

INFLUENCIA DE LA COMPETENCIA EN EL CRECIMIENTO EN SECCIÓN DE *PINUS RADIATA* D. DON EN EL BIERZO (LEÓN)

M. F. Álvarez Taboada, R. Marqués González, A. Fernández Manso y F. Castedo Varela

Grupo de Investigación de Ingeniería y Planificación Rural (IPR). E.S.T. de Ingeniería Agraria. Universidad de León. Avda. de Astorga s/n. 24400-PONFERRADA (León- España). Correo electrónico: flor.alvarez@unileon.es

Resumen

El objetivo de éste trabajo es analizar la influencia que tiene la competencia sobre el crecimiento en sección de árboles individuales de *Pinus radiata* D. Don en El Bierzo (León). Para ello se han establecido 14 parcelas en la comarca de El Bierzo en las que se ha realizado un inventario dasométrico y un levantamiento topográfico con estación total, para determinar con precisión la posición de cada árbol. Se han analizado catorce índices de competencia diferentes: nueve de ellos dependientes de la distancia entre pies y otros cinco independientes de la misma. Estos índices se han combinado con nueve métodos diferentes de selección de árboles competidores, y se han comparado mediante el ajuste de diferentes modelos de crecimiento en sección normal durante los últimos 5 años.

Palabras clave: *Pinus radiata*, Índices, Ajustes de modelos

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de los árboles es el resultado de su tendencia al crecimiento ilimitado (dependiente de su potencial biótico, actividad fotosintética...) y de las restricciones impuestas por el medio (competencia con otros individuos, proceso de envejecimiento...). Si bien se trata de factores cuyo análisis es complejo, se acepta que la interacción espacial con los árboles cercanos (denominada competencia) tiene el mayor peso en el proceso. El objetivo de éste trabajo es analizar los efectos de la competencia intraespecífica sobre el crecimiento en sección de árboles individuales de *Pinus radiata* D. Don en El Bierzo (León).

MATERIAL Y MÉTODOS

Se han establecido 17 parcelas en la comarca de El Bierzo en las que se ha realizado un inven-

tario dasométrico y un levantamiento topográfico con estación total, para determinar con precisión la posición de cada árbol. En todas las parcelas existe tangencia de copas, para que sean perceptibles los efectos de la competencia, y no se han realizado durante los últimos 5 años intervenciones selvícolas (claras, podas...) que puedan modificar las condiciones de competencia.

Se ha analizado la competencia ejercida sobre un total de 510 pies (30 en cada parcela) representativos de los estratos dominante, intermedio y dominado, por los pies que les rodean y que han sido elegidos según diferentes criterios de selección, considerando su proximidad y posición. Se han analizado catorce índices de competencia diferentes, de acuerdo con resultados de trabajos similares realizados en Galicia para la misma especie. Nueve de ellos tienen en cuenta de forma explícita la distancia entre el pie competido (Figura 1) y el competidor DANIELS *et al.*, 1986; MARTIN-EK, 1984; HEGYI, 1974; ALEMDAG,

1978; PUKKALA, 1987; CCS BIGING Y DOBBERTIN, 1992; BELLA, 1971; GERRARD, 1968; STAEBLER, 1951 y otros cinco son independientes de la misma (Densidad, FCC, CCF, BAL, BALMOD).

Estos índices se han combinado con nueve métodos diferentes de selección de árboles competidores. Estos métodos de selección de competidores consideran, entre otras, la relación entre el diámetro normal, la altura total, la altura de la primera rama viva del árbol que ejerce competencia y la distancia al competido (C1, C2, C3), la zona de influencia (C5) o el denominado ángulo de eliminación de competencia, que considera ángulos y distancias entre competido y competidor (C6, C7, C8).

Se han seleccionado los competidores de acuerdo con los criterios anteriores y se han determinado los valores de los índices para cada pie competido. Posteriormente se han ajustado los crecimientos en sección durante los últimos cinco años y los valores de los índices según un modelo exponencial y un modelo potencial, dónde la variable independiente es el índice de competencia calculado (Figura 2).

