



5º CONGRESO FORESTAL
ESPAÑOL

5º Congreso Forestal Español

Montes y sociedad: Saber qué hacer.

REF.: 5CFE01-098

Editores: S.E.C.F. - Junta de Castilla y León
Ávila, 21 a 25 de septiembre de 2009
ISBN: 978-84-936854-6-1
© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Caracterización y potencialidades fitoclimáticas del roble americano (*Quercus rubra* L.) en la España peninsular

GARCÍA-LÓPEZ, J.M.¹ y ALLUÉ CAMACHO, C.¹

¹ Área de Medio Natural. Servicio Territorial de Medio Ambiente. Junta de Castilla y León. C/ Juan de Padilla s/n. 09006-Burgos. garlopjv@jcy.l.es, allcamca@jcy.l.es

Resumen

Se realizan diversas aportaciones al conocimiento fitoclimático del roble americano (*Quercus rubra* L.) en la España peninsular. La caracterización fitoclimática se efectuó a partir del estudio de 278 puntos de muestreo con presencia de roble americano en la formación forestal procedentes del Inventario Forestal Nacional II y III. El sistema fitoclimático utilizado fue el de Allué-Andrade modificado, que se aplicó a un modelo climático factorial de variables climáticas regionalizadas de toda la España peninsular con resolución de 1 km. Mediante niveles de filtrado de exigencia creciente, de los que destacan la utilización del método de la envolvente convexa y el del índice de idoneidad fitoclimática, se determinaron numérica y cartográficamente un área fitoclimática potencial de 805.700 ha y un área de alta viabilidad fitoclimática de 375.900 ha en la cornisa cantábrica. Se determinan asimismo los ámbitos factoriales actuales y de alta viabilidad fitoclimática. El subtipo fitoclimático VI(V) y los espectros fitoclimáticos de especies dominados por *Quercus robur* resultan ser las situaciones de máxima idoneidad para el roble americano.

Palabras clave

Fitoclimatología, envolvente convexa, idoneidad, ecología, distribución

1. Introducción

A pesar de ser ya antigua la presencia artificial del roble americano (*Quercus rubra* L.) en nuestros montes, los trabajos de caracterización fitoclimática y de definición de áreas potenciales para la extensión de esta especie son prácticamente inexistentes, a pesar de su utilidad práctica en labores de reconstrucción de la cubierta forestal, de identificación de lugares en los que a priori sean de esperar semejanzas en los resultados de experimentación previa en las localidades de origen, de definición de programas de conservación de recursos genéticos de especies o de poblaciones representativas, entre otros.

Se asume de entrada que el conocimiento de la autoecología de esta especie en España está limitado a su funcionamiento en los lugares de introducción, siendo posible que dicha especie pudiera vivir y reproducirse sin problemas también en otras situaciones fitoclimáticas por ahora desconocidas.

2. Objetivos

En el presente estudio se pretende avanzar en el conocimiento fitoclimático de las manifestaciones artificiales del roble americano en España mediante la aplicación de una metodología que permita una visión fitoclimática basada en la adecuación, de carácter



sintético y numéricamente cuantificable, así como la extensión y distribución territorial más amplia posible de los resultados en forma de cartografía de áreas fitoclimáticas potenciales de alta viabilidad, integrable en procesos de toma de decisión en materia de gestión forestal.

3. Metodología

A partir de la base de datos de parcelas de muestreo correspondientes al Inventario Forestal Nacional II y III, se seleccionaron 278 parcelas puntos con presencia de *Quercus rubra* L. En la figura 1 puede observarse la distribución de los puntos de muestreo utilizados en este estudio.



Figura 1. Parcelas con presencia de *Quercus rubra* L. consideradas en este estudio

El sistema fitoclimático utilizado es el basado en los modelos de ALLUÉ-ANDRADE (1990 y 1997) modificados por GARCÍA-LÓPEZ y ALLUÉ (2003). Para la aplicación de este sistema, los 278 puntos de muestreo fueron identificados por sus coordenadas UTM (Huso 30) y su altitud, y se les asignaron sus correspondientes valores factoriales a partir de las estimaciones termopluviométricas regionalizadas de GONZALO (2008), tratadas posteriormente con FITOCLIMOAL (GARCÍA-LÓPEZ y ALLUÉ, 2000) para la obtención de los factores de la tabla 1.

