



Foto: Cecilia Rachid

INTRODUCCIÓN AL USO DEL ÍNDICE DE DENSIDAD RELATIVA PARA EL MANEJO POBLACIONAL DE PLANTACIONES DE PINOS Y EUCALIPTOS PARA USOS SÓLIDOS

Ing. Agr. PhD. Cecilia Rachid-Casnati

Ing. Agr. Dr. Fernando Resquín

Ing. Agr. Dr. Andrés Hirigoyen

Sistema Forestal

Los raleos son prácticas silviculturales imprescindibles, en plantaciones con fines aserrables, para mantener las poblaciones con bajos niveles de competencia y lograr el rápido crecimiento diamétrico. En este artículo se introduce el uso del Índice de Densidad Relativa como una de las herramientas más sencillas para el manejo poblacional.

El manejo poblacional es un aspecto central en plantaciones forestales orientadas a usos sólidos (aserrío y debobinado). Las empresas integradas buscan alcanzar un diámetro objetivo y lograr la mayor producción de madera *clear* o libre de nudos. Los productores no integrados, por su parte, buscan la combinación de volumen de madera sólida y de madera para pulpa que garantice el mayor retorno económico.

En ambos casos, es necesario comprender la relación entre el número de individuos y diámetros para controlar la competencia. Para ello, el Índice de Densidad Relativa de Reineke (IDR) y los Diagramas de Manejo de Densidad (DMD) son herramientas de decisión útiles para optimizar el stock de individuos por hectárea. El primero será abordado en esta publicación, mientras que el segundo se presentará en futuras entregas.

¿QUÉ ES EL ÍNDICE DE DENSIDAD RELATIVA DE REINEKE (IDR)?

Es un estimador del grado de competencia en un rodal. A partir de la información del diámetro a la altura del pecho (DAP) promedio y del número de árboles del rodal de interés, el IDR estima a qué cantidad de árboles iguales de un cierto DAP de referencia (25,4 cm) se corresponde. De esta forma, traduce la información a un índice que puede usarse con fines comparativos. Se calcula como:

$$IDR = N(DAP_g/25,4)^{1,605}$$

N es el número de árboles/ha (observado) de la población de interés y DAP_g es su diámetro cuadrático medio calculado como:

$$DAP_g = 100\sqrt{(4 \text{ Área Basal})/\pi N}$$

El IDR fue desarrollado por L. H. Reineke en 1933 y desde entonces ha sido utilizado y estudiado por numerosos autores. Está basado en la relación lineal entre el logaritmo del DAP_g y el logaritmo de N.

Reineke observó que, para varias especies creciendo en rodales puros coetáneos y maduros, existe una frontera de autorraleo. Esto es, en una población determinada, los individuos crecen en diámetro y van ocupando el sitio hasta que ya no pueden crecer más, a menos que la población disminuya (Figura 1). Dicha frontera de autorraleo es representada numéricamente por el IDR máximo (IDR_{max}).

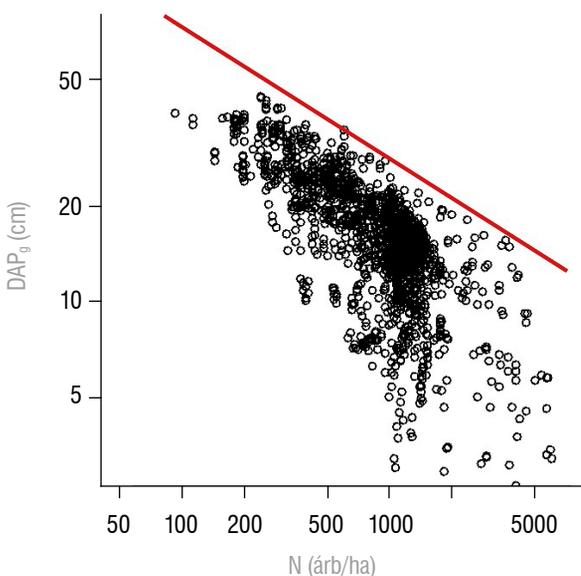


Figura 1 - Relación entre el DAP cuadrático medio y el número de árboles por hectárea de rodales de diferentes edades de *Eucalyptus grandis* graficados en escala logarítmica y la frontera de autorraleo (en rojo) equivalente al IDR máximo.

Si se calcula el IDR de cierto rodal que se quiere manejar para obtener diámetros requeridos para aserrío o debobinado, podemos compararlo con el IDR máximo y conocer si los individuos del rodal están en máxima competencia con escaso espacio para su desarrollo en diámetro o, si por el contrario, los individuos están en libre crecimiento.