El mejor de los índices se ha determinado comparando la distribución de los residuos y

varios estadísticos de la bondad del ajuste. Para finalizar los resultados se compararán con los obtenidos en otros trabajos similares realizados en la provincia de Lugo (Galicia).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Índices independientes de la distancia

Los índices independientes de la distancia entre pies, por norma general se adaptan mal tanto al modelo de crecimiento exponencial como al modelo potencial. La mayoría de estos índices no explican ni un 10% de la variación de los datos por lo que es desaconsejable su empleo como índices de competencia. Resultan especialmente poco adecuados los índices de FCC y CCF. Estos resultados son comunes a estudios anteriores tanto para *Quercus robur* (MASEDA VALÍN, 1998) como para *Pinus radiata* (ÁLVAREZ, 1998; ÁLVAREZ et al., 2003).

La excepción a estos resultados la constituyen el índice BAL y el índice BALMOD. Su ajuste según el modelo exponencial ofrece un valor de R² de 0,66 para el BAL y un R² de 0,66 para el BALMOD, ambos para el modelo expo-

NOMBRE del ÍNDICE	ABR.	ECUACIÓN
Hegyi (1974)	H	$\sum_{i \neq j} \frac{D_j}{D_i \cdot Dist_{ij}}$
Martin - Ek (1984)	M	$\sum_{i \neq j} \frac{D_j}{D_i} \cdot e^{\left(\frac{16 \cdot Dist_{ij}}{D_i + D_j}\right)}$
Alemdag (1978)	A	$\sum_{i \neq j} \left\{ \pi \left[\frac{Dist_{ij} D_i}{D_i + D_j} \right]^2 \frac{D_j}{\sum \left(\frac{D_j}{Dist_{ij}} \right)} \right\}$
Crown cross-sectional area (1992)	CCS	$\sum_{i \neq j} \frac{CC_j}{CC_i \cdot Dist_{ij}}$
Daniels et al. (1986)	D	$D_i^2 / (\sum_{i \neq j} D_j^2 / n)$
Pukkala (1987)	P	$\sum_{i \neq j} \frac{h_j}{h_i \cdot Dist_{ij}}$
Bella (1971)	B	$\sum_{i \neq j} \frac{O_j D_j}{Z_i D_i}$
Gerrard (1968)	G	$\sum_{i \neq j} \frac{O_j}{Z_i}$
Staebler (1951)	S	$\sum_{i \neq j} L_{ij}$

Figura 1. Índices dependientes de la distancia

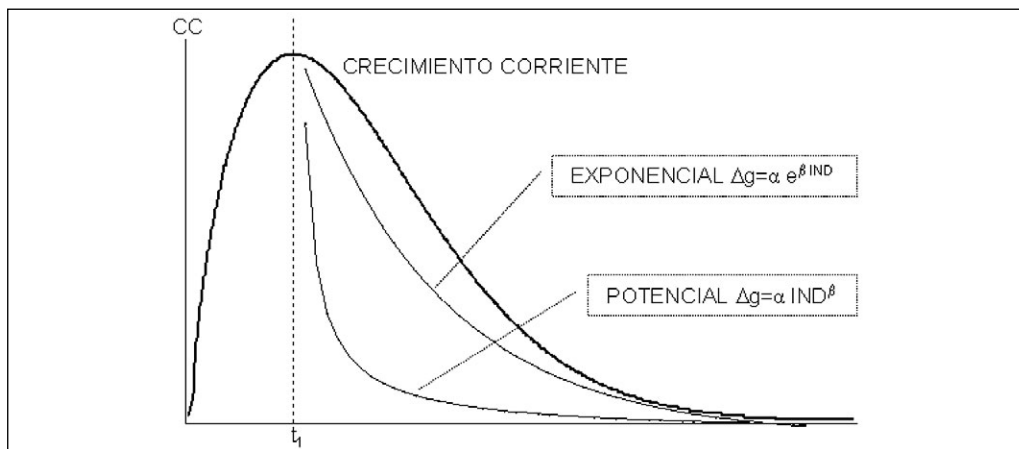


Figura 2. Evolución del crecimiento corriente respecto al tiempo

nencial. La función potencial para estos índices también consigue buenos valores de R² siendo de 0,49 para el BAL y 0,50 para el BALMOD. Todas las distribuciones de residuos cumplen las hipótesis de partida. Resultan por tanto índices adecuados para relacionar la competencia y el crecimiento en sección.

Índices dependientes de la distancia

Los índices dependientes de la distancia entre pies se comportan de manera desigual

según el índice considerado y el criterio de selección de competidores elegido.

En general estos índices obtienen buenos resultados, superiores a los obtenidos por MORAVIE et al. (1999) para *Vateria indica* L., donde utiliza basado en la suma relativa del área basimétrica de los competidores (DANIELS, 1986) obteniendo un R² de 0,56.

