

Caracterización y potencialidades fitoclimáticas de la sabina albar (*Juniperus thurifera* L.) en la Península Ibérica

J. M. García López* y C. Allué Camacho

Área de Medio Natural. Servicio Territorial de Medio Ambiente.
Junta de Castilla y León. C/ Juan de Padilla, s/n. 09071 Burgos. España

Resumen

Se realizan diversas aportaciones al conocimiento fitoclimático de los sabinares albares (*Juniperus thurifera* L.) en la Península Ibérica. La caracterización fitoclimática se efectuó a partir del estudio de 1.098 puntos de muestreo procedentes del II Inventario Forestal Nacional con presencia de *Juniperus thurifera* como especie dominante de la formación forestal. El sistema fitoclimático utilizado fue el de Allué-Andrade, que se aplicó a un modelo climático factorial previo construido mediante 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 1.098 puntos de muestreo, se aplicaron cinco niveles de filtrado de exigencia creciente a la base de datos territorial, las dos primeras aproximaciones de carácter climático factorial, de las que destaca la utilización del método de la envolvente convexa, y las tres últimas de carácter fitoclimático basadas en comparación de ternas, índice de idoneidad y competencia fitoclimática de varias fagáceas, todo ello con objeto de delimitar el área potencial de máxima viabilidad fitoclimática de esta especie. Los sabinares de *Juniperus thurifera* se posicionan en los subtipos fitoclimáticos VI(IV)₁, VI(IV)₂, IV(VI)₁, IV₃, IV₄, VI(VII) y VIII(VI) siendo el subtipo VI(IV)₁ el de mayor frecuencia (70% de las estaciones estudiadas) y de mayor índice de idoneidad. Las ternas (VI(IV)₁; VI(IV)₂; -; -) y (VI(VI)₂; IV(VI)₁; -; -) son las de mayor frecuencia y mayor idoneidad. El área potencial de máxima adecuación fitoclimática después de aplicada la restricción más exigente es de 1.958.700 ha en el centro-este peninsular. La presencia de la especie en ternas fitoclimáticas en las que el subtipo fitoclimático autoecológico asignado a *Juniperus thurifera* es el de mayor escalar de adecuación frente a las principales fagáceas arbóreas competidoras permite corroborar que los sabinares se distribuyen prioritariamente en zonas con baja pujanza fitoclimática de especies del género *Quercus*. La base de datos geográfica de alta viabilidad fitoclimática está disponible en www.fitoclimoal.com.

Palabras clave: fitoclimatología, *Juniperus thurifera*, sabina, envolvente convexa, idoneidad.

Abstract

Phytoclimatic characterization and potentiality of *Juniperus thurifera* L. in the Iberian Peninsula

This paper presents some contributions to the phytoclimatic characterization of stands of *Juniperus thurifera* L. in the Iberian Peninsula. For the phytoclimatic characterization, 1.098 sampling points from the 2nd National Forest Inventory of actual vegetation in which *Juniperus thurifera* was the principle species in the forest were considered. 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 *Juniperus thurifera* was performed in five phases of increasing strictness, based on factorial comparison (convex hull), phytoclimatic terns comparison, phytoclimatic suitability and evaluation of competitor *Quercus* and *Fagus* species. *Juniperus thurifera* stands are found in the phytoclimatic subtypes VI(IV)₁, VI(IV)₂, IV(VI)₁, IV₃, IV₄, VI(VII) and VIII(VI). Subtype VI(IV)₁ is both the most prevalent of the species (70% of stations studied) and the one with the highest index of phytoclimatic suitability. The highest phytoclimatic suitability is found in the phytoclimatic terns (VI(IV)₁; VI(IV)₂; -; -) and (VI(VI)₂; IV(VI)₁; -; -). These terns are also the most prevalent of the species. In the strictest phase this calculation determined potential areas of high phytoclimatic viability for *Juniperus thurifera* totalling 1.958.700 ha in the center-east of the Iberian Peninsula. However, any practical interpretation of these results must take into consideration the phytoclimatic capacity for competition from some forest species. The territorial highest suitability phytoclimatic data set is available at www.fitoclimoal.com.