Tabla 1. Factores fitoclimáticos utilizados en el modelo

FACTOR	SIGNIFICADO	UNIDAD
K	Intensidad de la aridez. Calculada por el cociente As/Ah , siendo Ah el área húmeda de climodiagrama (curva de P_i por encima de la de T_i , es decir $2T_i < P_i$) y As el área seca del climodiagrama (curva de P_i por debajo de la de T_i , es decir $2T_i > P_i$).	
A	Duración de la aridez, en el sentido de GAUSSEN, es decir, el número de meses en que la curva de T_i se sitúa por encima de la de P_i , es decir cuando $2T_i > P_i$.	meses
P	Precipitación anual total	mm.
PE	Precipitación estival mínima (Junio, Julio, Agosto o Septiembre)	mm.
TMF	Temperatura media mensual más baja	°C
T	Temperatura media anual	°C
TMC	Temperatura media mensual más alta	°C
TMMF	Temperatura media de las mínimas del mes de temperatura media más baja	°C
TMMC	Temperatura media de las máximas del mes de temperatura media más alta	°C
HS	Helada segura. Calculada como n° de meses en que $T_i \leq -4^\circ\text{C}$	meses
PV	Periodo de actividad vegetal libre, calculada como el número de meses en que $T_i \geq 7,5^\circ\text{C}$ excluidos los periodos con $A > 0$	meses
OSC	Oscilación térmica. Calculada como $TMC - TMF$	°C

Se asignó al roble americano un ámbito factorial de carácter autoecológico establecido a partir de los puntos de muestreo correspondientes. Conforme a GARCÍA-LÓPEZ y ALLUÉ CAMACHO (2003), la frontera de un ámbito puede ser definido de forma muy fiel a la nube de puntos del hiperespacio factorial de 12 dimensiones mediante el cálculo de una envolvente convexa que lo convierte en un hiperpoliedro y que puede proyectarse en planos formados por parejas de factores para realizar los cálculos propios del modelo fitoclimático. Se estableció así un sistema fitoclimático de carácter autoecológico para la especie en estudio con ayuda de un módulo específico de FITOCLIMOAL. En estas condiciones, el escalar de adecuación de una estación al ámbito factorial definido funciona como índice de idoneidad, entendiendo por tal el grado de adecuación de un lugar para acoger a determinados taxones o sintaxones, todo ello desde el punto de vista mixto de su perdurabilidad (capacidad de autoregeneración) y de su competitividad con otras especies (ALLUÉ CAMACHO, 1996).

La extensión de los resultados puntuales obtenidos del estudio de parcelas al conjunto del territorio en continuum se realizó mediante la consideración de una base geográfica sobre la que se aplicó el sistema fitoclimático así construido, que en este caso fue la base de datos factoriales de GONZALO (2008) basada en un modelo digital de elevaciones de la España peninsular con resolución de 1 km.

Esta metodología ha venido siendo aplicada por nosotros, con distintas adaptaciones y mejoras, a varias formaciones forestales españolas: *Abies alba* (GARCÍA-LÓPEZ y ALLUÉ, 2005b), *Juniperus thurifera* (GARCÍA-LÓPEZ y ALLUÉ, 2005c), *Quercus robur* y *Quercus petraea* (GARCÍA-LÓPEZ y ALLUÉ, 2006) entre otros. También han sido utilizadas metodologías basadas en el Índice de Idoneidad entre otros por CAÑELLAS (1993) para *Quercus coccifera*, CÁMARA (1997) para *Pinus halepensis* y GRAU et al. (1999) para *Pinus nigra*, *Pinus sylvestris* y *Pinus pinaster*.

4. Resultados

En la figura 2 se incluye el resultado de diagnosticar el modelo factorial de 1 km de resolución mediante el sistema fitoclimático establecido con las 278 parcelas de roble americano mediante el sistema original de ALLUÉ-ANDRADE (1990) basado en ámbitos

factoriales asimilados a paralelepípedos y mediante el sistema modificado (GARCÍA-LÓPEZ y ALLUÉ, 2003) en que los ámbitos factoriales se asimilan a envolventes convexas como forma de descripción más exigente del ámbito. El resultado es un área potencial fitoclimática conforme a paralelepípedo de 3.026.200 ha, que queda reducida al mejorar la definición del ámbito mediante envolvente convexa a 805.700 ha.

