

MODELOS DE CRECIMIENTO EN DIÁMETRO PARA ALCORNOCALES DEL CENTRO Y SUR DE PORTUGAL

J. Vázquez Piqué¹ y H. Pereira

Departamento de Engenharia Florestal, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017-LISBOA CODEX (Portugal).

¹ Dirección actual: Departamento de Ciencias Agroforestales, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Huelva, Crta. Palos-La Rábida s/n, 21819-PALOS DE LA FRONTERA (Huelva-España). Correo electrónico: jpique@uhu.es.

Resumen

Los modelos presentados son modelos de árbol individual en los que se analiza la influencia de las dimensiones del individuo, la gestión aplicada en el descorche y la competencia intraespecífica en el crecimiento diametral. La variable independiente es el crecimiento medio en circunferencia bajo corcho calculado por diferencia de dos mediciones tomadas en intervalos de nueve o diez años. La estructura inicial del modelo es la de un modelo mixto con efectos fijo de intervalo de medición (9 o 10 años) y de región y efecto aleatorio de parcela. La variable dependiente que más variabilidad explica es la intensidad de descorche. El efecto regional es significativo a diferencia del efecto parcela, por lo que el modelo final seleccionado es un modelo de efectos fijos. El índice independiente de la distancia "Área de crecimiento proporcional al diámetro" es el de mejor comportamiento. Dentro de los dependientes de la distancia el de "Distancia ponderada por dimensiones" se muestra como el mejor pero no se aprecia superioridad de los índices dependientes de la distancia frente a los independientes en la explicación del crecimiento en diámetro de la especie.

Palabras clave: *Modelos mixtos, Competencia, Quercus suber, Intensidad de descorche*

INTRODUCCIÓN

Los montes alcornoques ocupan una superficie cercana al medio millón de hectáreas en España según el 2º Inventario Forestal Nacional, y algo más de setecientos mil en Portugal (D.G.F., 2001), constituyendo, por tanto, uno de los principales montes mediterráneos de la península ibérica. Estos montes poseen multitud de valores sociales, económicos y ecológicos (MONTERO et al., 1994) que hacen que sean enormemente valorados por la sociedad.

Las masas de alcornoque han sido gestionadas tradicionalmente con el objetivo principal de extracción de corcho. De esta forma, la mayor

parte de los modelos que se han realizado para la gestión de este tipo de masas se centran únicamente en la estimación de la producción de corcho, prestándose escasa atención a otros aspectos básicos como la evolución del crecimiento en diámetro y los factores que influyen dicho crecimiento. Un conocimiento más exhaustivo del crecimiento de la especie es necesario para la utilización de criterios técnicos a la hora de definir aspectos básicos de su silvicultura y ordenación.

En el presente trabajo se desarrollan modelos de crecimiento en diámetro de árbol individual para esta especie con datos de parcelas permanentes instaladas en el centro y sur de Portugal.

Se analiza la influencia de variables dendrométricas y de gestión en el crecimiento de la especie, así como de la competencia intraespecífica.

MATERIAL

Los datos se recogieron dentro de la red de parcelas permanentes que el Instituto Superior de Agronomía posee en Portugal. Los 231 árboles-muestra se encuentran en 5 regiones formando una estructura jerárquica de árboles dentro de parcelas dentro de regiones. La variable dependiente en el modelo es el crecimiento medio anual de circunferencia normal, obtenido por diferencia de la circunferencia normal medida bajo corcho en un periodo de 9 o 10 años, que es el turno de descorche aplicado (CIRCREM). La distribución de árboles por parcelas y las principales características dasométricas de las mismas se indican en la tabla 1.

En cada pie de la muestra se midieron las variables relacionadas con las dimensiones del individuo y presión de descorche que se indican en la tabla 2. Adicionalmente se extrajo una muestra de corcho de 20x20 cm en cada individuo en la que se midieron las variables indicadas en la tabla 2.

El efecto de la competencia intraespecífica en el crecimiento se analizó mediante el cálculo de 13 índices de competencia independientes de la distancia (Tabla 3) y 721 dependientes de la

distancia (Tabla 4). Para el cálculo de índices dependientes de la distancia se realizó el levantamiento topográfico de los individuos pertenecientes a cada una de las parcelas. El cálculo de los índices se realizó con el programa INCO (VÁZQUEZ et al., 2001).