Los mejores resultados de los índices dependientes de la distancia le corresponden al índice de Daniels, y al tercer criterio de selección de

Independiente de la distancia	Dependiente de la distancia
$\Delta g = 140,608929 \cdot e^{-0,0000032813597 IND}$ $BAL_{ij} = \sum_{n=1}^i \frac{\pi D_n^2}{4}$	$\Delta g = 74,06475 \cdot IND^{0,68471}$
<p>Donde: Δg: incremento de área basimétrica (cm²) IND: valor del BAL Dn: diámetro normal (cm)</p>	<p>Criterio 3: $Dist_{ij} \leq \frac{HT_j - HRV_i}{1,73}$</p> <p>Daniels: $D_i^2 / (\sum_{j=1}^n D_j^2 / n)$</p> <p>Donde: Δg: incremento de área basimétrica (cm²) IND: valor del índice de Daniels Di: diámetro normal (cm) n: número de competidores Dist_{ij}: distancia en proyección horizontal entre el árbol competido y el competidor (m) HT_j: altura total del competidor (m) HRV_i: altura del primer verticilo de ramas vivas del árbol competido (m)</p>

Tabla 1. Modelos seleccionados

competidores C3 (incluye como competidores aquellos árboles cuya altura rebasa la línea trazada desde la primera rama viva del árbol competido con una inclinación de 60° desde la horizontal), el cual posee un R^2 de 0,68 con un modelo de ajuste potencial (tabla 1).

Criterios de selección de competidores

Respecto a los criterios de selección de competidores se observa que los que mejores son el C1 (selecciona como competidor aquellos pies cuyo diámetro (cm) es un cuarto de la distancia entre competidor-competido (m)) y el C2 (considera competidores aquellos árboles cuya altura rebasa la línea imaginaria trazada desde la base del competido con un ángulo de 60° desde la horizontal).

Los ángulos de exclusión de competencia que tan buenos resultados han dado en estudios anteriores (ÁLVAREZ, 1998; ÁLVAREZ et al., 2003; GORGOSO VARELA, 1999) en el presente estudio obtienen valores muy parecidos a los del resto de criterios. Se desaconseja su empleo en combinación con el índice de Martin-Ek debido a los bajos coeficientes de ajuste obtenidos.

Por lo general el valor de los diferentes criterios para un mismo índice no presenta grandes diferencias y aunque siempre hay uno que resulta el más favorable los otros poseen un valor bastante aproximado a este.

Modelo de ajuste

A la vista de los resultados, el modelo que permite una mayor precisión para índices dependientes de la distancia es diferente del modelo para índices independientes.

En el caso de los índices dependientes el mejor medido en términos R^2 , EMC y SCE resulta el modelo potencial, por contra en el caso de los independientes lo es el exponencial.

CONCLUSIONES

La mayoría de índices independientes de la distancia no son aconsejables a la hora de predecir el crecimiento en sección a excepción del BAL y del BALMOD.

El índice de Daniels es el que mejor resultados obtiene si se ajusta según el modelo potencial careciendo de valor si se ajusta con el expo-

nencial. Este índice obtiene los valores de R^2 más elevados para los tres primeros criterios.

El modelo potencial es el más adecuado para los índices dependientes de la distancia, y el exponencial lo es para los independientes como el BAL y el BALMOD.

No existe un criterio de elección de competidores superior al resto, obteniendo todos valores similares para la gran mayoría de los índices. Por lo tanto se puede intuir que en masas jóvenes regulares estos criterios no funcionan tan bien como en masas irregulares, se ha comprobado que en algunos casos estos criterios toman como competidor pies situados a 16-18 m de distancia.

Los índices de BAL y BALMOD obtienen valores muy elevados si el ajuste se realiza según el modelo exponencial, su valor de R^2 es mayor que la gran mayoría de los índices dependientes de la distancia, recordando que el valor de R^2 para el BAL es 0,66 por 0,68 del Daniels. Entonces y dado que el BAL es un índice que sólo depende de parámetros de la masa los cuales son fáciles de medir se aconseja su inclusión en un modelo de crecimiento de árbol individual para pino radiata en El Bierzo (León).

La falta de datos sobre masas adultas (23 años la mayor) hace que tanto el ajuste potencial como el exponencial no obtengan valores elevados de R^2 , pues probablemente en estas masas todavía no se haya alcanzado valores correspondientes con la parte final de la curva del crecimiento en sección.

