



Instituto Nacional de Bosques
Más bosques. Más vida

Diagrama de Densidad para el manejo de plantaciones de pino candelillo (*Pinus maximinoi* H.E. Moore) en Guatemala

Serie técnica DT-71(2025)





Instituto Nacional de Bosques
Más bosques. Más vida

REFERENCIAS:

Dirección de Desarrollo Forestal
7 avenida, 6-80, Zona 13
Ciudad de Guatemala, Guatemala,
Centro América
Teléfono: 2321-4600

Departamento de Investigación Forestal
7 avenida, 6-80, Zona 13
Ciudad de Guatemala, Guatemala,
Centro América
Teléfono: 2321-4600 y 2321-4608

Citar este documento como:

Instituto Nacional de Bosques -INAB-. 2024. Diagrama de Densidad para el manejo de plantaciones de pino candelillo (*Pinus maximinoi* H.E. Moore) en Guatemala. Guatemala. 24 p. SERIE TÉCNICA DT-71(2025)

Elaborado por:

Ing. Agr. Homero Javier Castañon
Encargado de -PPMF-
Departamento de Investigación Forestal
INAB, Guatemala.

Ing. Agr. José Luis Morán
Encargado de Investigación Forestal
Departamento de Investigación Forestal
INAB, Guatemala.

Coordinador:

Ing. Agr. María Floralalma Miguel Ros
Jefa de investigación Forestal
Departamento de Investigación
Forestal/INAB

Revisión y edición:

Ph D. Dagoberto Arias / TEC costa Rica
Lic. Mario René Salazar /INAB

Comité Editorial Institucional

Agradecimientos:

Especial agradecimiento al Ph. D. Dagoberto Arias del Instituto Tecnológico de Costa Rica por su asesoría en el proceso de construcción del Diagrama y a las direcciones regionales y subregionales del Instituto Nacional de Bosques, por la ardua labor profesional en la colecta de datos de campo para la actualización de la red de parcelas permanentes de medición forestal en plantaciones forestales.

Contenido

1. Introducción	7
2. Marco teórico	8
2.1 Densidad del rodal	8
2.1.1 Densidad Directa	8
2.1.2 Densidad Relativa	8
2.2 Diagramas de Manejo de Densidad	8
2.3 Función de densidad - tamaño de Reineke (1933)	9
2.3.1 Diámetro cuadrático promedio (Dq)	9
3. Metodología	10
3.1 Información base	10
3.2 Análisis de la información	10
3.3 Construcción del diagrama de densidad	11
3.4 Desarrollo y crecimiento de la especie en diferentes escenarios	11
4. Resultados y discusión	12
4.1 Análisis de la información	12
4.2 Construcción del diagrama densidad	14
4.3 Análisis de casos observados	15
4.4 Simulación de perfiles de raleo	18
5. Conclusión	21
6. Recomendaciones	21
7. Bibliografía	22

1. Introducción

El pino candelillo es una de las especies más utilizadas en las reforestaciones con fines industriales en Guatemala; se encuentra plantada principalmente en el Altiplano Central y la zona Norte del país y en la región de Las Verapaces de acuerdo al Instituto Nacional de Bosques (2012.) El crecimiento y desarrollo de la especie ha sido monitoreado por el INAB con la implementación de la Red de Parcelas Permanentes de Medición Forestal -PPMF- lo cual ha permitido generar información valiosa para el manejo de la especie.

Una de las actividades silvícolas de mayor importancia en las plantaciones forestales con fines comerciales o industriales son los tratamientos de corta intermedia “aclareos” o “raleos”, que se realizan con la finalidad de controlar la cantidad de árboles, su tamaño y la distribución espacial (Arias, [2004] y Tamarit-Urías et al, [2020]).

A nivel nacional la información disponible sobre los aclareos aún es limitada, lo que dificulta a los reforestadores tomar decisiones informadas para planificar los raleos de manera adecuada.

La densidad en términos absolutos expresa el número de árboles vivos, área basal o volumen de un rodal y se determina de manera directa; sin embargo, también puede expresarse en términos relativos mediante valores índice que determinan el nivel de densidad y competencia de un rodal; entre ellos, el índice de densidad de rodal -IDR- de Reineke (1933) que funciona como base para generar Diagramas de Manejo de Densidad -DMD- (Tamarit-Urías et al, 2020).

El presente documento contiene el proceso de formulación del Diagrama de Manejo de Densidad y el Índice de Densidad de Rodal para plantaciones forestales de pino candelillo (*Pinus maximinoi* H. E Moore.) para Guatemala, a partir de la información de plantaciones forestales monitoreadas a través de la Red de Parcelas Permanentes de Medición Forestal.