Key words: phytoclimatology, *Juniperus thurifera*, convex hull, suitability, thuriferous juniper.

* Autor para la correspondencia: garlopjv@jcy.l.es

Recibido: 03-11-04; Aceptado: 17-02-05.

Introducción

La sabina albar (*Juniperus thurifera* L.) es una especie propia del Mediterráneo occidental, presente en Europa (Italia, Francia y España) y en África (Marruecos y Argelia). Según Gauquelin *et al.* (2000), de las cerca de 200.000 ha de sabinar albar existentes en el mundo unas 150.000 ha se encuentran en España. La originalidad y escasez de estas formaciones vegetales a nivel planetario y el hecho de que el grueso de su área de distribución se encuentre en nuestro país revelan la importancia científica del estudio de su ecología. Prueba del interés que suscitan en la actualidad los sabinars albares es la reciente convocatoria de 2 coloquios internacionales monográficos en Marignac (Francia) en julio de 2000 y en Marrakech (Marruecos) en abril de 2001.

La distribución actual de la sabina albar parece obedecer preferentemente a factores climáticos más que a factores edáficos, dada la plasticidad edáfica de la especie, que puede vivir tanto en sustratos ácidos como básicos. La competencia con otras especies forestales, en especial las especies del género *Quercus*, jugaría también un papel importante según opinión de la mayor parte de los autores que han estudiado aspectos ecológicos de la especie (Perea, 2003).

A pesar de ser relativamente abundantes los trabajos en los que se mencionan aspectos diversos sobre la sabina albar, la faceta fitoclimática ha sido tradicionalmente de las menos estudiadas (Perea, 2003) 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 (Ceballos, 1934; Emberger, 1939; Boudy, 1950; Quézel y Barbéro, 1981; Rivas-Martínez, 1987; Torrecilla, 1990; Gómez-Manzanaque, 1991; Costa *et al.*, 1993a,b; Alifriqui, 2000; Djellouli y Gharzouli, 2001, etc.). Todos ellos parecen coincidir en identificar el fitoclima de los sabinars albares con condiciones de continentalidad térmica acusada, esto es, de inviernos muy fríos y veranos muy calurosos, muchas horas de insolación anual, así como con regímenes de escasa pluviometría, con sequías estivales de varios meses. Los estudios fitoclimáticos más completos para España son hasta el momento los de Pereira *et al.* (1998) y de Alonso Ponce y Sánchez-Palomares (2001), aunque el primero de ellos basado exclusivamente en información de 36 estaciones meteorológicas y el segundo circunscrito territorialmente a Castilla y León.

En el presente estudio se pretende avanzar en el conocimiento fitoclimático de los sabinars albares de la Península Ibérica mediante la aplicación de una metodología que permita una visión fitoclimática más completa 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.

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 1.098 puntos con presencia natural de *Juniperus thurifera* como especie principal de la formación forestal. La selección de parcelas se hizo mediante la utilidad informática BASIFOR (Del Río *et al.*, 2001) segregando aquellos registros con presencia natural de la sabina como primera especie dominante de la formación. En la figura 1 puede observarse la distribución de los 1.098 puntos de muestreo utilizados en este estudio.