MÉTODOS

Estructura del modelo

La estructura inicial del modelo es la siguiente:

$$y_{ijkl} = \beta_0 + \sum_{s=1}^h \beta_{si} x_{ijks} + \alpha_i + \tau_l + u_{ij} + e_{ijkl}$$

con,

y_{ijkl} , crecimiento medio anual de la circunferencia bajo corcho del árbol k de la parcela j en la región i en un periodo de l años.

β_0 , el término independiente

x_{ijkl} , valor de la s-ésima covariable seleccionada en el árbol k de la parcela j en la región i. Incluye covariables relacionadas con las dimensiones del individuo, la presión de descorche y covariables medidas en muestra de corcho.

β_{si} , s-ésimo coeficiente de las h covariables seleccionadas, en la región i

α_i , efecto fijo asociado a la región i

τ_l , efecto fijo asociado al periodo l (9 o 10 años)

u_{ij} , efecto aleatorio asociado a la parcela j dentro de la región i

e_{ijkl} , efecto aleatorio a nivel árbol o error residual

Región	Parcela	Superficie (m ²)	Nº de árboles muestreados	Periodo de crecimiento (nº de años)	Periodo de crecimiento (años)	Área basimétrica (m ² ha ⁻¹)	Nº de pies (ha ⁻¹)
Azaruja	1	7726,4	21	10	1987-1997	9,0	113,2
	2	14325,0	20	9	1987-1996	7,7	86,6
	3	4727,8	18	10	1987-1997	10,6	145,9
Escoural I	4	11581,5	16	10	1987-1997	11,6	93,6
	5	10602,2	9	10	1987-1997	12,6	128,3
	6	8879,9	10	10	1987-1997	11,0	86,7
Escoural II	7	12491,3	17	10	1987-1997	13,0	151,3
	8	12376,1	16	10	1987-1997	11,5	99,8
	9	8731,3	19	10	1987-1997	10,3	120,8
Porto Alto	10	5493,4	26	9	1987-1996	11,3	156,6
	11	4424,8	16	9	1987-1996	8,7	126,6
S. Brás de Alportel	12	22789,7	43	10	1988-1998	3,8	103,6

Tabla 1. Distribución de los árboles muestra por parcelas y regiones y principales características dasométricas de las parcelas

Variable	Definición y descripción	Unidad
CBC1	Circunferencia bajo corcho al comienzo del periodo de crecimiento	cm
CDMAX	Coefficiente de descorche: Máxima longitud de descorche/circunferencia normal sobre corcho	-
CDMED	Coefficiente de descorche medio: Longitud de descorche media/circunferencia normal sobre corcho	-
CDTOT	Coefficiente de descorche total: Longitud de descorche total/circunferencia normal sobre corcho	-
SD	Superficie de descorche	m ²
ID	Intensidad de descorche: SD/sección normal bajo corcho	-
CAL	Calibre de corcho de muestra antes de cocido	mm
KGM2	Peso de corcho por unidad de superficie. Peso medido 15 días después del proceso de coción	kg m ⁻²
KGM3	Densidad de la muestra de corcho	kg m ⁻³

Tabla 2. Variables independientes relacionadas con las dimensiones del individuo, presión de descorche y medidas sobre muestras de corcho

Se trata, por tanto, de una estructura de modelo mixto, al incluir efectos fijos y como efecto aleatorio no únicamente el error residual.

Selección de covariables

La selección de covariables que integran el modelo se ha realizado ajustando primeramente

todas las regresiones posibles en el modelo reducido:

$$y_k = \beta_0 + \sum_{s=1}^h \beta_s x_{ks} + e_k$$

Por tanto, para la selección de covariables no se ha tenido en cuenta la estructura jerárquica de

Variable	Definición y descripción	Unidad
N	Número de pies por ha	ha ⁻¹
G	Área basimétrica por ha	m ² ha ⁻¹
GDj	Área basimétrica de los pies de mayor diámetro que el árbol objeto	m ² ha ⁻¹
CCF	Fracción de cabida cubierta considerando copas circulares	-
CEF	Fracción de cabida cubierta considerando copas elípticas	-
DIDMED	D _i /D _{med} , con D _i , diámetro del árbol objeto y D _{med} , diámetro medio de la parcela	-
DIDMAX	D _i /D _{max} , con D _{max} , diámetro máximo en la parcela	-
DIDDOM	D _i /D _{dom} , con D _{dom} , diámetro dominante de la parcela (en el sentido de ASSMAN, 1970)	-
BIBMED	B _i /B _{med} , con B _i , sección normal del árbol objeto; B _{med} , sección normal media de la parcela	-
BIBMAX	B _i /B _{max} , con B _{max} , sección normal máxima de la parcela	-
BIBDOM	B _i /B _{dom} , con B _{dom} , sección normal dominante (en el sentido de ASSMAN, 1970)	-
APDI	Área de crecimiento proporcional a D _i . $APDI = \left(\frac{10000}{N} \right) \left(\frac{D_i}{D_{med}} \right)$	m ²
APBI	Área de crecimiento proporcional a B _i . $APBI = \left(\frac{10000}{N} \right) \left(\frac{D_i}{D_{med}} \right)$	m ²