Para establecer el IDR de la especie se utilizaron 31 parcelas provenientes de rodales en condiciones de máxima competencia entre 6 y 27 años. Se estimó la densidad base de 905 árboles/Ha como IDR máximo para la especie a un diámetro de 25 cm. Se validó la pendiente de la recta $\beta = -1.5256$ para el modelo de Reineke; si bien el valor ajustado de la pendiente difiere con el valor teórico “ β ” sugerido por Reineke (-1.605) este se encuentra dentro del intervalo de confianza al 95% para *P. maximinoi*.

2. Marco teórico

2.1 Densidad del rodal

En un sitio forestal, este término se refiere al grado en que los árboles ocupan el espacio en un momento específico. Es una variable que, con un manejo adecuado, puede ayudar a predecir y mejorar ciertos atributos del rodal. Manipular la densidad tiene como objetivo influir positivamente en el establecimiento y desarrollo de las especies de interés, mejorar la calidad de la madera, y aumentar tanto la tasa de crecimiento en diámetro como la producción de volumen maderable (Daniel et al., 1979; Clutter et al., 1983).

Arias, (2004), y Tamarit-Urías et al, (2020), mencionan que el control de la densidad está en función de la especie, los objetivos de la plantación y la calidad del sitio. La densidad es el factor más importante, que el silvicultor puede manipular, para influir en el desarrollo de las especies forestales de interés; mejorar la calidad de la madera, la tasa de crecimiento en diámetro e incidir en la producción del volumen maderable al redistribuir el potencial de crecimiento entre los individuos remanentes (Daniel et al., 1979; Pretzsch, [2009] citados por Rodríguez et al, [2009]).

2.1.1 Densidad Directa

La densidad directa se refiere a la cantidad de árboles u otras medidas de biomasa por unidad de área, como el número de árboles por hectárea, el área basal, o el volumen de madera. Esta medida es absoluta y se calcula sin hacer referencia a otro rodal.

2.1.2 Densidad Relativa

La densidad relativa, por otro lado, evalúa cuán lleno está un rodal en comparación con su capacidad máxima de ocupación. Utiliza índices para representar el nivel de competencia. Estos índices permiten comparar la densidad actual con un estándar o con la densidad máxima que el rodal podría alcanzar según su especie, edad y condiciones del sitio.

2.2 Diagramas de Manejo de Densidad

Son modelos promedio del rodal que caracterizan gráficamente el rendimiento, la densidad y mortalidad en varios estados de desarrollo. Los Diagramas de Manejo de la Densidad constituyen una herramienta valiosa para la planeación de regímenes de tratamientos silviculturales que garanticen una óptima ocupación del sitio, y orientan las acciones silviculturales para posicionar los rodales en valores de densidad o niveles de competencia de acuerdo con los objetivos de producción propuestos (Shaw y Long 2007).

También se puede decir que los Diagramas de Manejo de la Densidad (DMD) son modelos gráficos de la dinámica de rodales coetaneos a diferentes edades que reflejan la relación entre tamaño, densidad, competencia, ocupación del sitio y autorraleo; lo que permite la planificación de raleos mediante la definición de un rodal meta y los límites superior e inferior de ocupación del sitio.

2.3 Función de densidad - tamaño de Reineke (1933)

Es una relación de tipo potencial expresada como el número de árboles por hectárea de un rodal (N), y el tamaño de los individuos, dado por el diámetro cuadrático promedio (Dq).

Ecuación 1

$$N = \alpha Dq^\beta$$

Siendo:

N= número de árboles por hectárea.

Dq= diámetro cuadrático

α = Parámetro del intercepto

β = Parámetro de la pendiente (teórico o definido por especie).

Tamarit-Urias et al, (2020) y Arias (2004) que estudiaron los IDR, resaltan la importancia de estimar valores en el intercepto y la pendiente del modelo de Reineke particulares para cada especie y por condiciones climáticas y edafológicas. Dadas las características fisiográficas de cada región, así como los hábitos y la tasa de crecimiento de las especies.

2.3.1 Diámetro cuadrático promedio (Dq)

Es el diámetro del árbol con el área basal promedio del rodal (AB, m² ha⁻¹). se calcula con la expresión (2).

$$Dq = \sqrt{\left(\frac{40,000}{\pi}\right) * (AB/N)}$$

Siendo:

π = Constante 3.1416

40,000 = Se usa para expresar el AB en m² cuando el diámetro normal está expresado en cm

AB = Área basal del arbol

N = Número de árboles ha⁻¹

3. Metodología

De acuerdo con McCarter y Long (1986) citados por Arias (2004); el Índice de Densidad del Rodal -IDR-, expresa en forma matemática la relación existente entre el tamaño de los árboles y la densidad del rodal. Para obtener el diagrama de densidad, se procedió a calcular el IDR máximo, atendiendo a la metodología siguiente:

3.1 Información base

La Información utilizada proviene de la Red de Parcelas Permanentes de Medición Forestal en plantaciones forestales ubicadas en el área de distribución natural de *P. maximinoi*. El INAB cuenta con una metodología estandarizada para el establecimiento y remediación de las parcelas que cuentan con unidades de 500 m² y 1,000 m². En cada sitio de muestreo, todos y cada uno de los árboles fueron medidos en su diámetro normal, el cual se registró en centímetros, con una cinta diamétrica, también se contabilizó y registró el número de individuos por sitio. A partir de esta información se generó una base de datos y se proyectaron a nivel de hectárea las variables dasométricas del rodal: densidad o número de árboles (Na), área basal (AB) y el diámetro cuadrático (Dq)

De todas las parcelas disponibles fueron seleccionadas aquellas ubicadas en rodales con densidad y competencia extremas. Siguiendo la metodología recomendada por Tamarit-Urías et al, (2020) y Arias (2004).

