



# Divulgación técnica

Departamento de Investigación Forestal

## Manejo de densidad del rodal: Método del Índice del Rodal o Diagrama de Manejo de Densidad

### Introducción

Para el manejo de plantaciones forestales una de las actividades silvícolas de mayor importancia 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 (densidad). 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).

Por lo anterior, es necesario disponer de herramientas cuantitativas que permitan al silvicultor tomar decisiones para el manejo de la densidad y controlar la competencia mediante los aclareos (Tamarit-Urias et al, 2020).

La densidad se puede expresar y evaluar en términos absolutos por unidad de superficie (número de árboles vivos, área basal o volumen), en cuyo caso la determinación es directa y sin referencia de algún otro rodal; también, puede analizarse 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-Urias et al, 2020).



## Índice de Densidad del Rodal

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

### Materiales y Métodos

- Información base:

Información de parcelas permanentes y/o parcelas temporales para obtener datos de la densidad -N- (árboles/ha), diámetro a la altura del pecho -DAP- (cm), área basal (m<sup>2</sup>/ha); según Arias (2004) y Tamarit-Urías et al, (2020) estas deben estar ubicadas en rodales con densidad y competencia extremas.

- Análisis de la información

Es necesario construir el diagrama de densidad, que muestra la relación existente entre el número de árboles por hectárea y el diámetro cuadrático. Para definir la línea de auto raleo (IDR máximo) se utiliza el modelo de Reineke (ecuación 1).

*Ecuación 1.*

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

Siendo:

N= número de árboles por hectárea.

Dq= DAP cuadrático

$\alpha$  = Parámetro del intercepto

$\beta$  = Parámetro de la pendiente (teórico o definido por especie).

Según (Tamarit-Urías et al, 2020) por facilidad de ajuste y reducción de la heterocedasticidad, el modelo de Reineke se usa en su forma lineal mediante logaritmos ( $\ln$ ) (ecuación 2)

*Ecuación 2.*

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

Con apoyo de softwares estadísticos (SAS, *Infostat*, *R studio*, entre otros) y la utilización de método de regresión, es posible validar la pendiente ( $\beta$  = parámetro) por especie, a través de la ecuación (2) y determinar si existe diferencia con el valor teórico " $\beta$ " sugerido por Reineke (-1.605) Arias (2004) y Tamarit-Urías et al, (2020).

Con el valor de la pendiente establecida se calculan los valores de IDR, a través de la ecuación (1) para las parcelas seleccionadas y mediante el promedio se define el IDR máximo de la especie de interés (Arias, 2004) y (Tamarit-Urías et al, 2020).

Posteriormente, se definen las diferentes zonas de densidad con los lineamientos sugeridos por Langsaeter (1941) y Long (1985) citados por Arias (2004).

- **Zona 1** (Zona de subutilización del sitio): la densidad del rodal dentro de esta zona es baja y los árboles crecen en forma aislada. El crecimiento por árbol es máximo.
- **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.



• **Zona 3** (Zona de máximo crecimiento por hectárea): el crecimiento por individuo va en disminución conforme se mantiene o aumenta 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.

• **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 (IDRmáx.) se espera la mortalidad de árboles por efecto de la competencia.

Cada una de las zonas descritas anteriormente pueden identificarse en el diagrama para el control de la densidad del rodal Figura. 1.

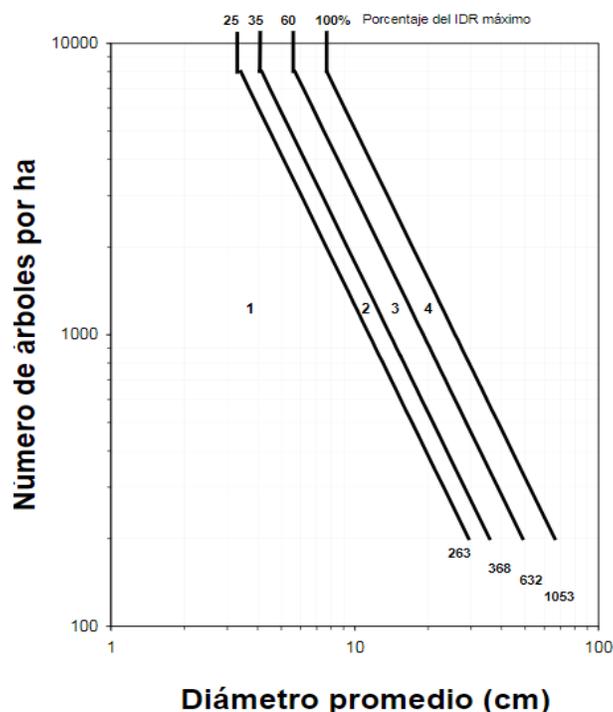
### Estudio de caso aplicado a plantaciones de *Tectona grandis*

Arias, (2004) propone un IDR para teca en la investigación titulada **Validación del Índice de Densidad del Rodal para el manejo de plantaciones forestales de *Tectona grandis* L.f. en el trópico.** Como resultado de la investigación se obtuvo un IDR máximo para teca de 1053, además de la ecuación (3) con los parámetros ajustados para teca, la línea máxima de densidad y su respectivo DMD (Figura 1).

