basado en el Índice de densidad de *Reineke* (IDRR) o de máxima densidad, concluyen que el Índice de espesura oscila entre 25 a 30 %, lo que confirma la confiabilidad de usar solo el índice de *Hart-Becking* como base para el esquema de producción.

Conclusiones

El diagrama de manejo de densidad en forma gráfica es un soporte para la planificación de la densidad del género *Pinus*, cuyo objetivo de producción es la madera para aserrío en el ejido Pueblo Nuevo, Durango. Los modelos estáticos usados para el desarrollo del diagrama facilitaron la planificación de la productividad del área de manejo del ejido.

Los resultados confirman que la representación gráfica de un DMD puede modelizar la masa forestal de acuerdo a los diferentes objetivos de producción, a partir de la superposición de líneas que visualiza el esquema de desarrollo de un bosque natural.

La altura dominante que tienen los individuos junto con el Índice de *Hart-Becking*, como referencia del control adecuado de los niveles de competencia del rodal, son las principales variables en la determinación de las cortas, ya que permite al usuario fijar su propio esquema de evolución y proponer las intervenciones en los momentos oportunos para obtener madera con buenas dimensiones de aserrío.

Agradecimientos

Se agradece al Conacyt por el apoyo financiero otorgado a la primera autora para estudiar en el programa de Maestría en Ciencias forestales en la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución por autor

Fátima del Carmen Acevedo Benítez: trabajo de campo y elaboración del manuscrito; Marco Aurelio González Tagle: revisión del manuscrito y coordinación de las revisiones; Wibke Himmelsbach: revisión del manuscrito y análisis estadístico; Óscar Alberto Aguirre-Calderón: revisión del manuscrito y análisis estadístico; Javier Jiménez-Pérez: revisión del manuscrito.

Referencias

- Aguirre C., O. A. 2015. Manejo forestal en el siglo XX. *Madera y Bosques* 21 (número especial): 17-28. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61743003002> (6 de mayo de 2017).
- Barrio A., M. and J. G. Álvarez G. 2005. Development of a stand density management diagram for even-aged pedunculate oak stands and its use in designing thinning schedules. *Forestry* 78(3): 209-216. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpi033>.
- Castedo-Dorado, F., P. Álvarez-Álvarez, F. Crecente-Campo y M. Barrio-Anta. 2007. Consideración de la estabilidad de la masa en los diagramas de manejo de la densidad. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* 23:63-74.
- Castedo-Dorado, F., F. Crecente-Campo, P. Álvarez-Álvarez and M. Barrio-Anta. 2009. Development of a stand density management diagram for radiata pine stands including assessment of stand stability. *Forestry* 82(1): 1-16. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpm032>. (5 de junio de 2016).
- Corral-Rivas, S., J. G. Álvarez-González, J. J. Corral-Rivas, C. Wehenkel y C. A. López-Sánchez. 2015. Diagramas para el manejo de la densidad en bosques mixtos e irregulares de Durango, México. *Bosque* 36(3): 409-421. doi.org/10.4067/S0717-92002015000300008. (8 de agosto de 2016).

- Diéguez A., U., A Rojo A., F. Castedo D., J. G. Álvarez G., M. Barrio A., F. Crecente C. y F. Sánchez R. 2009. Herramientas selvícolas para la gestión forestal sostenible en Galicia, Lugo, España.
http://www.medioruralemar.xunta.es/fileadmin/arquivos/publicacions/herramientas_selvicolas.pdf (6 de septiembre de 2016).
- Escobedo S., A. S. 2014. Diagrama de manejo de densidad para rodales naturales del ejido El Largo, Chihuahua. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. pp. 1-43.
<http://eprints.uanl.mx/4294/1/1080253739.pdf> (17 de octubre de 2015).
- Food and Agriculture Organization of the United States (FAO). 2004. Estado y Tendencias de la Ordenación Forestal en 17 Países de América Latina por Consultores Forestales Asociados de Honduras (FORESTA). Documentos de Trabajo sobre Ordenación Forestal. Documento de Trabajo FM/26. Servicio de Desarrollo de Recursos Forestales, Dirección de Recursos Forestales, FAO. Roma, Italia.
<http://www.fao.org/docrep/008/j2628s/J2628S00.htm#TopOfPage> (25 de septiembre de 2015).
- Hernández R., J., J. J. García M., H. J. Muñoz F., X. García C., T. Sáenz R. C. Flores L. y A. Hernández R. 2013. Guía de densidad para manejo de bosques naturales de *Pinus teocote* Schlecht *et* Cham. en Hidalgo. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 4(19): 62-77.
- Newton, P. F. 2003. Stand density management decision-support program for simulating multiple thinning regimes within black spruce plantations. Agriculture 38: 45–53. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169902001072> (24 de septiembre de 2015).
- Pérez C., C., L. M. Rodríguez D., E. Fernández R., A. Merino y R. Rodríguez S. 2009. Diagramas de manejo de la densidad para plantaciones de *Eucalyptus nitens* Maid. en el norte de España con evaluación del carbono fijado en biomasa arbórea. *In*: Sociedad

Española de Ciencias Forestales (ed.). 5º. Congreso Forestal Español Montes y sociedad: saber qué hacer. 21 a 25 de septiembre. Castilla y León, Ávila, España. pp. 2–13. doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2 (2 de enero de 2017).

Pérez C., C., A. Merino and R. Rodríguez-S. 2011. A management tool for estimating bioenergy production and carbon sequestration in *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus nitens* grown as short rotation woody crops in north-west Spain. Biomass and Bioenergy 35(7): 2839–2851. doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.03.020 (2 de enero de 2017).

R Core Team. 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/> (25 de septiembre de 2015).

Statistical Analysis System (SAS). 2004. SAS/ETS® 9.1 User's guide. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA n/p.

Trujillo B., J. M. 2009. El ejido, símbolo de la revolución mexicana. Problemas sociales y regionales en América Latina: Estudio de Caso. 101 p. http://www.pa.gob.mx/publica/rev_58/analisis/el%20ejido%20Jorge%20Martin%200Trujillo%20Bautista.pdf (6 de octubre de 2016).