Tabla 3. Índices de competencia independientes de la distancia calculados

Índice	Definición y descripción	Valores probados
SAC	<p>Superposición de Áreas de proyección de Copa:</p> $SAC_i = \frac{1}{AC_i} \sum_{j=1}^n ACInt_{ij}$ <ul style="list-style-type: none"> • CA_i: área de copa del árbol objeto i • CAInt_{ij}: Área de intersección de copa entre el árbol objeto i y el competidor j 	<ul style="list-style-type: none"> • COIEU: Copas elípticas, Unilateral • COIEB: Copas elípticas, Bilateral • COICU: Copas circulares, Unilateral • COICB: Copas circulares, Bilateral
SAI	<p>Superposición de Áreas de Influencia:</p> $SAI_{mki} = \frac{1}{AI_{mi}} \sum_{j=1}^n \left(\frac{ao_{mij}}{AI_{mi}} \right) \left(\frac{D_j}{D_i} \right)^k$ <ul style="list-style-type: none"> • ao_{mij}: superposición de áreas de influencia entre el árbol objeto i y el competidor j usando cierta definición m de radio de influencia • AI_{mi}: área de influencia del árbol i usando m como definición de radio de influencia 	<ul style="list-style-type: none"> • k: 0, 1, 2, 3 • Radio de influencia (R_m): R_m= b·D; b= 0,10; 0,15; 0,20; 0,25 • Unilateral y Bilateral
DR	<p>Distancia ponderada por dimensiones:</p> $DR_{kli} = \sum_{j=1}^n \left(\frac{D_j}{D_i} \right)^k f_l(\text{dist}_{ij})$ <ul style="list-style-type: none"> • n: número de competidores según un determinado criterio de selección de competidores • D_j: diámetro del árbol competidor j • D_i: diámetro del árbol objeto i • f_l(dist_{ij}): función de distancia l entre el árbol objeto i y el competidor j 	<ul style="list-style-type: none"> • k= 1; 2 • Reglas de selección de competidores: <ul style="list-style-type: none"> - Factor de Área Basimétrica (BAF): 1, 2, 3, 4 m² ha⁻¹ - Funciones de radio máximo de selección: • Richards: R_{max} = A(1 - e^{-r·D_i})^{1/(1-m)} A= 10; 15; 20. r= 15; 30. m= 0,5; 0,9. • Monomolecular: R_{max} = A(1 - e^{-r·D_i}) A= 10; 15; 20. r= 5; 10; 15; 20. • Hiperbólica: R_{max} = A - (r / D_i) A= 10; 15; 20. r= 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5. • Funciones de distancia: f₁(dist_{ij}) = 1/dist_{ij}; 1/dist_{ij}²; e^{-dist_{ij}} • Unilateral y Bilateral
DP	<p>Densidad Puntual:</p> $PD_{k1} = \frac{2500}{n} \left[\sum_{j=1}^n \left(j + \frac{1}{2} \right) \left(\frac{D_j}{\text{dist}_{ij}} \right)^2 \right]$ $PD_{k2} = \frac{2500}{n} \left[\sum_{j=1}^n \left(j - \frac{1}{2} \right) \left(\frac{D_j}{\text{dist}_{ij}} \right)^2 \right]$ <ul style="list-style-type: none"> • PD_{k1}: incluye al árbol objeto • PD_{k2}: excluye al árbol objeto 	<ul style="list-style-type: none"> • Reglas de selección de competidores: <ul style="list-style-type: none"> - Factor de Área Basimétrica (BAF): 1, 2, 3, 4 m² ha⁻¹ - Funciones de radio máximo de selección: • Richards: A= 10; 15; 20. r= 15; 30. m= 0,5; 0,9. • Monomolecular: A= 10; 15; 20. r= 5; 10; 15; 20. • Hiperbólica: A= 10; 15; 20. r= 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5. • Incluyendo y excluyendo al árbol objeto • Unilateral y Bilateral
APD	<p>Área Potencialmente Disponible: Área del menor polígono formado por los bisectores de los segmentos de unión entre árboles (definición original), o con distancia del punto de intersección de la perpendicular a los segmentos de unión entre árboles proporcional a los diámetros de los árboles objeto y competidor (versión ponderada). Ponderación considerada como:</p> $w_k = \frac{D_i^k}{D_i^k + D_j^k}$	<ul style="list-style-type: none"> • k= 0; 1; 2; 3; 4.