El sistema fitoclimático utilizado es el basado en los modelos de Allué-Andrade (1990 y 1997) modificado por García-López y Allué Camacho (2003). Este sistema fitoclimático fue el elegido para la realización del presente estudio al ser en la actualidad el único sistema fitoclimático que combina un nivel de máxima síntesis de carácter cuantitativo, es decir, que no

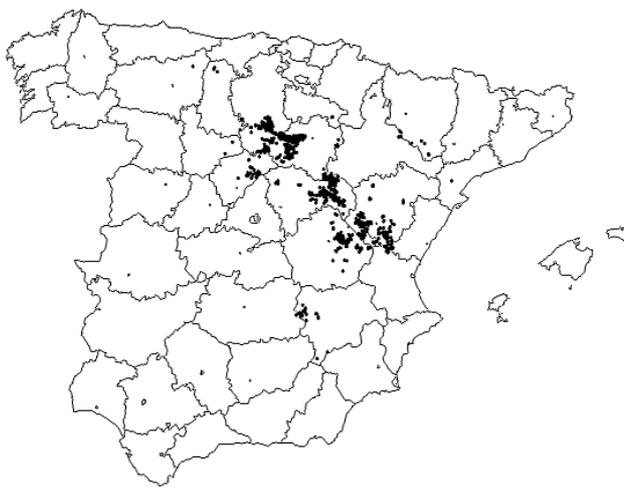


Figura 1. Situación de los 1.098 puntos del II IFN con presencia de *Juniperus thurifera* L. como especie principal de la formación vegetal.

sólo permite la adscripción meramente cualitativa de una estación a una categoría fitoclimática previamente 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 y Lieth (1960). Todo ello permite algo importante en este estudio, como es la cuantificación numérica del grado de potencialidad fitoclimática de un territorio para albergar sabinas.

Los 1.098 puntos de sabinar fueron identificados por sus coordenadas UTM (Huso 30) y su altitud, y se trataron con el programa informático FITOCLIMO-AL2000 (García-López y Allué Camacho, 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 oscilación térmica original del autor, que se substituyó por el Índice de Continentalidad de Rivas-Martínez (1987) calculado como TMC-TMF (tabla 1). En la ta-

bla 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 y de exigencia creciente basadas todas ellas en el sistema fitoclimático de Allué-Andrade (1990) y en su modificación de García-López y Allué Camacho (2003).

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 sabinar 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 paralelepípedo factorial es la base de la modificación del sistema fitoclimático Allué-Andrade realizada por García-López y Allué Camacho (2003), cuyo detalle puede ser consultado por el lector en la fuente original pues sería muy prolija la exposición en el presente trabajo.

Tabla 1. Factores fitoclimáticos utilizados

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 $2T_i < P_i$) 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
F	Temperatura mínima absoluta	°C
C	Temperatura máxima absoluta	°C
HS	Helada segura. Calculada como n.º de meses en que $TMM \leq 0$	meses
HP	Helada probable. Calculada como n.º de meses en que $F \leq 0$ con $TMMF > 0$	meses
IC	Índice de Continentalidad. Se calcula como TMC-TMF	°C

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

Clave cualitativa		Adscripción		Formaciones zonales más frecuentes		
3 ≤ A < 11	A > 11	III(IV)	Sahariano	Espinales de azufaifo y cornicales		
	TMC ≥ 9,5	P ≤ 450	Subsahariano	Lentiscares		
		P > 450		Acebuchales		
	TMMF > 0	P ≤ 400	Genuinos	Coscojares		
		TMC < 9,5		400 < P ≤ 500	IV ₃	Encinares secos
	TMMF ≤ 0	P > 500	Mediterráneos	IV ₄	Encinares húmedos	
		TMF ≤ 2		IV(VII)	Subestepario	Piornales espinosos almohadillados
	TMMF ≥ 7	TMF > 2	Subnemorales	IV(VI) ₁	Encinares húmedos con quejigo o rebollo	
		P ≤ 850		IV(VI) ₂	Alsinares secos	
	0,25 ≤ A < 3	TMF ≥ 7,5	Subnemorales	VI(IV) ₃	Robledales pedunculados secos	
		TMF < 7,5		P ≤ 725	Genuinos	VI(IV) ₁
	P > 725		VI(IV) ₂	Quejigares y melojares húmedos con encina		
0 ≤ A < 1,25	P ≤ 950	TMMF > 0	VI(IV) ₄	Submediterráneo	Alsinares húmedos	
		TMMF ≤ 0	VI(VII)	Subestepario	Robledales pubescentes	
	P > 950	TMF > 4	Nemorales	VI(V)	Genuinos	Robledales pedunculados húmedos
		TMF ≤ 4		HS ≤ 3	VI	Hayedos
TMMF ≤ 7	A = 0	HS > 3	VIII(VI)	Oroborealoides	Subnemoral	Pinares de silvestre con frondosa
		TMC > 10	X(VIII)	Genuino	Pinares de silvestre o moro	
	A > 0	TMC ≤ 10	X(IX) ₁	Oroarticoides	Termoaxérico	Pastos alpinos
		X(IX) ₂	Termoxérico	Pastos alpinoideos		

