

CARACTERIZACIÓN Y POTENCIALIDADES FITOCLIMÁTICAS DE LOS ROBLEDALES DE *QUERCUS PETRAEA* (MATT.) LIEBL. Y DE *QUERCUS ROBUR* L. EN CASTILLA Y LEÓN

JAVIER MARÍA GARCÍA LÓPEZ¹ Y ANTONIO GARCÍA ABRIL²

RESUMEN

Se realizan diversas aportaciones al conocimiento fitoclimático de los robledales albares (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) y de los robledales pedunculados (*Quercus robur* L.) en Castilla y León. La caracterización fitoclimática se efectuó a partir del estudio de 580 puntos de muestreo procedentes del II Inventario Forestal Nacional con presencia de *Quercus petraea* como especie dominante de la formación forestal y de 1827 para *Quercus robur*. El sistema fitoclimático utilizado fue el de Allué-Andrade, que se aplicó a un modelo climático factorial de variables climáticas regionalizadas sobre un modelo digital de elevaciones de toda la España peninsular. En base a la información climática factorial y fitoclimática extraída de los puntos de muestreo respectivos se aplicaron a la base de datos territorial cinco niveles de filtrado de exigencia creciente, los dos primeros de carácter climático factorial, de los que destaca la utilización del método de la envolvente convexa, y los tres últimos de carácter fitoclimático basados en comparación de ternas, índice de idoneidad y competencia fitoclimática de varias especies forestales, todo ello con objeto de delimitar el área potencial de máxima viabilidad fitoclimática de estos robledales. Los robledales albares se posicionan en los subtipos fitoclimáticos VI(IV)₂, VI(IV)₄, VI(V), VI(VII), VI y VIII(VI) siendo el subtipo VI el de mayor frecuencia y mayor idoneidad. La máxima idoneidad media aparece en las ternas con subtipo genuino en VI y primer subtipo análogo en VI(IV)₂. El área potencial de máxima adecuación fitoclimática después de aplicada la restricción más exigente es de 411.413 ha en la cornisa norte de la Comunidad. Los robledales pedunculados se posicionan en los subtipos fitoclimáticos VI(IV)₂, VI(IV)₃, VI(IV)₄, VI(VII), VI(V) y VI siendo el subtipo VI(IV)₂ el de mayor frecuencia y mayor idoneidad absolutas y VI(V) relativas, dada la escasa representación territorial de este último subtipo en la Comunidad. El área potencial de máxima adecuación fitoclimática para *Quercus robur* después de aplicada la restricción más exigente es de 23.914 ha en el Valle de Mena burgalés y de El Bierzo leonés.

Palabras clave: *Fitoclimatología, Quercus petraea, Quercus robur, roble, envolvente convexa, idoneidad.*

¹Área de Medio Natural. Servicio Territorial de Medio Ambiente. Junta de Castilla y León. C/ Juan de Padilla s/n. 09071-Burgos. garlopjv@jcy.es

²Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Ciudad Universitaria s/n. 28040-Madrid. antonio@montes.upm.es

Recibido: 11/07/2005.

Aceptado: 18/07/2005.

SUMMARY

This paper presents some contributions to the phytoclimatic characterization of stands of *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. and *Quercus robur* L. in Castilla y León. For the phytoclimatic characterization, 580 sampling points from the 2nd National Forest Inventory of actual vegetation in which *Quercus petraea* was the principle species in the forest were considered and 1827 sampling points for *Quercus robur*. The phytoclimatic diagnosis followed the phytoclimatic models of Allué-Andrade. Phytoclimatic territorial models were constructed in digital format on the basis of preliminary territorial factorial estimations, which were used to determine climatic factors and phytoclimatic terns. The potential phytoclimatic area and the factorial ambits for the existence of oak stands was performed in five phases of increasing strictness, based on factorial comparison (convex hull), phytoclimatic terns comparison, phytoclimatic suitability and evaluation of competitor forest species. *Quercus petraea* stands are found in the phytoclimatic subtypes VI(IV)₂, VI(IV)₄, VI(V), VI(VII), VI and VIII(VI). Subtype VI is both the most prevalent of the species and the one with the highest index of phytoclimatic suitability. The highest phytoclimatic suitability is found in the phytoclimatic terns with genuine subtype in VI and first analogous subtype in VI(IV)². In the strictest phase this calculation determined potential areas of high phytoclimatic viability for *Quercus petraea* totalling 411.413 ha in the north of Castilla y León. *Quercus robur* stands are found in the phytoclimatic subtypes VI(IV)₂, VI(IV)₃, VI(IV)₄, VI(VII), VI(V) and VI. Subtype VI(IV)₂ is both the most prevalent of the species and the one with the highest index of phytoclimatic suitability in absolute terms and VI(V) in relative terms. In the strictest phase this calculation determined potential areas of high phytoclimatic viability for *Quercus robur* totalling 23.914 ha in the Mena Valley (Burgos) and El Bierzo (León).

Key words: *Phytoclimatology, Quercus petraea, Quercus robur, oak, convex hull, suitability.*

INTRODUCCIÓN

Los robledales de *Quercus robur* y de *Quercus petraea* debían de constituir una parte importante del paisaje forestal de áreas colinas y montañas de la región eurosiberiana de la Península Ibérica, hoy representados por escasísimos retazos bien conservados, por asentarse en zonas de gran interés agrícola y sobre todo ganadero, sometidas a antiguas transformaciones por el hombre.

La distribución de estos robledales parece obedecer preferentemente a factores climáticos más que a factores edáficos, dada la plasticidad edáfica de ambas especies, que pueden vivir tanto en sustratos ácidos como básicos.

A pesar de ser relativamente abundantes los trabajos en los que se mencionan aspectos diversos sobre ambos robles, la faceta fitoclimática ha sido tradicionalmente de las menos

estudiadas y la información que suele ofrecerse en los escasos trabajos que han abordado el tema suele ser casi exclusivamente integrada por los límites máximos y mínimos de un número generalmente reducido de factores fitoclimáticos (RUIZ DE LA TORRE *et al.*, 1979; RIVAS-MARTÍNEZ, 1987; COSTA *et al.*, 1993; MARTÍN *et al.*, 1998 etc).

Estos estudios parecen coincidir en asignar a ambas especies comportamientos ecológicos diferentes, aunque su papel en los ecosistemas de que forman parte pueda resultar con frecuencia parcialmente enmascarado debido a una cierta semejanza global en sus áreas de distribución y a no pocas dificultades de identificación, debidas a la importancia de la hibridación (COSTA *et al.*, 1993).

A pesar de que en ocasiones concretas ambas especies puedan convivir en masas mezcladas (Covadonga, Muniellos etc.), lo cierto es

que suele identificarse a *Quercus robur* con áreas colinas y a *Quercus petraea* con áreas montanas de la región eurosiberiana de la Península ibérica y de hecho se consideran habitualmente áreas de distribución complementarias, con una muy escasa superposición entre ellas. Al roble pedunculado le corresponderían a grandes rasgos las zonas de llanuras y colinas cántabro-atlánticas entre el mar y la cordillera cantábrica y los suaves relieves galaico-portugueses, mientras que al roble albar le corresponderían áreas montañosas del Sistema Ibérico septentrional (Demanda, Moncayo), norte de Castilla y León y cordilleras cantábrico-pirenaicas. No son infrecuentes las presencias aisladas de individuos o reducidos bosquetes en áreas distantes de las anteriores, como por ejemplo Las Batuecas o Depresión de Olot para *Quercus robur*, o Sistema Central (Ayllón, Guadarrama) para *Quercus petraea*.

Estas distribuciones reflejarían las distintas aptencias fitoclimáticas de estos 2 tipos de robledal, correspondiendo en general a los robledales de *Quercus petraea* condiciones de mayor frío, mayor continentalidad y una mayor resistencia a sequías estivales moderadas en áreas de transición mediterránea. En general, sus aptencias coincidirían en buena medida con las de los hayedos, cuestión ésta que ha llevado a varios autores a apoyar la hipótesis de una posible restricción de sus manifestaciones por competencia con este tipo de bosques (COSTA *et al.*, 1993). Asimismo, suele atribuirse a *Quercus petraea* una menor exigencia en calor estival y mayor sensibilidad a las heladas tardías.

En el presente estudio se pretende avanzar en el conocimiento fitoclimático de los robledales de *Quercus petraea* y de *Quercus robur* en Castilla y León mediante la aplicación de una metodología que permita una visión fitoclimática más completa y numéricamente cuantificable que la hasta ahora existente para estas formaciones 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 tomas de decisión en materia de gestión de estas formaciones.

MATERIAL Y MÉTODOS

A partir de la base de datos de parcelas de muestreo correspondientes al II Inventario Forestal Nacional (DGCONA, 1986-1995), se seleccionaron los 580 y 1827 puntos con presencia natural de *Quercus petraea* y *Quercus robur* como especies principales de la formación forestal respectivamente. La selección de parcelas se hizo mediante la utilidad informática BASIFOR (DEL RÍO *et al.*, 2001) segregando aquellos registros con presencia natural respectiva de cada una de estos 2 robles como primera especie dominante de la formación. En la figura 1 puede observarse la distribución de los puntos de muestreo utilizados en este estudio.



Figura 1 - Situación de los 580 puntos del II IFN con presencia de *Quercus petraea* (puntos oscuros) y de los 1827 puntos del II IFN con presencia de *Quercus robur* (puntos claros) como especies principales de la formación vegetal respectivamente.

Figure 1 - Situation of 580 sampling points in II IFN where *Quercus petraea* (in dark) is the dominant species and 1827 sampling points in II IFN where *Quercus robur* (in light) is the dominant species, used in this study.