3.2 Análisis de la información

Con el modelo de Reineke (ecuación 1) y siguiendo la recomendación de Tamarit-Urías et al, (2020) para reducción de la heterocedasticidad, se realizó el ajuste que muestra la relación existente entre el número de árboles por hectárea y el diámetro cuadrático y que permite definir la línea de auto raleo (IDR máximo) con el modelo en su forma lineal (ecuación 2).

Ecuación 2

$$\log_{10}N = \alpha - \beta * \log_{10}(Dq)$$

El ajuste se realizó con apoyo del software estadístico R studio y la utilización del método de regresión por mínimos cuadrados ordinarios, se procedió a validar la pendiente (β = parámetro) para *P. maximinoi* en Guatemala, y se comparó con el valor teórico “ β ” sugerido por Reineke (-1.605) Arias (2004) y Tamarit-Urías et al, (2020).

Con el valor de “ β ” ajustado para *P. maximinoi*, se calcularon los valores de Índice de densidad del rodal -IDR- para las parcelas seleccionadas, a través de la ecuación (1), con los IDR calculados se definió el IDR máximo de la especie (Arias, 2004) y (Tamarit-Urías et al, 2020).

3.3 Construcción del Diagrama de Densidad

Con el ajuste y el IDR máximo definido se procedió a definir la línea de densidad máxima (límite superior del autoaclareo) esta se delimitó en el extremo superior de la nube de datos observados, ya que es ahí en donde se presenta la densidad y competencia extrema; y por tanto, la mortandad de individuos. Esta representa la línea A o de 100 % (densidad máxima promedio).

Posteriormente, se definieron las diferentes zonas de densidad con los lineamientos sugeridos por Arias (2004) y (Tamarit-Urías et al, 2020). Utilizando los parámetros del modelo estimados en el análisis y el IDR máximo se calcularon las diferentes zonas (30% a 65%).

- **Zona 1** (*Zona de subutilización del sitio*): la densidad; dentro de esta zona es baja y los árboles crecen en forma aislada. El crecimiento por árbol es máximo (límite inferior 30%)
- **Zona 2** (*Zona de transición*): a medida que se mantiene o aumenta la densidad. El crecimiento del árbol empieza a disminuir; el manejo de rodales dentro de esta zona permite concentrar la producción de madera en los fustes (límite inferior 50%).
- **Zona 3** (*Zona de máximo crecimiento por hectárea*): el crecimiento por individuo va en disminución conforme se mantiene la densidad, mientras que el crecimiento por hectárea alcanza su máximo. El manejo de rodales dentro de esta zona permite maximizar la producción de madera para pulpa y biomasa (límite inferior 65%).
- **Zona 4** (*Zona de auto raleo*): el crecimiento por árbol y por hectárea disminuye a medida que se incrementa la competencia. Rodales dentro de esta zona están sometidos a una competencia intensa (IDR_{máx.}) se espera la mortalidad de árboles por efecto de la competencia.

3.4 Desarrollo y crecimiento de la especie en diferentes escenarios

Para evaluar el diagrama de densidad en conjunto con el desarrollo y crecimiento de la especie, se realizó un análisis de sitios monitoreados en la red de parcelas; así establecer la comparación de parcelas ubicadas en categorías de índices de sitio a través de los perfiles de raleo, con el propósito de evidenciar la importancia del manejo de densidades para el desarrollo y productividad de las plantaciones.

4.1 Análisis de la información

Del total de parcelas monitoreadas a nivel nacional, el 34% se encuentran en condición de máxima competencia, como resultado de la selección de estas parcelas se cuentan con 31 unidades de muestreo (tabla 1).

Tabla 1. Parcelas en condiciones de máxima competencia.

Subregión	Departamento	Municipio	No. Sitios	No. mediciones
II-1, Santa Cruz Verapaz	Alta Verapaz	Tamahú	2	8
II-2, Rabinal	Baja Verapaz	El Chól	2	32
		Granados	3	8
II-3, Cobán	Alta Verapaz	Cobán	4	5
		San Pedro Carchá	6	9
II-4, San Jerónimo	Baja Verapaz	San Jerónimo	1	3
		Salamá	2	3
III-4, El Progreso	El Progreso	Morazán	7	53
V-2, Chimaltenango	Chimaltenango	San Martín Jilotepeque	1	3
VI-4, Sololá	Sololá	San Andrés Semetabaj	1	5
VII-3, Uspantan	Quiche	Chicaman	2	2
			31	131

De las 31 parcelas en máxima competencia se cuentan con 131 mediciones o pares de observaciones que corresponden a el número de árboles por hectárea y el diámetro cuadrático promedio de la parcela, información utilizada para el ajuste (tabla 2).