Las 3 fases siguientes son de carácter fitoclimático en lugar de factorial, es decir que 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 diagnóstico fitoclimática con las ternas de la base de datos original de 1.098 puntos de muestreo del II IFN, desechándose los puntos con ternas no coincidentes. La consideración de ternas de diagnóstico fitoclimáticas basadas en los subtipos de la tabla 2 per-

miten 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 0,50. 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 autoregeneración) 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 y Martín Blas (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* o Gonzalo *et al.* (2004) para *Abies pinsapo*. Se eligió el valor 0,50 para el Índice de Idoneidad Fitoclimática discriminante de esta fase por ser el valor medio entre los teóricamente posibles (mínimo 0 y máximo 1).

— 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 especies forestales cuyas formaciones entran en contacto con el sabinar, excluyéndose aquellos puntos en los cuales la sabina no sea la especie 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 las del género *Quercus* suele ser identificada como una causa importante que rige la distribución de los sabinares albares (Ruiz de la Torre, 1979; Costa *et al.*, 2001). Con objeto de evaluar la originalidad de los ámbitos fitoclimáticos en los que existe *Juniperus thurifera* como masa forestal, esto es, si entre otras cuestiones existe realmente un fitoclima propio de los sabinares albares o si, por el contrario, comparte esos fitoclimas con otras especies forestales en competencia, se formó un nuevo sistema fitoclimático conforme a los modelos de Allué-Andrade (1990

y 1997) modificado por García-López y Allué Camacho (2003). Este sistema fitoclimático se estableció mediante la formación previa de los ámbitos fitoclimáticos de una serie de especies forestales arbóreas de los géneros *Quercus* y *Fagus* capaces de formar habitualmente masas que entran en contacto con los sabinares albares. Cada uno de estos ámbitos se estableció con una metodología análoga a la empleada para *Juniperus thurifera*, 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 termoplumiométricas 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 factores edáficos (sustratos básicos o ácidos) con preferencia a los fitoclimáticos.

Resultados

Primera aproximación: paralelepípedo factorial

Una primera aproximación a la determinación del área fitoclimática potencial del sabinar albar puede lograrse mediante la consideración de aquellas estaciones que sean internas al paralelepípedo formado por la nube de los 1.098 puntos estudiados, en un hiperespacio factorial con tantas dimensiones como factores climáticos se consideren (en nuestro caso los 12 factores de la tabla 2), con límites formados por aristas paralelas entre sí que coinciden con los valores factoriales máximos y mínimos de cada factor (tabla 4).