El sistema fitoclimático utilizado es el basado en los modelos de ALLUÉ-ANDRADE (1990 y 1997) modificado por GARCÍA-LÓPEZ *et al.* (2003). Este sistema fitoclimático fue el elegido para la realización del presente estudio al ser en la actualidad el único sistema fitoclimático que permite un nivel de máxima síntesis de carácter cuantitativo, pues no sólo permite la adscripción meramente cualitativa de una estación a una categoría fitoclimática previa-

mente definida, sino que permite además una cuantificación del nivel de adecuación de la estación a dicha categoría o tipo fitoclimático y a su vez también al resto de tipos del sistema, mediante la utilización de “coordenadas de posición” y de “distancias fitoclimáticas” relativas entre sí y referidas a ámbitos fitoclimáticos factoriales correspondientes a las principales estrategias de vida vegetal de las cubiertas forestales dominantes basadas en los tipos vitales de WALTER *et al.* (1960). Todo ello permite algo importante en este estudio, como es la cuantificación numérica del grado de potencialidad fitoclimática de un territorio para albergar robledales.

Los 580 puntos de robledal albar y 1827 de robledal pedunculado fueron identificados por sus coordenadas UTM (Huso 30) y su altitud, y se trataron con el programa informático FITOCLIMOAL'2000 (GARCÍA-LÓPEZ *et al.*, 2000) para la obtención de los datos mensuales brutos de temperatura y precipitación conforme a los modelos de SÁNCHEZ-PALOMARES *et al.* (1999). Posteriormente, con el mismo programa fueron hallados los factores fitoclimáticos de ALLUÉ-ANDRADE (1990) a excepción de la

ABREVIATURA	FACTOR	UNIDAD
K	Intensidad de la aridez. Se calcula 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 $2Ti < Pi$) y As el área seca del climodiagrama (curva de P_i por debajo de la de T_i , es decir $2Ti > Pi$).	
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 $2Ti > Pi$.	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 nº de meses en que $TMMF \leq 0$	meses
HP	Helada probable. Calculada como nº de meses en que $F \leq 0$ con $TMMF > 0$	meses
IC	Índice de Continentalidad. Se calcula como $TMC-TMF$	°C

Tabla 1. Factores fitoclimáticos utilizados

Table 1. Phytoclimatic factors used.

Clave cualitativa				Adscripción		Formaciones zonales más frecuentes
TMMF > 7	3 <= A < 11	TMMF > 0	TMC >= 9,5	P <= 450	IV(III)	Sahariano Subsahariano Genuinos Subestepario Subnemorales Subnemorales Genuinos Submediterráneo Nemorales Oroborealoideas Crioarticoideas
			P > 450	IV ₂	Espinales de azufaio y cornicales	
			P <= 400	IV ₁		
			P > 500	IV ₄	Acebuchales	
		TMMF <= 0	TMF <= 2	IV(VII)	Coscojares	
			TMF > 2	IV(VI) ₁	Encinares secos	
	1,25 <= A < 3	TMF >= 7,5	P <= 850	IV(VI) ₂	Encinares húmedos	
			P > 850	VI(VI) ₁	Encinares húmedos con quejigo o rebollo	
		TMF < 7,5	P <= 725	VI(VI) ₁	Alsinares secos	
			P > 725	VI(VI) ₂	Robledales pedunculados secos	
		P <= 950	TMMF > 0	VI(VI) ₁	Quejigares y melojares secos con encina	
			TMMF <= 0	VI(VII)	Quejigares y melojares húmedos con encina	
0 <= A < 1,25	P > 950	TMF <= 4	VI(V)	Alsinares húmedos		
		HS <= 3	VI	Subestepario		
	TMC > 10	HS <= 3	VIII(VI)	Robledales pubescentes		
		HS > 3	VIII(VI)	Genuinos		
TMMF < 7	A = 0	TMC > 10	X(VIII)	Robledales pedunculados		
		TMC <= 10	X(IX) ₁	Hayedos y robledales albares		
	A > 0	TMC > 10	X(IX) ₂	Pinares de silvestre con frondosa		
		TMC <= 10	X(IX) ₂	Pinares de silvestre o moro		
				Teromaxérico	Pastos alpinos	
				Teromaxérico	Pastos alpinoides	

Tabla 2. Clave numérica cualitativa y significación fitológica de los subtipos fitoclimáticos utilizados

Table 2. Numerical key and phytoclimatic subtypes used in this study and their phytological meanings.

oscilación térmica original del autor, que se sustituyó por el Índice de Continentalidad de RIVAS-MARTÍNEZ (1987) calculado como TMC-TMF (tabla 1). En la tabla 2 se exponen los subtipos fitoclimáticos utilizados por el sistema, su clave dicotómica factorial y su significación fitológica principal.

La metodología aplicada en este estudio se basa en 5 fases o niveles de filtrado consecutivos.

Las primeras 2 fases son de carácter climático factorial, se desarrollan por tanto en hiperespacios factoriales y consisten en la aplicación de un primer filtrado factorial basado en la consideración de situaciones internas o externas al paralelepípedo en que se inscribe la nube de puntos o estaciones de robledal de partida, excluyéndose los puntos externos. La segunda fase actúa sobre la base de datos resultante de la fase anterior, y como nivel de exigencia añadida, considera situaciones factoriales internas o externas a una envolvente convexa ceñida a la nube de puntos, excluyéndose los puntos externos. La consideración de la teoría de la envolvente convexa en combinaciones binarias

de factores fitoclimáticos en lugar del paralepípedo factorial es la base de la modificación del sistema fitoclimático ALLUÉ-ANDRADE realizada por GARCÍA-LÓPEZ *et al.* (2003), cuyo detalle puede ser consultado por el lector en la fuente original pues sería muy prolija la exposición en el presente trabajo.

Las 2 fases siguientes son de carácter fitoclimático en lugar de factorial, es decir se desarrollan en el seno de un hiperespacio fitoclimático en lugar de factorial, cuyos ejes coinciden con los escalares de adecuación a los ámbitos factoriales previamente definidos (ALLUÉ-ANDRADE, 1997):

- La fase 3 consiste en exigir a la base de datos procedente de la fase 2 de filtrado la coincidencia de ternas de diagnosis fitoclimática con las ternas de la base de datos original de puntos de muestreo del II IFN, desechándose los puntos con ternas no coincidentes. La consideración de ternas de diagnosis fitoclimáticas basadas en los subtipos de la tabla 2 permiten una aproximación de carácter politético, es decir, de forma conjunta y comparada respecto a todos los subtipos considerados en el sistema fitoclimático. De esta forma, una anotación abreviada del tipo (G; A1; A2; A3; D1; D2) permite definir suficientemente a nuestros efectos un fitoclima mediante la consideración conjunta del subtipo Genuino (G), de sus subtipos análogos (A1, A2 y A3) en orden de escalar de adecuación decreciente y de sus subtipos dispares de escalar de adecuación positivo decreciente D1 y D2.
- La fase 4 actúa sobre la base de datos procedente de la fase 3 y desecha aquellos puntos con Índices de Idoneidad Fitoclimática inferiores a la mitad del rango de idoneidades halladas para la especie. A los efectos de este trabajo se entiende por "idoneidad fitoclimática" 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 autorege-

neración) y de su competitividad con otras especies (ALLUÉ CAMACHO, 1996). Aunque el éxito vital de los individuos vegetales, medido por ejemplo en capacidad de acumulación de biomasa de forma rápida, suele ser una componente importante de la competitividad, otros condicionantes como capacidad de regeneración natural, la resistencia a enfermedades o las de sus taxones potencialmente competidores suelen ser más determinantes, y están más relacionados con el concepto de idoneidad fitoclimática, que se aparta así de otros conceptos más tradicionales como el "calidad de estación forestal". Remitimos al lector a las fuentes bibliográficas originales para conocer el detalle del modelo fitoclimático "idoneidad" y el detalle del cálculo de los Índices de Idoneidad Fitoclimática, ensayado para distintas especies y comunidades vegetales españolas desde 1993, como son entre otras CAÑELLAS (1993) para *Quercus coccifera*, ALLUÉ-ANDRADE *et al.* (1994) para *Pinus pinea*, ALLUÉ CAMACHO (1995) para comunidades pascícolas, CÁMARA (1997) para *Pinus halepensis*, GRAU *et al.* (1999) para *Pinus sylvestris*, *Pinus nigra* y *Pinus pinaster*, GONZALO *et al.* (2004) para *Abies pinsapo* y GARCÍA-LÓPEZ *et al.* (2005a) para *Juniperus thurifera*.

- La fase 5 consiste en el análisis fitoclimático de la base de datos procedente de la fase 4 mediante un sistema fitoclimático de carácter autoecológico construido a partir de estaciones reales de algunas especies forestales cuyas formaciones entran habitualmente en contacto con el robledal, excluyéndose aquellos puntos en los cuales *Quercus petraea* y *Quercus robur* respectivamente no sean las especies de mayor escalar de adecuación en el espectro de diagnosis. Junto con el fitoclima, la competencia con otras especies arbóreas forestales y muy especialmente con *Fagus sylvatica* suele ser identificada como una causa importante que rige la distribución de los robledales albares (RUIZ DE LA TORRE, 1979; COSTA *et al.*, 2001). Se formó un

nuevo sistema fitoclimático conforme a los modelos de ALLUÉ-ANDRADE (1990 y 1997) modificado por GARCÍA-LÓPEZ *et al.* (2003). Este sistema fitoclimático se estableció mediante la formación previa de los ámbitos fitoclimáticos de una serie de especies forestales arbóreas de los géneros *Pinus*, *Quercus* y *Fagus* capaces de formar habitualmente masas que entran en contacto con los robledales objeto de este estudio. Cada uno de estos ámbitos se estableció con una metodología análoga a la empleada para los robles, es decir, mediante la consideración de los puntos del II IFN de cada especie y la asignación de factores fitoclimáticos a través de los modelos estimaciones termopluviométricas de SÁNCHEZ-PALOMARES *et al.* (1999). A cada especie forestal le fue asignado un tipo fitoclimático propio de carácter autoecológico. Las especies consideradas, con sus correspondientes puntos del II IFN, se incluyen en la tabla 3. Se consideraron conjuntamente *Quercus faginea* y *Quercus pyrenaica* por regir en buena parte sus distribuciones territoriales relativas factores edáficos (sustratos básicos o ácidos) con preferencia a los fitoclimáticos.