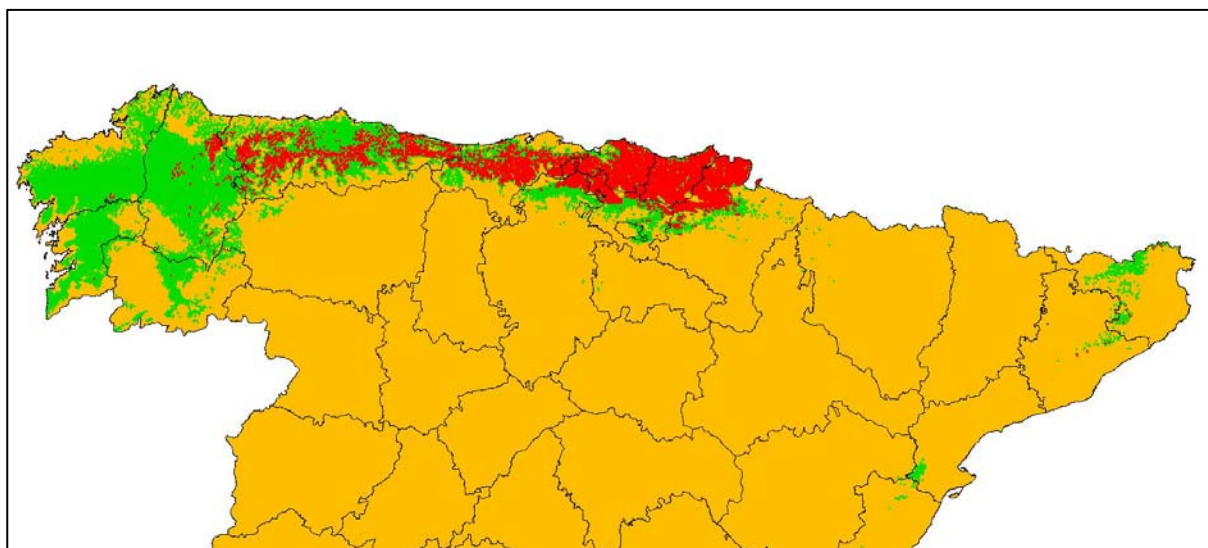


Figura 2. Área potencial de *Quercus rubra* obtenida mediante paralelepípedo factorial clásico (en verde, 3.026.200 ha) y mediante envolvente convexa factorial (en rojo, 805.700 ha). El área roja presenta mayor seguridad de ensayo que la verde.

En la tabla 2 se exponen los ámbitos factoriales obtenidos de las 278 parcelas estudiadas.

Tabla 2. Ámbitos factoriales de las 278 parcelas estudiadas

	K	A	P	PE	T	TMF	TMC	TMMF	TMMC	HS	PV	OSC
Máx.	0,028	1,81	2324	127	14,1	9,2	20,9	5,1	28,7	1,9	12	15,5
Mín.	0	0	872	27	10	3	16,7	-2,2	20,8	0	6,5	10

Segregando los puntos en los que el Índice de Idoneidad (Id) alcanza el percentil 50 ($Id > 0,75$) se obtiene el mapa de áreas de alta viabilidad de *Quercus rubra* de la figura 3 (375.900 ha). Los ámbitos factoriales correspondientes a este área de alta viabilidad son los de la tabla 3. Comparados con los de la tabla 2, se comprueba que se han descartado las estaciones con duraciones de Aridez y con duraciones de Helada Segura mayores, de forma que en el caso de A los valores de alta viabilidad no llegan a 1 mes y los de HS no llegan a 0,5 meses.