En la figura 2 se expone el resultado de aplicar el método del paralelepípedo factorial, esto es, los ámbi-

Tabla 3. Titulares forestales utilizadas en la construcción del modelo fitoclimático de análisis de especies en competencia con *Juniperus thurifera*

Código	Especie	N.º de puntos II IFN
F _{sy}	<i>Fagus sylvatica</i>	1.842
Q _{pt}	<i>Quercus petraea</i>	678
Q _{ba}	<i>Quercus ilex ballota</i>	13.890
Q _{fp}	<i>Quercus faginea/Quercus pyrenaica</i>	5.340
J _{th}	<i>Juniperus thurifera</i>	1.098

Tabla 4. Ámbitos fitoclimáticos factoriales de sabinar albar en España (primera aproximación)

Factor	K	A	P	PE	T	TMF	TMC	TMMF	TMMC	HS	HP	IC
Máx.	0,59	3,7	1.497	40	15	5,9	25,1	2	33,4	6	8	19,9
Mín.	0	0	409	6	5,7	-1,1	13,6	-4,5	19,2	0	2	13,7

tos fitoclimáticos de la tabla 4 al modelo digital de elevaciones de la Península Ibérica GTOPO30 del U.S. Geological Survey con una resolución de aproximadamente 1 km de lado (100 ha/punto), previamente tratado mediante FITOCLIMOAL'2000 para hallar el valor de los factores fitoclimáticos para cada uno de sus puntos. Este modelo consta aproximadamente de 500.000 de puntos geográficos identificados por sus coordenadas y su altitud.

El resultado de este primer filtrado factorial corrobora su escasa precisión diagnóstica, al resultar seleccionadas aproximadamente 18.985.900 ha, superficie a todas luces excesiva, que engloba áreas peninsulares en que el sabinar albar está excluido de forma natural ni existe memoria histórica de su presencia pretérita, especialmente del occidente peninsular, como es el caso de Salamanca u Orense.

Segunda aproximación: envolvente convexa factorial

Un estudio factorial más detallado de los puntos reales de sabinar muestra que existen determinadas rela-

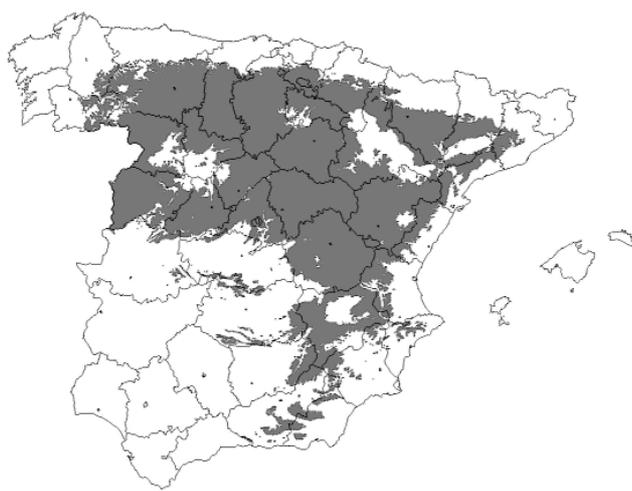


Figura 2. Área climática factorial potencial del sabinar albar en la Península Ibérica (aproximadamente 18.985.900 ha) mediante la utilización de la primera aproximación (Método del paralelepípedo factorial).

ciones sinérgicas o antagónicas entre sus valores que quedan ocultos mediante la utilización del paralelepípedo factorial (García-López y Allué Camacho, 2003).

En la figura 3 se exponen a modo de ejemplo y reducidos a un espacio factorial de 2 dimensiones, los valores que toman para los 1.098 puntos reales de sabinar los factores A (aridez) y T (temperatura media anual). Como puede comprobarse, existe una clara tendencia de estos dos factores a autocorrelacionarse, de tal forma que a menor aridez corresponden temperaturas más bajas y viceversa. Esto parece ser coherente con los principales datos climáticos generales que se conocen de estas formaciones, en que se admite por la generalidad de autores el que el sabinar se sitúa preferentemente en áreas en las que se combinan ciertas dosis de frío y de sequía (Perea, 2003), es decir, que como sugiere la figura 3, las áreas tipo A (escasa sequía y temperaturas suaves) excluyen al sabinar al igual que las zonas B (sequía y fríos acusados).