Código	Especie	Nº de puntos II IFN
Qpe	<i>Quercus petraea</i>	580
Psy	<i>Pinus sylvestris</i>	1.842
Fsy	<i>Fagus sylvatica</i>	1.795
Qro	<i>Quercus robur</i>	1.827
Qfp	<i>Quercus faginea/Quercus pyrenaica</i>	4.245

Tabla 3. Titulares forestales utilizadas en la construcción del modelo fitoclimático de análisis de especies en competencia con *Quercus petraea* y *Quercus robur*.

Table 3. Forest species used in the phytoclimatic autoecological system construction.

RESULTADOS

Primera aproximación: Paralelepípedo Factorial

Una primera aproximación a la determinación del área fitoclimática potencial de los robledales albar y pedunculado puede lograrse mediante la consideración de aquellas estacio-

nes que sean internas al paralelepípedo formado por la nube de los 580 y 1827 puntos estudiados respectivamente, en un hiperespacio factorial con tantas dimensiones como factores climáticos se consideren (en nuestro caso los 12 factores de la tabla 1), con límites formados por aristas paralelas entre sí que coinciden con los valores factoriales máximos y mínimos de cada factor. Los resultados se incluyen en la tabla 4.

En las figura 2a y 2b se exponen respectiva-

Factor	<i>Quercus petraea</i>						<i>Quercus robur</i>					
	K	A	P	PE	T	TMF	K	A	P	PE	T	TMF
Máx.	0.011	1.36	1958	109	13.2	6.6	0.026	1.85	3059	140	15.1	10.4
Mín.	0	0	760	24	6.3	-0.7	0	0	805	23	10	3.6
Factor	TMC	TMMF	TMMC	HS	HP	IC	TMC	TMMF	TMMC	HS	HP	IC
Máx.	21.7	2.7	27.1	5	6	18.6	22.1	7.5	29.8	1	10	15.8
Mín.	13.9	-4.2	19.2	0	2	11.2	15.2	-0.3	19.4	0	0	8.3

Tabla 4. Ámbitos fitoclimáticos factoriales de los robledales albares y pedunculados en España (primera aproximación)

Table 4. Factorial ambits of oak stands in Spain (phase 1).

mente para *Quercus petraea* y *Quercus robur* los resultados de aplicar el método del paralelepípedo factorial, esto es, los ámbitos fitoclimáticos de la tabla 4 a un modelo digital de elevaciones de Castilla y León con una resolución de aproximadamente 273 m de lado, previamente tratado mediante FITOCLIMOAL'2000

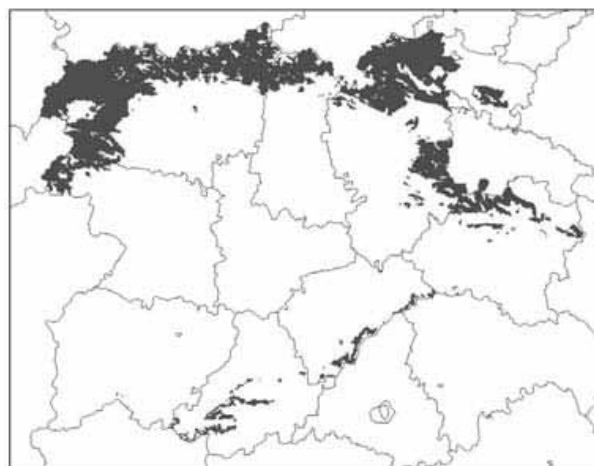


Figura 2a - Área climática factorial potencial del robledal albar en Castilla y León (aproximadamente 1.105.825 ha) mediante la utilización de la primera aproximación (Método del paralelepípedo factorial)

Figure 2a - Potential phytoclimatic area of *Quercus petraea* stands in Castilla y León (1.105.825 ha) with the factorial parallelepiped method (phase 1).

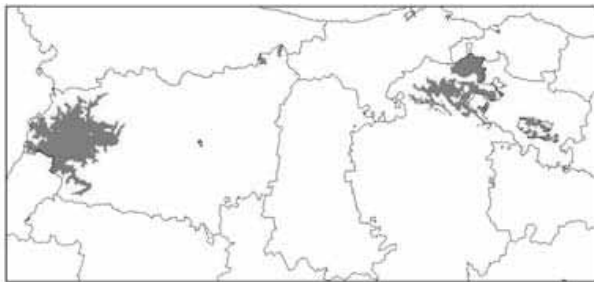


Figura 2b - Figura 2b: Área climática factorial potencial del roble pedunculado en Castilla y León (aproximadamente 206.923 ha) mediante la utilización de la primera aproximación (Método del paralelepípedo factorial)

Figure 2b - Potencial phytoclimatic area of *Quercus robur* stands in Castilla y León (206.923 ha) with the factorial parallelepiped method (phase 1).

para hallar el valor de los factores fitoclimáticos para cada uno de sus puntos. Este modelo consta aproximadamente de 1.200.000 de puntos geográficos identificados por sus coordenadas y su altitud.

El resultado de este primer filtrado factorial corrobora su escasa precisión diagnóstica, al resultar seleccionados 148.433 puntos para *Quercus petraea* (aproximadamente 1.105.825 ha) y 27.775 puntos para *Quercus robur* (unas 206.923 ha), superficies a todas luces excesivas, que engloban áreas castellano-leoneas en que estos robledales están en la actualidad excluidos de forma natural y no existe memoria histórica de su presencia pretérita.

Segunda aproximación: Envoltente convexa factorial

Un estudio factorial más detallado de los puntos reales de roble muestra que existen determinadas relaciones sinérgicas o antagónicas entre sus valores que quedan ocultos mediante la utilización del paralelepípedo factorial y que mediante la consideración de una figura geométrica que, como la envoltente convexa se ciña más que el paralelepípedo a la realidad factorial de la nube formada por los puntos analizados puede conseguirse una mayor eficiencia predictiva del sistema (GARCÍA-LÓPEZ *et al.* 2003).

En la figuras 3a y 3b se expone el resultado de aplicar la envoltente convexa factorial al Modelo Digital de Elevaciones para *Quercus petraea* y *Quercus robur* respectivamente. Como puede apreciarse por simple comparación con las figuras 2a y 2b, el área factorial potencial del roble se ciña mucho más a su situación geográfica actual, quedando seleccionados para *Quercus petraea* como genuinos 78.928 puntos geográficos de la base de datos, aproximadamente 588.013 ha en lugar de las 1.105.825 ha obtenidas con la metodología del paralelepípedo factorial. En el caso de *Quercus robur* quedan seleccionados como genuinos 14.997 puntos geográficos de la base de datos, aproximadamente 111.727 ha en lugar de las 206.923 ha obtenidas con la metodología del paralelepípedo factorial.

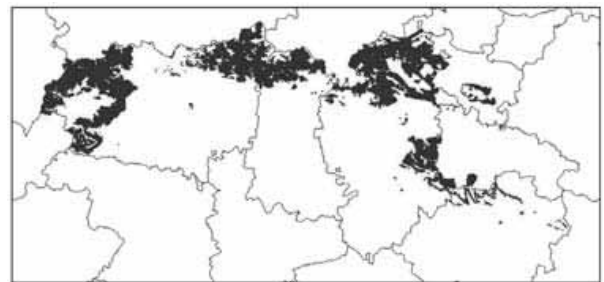


Figura 3a - Figura 3a: Área fitoclimática factorial potencial del roble albar en Castilla y León (aproximadamente 588.013 ha) mediante la utilización de la segunda aproximación (envoltente convexa factorial).

Figure 3a - Potencial phytoclimatic area of *Quercus petraea* stands in Castilla y León (588.013 ha) with the factorial convex hull method (phase 2).



Figura 3b - Figura 3b: Área fitoclimática factorial potencial del roble pedunculado en Castilla y León (aproximadamente 111.727 ha) mediante la utilización de la segunda aproximación (envoltente convexa factorial).

Figure 3b - Potencial phytoclimatic area of *Quercus robur* stands in Castilla y León (111.727 ha) with the factorial convex hull method (phase 2).

Tercera aproximación: Ternas fitoclimáticas

El resultado de diagnosticar mediante el Sistema Fitoclimático de ALLUÉ-ANDRADE (1990) los 580 puntos de roble albar y los 1827 puntos de roble pedunculado estudiados en España se expone en las tablas 5a y 5b respectivamente.