Tabla 2. Estadísticas descriptivas de las parcelas en máxima competencia

Variable	n	Media	D. E.	CV	Min	Max
Na	131	1035.72	289.1	0.073	420	1620
Dq	131	23.78	4.3514	0.7388	15.83	37.07
AB	131	43.24	6.9207	0.5548	31.6	62.4

Nota: Na: número de arboles

Para el ajuste de este grupo de parcelas se obtuvieron las siguientes estimaciones: el Dq explicó 86.56% ($R^2 = 0.86$) de la variación en el número de árboles por hectárea, con un error medio cuadrático (RMSE) de 0.0587 y parámetros significativos a 95 % de confiabilidad ($\alpha < 0.0001$). La ecuación resultante es la siguiente:

Ecuación 3

$$\log_{10}N = 5.0806 - 1.5217 * \log_{10}(Dq)$$

La pendiente de la recta $\beta = -1.5256$ presenta un intervalo de confianza del 95% con límite inferior de -1.3840 y superior de -1.6678; si bien el valor ajustado de la pendiente difiere con el valor teórico “ β ” sugerido por Reineke (-1.605) este se encuentra dentro del intervalo de confianza obtenido para *P. maximilionii*, esto nos permite afirmar que no existe una diferencia estadística entre el valor teórico y el ajustado, sin embargo, valor ajustado es la base para el análisis y construcción de la guía de densidad.

Con los parámetros ajustados se procedió a estimar el IDR máximo, al considerar el valor del Dq de referencia (25 cm) se estimó un IDR de 905. Este representa el número máximo de árboles que puede sostener un rodal coetáneo en condiciones específicas a los 25 cm. Comparando el resultado con otros estudios para el manejo de plantaciones en otros países; en México Tamarit-Urías et al., (2018) estimaron un IDR de 1078 para *Pinus patula*, Cuevas et al., (1996) estimaron un valor de 767 para caoba, en Costa Rica Arias (2004) estimó un valor de 1053 para teca, siempre a un Dq de referencia de 25 cm.

A partir de la ecuación para estimar el IDR, y el valor de IDR (905) estimado, como lo indica Arias (2004) se pueden despejar dos ecuaciones muy útiles para la planificación de raleos y la construcción del diagrama de densidad:

Ecuación 4

$$N = IDR * \left(\frac{25}{d}\right)^{1.5256}$$

Ecuación 5

$$d = 25 * \left(\frac{IDR}{N}\right)^{1/1.5256}$$

Siendo:

N= número de árboles por hectárea.

d= diámetro promedio

IDR= Índice de densidad

4.2 Construcción del Diagrama Densidad

Las densidades máximas promedio se determinaron proporcionalmente con los valores de las líneas para los diversos porcentajes de densidad de Reineke con los valores ajustados, estas fueron la base para construir el resto de las isolíneas de la guía de densidad que definen las zonas sugeridas por Arias (2004).

