

# ÍNDICE PARA LA ESTIMACIÓN DE LA DOMINANCIA INDIVIDUAL EN RENOVALES DE ROBLE (*Nothofagus obliqua* (Mirb)(Oerst)) Y RAULÍ (*Nothofagus alpina* (Poepp et Endl))

CARLOS BAHAMÓNDEZ VILLARROEL y MARJORIE MARTIN STUVEN

Ingenieros Forestales, Instituto Forestal, División Ordenación Forestal e Inventarios.

## RESUMEN

*Se propone un índice para la estimación de la dominancia individual para renovales de Roble-Raulí. Se discute la lógica asociada a la generación del índice y la explicación de los aspectos espaciales relacionados como son la competencia por recursos y la disputa por espacio. Se describe la relación existente entre el índice propuesto y el comportamiento del incremento anual corriente en DAP. Este índice permite una buena aproximación para la descripción y explicación de las variaciones que presenta el incremento anual corriente en DAP, y es capaz de describir las posibilidades de sobrevivencia individual de acuerdo a su posición espacial; permite además tomar decisiones informadas dada su capacidad de entregar valores negativos y positivos reflejando el estado de estrés a que está sometido.*

**Palabras claves:** Competencia, Dominancia, Modelos de Crecimiento.

## ABSTRACT

*A new individual tree dominance index is proposed based on data from *Nothofagus alpina* and *Nothofagus obliqua* second growth forest. This index allows the explanation of the trees behavior and the correlation with the individual DBH increment. It is possible to describe the competitive relationship between trees by using this index. Besides, the index help to express the individual survival probability because it spatial position and spatial relationship. The index show how strong is the competition by its sign and magnitude.*

**Keywords :** Competition, Dominance, Growth models.

## INTRODUCCIÓN

El análisis de las relaciones espaciales y su conexión con la competencia por recursos es un aspecto de gran importancia no sólo en poblaciones forestales naturales, sino también en plantaciones. El problema de definir el espaciamiento en relación con la evolución del rodal es un aspecto de importancia práctica y teórica enfrentada por varios autores. Martin (1995) describe las distancias de interacción entre individuos de distintas especies, así como de la misma especie en renovales de Roble-Raulí. Laroze (1985) realiza un análisis similar con poblaciones de Lengua; Hegyi, Brown, Moore et al citados por Daniels (1986), entre otros, definen índices para la descripción o explicación de la competencia en relación al tamaño de los individuos y distancias

El comportamiento del crecimiento individual está regulado por el sitio en etapas tempranas y luego por el efecto de competencia por recursos. La estimación del crecimiento individual requiere de una variable capaz de reflejar de forma lo mas veraz posible, el efecto que tiene la competencia sobre los individuos. Una de las variables que estima el grado de competencia a que un individuo es sometido es el cálculo de la dominancia o preponderancia del individuo sobre los demás. Se entiende por dominancia (Laroze 1985) a la gradiente de influencia que un individuo ejerce sobre un área disponible para su desarrollo y sobre los individuos que cohabiten con él en ese espacio. El cálculo de la dominancia se realiza sobre la base de las posiciones de los árboles en el plano cartesiano, considerando las distancias entre individuos, el número de competidores y el tamaño de los mismos. Se propone en este trabajo el uso de un índice capaz de describir la dominancia de cada individuo de acuerdo a su posición relativa en el plano cartesiano y que permite su uso como una más de las variables de estado del individuo. Se plantea este índice basado en un análisis del comportamiento de los individuos en relación con su crecimiento, considerando a éste último como la variable que permite validar la aproximación a la dominancia por parte del índice.

Así, en el marco del proyecto INFOR (filial CORFO) "Investigación Modelos de Simulación para renovales de Roble-Raulí" se generó el índice de Dominancia o preponderancia individual como una forma de estimar el efecto que los individuos tienen entre sí como producto de la competencia por recursos, utilizando esta medida como una variable de estado modificadora de crecimiento potencial (Bahamóndez 1993,1994).