TERNA	PUNTOS	TERNA	PUNTOS
(VIII)2; VIII)1; -; -; -; -)	1	(VI)1; VI)2; VI; VI)3; -; -; -)	1
(VII)2; VII)1; VI; -; -; -; -)	5	(VIII)1; VIII)2; -; -; VI; -)	1
(VIII)2; VIII)1; VI; -; VI)1; -)	1	(VI)1; VI)2; VIII)1; -; VI; -)	4
(VIII)2; VIII)1; VI; -; -; -; -)	2	(VIII)1; VI; -; -; -; -)	27
(VIII)2; VI; -; -; -; -)	4	(VI)1; VI; -; -; -; -)	2
(VIII)2; VI; -; VI)1; VI)2; -; -)	3	(VIII)1; VI; -; VI)1; VI)2; -; -)	3
Total VII)2	16	Total VI)1	80
(VIII)2; VIII)1; -; -; -; -)	40	(VI; -; -; -; -; -)	57
(VIII)2; VIII)1; -; -; VI; -)	7	(VI; -; -; -; -; -)	1
(VIII)2; VIII)1; VIII)2; -; -; -)	1	(VI; -; -; -; -; -)	1
(VIII)2; VIII)1; VIII)2; -; VI; -)	1	(VI; -; -; -; -; -)	11
(VIII)2; VIII)1; VI; -; -; -)	5	(VI; -; -; -; -; -)	3
(VIII)2; VIII)1; -; -; -; -)	1	(VI; -; -; -; -; -)	29
(VIII)2; VIII)1; -; -; -; -)	18	(VI; -; -; -; -; -)	3
(VIII)2; VIII)1; VIII)2; -; -; -)	1	(VI; -; -; -; -; -)	1
Total VIII)2	74	(VI; -; -; -; -; -)	9
(VIII)2; -; -; -; -; -)	1	(VI; -; -; -; -; -)	2
(VIII)2; VIII)1; VI; -; -; -)	3	(VI; -; -; -; -; -)	2
(VIII)2; VIII)1; -; -; -; -)	2	(VI; -; -; -; -; -)	10
(VIII)2; VIII)1; -; -; -; -)	2	(VI; -; -; -; -; -)	54
(VIII)2; VIII)1; VI; -; -; -)	4	(VI; -; -; -; -; -)	4
(VIII)2; VIII)1; VI; -; -; -)	1	(VI; -; -; -; -; -)	6
(VIII)2; VI; -; -; -; -)	31	(VI; -; -; -; -; -)	2
(VIII)2; VI; -; -; -; -)	5	(VI; -; -; -; -; -)	7
(VIII)2; VI; -; -; -; -)	13	(VI; -; -; -; -; -)	93
Total VI)2	62	(VI; -; -; -; -; -)	1
(VI)1; -; -; -; -; -)	12	Total VI	296
(VI)1; -; -; -; -; -)	2	(VIII)1; -; -; -; -; -)	31
(VI)1; -; -; -; -; -)	14	(VIII)1; -; -; -; -; -)	1
(VI)1; VIII)1; -; -; -; -)	6	(VIII)1; VIII)1; VI; -; -; -)	1
(VI)1; VIII)1; -; -; -; -)	1	(VIII)1; VI; -; -; -; -)	17
(VI)1; VIII)1; -; -; -; -)	2	(VIII)1; VI; -; -; -; -)	2
(VI)1; VIII)1; VIII)1; -; -; -)	2	Total VIII)1	52
(VI)1; VIII)1; VIII)1; -; -; -)	3		

Tabla 5a. Ternas fitoclimáticas correspondientes a los 580 puntos de muestreo de roble albar del II Inventario Forestal Nacional.

Table 5a. Phytoclimatic terns defined by 580 II IFN sampling points where *Quercus petraea* is the principal species.

Como puede comprobarse en la tabla 5a, los robledales albares de la Península Ibérica se sitúan en 61 tipos de ternas fitoclimáticas. Más de la mitad de las estaciones estudiadas se corresponden con el subtipo nemoral genuino VI (293 estaciones), seguido del VI(V) con 90 estaciones. Las ternas fitoclimáticas más frecuentes resultan ser la (VI ; VI(V) ; - ; - ; - ; -) con 93 estaciones.

En el caso de los robledales pedunculados (tabla 5b), los puntos estudiados se corresponden con 51 tipos de ternas fitoclimáticas, la

TERNA	PUNTOS	TERNA	PUNTOS
(VI)1; -; -; -; -; -)	10	(VI)1; -; -; -; -; -)	1090
(VI)1; -; -; -; -; -)	10	(VI)1; -; -; -; -; -)	13
(VI)1; -; -; -; -; -)	1	(VI)1; -; -; -; -; -)	1
(VI)1; -; -; -; -; -)	8	(VI)1; -; -; -; -; -)	9
(VI)1; -; -; -; -; -)	2	(VI)1; -; -; -; -; -)	56
(VI)1; VIII)1; -; -; -; -)	23	(VI)1; -; -; -; -; -)	129
(VI)1; VIII)1; -; -; -; -)	7	(VI)1; -; -; -; -; -)	6
(VI)1; VIII)1; -; -; -; -)	2	(VI)1; VIII)1; -; -; -; -)	83
(VI)1; VIII)1; -; -; -; -)	2	(VI)1; VIII)1; -; -; -; -)	3
(VI)1; VIII)1; -; -; -; -)	53	(VI)1; VIII)1; -; -; -; -)	15
(VI)1; VIII)1; -; -; -; -)	41	(VI)1; VIII)1; -; -; -; -)	4
(VI)1; VIII)1; -; -; -; -)	4	(VI)1; VIII)1; -; -; -; -)	12
Total VI)1	143	(VI)1; VIII)1; -; -; -; -)	12
(VI)1; -; -; -; -; -)	2	(VI)1; VIII)1; -; -; -; -)	76
(VI)1; -; -; -; -; -)	4	(VI)1; VIII)1; -; -; -; -)	1
(VI)1; -; -; -; -; -)	17	(VI)1; VIII)1; -; -; -; -)	1
(VI)1; VIII)1; -; -; -; -)	5	(VI)1; VIII)1; -; -; -; -)	62
(VI)1; VIII)1; -; -; -; -)	5	(VI)1; VIII)1; -; -; -; -)	1
(VI)1; VIII)1; -; -; -; -)	10	(VI)1; VIII)1; -; -; -; -)	1
(VI)1; VIII)1; -; -; -; -)	4	(VI)1; VIII)1; -; -; -; -)	1
(VI)1; VIII)1; -; -; -; -)	4	Total VI)1	1576
Total VI)1	51	(VI)1; VIII)1; -; -; -; -)	2
(VI)1; VIII)1; -; -; -; -)	1	(VI)1; VIII)1; -; -; -; -)	12
(VI)1; VIII)1; -; -; -; -)	1	(VI)1; VIII)1; -; -; -; -)	3
(VI)1; VIII)1; -; -; -; -)	7	Total VI	28
(VI)1; VIII)1; -; -; -; -)	4		
(VI)1; VIII)1; -; -; -; -)	3		
Total VI)1	17		

Tabla 5b. Ternas fitoclimáticas correspondientes a los 1827 puntos de muestreo de roble pedunculado del II Inventario Forestal Nacional.

Table 5b. Phytoclimatic terns defined by 1827 II IFN sampling points where *Quercus robur* is the principal species.

mayor parte de ellas (1576 puntos de los 1827 estudiados) pertenecientes al subtipo nemorolauroide VI(V) y siendo la terna más frecuente la (VI(V) ; - ; - ; - ; -) con 1090 estaciones.

Como nivel de exigencia adicional, se filtraron las tablas compuestas por los 78.928 puntos de roble albar y los 14.997 puntos de roble pedunculado procedentes de la segunda aproximación, de forma que quedasen seleccionados únicamente aquellos puntos con alguna de las ternas fitoclimáticas de las tablas 5a y 5b respectivamente. En el caso de *Quercus petraea* resultaron seleccionados 70.994 puntos, cuyo área territorial correspondiente (aproximadamente 528.905 ha) se expone en la figura 4a, y cuyos ámbitos factoriales de existencia se exponen en la tabla 6. En el caso de *Quercus robur* resultaron seleccionados 14.514 puntos (unas 108.129 ha), cuyo área territorial se muestra en la figura 4b y ámbitos factoriales de existencia en la tabla 6.

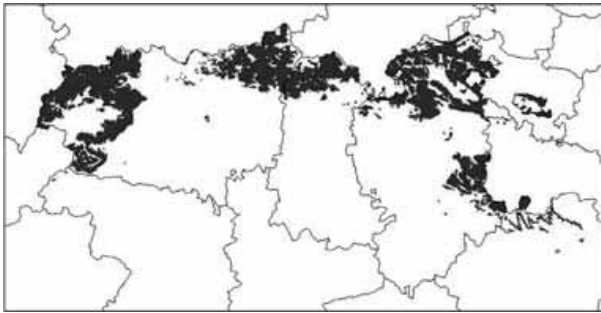


Figura 4a - Área fitoclimática factorial potencial del roble albar en Castilla y León (528.905 ha) mediante la utilización de la tercera aproximación (identidad de ternas fitoclimáticas).

Figure 4a - Potencial phytoclimatic area of *Quercus petraea* stands in Castilla y León (528.905 ha) with the identity phytoclimatic terns method (phase 3).



Figura 4b - Área fitoclimática factorial potencial del roble pedunculado en Castilla y León (108.129 ha) mediante la utilización de la tercera aproximación (identidad de ternas fitoclimáticas).

Figure 4b - Potencial phytoclimatic area of *Quercus robur* stands in Castilla y León (108.129 ha) with the identity phytoclimatic terns method (phase 3).