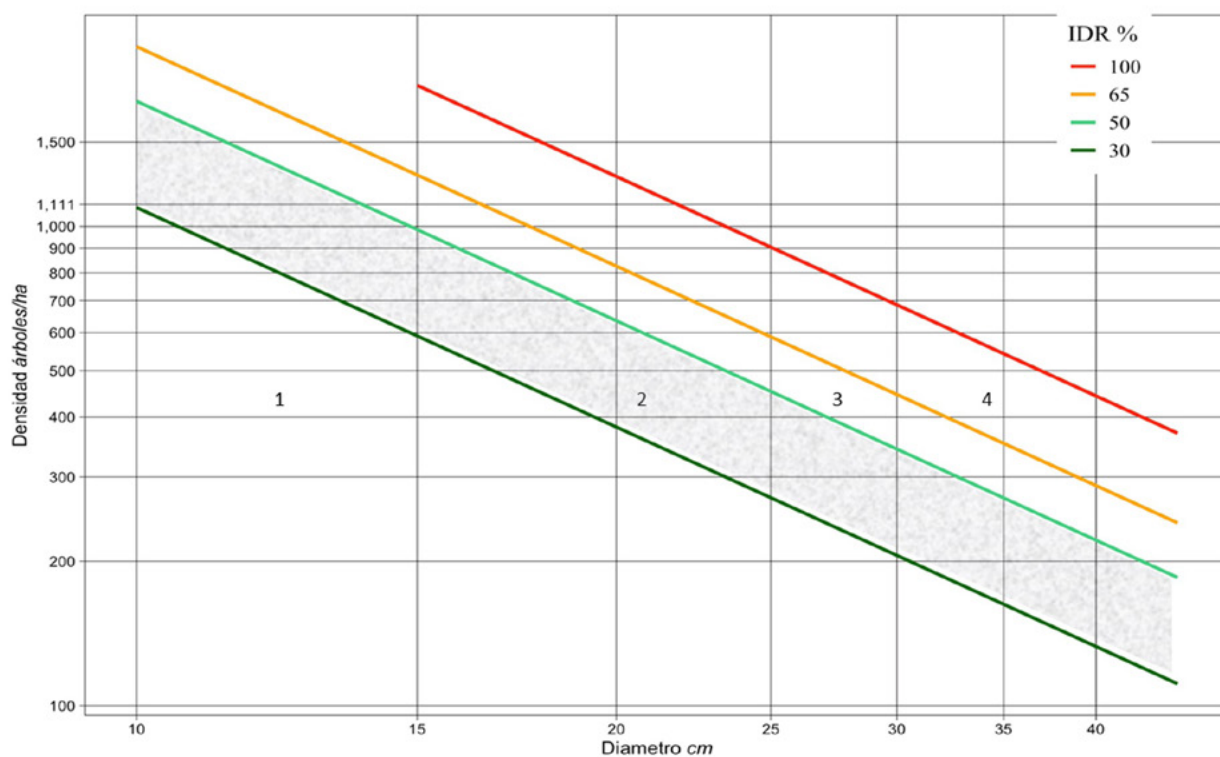
Para el límite inferior de la zona 2, que corresponde a la zona destinada a concentrar la producción de madera en los fustes, se definió un IDR de 453 árboles (50%) que según Tamarit-Urías et al, (2020) los porcentajes pueden cambiar de manera que se logre la condición de ocupación del sitio; además, de incorporar el factor de cobertura completa de copas. Este porcentaje tiene como objetivo generar escenarios de raleos y tener amplio margen de gestión de la densidad y asegurar que el producto obtenido de los raleos aplicados tenga dimensiones económicamente rentables.

En la tabla 3 se muestran el número de árboles máximo por clase diamétrica y porcentaje de IDR.

Tabla 3. Índices de densidad calculados con el modelo de Reineke para delimitar las zonas de competencia en la guía de densidad de *P. maximinoi*.

Dq	IDR			
	100 %	65 %	50 %	30 %
10	3,649	2,372	1,825	1,095
15	1,969	1,280	984	591
20	1,271	826	635	381
25	905	588	453	272
30	686	446	343	206
35	542	353	271	163
40	443	288	221	133
45	370	240	185	111

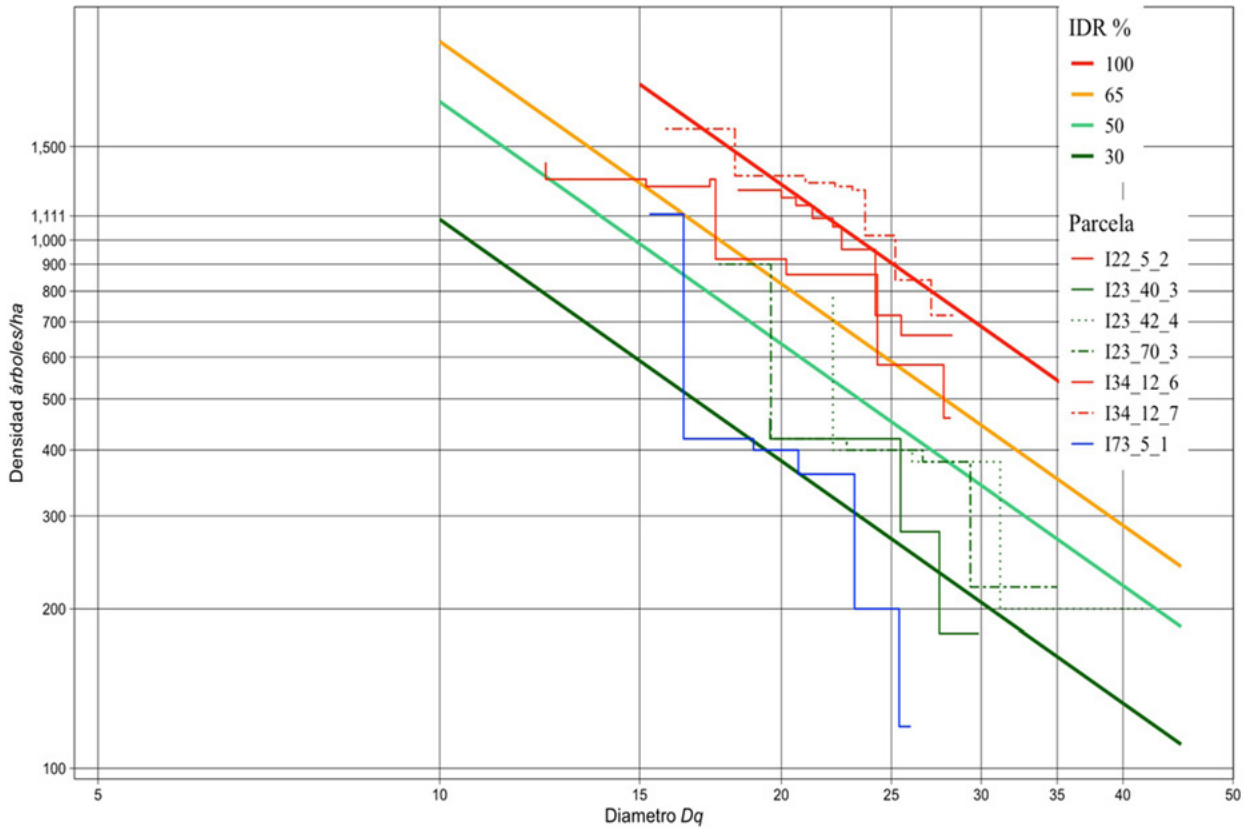
Figura 1. Diagrama para el Manejo de la Densidad -DMD- en plantaciones forestales de *P. maximinoi*.