## DATOS

Para realizar la validación del índice y su grado de correlación con el incremento anual corriente en diámetro a la altura del pecho (DAP), se utilizan datos provenientes de las parcelas permanentes instaladas por INFOR como parte del proyecto "Investigación Modelos de Simulación para Renovales de Roble-Raulí". Estas parcelas

se encuentran localizadas en el límite entre las VIII y IX Regiones, frente a la Reserva Nacional Malleco, específicamente en los predios El Morro, El Carmen y Maitenes.

Se utilizan las bases de datos asociadas a estas parcelas permanentes en lo relativo a las coordenadas cartesianas, DAP, e incrementos anual corrientes en DAP para cada uno de los individuos contenidos en ambas parcelas permanentes. La superficie de estas parcelas es de 1 hectárea cada una.

## MODELO DE DOMINANCIA Y MÉTODO DE ESTIMACIÓN

El modelo de estimación de la dominancia tiene su origen en la necesidad de explicar el comportamiento y tendencias del incremento en diámetro para los individuos de las parcelas permanentes. La generación del índice de Dominancia nace de la concepción del sistema árbol - árbol competidor como un sistema de tensión provocado por los tamaños de cada individuo, la distancia entre ellos y el área donde se ejerce influencia efectiva. Una de las primeras aproximaciones al índice fue la utilización de la Ley de Gravitación Universal descrita por Newton en el siglo XVII, la cual explica la atracción de masas de distintos tamaños de acuerdo a la distancia entre ellos y el tamaño de los cuerpos. Se plantea así, la ecuación preliminar:

$$\text{de } F = \frac{Gm_1m_2}{r^2} \quad \text{a} \quad W = (k) \frac{D_1D_2}{d^2}$$

donde:

$D_1, D_2$  : tamaño de los cuerpos 1 y 2.

$d^2$  : distancia entre los individuos.

k : Constante.

Este modelo preliminar fue conceptualizado y validado por la evidencia empírica descrita por los datos de las parcelas permanentes generando una versión final del índice de Dominancia ( $W$ ) la cual se describe a continuación.

### Caso de un Individuo Contra Otro.

Si se tiene la Figura N° 1 con la siguiente situación espacial:

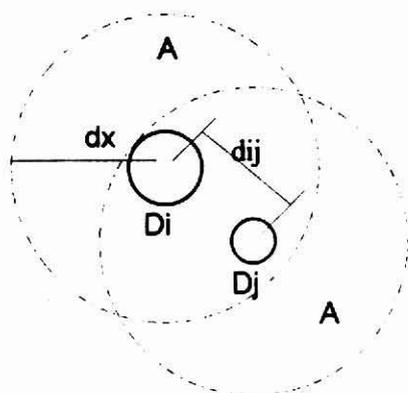


Figura Nº1. SITUACIÓN ESPACIAL PARA EL CASO DE 2 INDIVIDUOS COMPETIDORES.

donde:

el individuo  $i$  presenta un diámetro  $D_i$  y el individuo  $j$  tiene un diámetro  $D_j$ .

$d_{ij}$  es la distancia entre los individuos  $i$  y  $j$ .

$dx$  es el radio máximo de influencia de los individuos  $i=1..n$  y  $j=1..n$ .

El efecto de la presencia del individuo  $i$  en el área  $A = \pi dx^2$  será mayor o menor sobre el individuo  $j$  de acuerdo a la distancia  $d_{ij}$  existente entre el individuo  $i$  y el individuo  $j$ . El área  $A$  representa al área de influencia de cada individuo y  $dx$  se utiliza como un índice que aproxima  $A$ .

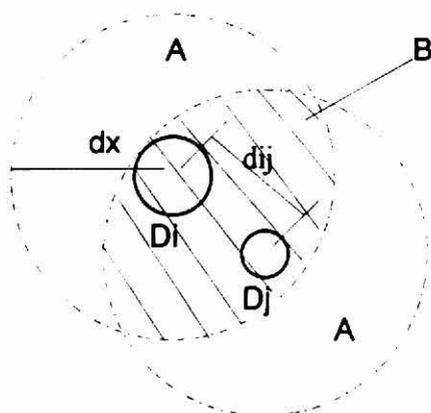


Figura Nº2. DEFINICIÓN DEL ÁREA DE DISPUTA B

Si se considera el área achurada  $B$  (Figura Nº 2) como el área en disputa o bajo competencia, entonces la expresión:

$$k = \frac{1}{dx - dij} \quad (1)$$

será un indicador del área bajo disputa. La Figura Nº3 describe el comportamiento de  $k$  para varias distancias entre individuos.