Tabla 4. Índices de competencia dependientes de la distancia calculados. Los índices se pueden consultar en SOARES & TOMÉ (1999)

muestreo. Las covariables que se han probado son las combinaciones posibles de las indicadas en la Tabla 2, junto con sus transformaciones inversas y logarítmicas. El ajuste en el modelo reducido se ha realizado por mínimos cuadrados ordinarios (MCO) bajo las hipótesis habituales de normalidad y residuos independientes de igual varianza. Se ha utilizado para la selección criterios de ajuste (R^2 ajustado -AdjR²-, Error medio cuadrático -EMC-, Criterio de información de Akaike -AIC-, Criterio Bayesiano de Schwarz -SBC-), predictivos (Suma de cuadrados de residuos de predicción -PRESS-, suma de valor absoluto de residuos de predicción -APRES-) y de multicolinealidad (Factores inflatores de la varianza -VIF-, Número de condición -NCOND-) combinados en tres algoritmos de puntuación. El primero (PUNT1) corresponde a la expresión:

$$\text{PUNT1} = \frac{3}{10} \left(\frac{1}{4} \left(\frac{\max(\text{MSE}) - \text{MSE}}{\text{rango}(\text{MSE})} + \frac{\text{AdjR}^2 - \min(\text{AdjR}^2)}{\text{rango}(\text{AdjR}^2)} \right) + \frac{\text{abs}(\text{AIC} - \max(\text{AIC}))}{\text{rango}(\text{AIC})} + \frac{\text{abs}(\text{SBC} - \max(\text{SBC}))}{\text{rango}(\text{SBC})} \right) + \frac{5}{10} \left(\frac{1}{2} \left(\frac{\max(\text{PRESS}) - \text{PRESS}}{\text{rango}(\text{PRESS})} + \frac{\max(\text{APRES}) - \text{APRES}}{\text{rango}(\text{APRES})} \right) + \frac{2}{10} \left(\frac{1}{2} \left(\frac{\max(\text{VIF}) - \text{VIF}}{\text{rango}(\text{VIF})} + \frac{\max(\text{NCOND}) - \text{NCOND}}{\text{rango}(\text{NCOND})} \right) \right) \right)$$

Este algoritmo toma valor 0 si la regresión evaluada es la peor en todos los criterios considerados y 1 en el caso de que sea la mejor en todos los criterios, ponderando en un 30% los criterios de ajuste, en un 50% los criterios predictivos y 20% los criterios de multicolinealidad. Los algoritmos PUNT2 y PUNT3 tienen similar expresión pero con diferente ponderación entre criterios (30%, 60% y 10% en el caso de PUNT2 y 20%, 70%, 10% en el caso de PUNT 3). Se consideró igualmente el valor medio de los 3 algoritmos de puntuación. Las regresiones con $\text{VIF} > 5$ fueron eliminadas. Se preseleccionaron las 15 mejores regresiones en cualquiera de las 4 puntuaciones y en éstas se examinaron las hipótesis de normalidad (test de Shapiro-Wilk) y homocedasticidad (test de White) de los residuos.

En las regresiones seleccionadas finalmente según el paso anterior se analizó la influencia de la competencia analizando con los mismos criterios y puntuaciones todas las regresiones construidas con la adición de los índices de competencia dependientes e independientes de la distancia.

Estimación final en el modelo mixto

Bajo las hipótesis de $u_{ij} \sim N(0, \sigma_p)$ y $e_{ijkl} \sim N(0, \sigma_e)$ e independencia entre niveles jerárquicos la matriz de varianzas-covarianzas V tiene estructura diagonal en bloques con covarianza entre individuos de la misma parcela σ_p y nula entre individuos que pertenecen a distintas parcelas. La estimación de coeficientes de la parte fija del modelo es $\mathbf{a}^0 = (\mathbf{X}'\mathbf{V}^{-1}\mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}'\mathbf{V}^{-1}\mathbf{y}$. Los componentes de la varianza σ_p y σ_e se han estimado por Máxima Verosimilitud restringida o residual.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Modelos sin consideración de competencia intraespecífica