4.3 Análisis de casos observados

Con el propósito de validar el DMD, principalmente los límites de las zonas, se analizaron las condiciones de densidad, desarrollo y crecimiento de la especie en parcelas monitoreadas en la Red de PPMF, se incluyeron tanto sitios con evidencia de manejo (raleos) como sitios sin manejo, los resultados muestran tres índices de densidad en el diagrama (Figura 2):

Figura 2. Casos observados por zona de densidad.



Nota. sitios en zona 1: azul; sitios en zona 2: verde; sitios en zona 4: rojo.

Los sitios con intensidades de raleo muy altas ubicados en subutilización o zona 1 (IDR 35%) del diagrama; sitios con raleos e intensidades oportunas, ubicados en la zona 2 (IDR 50%) que corresponde a condiciones óptimas de densidad. Es importante resaltar que los sitios de la zona 3 (IDR 65%) recibieron el primer raleo entre edades de 7-9 años, lo que considera un raleo tardío, debido a que en esta zona la tasa de crecimiento por individuo disminuye mientras la densidad se mantiene; por último sitios sin manejo situados en la zona 4 (IDR 100%), que corresponde a la zona de auto raleo o máxima competencia.

El cuadro 2 incluye la información dasométrica de los sitios observados en el diagrama; se puede observar la importancia del manejo de la densidad en el crecimiento en diámetro; los sitios ubicados cercanos a la zona 2, presentan los mejores incrementos promedios en DAP con 2.4 cm/año; en comparación con los sitios ubicados en la zona 4 con incrementos promedio en DAP de 1.5 cm/año; en el otro extremo se encuentran los sitios en subutilización o zona 1 con incrementos promedios en DAP de 1.42 cm/año.

En cuanto a la edad o turno para obtener diámetros de aserrío; podemos observar que los sitios ubicados en la zona 2, alcanzaron un diámetro promedio de 30 cm entre los 10 y 14 años; por otro lado, los sitios ubicados en la zona 1 y 4, alcanzan el diámetro promedio de 30 cm a edades entre 19 – 23 años; esto refleja la importancia del correcto manejo de densidades para optimizar el crecimiento, desarrollo y productividad de las plantaciones; con lo que se valida que las zonas propuestas en el diagrama responden a las necesidades ecológicas de raleo para la especie.

Tabla 4. Casos observados por zona de densidad.

Zona de densidad	parcela	edad (años)	N (ejes/ha)	Intensidad de raleo	IMA DAP	DAP	
Transición (zona 2)	I23_40_3	9.1	460	59%	2.2	19.5	
	I23_40_3	11.2	280	39%	2.5	27.5	
	I23_40_3	14.2	180	36%	2.5	29.9	
	I23_42_4	8.8	780	30%	2.5	22.2	
	I23_42_4	10.3	400	49%	2.5	26.1	
	I23_42_4	17.3	200	50%	2.1	37	
	I23_70_3	7.5	900	19%	2.3	21.9	
	I23_70_3	9.4	420	53%	2.4	22.8	
	I23_70_3	15.4	220	48%	2.3	35	
zona de autoraleo (zona 3 y 4)	I34_12_7	10.3	1620	0%	1.7	17.1	
	I34_12_7	12.6	1320	19%	1.7	21	
	I34_12_7	14.7	1260	5%	1.4	22.3	
	I34_12_7	16.8	1020	19%	1.5	25.2	
	I34_12_7	18.8	840	18%	1.4	27.1	
	I34_12_7	19.7	720	14%	1.4	28.5	
	I34_12_6	10.3	1240	23%	1.8	18.3	
	I34_12_6	12.6	1200	3%	1.6	20.6	
	I34_12_6	14.7	1100	8%	1.5	22.2	
	I34_12_6	16.8	960	13%	1.4	24.2	
	I34_12_6	18.8	720	25%	1.4	25.5	
	I34_12_6	20.6	660	8%	1.4	28.3	
	I22_5_2	10.6	1400	13%	1.2	12.4	
	I22_5_2	12.6	1300	7%	1.2	15.2	
	I22_5_2	15.3	920	29%	1.3	20.2	
	I22_5_2	16.5	860	7%	1.3	21.1	
	I22_5_2	21.3	580	33%	1.3	26.7	
	I22_5_2	23.3	460	21%	1.2	28.2	
	zona de subutilización (zona 4)	I73_5_1	9.1	1120	0%	1.7	15.3
		I73_5_1	11.2	420	63%	1.7	18.9
I73_5_1		13.2	360	14%	1.6	21.6	
I73_5_1		15.3	200	44%	1.7	25.4	
I73_5_1		19.1	120	40%	1.4	26	