Valores de  $k$  para distintos valores de  $dx-dij$

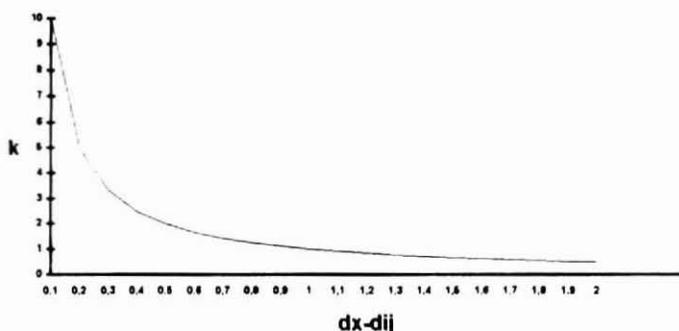


Figura Nº3. COMPORTAMIENTO DE LOS VALORES DE  $k$  PARA DISTINTOS VALORES DE  $DX-DIJ$ .

De la Figura Nº 3 es posible observar que con valores de  $dx-dij$  muy pequeños,  $k$  toma valores muy altos. Esto implica que el área  $B$ , reduce su tamaño indicando un aumento de la influencia del individuo  $i$  sobre su área de influencia.

Por otro lado, si se considera que la existencia de 2 individuos en el área  $A$ , representa competencia por los mismos recursos de esa área. Esta competencia será más alta mientras más escasos sean los recursos disponibles reflejándose al fin en diferencias de tamaños de los individuos  $i$  y  $j$ . Si las diferencias son evidentes más pronto, entonces los recursos serán menores y viceversa. El tamaño de los individuos puede considerarse, entonces, como un estimador de la disponibilidad de los recursos. Es decir, si existen 2 individuos en el área  $A$ , ésto indicaría la posibilidad que el sitio al

menos permite la existencia de 1 individuo igual a la suma de los diámetros en ella contenida. Una medida de la disponibilidad de recursos del área  $A$  será entonces la expresión:

$$S = \frac{1}{D_i + D_j} \quad (2)$$

Así, si en el área  $A$  existe un individuo muy pequeño, el valor de  $S$  será muy grande. Al contrario  $S$  disminuye en la medida que éste sea más grande.

Si se combinan las expresiones (1) y (2), ponderando  $S$  mediante  $k$ , se obtiene una aproximación a los recursos que se disputan en el área de interacción  $B$ . Si el área  $B$  de interacción es muy pequeña los individuos dispondrán de más recursos. Por el contrario, si los individuos se encuentran en un área de interacción o disputa  $B$  muy grande, los recursos se tornarán mucho más escasos.

$$W = kS \quad (3)$$

La variación de tamaños de los individuos incluidos en el área  $B$ , cuando los individuos son coetáneos se considera como un reflejo del efecto de la competencia por recursos. Así, una variación muy alta indicaría un proceso de competencia muy prolongado, en el cual, el crecimiento de los individuos contenidos en el área  $B$ , se ha visto afectado como una forma de mantener el balance y capacidades del entorno inmediato. Para conocer qué proporción de los recursos disponibles en el área está siendo capturada por el individuo  $i$ , la expresión (2) se modifica a:

$$S = \frac{D_i - D_j}{D_i + D_j} \quad (4)$$

Si el valor de  $S$  es cercano a +1, entonces el individuo  $i$  habrá superado al individuo  $j$ , dominando por completo su área de influencia. Valores cercanos a -1, indican, por el contrario, que el individuo  $i$  está siendo dominado por el individuo  $j$ . Así la evaluación de cuantos recursos en disputa y cómo son aprovechados por el individuo  $i$ , es definida por:

$$W = 1/2[kS] \quad (5)$$

### Generalización a $n$ Individuos

El análisis de las Figuras N° 1 y N° 2, describen la situación ideal y más simple de interacción individual, el caso de  $i=1$  contra  $j=1$  ( $n=2$ ). Sin embargo, la situación real es de  $i=1, \dots, n$  con  $n>2$ . De acuerdo a esto, la expresión  $S$ , debe extenderse al caso de  $n$  individuos competidos contra  $n-1$  individuos competidores que comparten el área de influencia  $A$ .