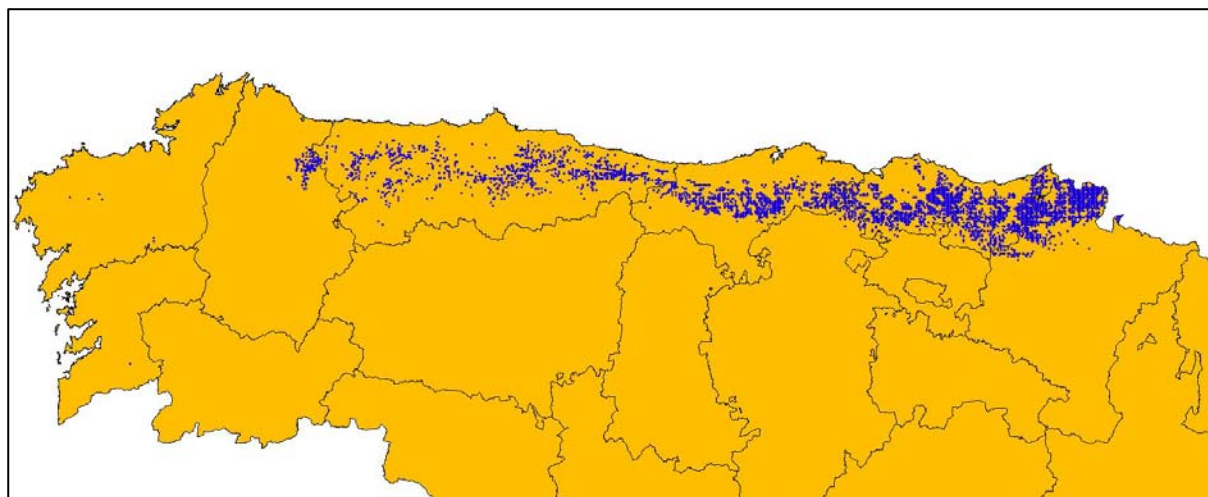


Figura 3. Área potencial de alta viabilidad *Quercus rubra* correspondiente a valores de $Id > 0,75$

Tabla 3. Ámbitos factoriales de alta viabilidad ($Id > 0,75$)

	K	A	P	PE	T	TMF	TMC	TMMF	TMMC	HS	PV	OSC
Máx.	0,004	0,92	2267	126	13,5	8	20,4	4,4	26,7	0,3	12	14,6
Mín.	0	0	1049	28	10,3	3,9	17	-0,6	21,4	0	6,9	10,2

Respecto de los subtipos fitoclimáticos en que se ubican las parcelas estudiadas, la tabla 4 muestra los espectros de subtipos de formato (G; A1; A2; A3; D1; D2), en donde “G” es el subtipo Genuino, “A1, A2, A3” los subtipos análogos en orden decreciente de escalar de adecuación y “D1, D2” los subtipos Dispaes con escalar de adecuación positivo en orden decreciente del mismo. Las máximas idoneidades se obtienen para el subtipo nemorolauroide VI(V), seguido del nemoral VI. Las idoneidades más bajas se obtienen para el subtipo nemoromediterráneo húmedo VI(IV)₂.

Tabla 4. Idoneidad media de las parcelas estudiadas pormenorizadas por espectros de diagnosis fitoclimática (G; A1; A2; A3; D1; D2)

Espectro Fitoclimático	Idon. Media	Desv.Est.	Parcelas
(VI(IV) ₂ ; -; -; -; -; -; -)	0,32		1
(VI(IV) ₂ ; -; -; -; -; VI(IV) ₄ ; VI(VII))	0,56		1
TOTAL VI(IV)₂	0,44	0,17	2
(VI(V); -; -; -; -; -; -)	0,74	0,05	209
(VI(V); -; -; -; -; VI; -)	0,74	0,02	45
(VI(V); -; -; -; -; VI(IV) ₃ ; VI(IV) ₂)	0,75		1
(VI(V); -; -; -; -; VI(IV) ₄ ; -)	0,76		1
(VI(V); VI; -; -; -; -; -)	0,72	0,04	9
TOTAL VI(V)	0,74	0,04	265
(VI; -; -; -; -; -; -)	0,66	0,09	5
(VI; VI(IV) ₄ ; VI(VII); -; -; -; -)	0,69		1
(VI; VI(V); -; -; -; -; -)	0,65	0,06	2
(VI; VI(VII); VI(IV) ₄ ; -; -; -; -)	0,63	0,02	3
TOTAL VI	0,65	0,06	11

Respecto de las formaciones forestales nativas compatibles con el roble americano, la tabla 5 muestra los espectros de especies del tipo ($e_a.A$; $e_b.B$; $e_c.C$; $e_d.D$;..... $e_i.I$) en donde A, B, C, D ...I son los códigos abreviados de las especies en el interior de cuyos ámbitos fitoclimáticos definidos por la envolvente convexa se incluye el punto analizado y en donde e_i (≥ 0 y ≤ 1) es el escalar de adecuación de la estación estudiada al ámbito fitoclimático de la especie i , con $e_a > e_b > e_c > e_d > \dots > e_i$ (GARCÍA-LÓPEZ y ALLUÉ, 2005a). Como puede comprobarse, los espectros se agrupan en 3 bloques en función de que estén encabezados por *Quercus faginea*, *Quercus robur* o *Quercus petraea*. Las mayores idoneidades se dan para las formaciones en donde *Quercus robur* es la especie de mayor adecuación del espectro.