Ecuación 3.

$$\log_{10}N = 5.4166 - 1.7126 \cdot \log_{10}(d),$$

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



Nota: Zonas de densidad , Arias (2004)



### Ejemplo de aplicación para utilizar el DMD sugerido por Arias (2004)

En una plantación de Teca en Retalhuleu se han monitoreado Parcelas Permanentes, para la medición realizada en 2015, la plantación presenta un promedio de 620 arb/ha, y 22 cm de DAP (línea 2015, Figura 2) ubicándose cerca del límite inferior de la Zona 3, de acuerdo al estudio, las plantaciones forestales con el objetivo de producir madera para aserrío deberían mantenerse siempre en este límite inferior.

Para la medición realizada en el 2022 la misma plantación mantiene una densidad de 620 arb/ha y un promedio de 31.5 cm de DAP (línea 2022, Figura 2) ubicándose en la Zona 4, en una situación de competencia extrema y necesidad de raleo.

Arias (2004) menciona que a partir de la ecuación para estimar el IDR, se pueden despejar otras ecuaciones que resultan muy útiles para la planificación de raleos.

Ecuación 4. 
$$N = IDR * (25/d)^{1,7126}$$

Ecuación 5. 
$$d = 25 * (IDR/N)^{0,5839}$$

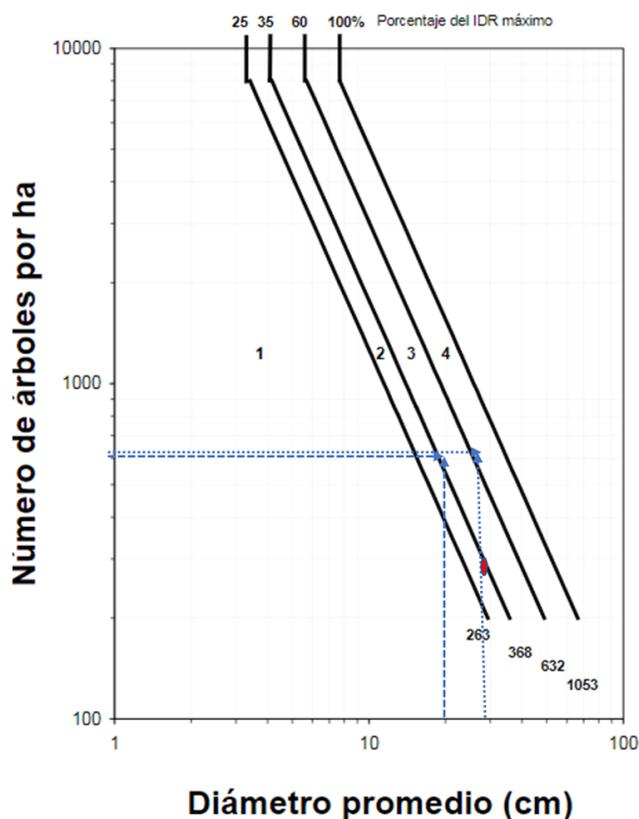
Sustituyendo el DAP del ejemplo (medición 2022), en la ecuación 4 es posible conocer el número de árboles por hectárea (N) que debería presentar la plantación, para el IDR se sustituye el valor del límite inferior de la zona 3, que corresponde a 368 arb/ha (35% IDR). Lo que da como resultado 248 arb/ha que corresponde a una intensidad de raleo del 60% sobre la densidad actual (620 arb/ha).

Ecuación 4.

$$N = 368 * (25/31.5)^{1,7126} = 248 \text{ arb/ha}$$

Figura 2.

Ejemplo de aplicación del Diagrama para el Manejo de la Densidad -DMD- en plantaciones forestales de *Tectona grandis*



Nota: modificado de Figura 2 Arias (2004).

Nota: Arias (2004)



Instituto Nacional de Bosques  
Más bosques. Más vida



## Conclusiones y Recomendaciones

- Para el estudio de caso, Arias (2004), recomienda que los “valores generados para el diagrama de densidad de la especie de Teca podrían ser utilizados también en el ámbito centroamericano”
- El IDR o DMD representa una oportunidad para aumentar la productividad de las plantaciones forestales, con el manejo silvicultural basado en datos cuantitativos.
- Con el monitoreo e información periódica y confiable de parcelas permanentes en plantaciones forestales es posible generar DMD para otras especies en el ámbito nacional.

## 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>
- Rodriguez Laguna, R., Razo Zárate, R., & Díaz Hernández, D. (Marzo de 2009). Guía de densidad para *Pinus montezumae* en su área 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](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, 26 p. doi:<https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i61.728>

Bibliografía citada disponible para consulta en el Centro de Información Forestal



[investigacion.forestal@inab.gobb.gt](mailto:investigacion.forestal@inab.gobb.gt)



**CINFOR-WEB**  
CENTRO DE INFORMACIÓN  
FORESTAL