¿CÓMO UTILIZAR EL IDR EN URUGUAY?

Para aplicar esta herramienta en las plantaciones de *P. taeda* y *E. grandis* de Uruguay, se debe conocer:

a) Si la pendiente de la recta que define la frontera de mortalidad para ambas especies es -1,605, como ha definido Reineke. Esta pendiente fue ajustada para un conjunto de especies y se puede utilizar a falta de ajuste local, aunque es importante destacar que el Sistema Forestal de INIA está trabajando actualmente en su ajuste en base a información de rodales maduros de Uruguay.

b) Los valores de IDR_{max} para ambas especies. En la Figura 2 se observan las distribuciones para poblaciones de Uruguay, donde IDR_{max} alcanza 1100 y 1200 (árboles/ha de 24,5 cm de DAP_g) para *P. taeda* y *E. grandis*, respectivamente.

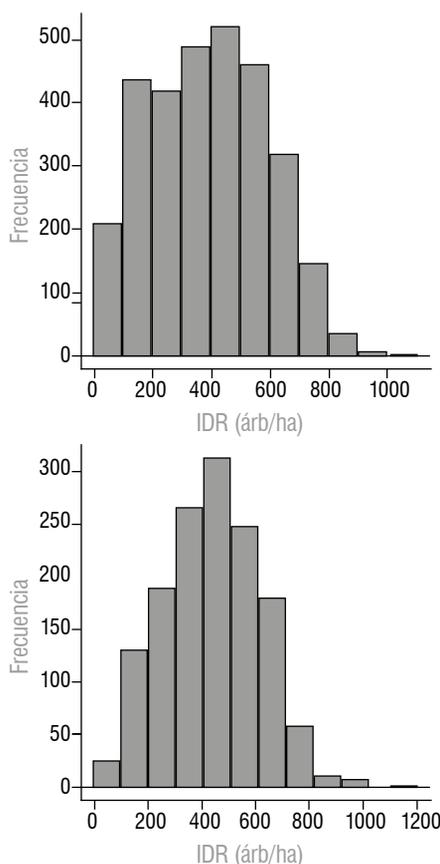


Figura 2 - Distribuciones de IDR de poblaciones de *P. taeda* (a) y *E. grandis* (b) en Uruguay (Rachid, 2016).

Cuadro 1 - Valores de IDR de referencia para el manejo de *P. taeda* y *E. grandis*.

Porcentajes de IDR _{max}	<i>P. taeda</i>	<i>E. grandis</i>
30%	330	360
55%	605	660
100%	1100	1200

A partir de la frontera de autorraleo definida por Reineke para un conjunto de especies equivalente al IDR máximo, se pueden definir niveles de competencia correspondientes a proporciones del IDR máximo que van desde el 10 al 100 % de su valor. Es así como varios autores han observado los siguientes umbrales:

- a) Entre 30 % del IDR_{max} ocurre el cierre de copas: hasta ese momento el diámetro crece sin restricciones (libre crecimiento).
- b) Entre 30 y 55 % la competencia comienza a ser creciente y es donde ocurre el IMA máximo.
- c) A partir del 55 % del IDR_{max} comienza la mortalidad por competencia.

Partiendo de los máximos valores de IDR para Uruguay, se podría asumir que los IDR de referencia correspondientes al cierre de copas y al inicio de la etapa de mortalidad inminente son los que se muestran en el Cuadro 1.

Tradicionalmente, se ha recomendado mantener a los rodales en el rango de competencia creciente para promover el crecimiento activo –pero evitando la subocupación del sitio (IDR entre 35 y 55 % del IDR_{max})– y realizar raleos cuando los rodales pasan el umbral de mortalidad inminente (55 % de IDR_{max}). Por ejemplo, un rodal de *P. taeda* de ocho años presenta un DAP_g de

El Índice de Densidad Relativa se puede comprender como la cantidad de árboles por hectárea equivalente relativo a un diámetro de referencia de 25,4 cm y, de esa forma, lograr un índice comparable para cualquier población.

20 cm y 930 árboles/ha, lo que corresponde a un IDR de 634 árboles/ha ($930(20/25,4)^{1.605}$). Dicho valor de IDR se encuentra en el límite superior de competencia creciente (Cuadro 1) y, por lo tanto, es necesario realizar raleos que permitan disminuir la competencia y promover el crecimiento en diámetro. Si decidimos mantener el rodal en el rango de competencia creciente, podemos seleccionar un IDR objetivo de 330 árboles/ha (30 % del IDR_{max}). Este valor de IDR debe traducirse a la cantidad de árboles remanentes del rodal de interés mediante de la siguiente forma:

$$N \text{ remanentes} = \text{IDR objetivo}(\text{DAP}_g/25,4)^{-1.605}$$

Por lo tanto $330 (20/25,4)^{-1.605} = 484$ árboles remanentes. La población de 930 árboles deberá reducirse mediante un raleo por lo bajo a 484 árboles o, dicho de otra forma, deberá reducirse al menos en 446 árboles.