Tabla 5. Idoneidad media de las parcelas estudiadas pormenorizadas por espectros de diagnosis fitoclimática de especies ($e_a.A$; $e_b.B$; $e_c.C$; $e_d.D$;..... $e_i.I$). Qfa: *Quercus faginea*; Qpy: *Quercus pyrenaica*; Qro: *Quercus robur*; Qil: *Quercus ilex*; Qsu: *Quercus suber*; Fsy: *Fagus sylvatica*; Qpe: *Quercus petraea*; Qhu: *Quercus humilis*.

Espectro de especies	Idon. Media	Desv.Est.	Parcelas
(Qfa;Qpy;Qro;Qil;)	0,56		1
(Qfa;Qsu;Qpy;Qro;Qil;)	0,32		1
Total <i>Quercus faginea</i>	0,44	0,17	2
(Qro;)	0,66	0,04	8
(Qro;Qfa;Fsy;Qpy;Qsu;Qil;)	0,76		1
(Qro;Qpy;Qsu;Qil;)	0,75		1
(Qro;Aal;Fsy;Qpy;Qil;)	0,75	0,00	2
(Qro;Fsy;)	0,73	0,05	48
(Qro;Fsy;Qfa;Qpy;Qil;)	0,73		1
(Qro;Fsy;Qfa;Qsu;Qpy;Qil;)	0,72		1
(Qro;Fsy;Qpy;)	0,77	0,02	46
(Qro;Fsy;Qpy;Qhu;)	0,75	0,01	2
(Qro;Fsy;Qpy;Qil;)	0,75	0,03	88
(Qro;Fsy;Qpy;Qil;Qfa;)	0,74		1
(Qro;Fsy;Qpy;Qil;Aal;)	0,75	0,00	3
(Qro;Fsy;Qpy;Qil;Qsu;)	0,75		1
(Qro;Fsy;Qpy;Qsu;Qil;)	0,75	0,00	2
(Qro;Fsy;Qhu;Qpy;Qil;)	0,74		1
(Qro;Fsy;Qil;)	0,57		1
(Qro;Fsy;Qil;Qpy;)	0,70	0,04	8
(Qro;Fsy;Qsu;Qpy;Qil;)	0,73		1
(Qro;Qpe;Fsy;Qpy;Qil;)	0,75	0,01	5
(Qro;Qpe;Fsy;Qhu;Qpy;Qil;)	0,74	0,01	4
(Qro;Qil;)	0,65	0,08	5
(Qro;Qil;Qpy;)	0,67	0,05	3
Total <i>Quercus robur</i>	0,74	0,05	233
(Qpe;Qhu;Fsy;Qpy;Qro;Qil;)	0,65		1
(Qpe;Qhu;Fsy;Qpy;Qil;)	0,62	0,15	2
(Qpe;Qhu;Fsy;Qro;Qpy;Qil;)	0,68		1
(Qpe;Aal;Qro;Qhu;Fsy;Qpy;Qil;)	0,74	0,00	2
(Qpe;Fsy;Qfa;Qpy;Qil;)	0,63	0,02	3
(Qpe;Qro;Qhu;Qfa;Fsy;Qpy;Qil;)	0,69		1
(Qpe;Qro;Qhu;Fsy;Qpy;Qil;)	0,74	0,02	2
(Qpe;Qro;Fsy;Qfa;Qpy;Qil;Qsu;)	0,72	0,00	2



(Qpe;Qro;Fsy;Qpy;Qhu;)	0,74		1
(Qpe;Qro;Fsy;Qpy;Qhu;Qil;)	0,73		1
(Qpe;Qro;Fsy;Qpy;Qil;)	0,71	0,05	13
(Qpe;Qro;Fsy;Qhu;Qpy;Qil;)	0,74	0,02	12
(Qpe;Qro;Fsy;Qhu;Qpy;Qil;Qfa;)	0,74		1
Total <i>Quercus petraea</i>	0,70	0,05	42

5. Discusión y conclusiones

El presente trabajo contribuye a rellenar un importante vacío existente en el estudio de la ecología fitoclimática de una especie no nativa en nuestro territorio pero que ha sido introducida hace ya bastantes años en nuestros montes y que presenta indudables atractivos para el selvicultor.

En particular, se han establecido bases de gran importancia para la toma de decisiones de gestión como son el cálculo factorial y la cartografía no sólo de áreas fitoclimáticas potenciales, sino de áreas de alta viabilidad. La metodología de definición de ámbitos factoriales mediante envolventes convexas permite una mayor fiabilidad en la determinación de estas áreas que la que proporcionan los métodos clásicos de umbrales máximos y mínimos (paralelepípedo factorial).