El empleo de la estación total hace más rápido el levantamiento que con brújula y cinta métrica o que con taquímetro.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la Universidad de León con el proyecto W-89 "Estudio dendrométrico de las principales especies forestales del noroeste de Castilla y León".

BIBLIOGRAFÍA

ALEMDAG, I.S.; 1978. Evaluation of some competition indexes for the prediction of diame-

- ter increment in planted white spruce. *For. Manage. Inst. Inf. Rep.* FMR-X-108:1-39
- ÁLVAREZ TABOADA, M.F.; 1998. *Influencia de la competencia en el crecimiento en sección en pinus radiata D.Don*. Proyecto fin de carrera. EPS. Lugo. Universidad de Santiago de Compostela.
- ÁLVAREZ TABOADA, M.F.; BARRIO ANTA, M.; GORGOSO VARELA, J. Y ÁLVAREZ GONZÁLEZ, J.G.; 2003. Influencia de la competencia en el crecimiento en sección en Pinus radiata D. Don. *Inv. Agr., Sist. Rec. For.* 12(2): 25-35.
- BELLA, L.E.; 1971. A new competition model for individual trees. *For. Sci.* 17: 364-372.
- BIGING, G.S. Y DOBBERTIN, M.; 1992. A comparison of distance-dependent competition measures for height and basal area growth of individual conifer trees. *For. Sci.* 38(3): 695-720.
- DANIELS, R.F.; BURKHART, H.E. Y CLASON, T.R.; 1986. A comparison of competition measures for predicting growth of loblolly pine trees. *Can. J. For. Res.* 16:1230-1237.
- GERRARD, D.I.; 1969. Competition quotient: a new measure for the competition affecting individual forest trees. *Michigan State University Agricultural Research Station, Research Bulletin* 20: 1-32.
- GORGOSO VARELA; 1999. *Estudio de índices de competencia para la especie Pinus radiata D.Don en los municipios de Guitiriz, Guntín y Lugo*. (Inédito).
- HEGYI, F.; 1974. A simulation model for managing jackpine stands. In: Fries, J.(ed.) *Growth models for tree and stand simulation. Proc. IUFRO meeting S.4.01.04*: 70-90 Royal College of Forestry. Stockholm.
- MASEDA VALÍN, P.; 1998. *Influencia de la competencia sobre el crecimiento en sección en Quercus robur*. Proyecto fin de carrera. EPS. Universidad de Santiago de Compostela. Lugo.
- MORAVIE M-A & M DURANT F HOULLIER; 1999. Ecological meaning and predictive of status, vigour and competition indices in a tropical rain forest India. *For. Sci.* 117: 221-240
- PUKKALA, T. & KOLSTRÖM, T.; 1987. Competition Indices and the prediction of radial growth in Scots pine. *Silva Fennica* 21: 83-99
- STAEBLER, G.R.; 1951. *Growth and spacing in an even-aged stand of Douglas-fir*. Tesis Doctoral. (Inédita). University of Michigan. (Inédita).
- TEPTL, L.; 1994. Competition and coexistence on the historical background in ecology and the influence of economy and social sciences. *Ecol. Model.* 75/76: 99-110.
- TOME, M. & BURKHART, H.E.; 1989. Distance-dependent competition measures for predicting growth of individual trees. *For. Sci.* 35 (3): 816-831.
- VANCLAY, J.K.; 1994. *Modelling forest growth and yield. Applications to mixed tropical forests*. CAB International. Wallingford.
- VILLARINO URTIAGA, J.J. Y RIESCO MUÑOZ, G.; 1997. La relación diámetro de copa-diámetro normal en Betula celtibérica Rothm. et vas. En: F. Puertas y M. Rivas (eds.), *Actas del II Congreso Forestal Español-Irati 97*, IV: 565-571. Gráficas Pamplona. Pamplona.
- WENSEL, L.C.; MEERCHAERT, W.J. Y BIGING, G.S.; 1987. Tree height and diameter growth models for Northern Carolina conifers. *University of California Agric. Exp. Stn. Hilgardia* 55(8): 1-20.
- WHITMORE, T.C.; 1989. Guidelines to avoid remeasurement problems in permanent sample plots in tropical rain forests. *Biotropica* 21: 282-285.
- WYKOFF, W.R.; CROOKSTON, N.L. Y STAGE, A.R.; 1982. User's guide to the Stand Prognosis Model. *U.S. For. Serv., Gen. Techn. Rep.* INT-133.