Factor	<i>Quercus petraea</i>						<i>Quercus robur</i>					
	K	A	P	PE	T	TMF	K	A	P	PE	T	TMF
Máx.	0,011	1,36	1943	67	12,0	5,9	0,026	1,71	1655	67	13,6	7,8
Mín.	0	0	779	24	6,3	-0,6	0	0	1003	24	10,2	3,8
Factor	TMC	TMMF	TMMC	HS	HP	IC	TMC	TMMF	TMMC	HS	HP	IC
Máx.	19,0	2,0	24,5	5	6	16,5	19,9	3,8	24,6	0	6	14,1
Mín.	14,1	-4,1	19,5	0	3	12,4	17,1	0	22,1	0	3	12,0

Tabla 6. Ambitos fitoclimáticos factoriales de roble albar y de roble pedunculado en Castilla y León (tercera aproximación)

Table 6. Factorial ambits of oak stands in Castilla y León (phase 3).

Cuarta aproximación: Idoneidades Fitoclimáticas

En esta cuarta fase, tras filtrar la tabla compuesta por los 70.994 puntos de roble albar procedente de la tercera aproximación, de forma que quedasen seleccionados únicamente aquellos puntos con Índice de Idoneidad Fitoclimática para roble albar superior o igual a 0,26, valor intermedio entre los encontrados para esta especie, resultaron seleccionados 61.816 puntos de alta idoneidad fitoclimática, cuyo área territorial correspondiente (aproximadamente 460.529 ha) se expone en la figura 5a, y cuyos ámbitos factoriales de existencia se exponen en la tabla 7.

En el caso de *Quercus robur*, tras filtrar la tabla compuesta por los 14.514 puntos de la tercera aproximación, de forma que quedasen seleccionados únicamente aquellos puntos con Índice de Idoneidad Fitoclimática para roble pedunculado superior o igual a 0,16, valor intermedio de los encontrados, resultaron seleccionados 13.398 puntos de alta idoneidad fitoclimática, cuyo área territorial correspondiente (aproximadamente 99.815 ha) se expone en la figura 5b, y cuyos ámbitos factoriales de existencia se exponen en la tabla 7.

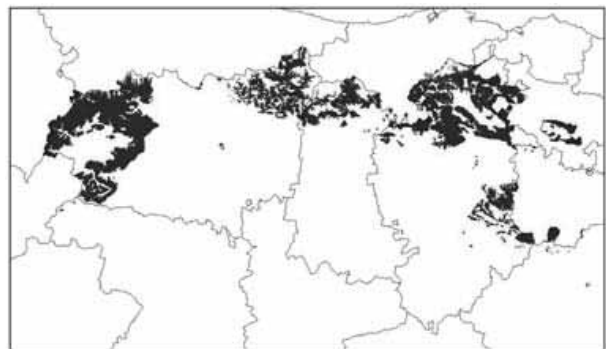


Figura 5a - Área fitoclimática factorial potencial del roble albar en Castilla y León (460.529 ha) mediante la utilización de la cuarta aproximación (Método de las Idoneidades Fitoclimáticas).

Figure 5a - Potencial phytoclimatic area of *Quercus petraea* stands in Castilla y León (460.529 ha) with the suitability phytoclimatic index method (phase 4).

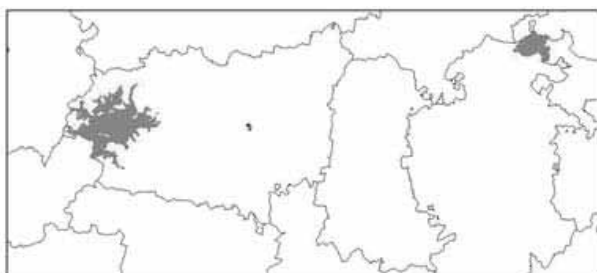


Figura 5b - Área fitoclimática factorial potencial del robledal pedunculado en Castilla y León (99.815 ha) mediante la utilización de la cuarta aproximación (Método de las Idoneidades Fitoclimáticas).

Figure 5b - Potencial phytoclimatic area of *Quercus robur* stands in Castilla y León (99.815 ha) with the suitability phytoclimatic index method (phase 4).

En el caso de *Quercus petraea*, comparados los ámbitos factoriales de la tabla 7 con los de la tabla 6 de la anterior aproximación, puede comprobarse como han quedado excluidas las estaciones menos frías. En el caso de *Quercus robur*, comparados los ámbitos factoriales de la tabla 7 con los de la tabla 6 de la anterior aproximación, puede comprobarse que la tendencia es la contraria, quedando excluidas las estaciones más frías.

Factor	<i>Quercus petraea</i>						<i>Quercus robur</i>					
	K	A	P	PE	T	TMF	K	A	P	PE	T	TMF
Máx.	0,011	1,36	1943	67	10,9	4,2	0,023	1,68	1612	67	13,6	7,8
Mín.	0	0	785	24	6,7	-0,3	0	0	1007	24	10,6	4,2
Factor	TMC	TMMF	TMMC	HS	HP	IC	TMC	TMMF	TMMC	HS	HP	IC
Máx.	19,0	0,4	24,5	5	6	16,5	19,9	3,8	24,6	0	6	14,1
Mín.	14,4	-3,8	19,7	0	3	12,5	17,5	0,4	22,5	0	3	12,0

Tabla 7. Ámbitos fitoclimáticos factoriales de robledal albar y pedunculado en Castilla y León (cuarta aproximación)

Table 7. Factorial ambits of oak stands in Castilla y León (phase 4).

En las tablas 8a y 8b se muestran, para *Quercus petraea* y *Quercus robur* respectivamente, los valores de idoneidad media de las ternas fitoclimáticas existentes en Castilla y León.

Terna Fitoclimática	Estaciones	Idon. Media	Idon. Desv. St.
(VI(IV) ₂ ; VI(VII) ₂ ; -; -; -; -; -)	1707	37,0	2,8
(VI(IV) ₂ ; VI(VII) ₂ ; VI; -; -; -; -)	146	38,0	2,4
(VI(IV) ₂ ; VI(VII) ₂ ; VI; VI(V) ₂ ; -; -; -)	6	35,7	2,2
(VI(IV) ₂ ; VI; -; -; -; VI(VII) ₂ ; -)	209	38,6	2,2
Total VI(IV)₂	2068	37,2	
(VI(VII) ₂ ; VI(IV) ₂ ; VI; -; -; -; -)	476	41,5	3,2
(VI(VII) ₂ ; VI(IV) ₂ ; -; -; -; -; -)	484	38,0	3,0
(VI(VII) ₂ ; VI(IV) ₂ ; VI; -; -; -; -)	707	40,7	3,7
(VI(VII) ₂ ; VI(IV) ₂ ; VI; VI(V) ₂ ; -; -; -)	50	39,9	4,0
(VI(VII) ₂ ; VI; -; -; -; -; -)	4407	32,4	5,0
(VI(VII) ₂ ; VI; VI(IV) ₂ ; -; -; -; -)	1328	47,1	2,5
(VI(VII) ₂ ; VI; VI(IV) ₂ ; -; -; -; -)	2259	38,2	5,3
Total VI(VII)₂	9711	37,12	
(VI(V) ₂ ; -; -; -; -; -; -)	398	14,3	1,5
(VI(V) ₂ ; -; -; -; VI; -; -)	483	19,9	2,0
(VI(V) ₂ ; VI; -; -; -; -; -)	382	24,8	1,8
Total VI(V)₂	1263	19,6	
(VI; -; -; -; -; -; -)	11540	37,9	3,9
(VI; -; -; -; -; VI(IV) ₂ ; -)	249	43,4	2,4
(VI; -; -; -; -; VI(IV) ₂ ; VIII(VI) ₂)	196	42,7	2,4
(VI; -; -; -; -; VI(VII) ₂ ; -)	2075	37,9	3,4
(VI; -; -; -; -; VI(V) ₂ ; -)	807	37,8	1,0
(VI; -; -; -; -; VIII(VI) ₂ ; -)	6947	39,4	4,1
(VI; VI(IV) ₂ ; -; -; -; VI(VII) ₂ ; -)	1211	40,9	2,7
(VI; VI(IV) ₂ ; -; -; -; VI(VII) ₂ ; VIII(VI) ₂)	21	42,0	2,3
(VI; VI(IV) ₂ ; -; -; -; VIII(VI) ₂ ; -)	2357	43,9	2,0
(VI; VI(IV) ₂ ; VI(VII) ₂ ; -; -; -; -)	422	43,1	1,4
(VI; VI(VII) ₂ ; -; -; -; -; -)	3932	36,0	3,5
(VI; VI(VII) ₂ ; -; -; -; VIII(VI) ₂ ; -)	75	42,6	0,7
(VI; VI(VII) ₂ ; VI(IV) ₂ ; -; -; -; -)	761	45,2	3,4
(VI; VI(VII) ₂ ; VI(IV) ₂ ; -; -; VIII(VI) ₂ ; -)	579	44,6	3,0
(VI; VI(VII) ₂ ; VI(IV) ₂ ; -; -; -; -)	812	40,0	5,4
(VI; VI(V) ₂ ; -; -; -; -; -)	9468	37,3	5,5
(VI; VI(V) ₂ ; -; -; -; VI(VII) ₂ ; -)	1649	38,6	4,3
Total VI	43101	38,6	
(VIII(VI) ₂ ; -; -; -; -; -; -)	6568	18,8	5,7
(VIII(VI) ₂ ; VI(VII) ₂ ; -; -; -; -; -)	513	15,7	1,4
(VIII(VI) ₂ ; VI; -; -; -; -; -)	7770	40,6	4,9
Total VIII(VI)₂	14851	30,1	

Tabla 8a. Ternas fitoclimáticas e idoneidad media correspondientes a los 70.994 puntos de robledal albar fitoclimáticamente potencial de la tercera aproximación

Table 8a. Phytoclimatic terns and phytoclimatic suitability index defined by 70.994 *Quercus petraea* forests points from phase 3.