La utilización de idoneidades comparadas entre varias formaciones forestales permite afinar el dato de máxima adecuación en climas nemorolauroides, situando las mayores adecuaciones en la zona superior de los robledales de *Quercus robur*, cercanos a formaciones de *Quercus petraea* o *Fagus sylvatica*, con duraciones de la Aridez inferiores a 1 mes y duraciones de la Helada Segura inferiores a 0,5 meses.

Entre las limitaciones más evidentes de este trabajo preliminar, hay que reseñar el hecho de que el ámbito autoecológico de estas formaciones en nuestro país ha sido determinado necesariamente con las parcelas existentes en la actualidad. Evidentemente es de sospechar que este reducido número de parcelas no cubran el total del área potencial, por lo que los resultados deben en cualquier caso ser interpretados con cierta cautela. La mejora en la definición del ámbito de existencia irá pareja al progresivo ensayo futuro de esta especie en territorios no incluidos en el ámbito factorial actual.

6. Bibliografía

ALLUÉ-ANDRADE, J.L.; 1990. Atlas fitoclimático de España. Taxonomías. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Madrid. 221 pp.

ALLUÉ-ANDRADE, J.L.; 1997. Tres nuevos modelos para la fitoclimatología forestal: Diagnósis, Idoneidad y Dinámica de fitoclimas. En: PUERTAS, F. y RIVAS, M. (Eds) Actas del I Congreso Forestal Hispano-Luso y II Congreso Forestal Español IRATI'97, 1:31-40. Graficas Pamplona. Pamplona.

ALLUÉ CAMACHO, C.; 1996. Un modelo para la caracterización fitoclimática de individuos, comunidades y fitologías. El modelo idoneidad y su aplicación a las comunidades pascícolas. Ecología 10: 209-230. Madrid.

CÁMARA, A.; 1997. Idoneidades fitoclimáticas para el pino carrasco. En: PUERTAS, F. y RIVAS, M. (Eds) Actas del I Congreso Forestal Hispano-Luso y II Congreso Forestal Español IRATI'97, 1:15-20. Graficas Pamplona. Pamplona.

CAÑELLAS, I.; 1993. Ecología, características y usos de los coscojares (*Quercus coccifera* L.) en España. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. 574 pp.

GARCÍA-LÓPEZ, J.M. y ALLUÉ CAMACHO, C.; 2000. FITOCLIMOAL, un programa para la diagnosis, homologación y estudio de dinámicas e idoneidades fitoclimáticas. Montes 67: 9-18.

GARCÍA-LÓPEZ, J.M. y ALLUÉ CAMACHO, C.; 2003. Aplicación de la teoría de la envolvente convexa a la mejora del sistema fitoclimático Allué-Andrade. Ecología 17: 329-343.

GARCÍA-LÓPEZ, J.M. y ALLUÉ CAMACHO, C.; 2005a. Ensayo de un sistema fitoclimático de carácter autoecológico para especies arbóreas forestales en la península ibérica y su aplicación en labores de repoblación forestal. Actas IV Congreso Forestal Español. Zaragoza, 26-30 de septiembre de 2005.

GARCÍA-LÓPEZ, J.M. & ALLUÉ CAMACHO, C.; 2005b. Caracterización y potencialidades fitoclimáticas de los abetales (*Abies alba* Mill.) en la Península Ibérica. Ecología 19: 11-28.

GARCÍA-LÓPEZ, J.M. & ALLUÉ CAMACHO, C.; 2005c. Caracterización y potencialidades fitoclimáticas de la sabina albar (*Juniperus thurifera* L.) en la Península Ibérica. Sistemas y Recursos Forestales 14(1): 98-109.

GARCÍA-LÓPEZ, J.M. & ALLUÉ CAMACHO, C.; 2006. Characterization and phytoclimatic potentialities of *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. and *Quercus robur* L. forests in Spain. Sistemas y Recursos Forestales 15(3): 277-295.

GONZALO, J.; 2008. Diagnosis fitoclimática de la España peninsular. Actualización y análisis geoestadístico aplicado. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. 559 pp. Madrid.

GRAU, J.M.; CÁMARA, A. & MONTOTO, J.L.; 1999. Fitoclimatología básica de *Pinus nigra* Arn., *Pinus sylvestris* L. y *Pinus pinaster* Ait. Aplicación del modelo idoneidad. Sistemas y Recursos Forestales, Fuera de Serie nº 1: 37-51.