Así la expresión (4),

$$S = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{D_i - D_j}{D_i + D_j} \quad (6)$$

donde  $S$  describe la interacción de  $n$  contra  $n-1$  individuos competidores. Luego la aproximación a los recursos en disputa descrita por (5) queda para el caso de  $n$  individuos:

$$W = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n kS \quad (7)$$

ó

$$W_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{1}{dx - dij} \frac{D_i - D_j}{D_i + D_j} \quad (8)$$

que es el índice de dominancia para el individuo  $i$  sobre los individuos  $j$  que comparten el área de influencia  $A$ .

### RESULTADOS

El cálculo del valor de  $W$  se realiza para cada periodo de proyección de la ecuación de crecimiento en diámetro, ya que pasa a ser una variable de estado más, de aquellas

que suelen caracterizar al individuo como DAP, Altura Total, Diámetro de Copa, Altura al inicio de Copa, etc. Puesto que el índice  $W$  pretende explicar el comportamiento del incremento anual corriente en diámetro debido a la competencia por recursos, este valor debe validarse de acuerdo al grado de correlación que exista con los valores de incremento anual corriente para cada individuo. La relación incremento anual corriente y  $W$  se muestra en la Figura N°4.

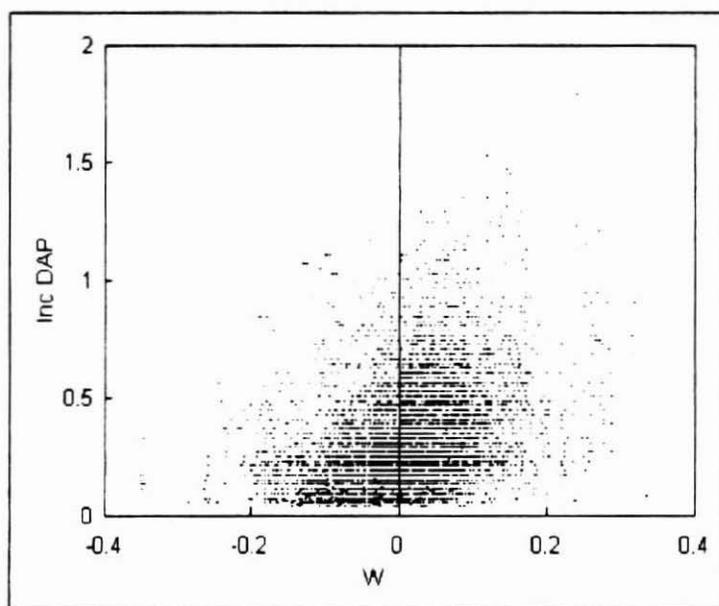


Figura N°4. RELACIÓN INCREMENTO ANUAL CORRIENTE Y  $W$ .

En la Figura N° 4 es posible observar que existe una relación entre el valor de la Dominancia  $W$ , y los valores de incremento diametral. Valores más bajos de  $W$  se asocian a valores más bajos de incrementos. No obstante, en valores positivos de  $W$  la dispersión de los datos aumenta, esto probablemente a efectos ajenos a la competencia por recursos lo cual implicaría cambios en la oferta de recursos por parte del sitio o entorno inmediato. La figura N°5, describe para una parcela de 25 x 25 m, el efecto que diferentes individuos tienen entre sí en DAP y  $W$  debido al hecho de compartir recursos.