4.4 Simulación de perfiles de raleo

Con el objetivo de ejemplificar casos prácticos para el uso del diagrama, se realizó la simulación de dos perfiles de raleo; para ello el rodal debe alcanzar el diámetro promedio hasta llegar al máximo crecimiento de la zona 2 de 30 a 50 % del IDR.

El primer escenario en la Figura 3; se ejemplifica un perfil de raleo donde la densidad inicial es de 1,111 árboles/ha con un diámetro cuadrático promedio (Dq) de 5 cm, el primer raleo (1) se aplica cuando el Dq = 14 cm, en el límite del 50 % de IDR, se opta por reducir la densidad a 667 árboles/ha, con una intensidad de corta de 40% para llevar al rodal levemente abajo de la línea de 30% de IDR, luego el Dq sigue en aumento hasta llegar nuevamente al límite superior de la zona 2, donde se aplica un segundo raleo con la misma intensidad de 40 % para reducir la densidad a 399 árboles/ha; nuevamente el Dq sigue en aumento hasta llegar a un Dq = 27 cm, donde se aplica el tercer y último raleo para llevar el rodal nuevamente al límite inferior de la zona 2 (30% IDR).

El segundo escenario, ejemplifica un perfil donde el distanciamiento de la plantación es de 3.5 m x 3.5 m; para una densidad inicial de 817 árboles/ha; para la simulación se sigue el mismo régimen de mantener el rodal en la zona 2, que es la zona donde se recomienda mantener la a densidad de las plantaciones.