En la tabla 5 se caracterizan las variables dendrométricas y medidas en muestras de corcho. La variable dependiente finalmente utilizada fue la transformación logarítmica de CIRCREM, que corregía la falta de normalidad de la variable original. El componente de la varianza a nivel parcela y el efecto fijo periodo no son significativos, así como la interacción entre las variables explicativas seleccionadas y el efecto región. Una región (Escoural II) se separa claramente del resto. Así, la estructura del modelo se redujo a:

$$y_{ijk} = \beta_0 + \sum_{s=1}^h \beta_s x_{ijks} + \alpha_i + e_{ijk}$$

La estimación de coeficientes se realizó entonces por Mínimos Cuadrados Ordinarios. El modelo seleccionado en ese paso se indica en la tabla 6 y la estimación de coeficientes en la tabla 7. El modelo es lógico al indicar que a mayor intensidad de descorche el crecimiento es menor. Similares resultados, aunque con valores peores en los criterios de ajuste y predictivos, se obtienen con las variables coeficiente de descorche y coeficiente medio de descorche (datos no mostrados). La dimensión inicial del individuo, estimada a través de la variable CBC1, no es significativa.

Variable	Unidad	Media	s	Mínimo	1 ^{er} cuartil	Mediana	3 ^{er} cuartil	Máximo
CIRCREM	cm año ⁻¹	0,87	0,54	0,1	0,5	0,8	1,1	3,5
CBC1	cm	97,47	29,49	41	79	94	115	199
CD	-	1,92	0,54	0,85	1,54	1,85	2,22	3,75
CDMED	-	1,87	0,50	0,85	1,53	1,81	2,18	3,54
CDTOT	-	2,39	1,28	0,85	1,55	2,04	2,80	7,11
SD	m ²	3,07	2,28	0,50	1,45	2,32	3,75	11,27
ID	-	30,71	9,52	12,67	23,50	30,10	35,94	56,96
CAL	mm	30,56	7,37	16,85	25,00	29,97	35,05	61,85
KGM2	kg m ⁻²	8,12	1,91	4,39	6,77	7,82	9,13	15,30
KGM3	kg m ⁻³	246,07	45,41	167,22	216,74	238,56	268,44	429,16

Tabla 5. Caracterización de las variables dendrométricas, de presión de descorche y medidas en muestra de corcho

Modelo	Variabes	EMC	R ²	AdjR ²	AIC	SBC	PRESS	ABSPRES
I	ID							
	Escoural II	0,0538	0,2256	0,2188	-671,77	-661,45	0,0545	0,1764

Tabla 6. Modelo sin consideración de competencia seleccionado con indicación de criterios de ajuste y predictivos

Modelo		Estimación	Error estándar	p>T	Suma Cuadrados Tipo II
I	T. independiente	0,8004	0,0562	0,0001	10,98
	ID	-0,0082	0,0016	0,0001	1,31
	Escoural II	0,1877	0,0379	0,0001	1,32

Tabla 7. Estimación de coeficientes en el modelo sin consideración de competencia

Modelos con índices independientes de la distancia

El índice seleccionado es APDI (ver tabla 2). La interacción índice de competencia-región es significativa. Los criterios de ajuste y predictivos y la estimación de coeficientes se indican en las tablas 8 y 9. El signo del coeficiente correspondiente a APDI indica que árboles de mayores dimensiones en parcelas claras tienen un mayor crecimiento, lo que puede estar reflejando que en zonas mediterráneas, donde el acceso a los recursos hídricos en época seca es un factor limitante, la disponibilidad hídrica aumenta y su variación temporal disminuye cuando los individuos son mayores (LANSAC et al., 1994). La reducción de ECM al introducir el índice es de un 4,6%.

Modelos con índices dependientes de la distancia

El índice seleccionado es DR, unilateral, con radio máximo de selección de competidores

según función de Richards con parámetros $A=10$, $r=15$ y $m=0,5$ y función de distancia $f(\text{dist}_{ij})=1/\text{dist}_{ij}$. Ello indica una asíntota de 10 m en el radio de selección de competidores. En este caso la interacción índice-región no es significativa aunque sí el efecto región. En el caso de que el radio máximo de selección de competidores intercepte al límite de la parcela, el árbol objeto es eliminado de los cálculos por lo que este índice fue calculado con 211 individuos y no 231. Los criterios de ajuste y predictivos y la estimación de coeficientes se indican en las tablas 10 y 11. El coeficiente de DR es lógico al indicar que a mayor competencia el crecimiento es menor.