Por ello, la consideración factorial del paralelepípedo formado por los valores extremos de A y T, y que queda reflejado en la figura 3 en trazo discontinuo parece ser una herramienta con ciertas limitaciones para la caracterización fitoclimática factorial del sabinar albar. Más útil parece la consideración de una

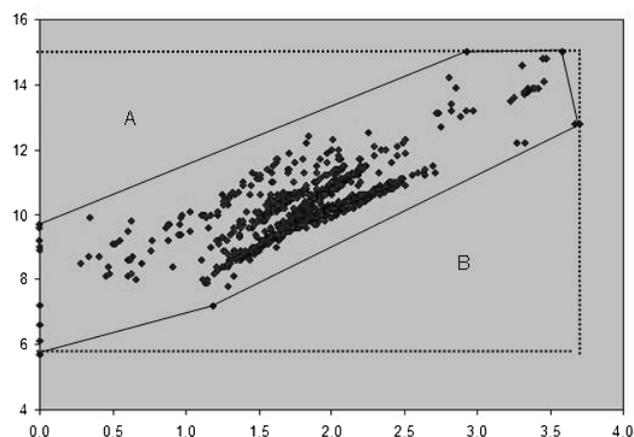


Figura 3. Relación entre el factor A (aridez en el sentido de Gaussen, meses) en abscisas y el factor T (temperatura media anual, °C) en ordenadas para los 1.098 puntos reales de sabinar analizados. En trazo discontinuo se ha dibujado el paralelepípedo factorial y en trazo continuo la envolvente convexa factorial.

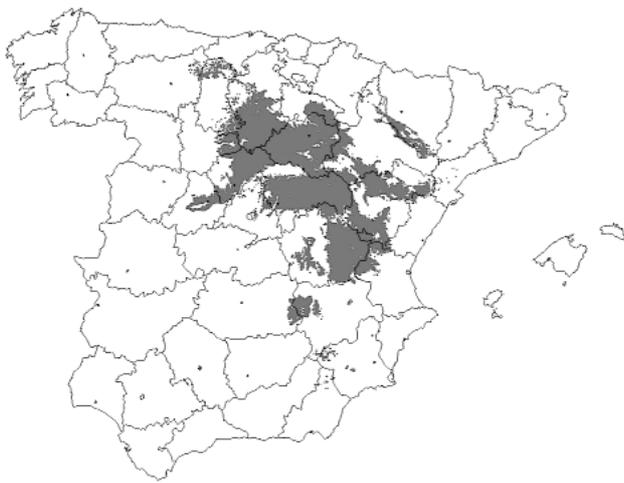


Figura 4. Área fitoclimática factorial potencial del sabinar albar en la Península Ibérica (aproximadamente 5.117.500 ha) mediante la utilización de la segunda aproximación (envolvente convexa factorial).

figura geométrica que, como la envolvente convexa (en la figura 3 en trazo continuo) se ciña más que el paralelepípedo a la realidad factorial de la nube formada por los 1.098 puntos analizados.

En la figura 4 se expone el resultado de aplicar la envolvente convexa factorial al Modelo Digital de Elevaciones GTOPO30. Como puede apreciarse por simple comparación con la figura 2, el área factorial po-

tencial del sabinar albar se ciña mucho más a su situación geográfica actual, englobando aproximadamente 5.117.500 ha en lugar de las 18.985.900 ha obtenidas con la metodología del paralelepípedo factorial.

Tercera aproximación: ternas fitoclimáticas

El resultado de aplicar la tercera fase de filtrado (exigencia de identidad de ternas fitoclimáticas) aplicada a los 1.098 puntos de sabinar estudiados se expone en la tabla 5.

Los sabinares albares de la Península Ibérica se sitúan en 39 tipos de ternas fitoclimáticas. 70 estaciones no pudieron ser diagnosticadas al no poseer subtipo genuino alguno, por corresponder a combinaciones factoriales no contempladas por el sistema fitoclimático original de Allué-Andrade, confeccionado exclusivamente a partir de un millar de estaciones meteorológicas reales, que lógicamente no consiguen abarcar la totalidad de combinaciones factoriales presentes en el territorio.