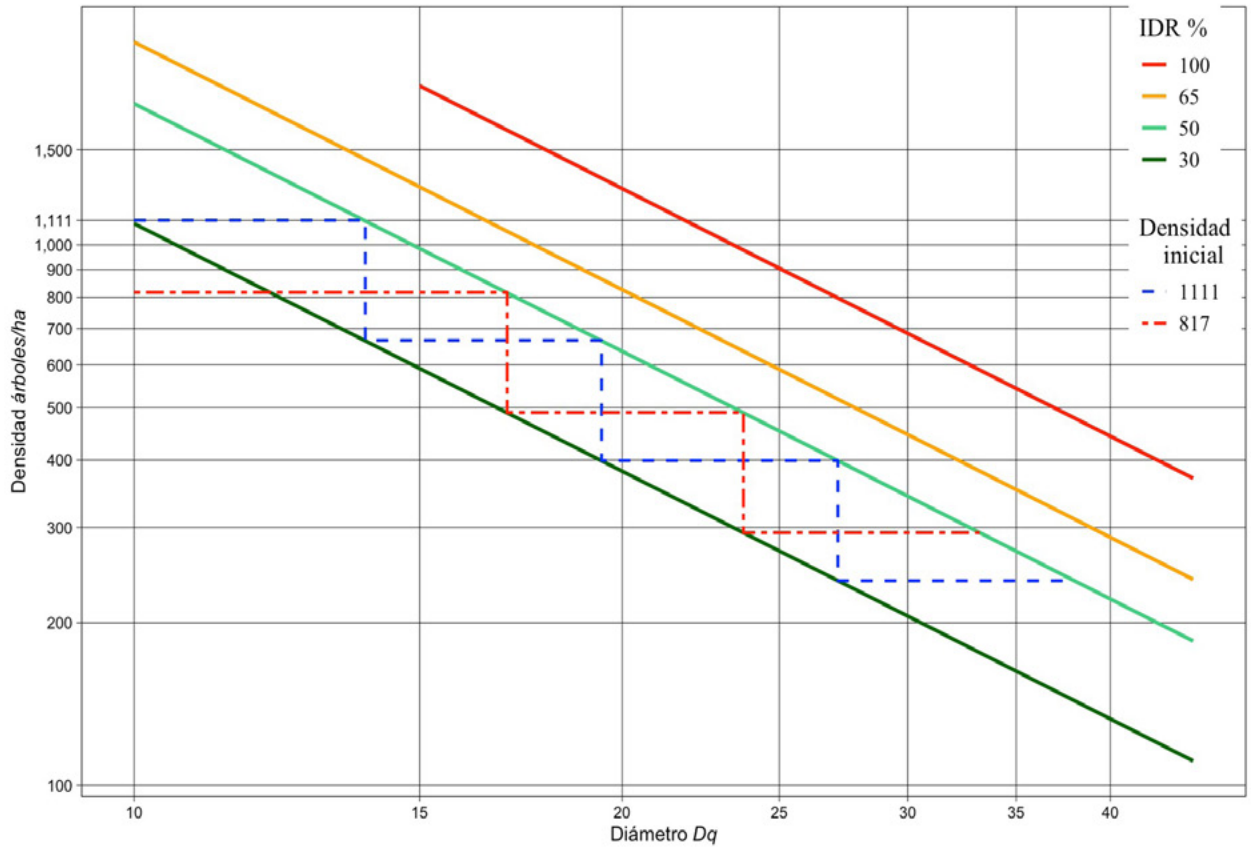
Tabla 5. Perfil de raleo 1

N (árboles/ha)	Dq (cm)	Intensidad de raleo
1111	14	40%
667	19	40%
399	27	40%
239		

Tabla 6. Perfil de raleo 2

N (árboles/ha)	DAP (cm)	Intensidad de raleo
817	17	40%
490	24	40%
293		

Figura 3. Perfiles de raleo.



5. Conclusión

Se espera que el Diagrama de Densidad del Rodal y el IDR máximo estimado de 905 para *Pinus maximinoi* en Guatemala, pueda constituirse en una guía de manejo de densidad que facilite al silvicultor la toma de decisiones para el manejo de las plantaciones; con ello cumplir con los objetivos de suplir a la población producto forestal en cantidad y calidades deseados; a la vez, demostrar que el sector forestal constituye una actividad económicamente rentable para el país.

6. Recomendaciones

Es importante identificar el punto de cierre de copas, como un complemento a la aplicabilidad del Diagrama de Densidad del Rodal; si aún existe posibilidad de crecimiento, lo recomendable es dejar crecer el rodal hasta que las copas empiecen a cerrar.

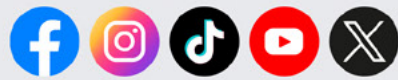
Por otro lado, complementar el uso del DMD con los modelos de crecimiento para *Pinus maximinoi* incluidos en el paquete tecnológico de la especie de pino candelillo INAB (2019), con el propósito de estimar la edad a la que se alcanza cierto valor de Dq .

Se recomienda simular diferentes escenarios de raleo y seleccionar el más adecuado según los objetivos de producción.

7. Bibliografía

- Arias, D. (2004). Validación del Índice de Densidad del Rodal para el manejo de plantaciones forestales de *Tectona grandis* L.f. en el trópico. Kuru, 7 p. Obtenido de <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/593/518>
- CATIE. 2012. La red de parcelas permanentes de medición forestal en plantaciones, bosque natural latifoliado y de coníferas en Guatemala. Guatemala. 49 p.
- García Cuevas, X., Parraguirre Lezama C., Ramírez Maldonado H. (1996). Guía de densidad para manejo de plantaciones de *Swietenia macrophylla* King. (Caoba). Revista Ciencia Forestal de México, 21, (80), 79-85. <https://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/989/2282>
- Instituto Nacional de Bosques. (2012). Crecimiento y Productividad de Plantaciones Forestales de Pino Candelillo. Guatemala. p. 24.
- Instituto Nacional de Bosques. (2019). Paquete Tecnológico Forestal para Pino Candelillo *Pinus maximinoi* H.E. Moore versión 1.0. Guatemala, Departamento de Investigación Forestal. 78 p. (Serie técnica DT-033-2019).
- Instituto Nacional de Bosques. (2017). Pino Candelillo (*Pinus maximinoi* H.E. Moore); paquete tecnológico forestal. Guatemala, INAB. 37 p.
- Rodriguez Laguna, R., Razo Zárate, R., & Díaz Hernández, D. (marzo de 2009). Guía de densidad para *Pinus montezumae* en su area de distribución natural en el estado de Hidalgo. Hidalgo, Mexico. Obtenido de https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/icap/LI_IntGenAmb/Rodri_Laguna/1.pdf
- Tamarit-Urias, J. C., Quiñonez-Barraza, G., & Hernández-Ramos, J. (2020). Aspectos metodológicos para generar diagramas de manejo de la densidad de rodales con base en el índice de Reineke. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 11, (61), 4-26p. doi:<https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i61.728>
- Tamarit-Urias, J. C., Quiñonez-Barraza, G., Santos Posadas H. M., Castañeda-Mendoza A., Santiago-García W. (2018). Diagrama para manejo de la densidad en rodales de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. & Cham. en Puebla, México. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 10, (51), 157 – 181 p. DOI:<https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i51.223>

¡Síguenos!



www.inab.gob.gt



¡La calidad la hacemos todos!