La reducción en EMC al introducir este índice es de un 4,7%. Por tanto, no se aprecia una mejora en los modelos en los que se ha introducido el índice dependiente de la distancia frente al independiente de la distancia. Esto es debido probablemente a que las relaciones de competencia entre individuos varían según las características de la estación. Estas variaciones estacio-

Modelo	Variables	EMC	R ²	AdjR ²	AIC	SBC	PRESS	ABSPRES
2	ID APDI APDI*Escoural II	0,0513	0,2660	0,2563	-682,14	-668,37	0,0522	0,1732

Tabla 8. Modelo con índice independiente de la distancia seleccionado con indicación de criterios de ajuste y predictivos

Modelo		Estimación	Error estándar	p>T	Suma Cuadrados Tipo II
2	T. independiente	0,7127	0,0646	0,0001	6,23
	ID	-0,0088	0,0016	0,0001	1,51
	APDI	0,00097	0,0004	0,0139	0,31
	APDI*Escoural II	0,0023	0,0004	0,0001	1,77

Tabla 9. Estimación de coeficientes en el modelo con índice de competencia independiente de la distancia

nales no se verifican únicamente a nivel regional sino también a nivel local dificultando que un mismo índice pueda reflejar de forma general las condiciones de competencia de todos los individuos. Este hecho puede verse acentuado por la elevada variabilidad genética de la especie. Los índices considerados tampoco reflejan la competencia con el estrato arbustivo y herbáceo, que puede ser de gran importancia, ni la existencia de tratamientos periódicos de eliminación del matorral.

gestión aplicada al descorche para el desarrollo de modelos de crecimiento. La variabilidad absorbida por los modelos no excede el 30%, indicando baja calidad de ajuste. No se aprecia mejora en los modelos que utilizan índices dependientes de la distancia frente a los independientes de la distancia. Se aprecia la necesidad de realizar un análisis más pormenorizado de la influencia de las características de la estación en el crecimiento diametral de la especie.

CONCLUSIONES

Los modelos seleccionados indican que las únicas variables significativas a nivel árbol son las relacionadas con la presión de descorche. Ello indica la importancia de tener en cuenta la

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la Unión Europea con los proyectos FAIR3-CT96-1438 y AIR3-CT92-0135 y el Ministerio da Ciencia e Tecnología (Portugal), Programa PRAXIS XXI. El primer autor fue beneficiario de una beca FPI

Modelo	Variables	EMC	R ²	AdjR ²	AIC	SBC	PRESS	ABSPRES
3	ID Escoural II DR	0,0502	0,2609	0,2502	-627,17	-613,76	0,0509	0,1703

Tabla 10. Modelo con índice dependiente de la distancia seleccionado con indicación de criterios de ajuste y predictivos

Modelo		Estimación	Error estándar	p>T	Suma Cuadrados Tipo II
3	T. independiente	0,8661	0,0599	0,0001	10,48
	ID	-0,0085	0,0017	0,0001	1,30
	Escoural II	0,1745	0,0397	0,0001	0,97
	DR	-0,1818	0,0539	0,0009	0,57

Tabla 11. Estimación de coeficientes en el modelo con índice de competencia dependiente de la distancia

del Ministerio de Educación español en el extranjero.

BIBLIOGRAFÍA

- ASSMANN, E.; 1970. *The principles of forest yield studies*. Pergamon Press Ltd. Oxford.
- D.G.F.; 2001. Direcção Geral das Florestas website - www.dgf.min-agricultura.pt.
- LANSAC, A.R.; ZABALLOS, J.P. & MARTIN, A.; 1994. Seasonal water potential changes and proline accumulation in mediterranean shrubland species. *Vegetatio* 113: 141-154.
- MONTERO, G.; TORRES, E.; CAÑELLAS, I. Y ORTEGA, C.; 1994. Valores económicos, ecológicos y sociales del monte alcornocal. *Agricultura y Sociedad* 73: 138-193.
- VÁZQUEZ, J.; LAGO, J. Y GONZÁLEZ, A.; 2001. INCO: Programa para el cálculo de índices de competencia de especies forestales. En: Junta de Andalucía-S.E.C.F. (eds.), *Actas del III Congreso Forestal Español-Sierra Nevada 2001*, V: 517-524. Coria Gráficas. Sevilla.
- SOARES, P. & TOMÉ, M.; 1999. Distance-dependent competition measures for eucalyptus plantations in Portugal. *Ann. Sci. For.* 56: 307-319.