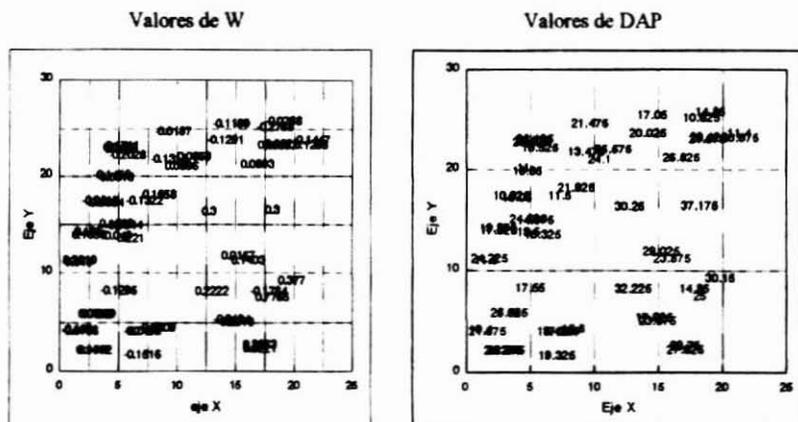


Figura N°5. VALORES DE W Y DAP DE ACUERDO A SITUACIÓN ESPACIAL

Es notorio el efecto de los individuos competidores de acuerdo a su situación en el espacio cartesiano. Así, individuos de diámetros mayores como  $DAP=37,175$  y  $DAP=30,25$  se desarrollan con una plena dominancia y un valor de  $W$  de valor positivo y muy grande. Por otra parte, individuos como los  $DAP=17,05$  y  $DAP=17,55$  presentan valores de  $W$  negativos reflejando la situación de cercanía de individuos competidores. Los valores de  $W$  muy positivos describen una situación de dominancia sobre una cierta área de influencia. Esta área fue definida como aquella área circular de radio  $r=4.1$  m, según las conclusiones de Martin (1995) como la distancia de interacción. Así sobre la base de los valores de incremento y DAP observados y los valores de  $W$  asociados, es posible entonces definir una distancia al individuo más cercano que es reflejo de los requerimientos mínimos de espacio que cada individuo presenta para su estado evolutivo y los recursos disponibles en el entorno inmediato.

## CONCLUSIONES

La aplicación de un índice que permita una buena aproximación a las relaciones de competencia/dominancia en poblaciones de Roble-Raulí es posible y su uso como modificador del crecimiento de acuerdo a la correlación con el incremento anual corriente en diámetro permite la simulación de raleos y la predicción del crecimiento en diámetro. La aplicación práctica de este tipo de índices sin embargo, al igual que otros similares es dificultosa, puesto que supone un conocimiento detallado del rodal al nivel de la posición individual, aspecto que sólo puede ser rescatado como variable durante el muestreo. No obstante, es posible solucionar esto evitando el recargo en terreno de la medición engorrosa de una variable como la posición mediante el uso de modelos de estimación espacial los cuales permiten sobre la base de las características de las

distribuciones espaciales del tipo forestal, generar poblaciones con posiciones estadísticamente similares sobre la base de la tabla de rodal (Tomppo 1986 com. personal, Laroze.1985, Martin 1994).

## REFERENCIAS

- Afifi A.A & Azen S.P.1979** Statistical Analysis a Computer Oriented Approach Academic Press.
- Bahamóndez C. Martin M. Kalher C. Blanco R. 1992.** Investigación Modelos de Simulación Renovales de Roble Raulí. Etapa preliminar. Informe final.
- Bahamóndez C., 1993.** Investigación de Simulación para Renovales de Roble y Raulí. Informe Anual INFOR - CORFO:
- Bahamóndez C., 1994.** Investigación de Simulación para Renovales de Roble y Raulí. Informe Anual INFOR - CORFO:
- Daniels R. ; Burkhardt, H.1986.** A Comparison of Competition Measures for Predicting Growth of Loblolly Pines Trees. Canadian Journal of Forest Research. Vol 16, N°4, pp 1230-1237.
- Halliday y Resnick.** Física para Estudiantes de Ciencias e Ingeniería. CECSA. 1967
- Laroze A. 1985.** Modelo de Estructura Espacial para Rodales Puros de Lenga. Tesis U. Austral de Chile. Fac.de Cs. Forestales Valdivia. Chile.
- Martin M, 1994.** Análisis Espacial en Renovales de Roble Raulí. Ciencia e Investigación forestal. Vol 8, N°2
- Tomppo E., 1986.** Comunicación Personal.