Terna Fitoclimática	Estaciones	Idon. Media	Idon. Desv. St.
(VI(IV) ₂ ; -; -; -; -; -; -)	941	17,0	0,2
(VI(IV) ₂ ; -; -; -; -; VI(IV) ₂ ; -)	1461	16,2	0,7
(VI(IV) ₂ ; -; -; -; -; VI(V) ₂ ; -)	788	17,0	0,1
(VI(IV) ₂ ; VI(IV) ₂ ; -; -; -; -; -)	6	15,0	0,1
(VI(IV) ₂ ; VI(V) ₂ ; -; -; -; -; -)	5915	17,2	0,5
Total VI(IV)₂	9111	17,0	
(VI(V) ₂ ; -; -; -; -; -; -)	2679	17,5	0,6
(VI(V) ₂ ; -; -; -; VI; -; -)	413	15,7	0,4
(VI(V) ₂ ; VI(IV) ₂ ; -; -; -; -; -)	1280	16,6	0,5
(VI(V) ₂ ; VI(IV) ₂ ; -; -; VI; -; -)	71	17,0	0,1
(VI(V) ₂ ; VI; -; -; -; -; -)	495	14,8	0,7
(VI(V) ₂ ; VI; -; -; -; VI(IV) ₂ ; -)	291	15,5	0,5
Total VI(V)₂	5229	16,9	
(VI; VI(V) ₂ ; -; -; -; -; -)	174	14,0	0,8
Total VI	174	14,0	

Tabla 8b. Ternas fitoclimáticas e idoneidad media correspondientes a los 14.514 puntos de robledal pedunculado fitoclimáticamente potencial de la tercera aproximación

Table 8b. Phytoclimatic terns and phytoclimatic suitability index defined by 14.514 *Quercus robur* forests points from phase 3.

Quinta aproximación: Diagnósis fitoclimática de especies forestales en competencia

El resultado de diagnosticar mediante el sistema de especies forestales en competencia con la sabina los 61.816 puntos de robleal albar y 13.398 de robleal pedunculado seleccionados en la cuarta aproximación se expone en la tabla 9. En esta tabla cada terna (A; B; C; D; E) incluye las abreviaturas de códigos de especies de la tabla 3 en el interior de cuyos ámbitos fitoclimáticos definidos por envolvente conve-xa se incluye el punto analizado, en orden de escalar de adecuación descendente.

Quercus petraea		Quercus robur	
Ternas de Especies	Estaciones	Ternas de Especies	Estaciones
(Qpe.)	86	(Qpe.Qro.)	45
(Qpe.Psy.Qfp.)	144	(Qpe.Fsy.Qro.)	151
(Qpe.Fsy.)	586	(Fsy.Qpe.)	1510
(Qpe.Fsy.Psy.)	389	(Fsy.Qpe.Psy.)	328
(Qpe.Fsy.Psy.Qfp.)	20468	(Fsy.Qpe.Qfp.)	141
(Qpe.Fsy.Qro.)	83	(Fsy.Psy.Qpe)	5
(Qpe.Fsy.Qfp.)	32828	(Fsy.Qpe.Psy.Qfp.)	1000
(Qpe.Fsy.Qfp.Psy.)	90	(Fsy.Qfp.Qpe)	3355
(Qpe.Fsy.Qfp.Qro.)	18	(Qro.Qfp.)	2215
(Qpe.Qfp.)	518	(Qfp.Qro.)	8984
Total Qpe	55.210	Total Qro	222
	Total Qfp		Total Qro
			8984

Tabla 9. Espectros fitoclimáticos de especies procedentes de la diagnosis de los 61.816 puntos de robleal albar de la cuarta aproximación de este estudio y de los 13.398 de robleal pedunculado, formados con el sistema fitoclimático confeccionado a partir de las principales titulares forestales competencia.

Table 9. Forest species autoecological phytoclimatic spectrum defined by the 61.816 (*Quercus petraea*) and 13.398 (*Quercus robur*) points used in phase 4.

Como puede comprobarse en la tabla 9, en casi un 90% de los casos (55.210 estaciones de 61.816 analizadas), *Quercus petraea* presenta mayor escalar de adecuación fitoclimática que el resto de especies presentes en el espectro, situándose por tanto antes del resto en el orden de prelación de dicho espectro. Sólo en 6.606 estaciones *Quercus petraea* no es la especie de mayor escalar de adecuación, destacando en este caso *Fagus sylvatica* (6339 estaciones sobre 6.606) como la primera en la terna.

En el caso de *Quercus robur*, únicamente en un 24% de los casos (3.210 estaciones de 13.398 analizadas), esta especie presenta mayor escalar de adecuación fitoclimática que el resto de especies presentes en el espectro, situándose por tanto antes del resto en el orden de prelación de dicho espectro. En el resto de las estaciones analizadas *Quercus robur* no es la especie de mayor escalar de adecuación, destacando en este caso el complejo *Quercus faginea/pyrenaica* (8.984 estaciones) como la primera en la terna.

Como resultado de este análisis y como nivel de exigencia adicional a las 4 aproximaciones ya realizadas, se filtró la tabla compuesta por los 61.816 puntos de robleal albar y 13.398 puntos de robleal pedunculado procedentes de la cuarta aproximación, de forma a que quedasen seleccionados únicamente aquellos puntos en los cuales cada uno de los dos robles fuera respectivamente la primera especie en el espectro de diagnosis. En las figura 6a y 6b se expone la distribución territorial de las aproximadamente 411.314 ha seleccionadas para *Quercus petraea* y 23.914 ha para *Quercus robur*, cuyos ámbitos factoriales de existencia se exponen en la tabla 10. La comparación entre ambas áreas se incluye en la figura 7.

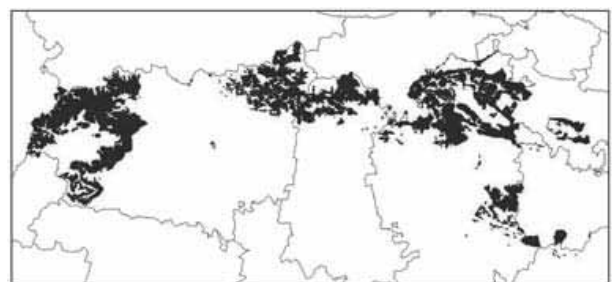


Figura 6a - Área fitoclimática factorial potencial del robleal albar en Castilla y León (411.314 ha) mediante la utilización de la quinta aproximación (Diagnósis fitoclimática de especies).

Figure 6a. Potencial phytoclimatic area of *Quercus petraea* stands in Castilla y León (411.314) with the autoecological phytoclimatic method (phase 5).

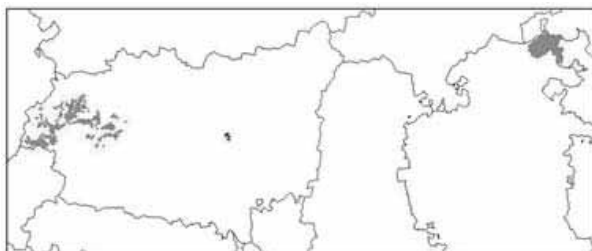


Figura 6b - Area fitoclimática factorial potencial del robledal pedunculado en Castilla y León (23.914 ha) mediante la utilización de la quinta aproximación (Diagnosis fitoclimática de especies).

Figure 6b - Potential phytoclimatic area of *Quercus robur* stands in Castilla y León (23.914) with the autoecological phytoclimatic method (phase 5).

Factor	<i>Quercus petraea</i>						<i>Quercus robur</i>					
	K	A	P	PE	T	TMF	K	A	P	PE	T	TMF
Máx.	0.011	1,36	1922	67	10,9	4,2	0,008	1,31	1492	59	13,6	7,8
Min.	0	0	785	25	7,0	-0,1	0	0	1079	28	10,6	4,2
Factor	TMC	TMMF	TMMC	HS	HP	IC	TMC	TMMF	TMMC	HS	HP	IC
Máx.	19,0	0,4	24,5	4	6	16,5	19,9	3,8	24,6	0	6	14,0
Min.	14,6	-3,6	19,7	0	3	12,6	17,9	0,4	23,0	0	3	12,0

Tabla 10. Ambitos fitoclimáticos factoriales de robledal albar y del robledal pedunculado en Castilla y León (quinta aproximación)

Table 10. Factorial ambits of oak stands in Castilla y León (phase 5).

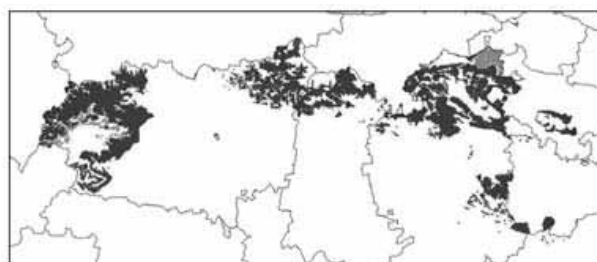


Figura 7 - Area fitoclimática factorial potencial comparadas del robledal albar (en claro) y robledal pedunculado (en oscuro) en Castilla y León mediante la utilización de la quinta aproximación (Diagnosis fitoclimática de especies).

Figure 7 - Compared potencial phytoclimatic area of *Quercus robur* (in light) and *Quercus petraea* (in dark) stands in Castilla y León (phase 5).

Un resumen de las estaciones y superficies retenidas en cada una de las fases de filtrado se muestran en la tabla 11.