Para facilitar la operativa de cómputo a la hora de conocer el IDR actual de un rodal y el número de árboles objetivo es posible armar tablas de manejo para trabajar con rangos poblacionales para *P. taeda* y *E. grandis* (Cuadros 2 y 3).

Cuadro 2 - Valores de referencia para el manejo poblacional de *P. taeda*. Número de árboles por hectárea según diferentes niveles de ocupación y diámetro promedio.

% de IDR _{max}	Libre crecimiento		Competencia creciente			Mortalidad inminente				
	10 %	20 %	30 %	40 %	55 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100 %
DAP _g (cm)/IDR	110	220	330	440	550	660	770	880	990	1100
15	256	512	769	1025	1409	1537	1793	2049	2306	2562
20	161	323	484	646	888	969	1130	1291	1453	1614
25,4	110	220	330	440	605	660	770	880	990	1100
30	84	168	253	337	463	505	589	674	758	842
35	66	132	197	263	362	395	460	526	592	658
40	53	106	159	212	292	318	371	425	478	531
45	44	88	132	176	242	264	307	351	395	439
50	37	74	111	148	204	223	260	297	334	371
55	32	64	95	127	175	191	223	255	286	318

Cuadro 3 - Valores de referencia para el manejo poblacional de *E. grandis*. Número de árboles por hectárea según diferentes niveles de ocupación y diámetro promedio.

% de IDR _{max}	Libre crecimiento		Competencia creciente			Mortalidad inminente				
	10 %	20 %	30 %	40 %	55 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100 %
DAP _g (cm)/IDR	120	240	360	480	600	720	840	960	1080	1200
15	279	559	838	1117	1536	1676	1955	2234	2514	2793
20	176	352	528	704	968	1056	1232	1409	1585	1761
24,5	120	240	360	480	660	720	840	960	1080	1200
30	92	184	276	368	505	551	643	735	827	919
35	72	144	215	287	395	431	502	574	646	718
40	58	116	174	232	319	348	405	463	521	579
45	48	96	144	192	264	288	336	384	432	479
50	40	81	121	162	223	243	283	324	364	405
55	35	70	104	139	191	209	243	278	313	348

En ambas tablas se ingresa con el número de árboles por el cuerpo de la tabla según el diámetro del rodal y es posible conocer en qué rango de competencia se encuentra (indicados con diferentes colores) así como a qué número de árboles/ha se debe reducir la población para lograr el nivel de competencia objetivo. El ejemplo citado se ilustra con los números en rojo en el Cuadro 1.

¿QUÉ VENTAJAS OFRECE EL USO DEL IDR?

Este índice relaciona número de individuos y tamaño promedio individual a través de diámetro. Por lo tanto, facilita la comprensión y el seguimiento de la ocupación del sitio y el nivel de competencia de los rodales. Esto provee las siguientes ventajas:

- Aporta principios biológicos y técnicos para la toma de decisiones.



Foto: Silvina Mezquita

Figura 3 - Competencia de copas en ensayo de raleo de *Eucalyptus grandis*.

A partir del IDR_{max} se definen umbrales de competencia correspondientes al 30 % del IDR_{max} como indicativo del cierre de copas y 55 % del IDR_{max} como umbral de mortalidad inminente por competencia. Los raleos se realizan considerando los niveles de competencia actual y objetivo.

- Estos principios biológicos son potencialmente relacionables a otros aspectos de interés en el manejo como la calidad de madera y el vigor y sanidad de los rodales.

- Aporta flexibilidad para determinar intervenciones teniendo en cuenta criterios económicos.

En el siguiente enlace acceda a la presentación que incluye un análisis preliminar de la aplicabilidad de esta herramienta en Uruguay:

Acceda **AQUÍ**

REFERENCIAS

Reineke, L.H. 1933. Perfecting a stand-density index for evenage forests. *Journal of Agricultural Research*. 46: 627–638.

Rachid, C. Hybrid mensurational-physiological models for *Pinus taeda* and *Eucalyptus grandis* in Uruguay: thesis Doctor of Philosophy. 2016. New Zealand School of Forestry, University of Canterbury. 220p.