En las figuras 8a y 8b se muestran, para cada tipo de robledal, las áreas correspondientes a cada aproximación.

Nº	Carácter	Tipo	<i>Q. petraea</i>	<i>Q. robur</i>
1	Factorial	Paralelepípedo	148.433 estaciones 1.105.825 ha	27.775 estaciones 206.923 ha
2	Factorial	Envolvente Convexa	78.928 estaciones 588.013 ha	14.997 estaciones 111.717 ha
3	Fitoclimática	Temas fitoclimáticas	70.994 estaciones 528.905 ha	14.514 estaciones 108.129 ha
4	Fitoclimática	Idoneidades fitoclimáticas	61.816 estaciones 460.529 ha	13.398 estaciones 99.815 ha
5	Fitoclimática	Competencia Especies	55.210 estaciones 411.314 ha	3.210 estaciones 23.914 ha

Tabla 11 - Resumen de estaciones y superficies equivalentes retenidas en cada fase de filtrado

Table 11 - Points and areas from obtained in the five phases used in this study.

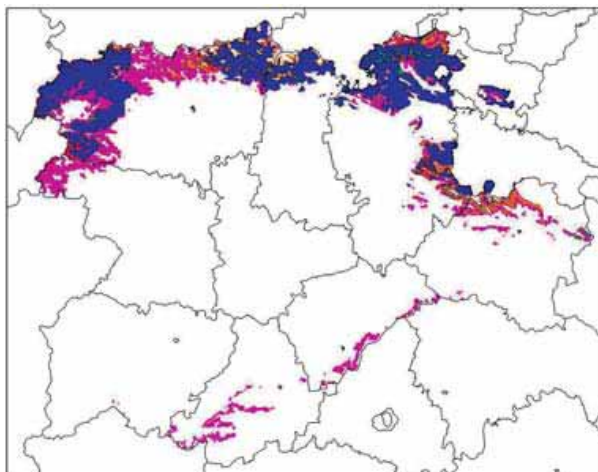


Figura 8a - Áreas Fitoclimáticas del robledal albar en Castilla y León. En azul aproximación 5ª (óptima), en rojo aproximación 4ª, en naranja aproximación 3ª, en verde aproximación 2ª y en rosa la aproximación 1ª (marginal).

Figure 8a - Potencial phytoclimatic area of *Quercus petraea* stands in Castilla y León . In blue phase 5 (optimum) , in red phase 4, in orange phase 3, in green phase 2 and in pink phase 1 (marginal)).

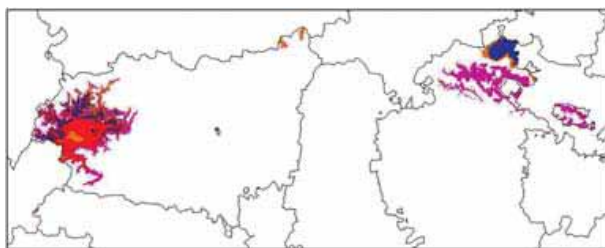


Figura 8b - Áreas Fitoclimáticas del roble pedunculado en Castilla y León. En azul aproximación 5ª (óptima), en rojo aproximación 4ª, en naranja aproximación 3ª, en verde aproximación 2ª y en rosa la aproximación 1ª (marginal).

Figure 8b - Potencial phytoclimatic area of *Quercus robur* stands in Castilla y León. In blue phase 5 (optimum), in red phase 4, in orange phase 3, in green phase 2 and in pink phase 1 (marginal)).

DISCUSIÓN

La metodología aplicada en el presente estudio ha permitido avanzar en algunas facetas concretas del conocimiento fitoclimático de los robledales de *Quercus petraea* y *Quercus robur* de Castilla y León y corroborar algunos resultados obtenidos en estudios anteriores, afianzando o matizando su validez.

En concreto, se ha establecido por primera vez un mapa de alta viabilidad fitoclimática potencial para ambas especies para todo el territorio castellano-leonés. La metodología aplicada, basada en niveles crecientes de exigencia climática factorial y fitoclimática ha permitido que la cartografía obtenida sea de carácter polivalente, en la que cada estación y tipo de aproximación presenta un nivel de fiabilidad propio y por tanto de incertidumbre en la valoración que permite integrarse en procesos de toma de decisiones en materia de gestión forestal de estas formaciones, desde las 1.312.748 ha conjuntas de la aproximación basada en el paralelepípedo factorial para ambos robles, a las 435.228 ha conjuntas de la aproximación más exigente.

Este avance en la visión global de las potencialidades fitoclimáticas territoriales de estas formaciones, y en concreto las 411.314

ha de máxima viabilidad resultantes para *Quercus petraea* y las 23.914 ha para *Quercus robur*, permite corroborar de forma numérica y teórica las impresiones geobotánicas que tradicionalmente, en un número muy apreciable de publicaciones, estiman que el área actualmente ocupada por estos robledales no parece ser sino una pequeña parte de los territorios potencialmente aptos para estas formaciones. Queda corroborada numéricamente la muy escasa superposición de las áreas fitoclimáticas potenciales de alta viabilidad de ambas especies, aunque desde un punto de vista más estrictamente florístico ambos taxones aparezcan mezclados con cierta frecuencia, y se produzcan entre ellos fenómenos de hibridación bastante frecuentes.

La consideración, de factores fitoclimáticos territorializados para el conjunto de la Península, correspondientes a un número apreciable de estaciones ha permitido también por primera vez el establecimiento de ámbitos factoriales de existencia más completos que los hasta ahora existentes, establecidos a partir de un número necesariamente muy reducido de estaciones meteorológicas de la red nacional del Instituto Meteorológico Nacional.

El establecimiento de estos ámbitos permite también corroborar y cuantificar numéricamente algunas ideas manejadas con cierta frecuencia en la bibliografía sobre estas especies. En particular, quedan patentes las escasas diferencias entre ambos robles en lo relativo a factores de índole pluviométrica o termopluviométrica. De hecho, los ámbitos factoriales de K, A, P y PE son muy parecidos entre ambas especies en Castilla y León. No sucede así con los factores termométricos, en los cuales se detectan diferencias entre ambas formaciones, que en ocasiones son apreciables. En particular, valores de T cercanos a 10,5°C parecen separar claramente las condiciones de alta viabilidad de ambas formaciones, correspondiendo a los robledales albares valores inferiores a esta cifra y superiores a ella para los robledales pedunculados.

Parecida consideración puede hacerse respecto al valor 0°C del factor TMMF. En la figura 9 puede comprobarse cómo la idoneidad media de las estaciones de *Quercus petraea* estudiadas es mayor entre valores de 7 y 10°C de T, bajando bruscamente para valores inferiores a 7°C y también, aunque menos bruscamente, por encima de 10°C.

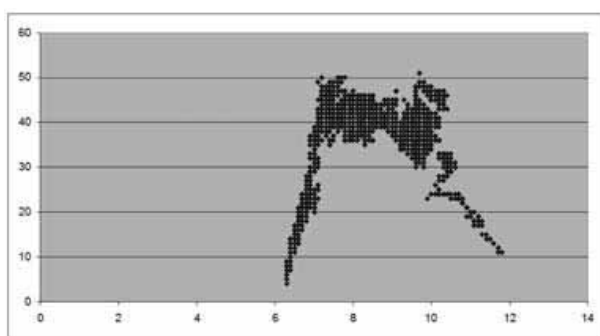


Figura 9 - Idoneidad de las estaciones de *Quercus petraea* estudiadas en función de los valores del factor T

Figure 9 - phytoclimatic suitability index and T values from *Quercus petraea*.

Respecto a HS, los robledales albares aguantan en condiciones de alta viabilidad valores muy elevados, de hasta 4 meses, mientras que los robledales pedunculados se muestran muy exigentes, no presentándose sus manifestaciones fitoclimáticamente más viables salvo en las estaciones desprovistas por completo de Helada Segura. Al contrario de lo que se establece en algunas fuentes bibliográficas, no hemos detectado en el presente estudio que las heladas tardías sean muy determinantes en la distribución de ambos robledales en Castilla y León, al menos en la medida en que este evento fitoclimático pueda ser indirectamente evaluado a través del factor HP.

Sí parece existir una mayor capacidad de aguante de continentalidad térmica por parte de los robledales albares respecto de los robledales pedunculados, a tenor de los ámbitos obtenidos para IC, aguantando *Quercus petraea*

valores superiores a 14°C en condiciones de alta viabilidad, a diferencia de *Quercus robur*.

También el presente estudio ha permitido establecer todas las ternas fitoclimáticas que albergan robledales albares y pedunculados en la Península Ibérica, avanzando por tanto sobre el conocimiento existente en esta materia, y corroborando su existencia en España en los subtipos VI(IV)₂, VI(IV)₄, VI(V), VI(VII), VI y VIII(VI) para *Quercus petraea*, aunque en Castilla y León no hemos detectado formaciones atribuibles a VI(IV)₄. En el caso de *Quercus robur*, se ha detectado su presencia en España en los subtipos VI(IV)₂, VI(IV)₃, VI(IV)₄, VI(V) y VI, no estando presente para Castilla y León en VI(IV)₃ ni VI(IV)₄.

En el conjunto de España, el grueso de las manifestaciones naturales de *Quercus petraea* como especie dominante de la formación forestal se sitúa en el subtipo VI, al igual que en Castilla y León, subtipo que resulta ser también globalmente el de mayor idoneidad para la especie, seguido de VI(IV)₂ y VI(VII), siendo el subtipo menos idóneo el VI(V). En el caso de *Quercus robur* sus manifestaciones se sitúan abrumadoramente, en un 90%, en el subtipo VI(V). Sin embargo llama la atención el hecho de que en Castilla y León la mayor parte de sus áreas potenciales se sitúen en el subtipo VI(IV)₂ en lugar de VI(V). Esta aparente contradicción tiene explicación por el hecho de ser el subtipo VI(V) muy escaso en esta Comunidad, frente al mucho más abundante VI(IV)₂, lo cual condiciona el resultado desde un punto de vista estrictamente geográfico. De hecho, conforme al Mapa Fitoclimático Digital de Castilla y León (GARCÍA-LÓPEZ, 2001), el subtipo VI(V) tan sólo ocuparía en esta Comunidad 25.967 ha, frente a las 1.935.233 ha del subtipo VI(IV)₂, por lo que sólo representando VI(V) el 0,27% del territorio de Castilla y León, representa un 36% del área potencial en esta Comunidad. La idoneidad de los subtipos VI(V) y VI(IV)₂ es muy parecida, aunque en este caso se trata de las porciones más térmicas de este subtipo por su cercanía a VI(V) y a VI(IV)₃.

En lo tocante a las relaciones de competencia interespecífica de carácter fitoclimático y para *Quercus petraea*, en casi un 90% esta especie es la de mayor adecuación de la terna de diagnosis de especies, por lo que compete mejor con ellas desde un punto de vista estrictamente fitoclimático. En un 98% de los casos, en la terna de diagnosis aparecen conjuntamente *Quercus petraea* y *Fagus sylvatica*, corroborándose así la hipótesis de importante superposición parcial de preferencias ecológicas de ambas especies, tal y como se recoge en varias fuentes bibliográficas (COSTA *et al.*, 2001). La competencia interespecífica con *Fagus sylvatica* parece por tanto de gran importancia para entender la distribución actual y potencialidades de los robledales albares. En la tabla 12 se comparan los ámbitos de alta viabilidad de este estudio para *Quercus petraea* con la encontrada por GARCÍA-LÓPEZ *et al.* (2005b) para *Fagus sylvatica* con la misma metodología en el conjunto de la Península Ibérica, para valores de idoneidad de esta última especie iguales o superiores a 0,25. Como puede apreciarse, el solape factorial es casi completo.

Quercus petraea						
Factor	K	A	P	PE	T	TMF
Máx.	0,011	1,36	1943	67	10,9	4,2
Mín.	0	0	785	24	6,7	-0,3
Factor	TMC	TMMF	TMMC	HS	HP	IC
Máx.	19	0,4	24,5	5	6	16,5
Mín.	14,4	-3,8	19,7	0	3	12,5
Fagus sylvatica						
Factor	K	A	P	PE	T	TMF
Máx.	0,013	1,35	2397	101	10	3,6
Mín.	0	0	606	23	5,9	-0,9
Factor	TMC	TMMF	TMMC	HS	HP	IC
Máx.	18,7	-0,1	24,3	6	6	16,8
Mín.	13,4	-4,4	18,4	1	2	12

Tabla 12. Comparación de los ámbitos fitoclimáticos de alta viabilidad de *Quercus petraea* para Castilla y León de la cuarta aproximación de este estudio con los hallados por GARCÍA-LÓPEZ *et al.* (2005b) para *Fagus sylvatica* en la Península Ibérica.

Table 12. Compared factorial ambits of *Quercus petraea* stands in Castilla y León (phase 4) and factorial ambits of *Fagus sylvatica* obtained by GARCÍA-LÓPEZ *et al.* (2005b) in the Iberian Peninsula.

No obstante lo anterior, tal y como se demostró en GARCÍA-LÓPEZ *et al.* (2005b), el hayedo parece presentar sus máximas idoneidades

globales en el subtipo oroborealoides subnemorral VIII(VI) en lugar de en el subtipo nemoral genuino VI. Esta situación aparentemente anormal, que tiene su explicación en la definición actual de los subtipos fitoclimáticos del sistema original de ALLUÉ-ANDRADE tal y como se explica en dicho trabajo refuerza el hecho de que los hayedos presenten la máxima idoneidad en las porciones más frías del VI y menos frías de VIII (VI). Estos resultados sugieren que, dentro de un solape muy importante de ambas formaciones, *Quercus petraea* cedería ante *Fagus sylvatica* en las porciones más frías, esto es en la franja altitudinal superior de su área de distribución, en contacto, en su caso, con las formaciones oroborealoides.

La división actual entre ambos subtipos se realiza en la clave dicotómica del sistema actual mediante un corte por el valor HS=3, correspondiendo los valores de HS>3 al VIII(VI) y el resto al VI. Si se analizan las idoneidades medias de las estaciones de hayedo correspondientes al subtipo VIII(VI), puede comprobarse que sus porciones menos frías, correspondientes a valores de HS de 4 y de 5 meses presentan altas idoneidades medias, mientras que estas idoneidades caen bruscamente para valores de HS=6 meses (tabla 4), por lo que sería conveniente replantearse en el futuro el valor de este corte en HS>5 para las formaciones oroborealoides.

A diferencia de *Quercus petraea*, en el caso de *Quercus robur*, sólo en un 24% de los casos esta especie es la de mayor adecuación de la terna de diagnosis de especies. En un 91% de los casos, en la terna de diagnosis aparecen conjuntamente *Quercus robur* y el complejo *Quercus faginea/pyrenaica*.

Tanto la escasa superficie de alta potencialidad fitoclimática hallada en Castilla y León para *Quercus robur*, como los bajos índices de idoneidad calculados y la elevada competencia fitoclimática de otras especies forestales, principalmente marcescentes confirman la baja viabilidad en la Comunidad de Castilla y León de este tipo de robledal. No sucede así con *Quercus petraea* que presenta superficies de

alta potencialidad fitoclimática muy extensas, altos índices de idoneidad fitoclimática y condiciones de competencia fitoclimática bastante

favorables con otras especies, de las que destacan los hayedos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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. & MARTIN BLAS, M.T. 1994. Indicador de idoneidad de lugar para las masas forestales. Aplicación a *Pinus pinea* L. Conferencia Universidad de Castilla la Mancha. Inédita.
- ALLUÉ-ANDRADE, J.L. 1997. Tres nuevos modelos para la fitoclimatología forestal: Diagnóstico, Idoneidad y Dinámica de fitoclimas. Actas I Congreso Forestal Hispano-Luso. Irati'97. 31-40. Pamplona.
- ALLUÉ CAMACHO, C. 1995. Idoneidad y expectativas de cambio fitoclimáticas en los principales sintaxa pascícolas de los montes españoles. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. 423 pp. Madrid.
- 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 OBREGÓN, A.; 1997. Idoneidades fitoclimáticas para el pino carrasco. Actas del I congreso Forestal Hispano-Luso 1: 15-20. Gobierno de Navarra.
- CANELLAS, 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. Inédita. 574 pp.
- COSTA, M.; MORLA, C. & SAINZ-OLLERO, H. (eds.). 2001. Los bosques ibéricos: Una interpretación geobotánica. Ed. Planeta Periplo. 597 pp.
- DEL RÍO M., RIVAS, J., CONDES, S., MARTÍNEZ-MILLÁN, J., MONTERO, G., CAÑELLAS, I., ORDÓÑEZ, C., PANDO, V., SAN MARTÍN, R. & BRAVO, F. 2001. BASIFOR: Aplicación Informática para el manejo de bases de datos del Segundo Inventario Forestal Nacional - III Congreso Forestal Español, Granada. III. 49-54.
- DGCONA. 1986-1995. Segundo Inventario Forestal Nacional. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- GARCÍA-LÓPEZ, J.M. & ALLUÉ CAMACHO, C. 2000. FITOCLIMOAL'2000, un programa para la diagnosis, homologación y estudio de dinámicas e idoneidades fitoclimáticas - *Montes* 67: 9-18.
- GARCÍA LÓPEZ, J.M.; GONZALO, J. & ALLUÉ CAMACHO, C. 2001. Mapa Fitoclimático Digital de España. Castilla y León. Actas III Congreso Forestal Español. 1: 9-14. Granada.
- GARCÍA-LÓPEZ, J.M. & 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. & ALLUÉ CAMACHO, C. 2005a. 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. & GONZALO, J. 2005b. Caracterización y potencialidades fitoclimáticas de los hayedos (*Fagus sylvatica* L.) en la Península Ibérica. IV Congreso Forestal Español. Zaragoza, septiembre 2005.

- GONZALO JIMÉNEZ, J.; GARCÍA-LÓPEZ, J.M. & ALLUÉ CAMACHO, C. 2004. Potencialidades y adecuaciones fitoclimáticas de *Abies pinsapo* Boiss. en España. *Montes* 77: 24-32. 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. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales*. Fuera de serie nº 1: 37-51.
- MARTÍN, S.; DÍAZ-FERNÁNDEZ, P.M. & DE MIGUEL, J. 1998. Regiones de procedencia de las especies forestales Españolas. Géneros *Abies*, *Fagus*, *Pinus* y *Quercus*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Madrid.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. 1987. Memoria del mapa de series de vegetación de España. ICONA. Serie Técnica. 268 pp.
- RUIZ DE LA TORRE, J., 1979. Árboles y arbustos de la España peninsular. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. 512 pp.
- SÁNCHEZ PALOMARES, O. SÁNCHEZ SERRANO, F. & CARRETERO CARRERO, M.P. 1999. Modelos y cartografía de estimaciones climáticas termopluiométricas para la España peninsular. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Madrid. 192 pp.
- WALTER, H. & LIETH, H. 1960. Klimadiagramm Welt atlas – Fisher. Viena.