Las ternas fitoclimáticas más frecuentes resultan ser la (VI(IV)₁; VI(IV)₂; —; —; —; —), con casi la mitad de todas las estaciones estudiadas (506 de 1.028), la (VI(IV)₂; VI(IV)₁; —; —; —; —) con 167 estaciones y la (VI(IV)₁; —; —; —; VI(IV)₂; —) con 115. Entre estas 3 ternas quedan englobadas más del 75% de las estaciones consideradas.

Tabla 5. Ternas fitoclimáticas correspondientes a los 1.098 puntos de muestreo de sabinar albar del II Inventario Forestal Nacional. Se han destacado en **negrita** las 3 ternas con mayor número de estaciones.

Terna	Puntos	Terna	Puntos
(VI(IV) ₂ ; —; —; —; —; —)	39	(IV(VI) ₁ ; VI(IV) ₁ ; —; —; —; —)	2
(VI(IV) ₂ ; —; —; —; VI(VII); —)	4	(VI(IV) ₁ ; —; —; —; —; —)	1
(VI(IV) ₂ ; —; —; —; VI(IV) ₁ ; —)	63	(VI(IV)₁; —; —; —; VI(IV)₂; —)	115
(VI(IV) ₂ ; VIII(VI); —; —; —; —)	1	(VI(IV) ₁ ; —; —; —; VI(IV) ₂ ; IV(VI) ₁)	22
(VI(IV)₂; VI(IV)₁; —; —; —; —)	167	(VI(IV) ₁ ; —; —; —; IV(VI) ₁ ; —)	15
(VI(VII); —; —; —; —; —)	7	(VI(IV) ₁ ; —; —; —; IV(VI) ₁ ; VI(IV) ₂)	1
(VI(VII); —; —; —; VI(IV) ₁ ; —)	2	(VI(IV)₁; VI(IV)₂; —; —; —; —)	506
(VI(VII); —; —; —; VI(IV) ₁ ; VI(IV) ₂)	2	(VI(IV) ₁ ; VI(IV) ₂ ; —; —; VI(VII); —)	1
(VI(VII); VI(IV) ₁ ; —; —; —; —)	5	(VI(IV) ₁ ; VI(IV) ₂ ; —; —; IV(VI) ₁ ; —)	10
(VI(VII); VI(IV) ₁ ; VI(IV) ₂ ; —; —; —)	1	(VI(IV) ₁ ; VI(IV) ₂ ; VI(IV) ₄ ; —; —; —)	2
(VIII(VI); —; —; —; —; —)	2	(VI(IV) ₁ ; VI(IV) ₂ ; IV ₄ ; —; —; —)	1
(VIII(VI); VI(IV) ₂ ; —; —; —; —)	2	(VI(IV) ₁ ; VI(IV) ₂ ; IV(VI) ₁ ; —; —; —)	3
(VIII(VI); VI(IV) ₂ ; VI(VII); —; —; —)	1	(VI(IV) ₁ ; VI(IV) ₄ ; —; —; VI(IV) ₂ ; —)	2
(IV ₃ ; IV ₄ ; IV ₁ ; —; —; —)	2	(VI(IV) ₁ ; IV ₁ ; —; —; VI(IV) ₂ ; —)	2
(IV ₃ ; IV ₄ ; IV ₁ ; —; IV(VI) ₁ ; —)	2	(VI(IV) ₁ ; IV ₃ ; IV ₄ ; IV ₁ ; —; —)	7
(IV ₃ ; IV ₄ ; IV ₁ ; —; VI(IV) ₁ ; —)	7	(VI(IV) ₁ ; IV ₃ ; IV ₄ ; IV ₁ ; IV(VI) ₁ ; —)	3
(IV ₃ ; IV ₄ ; VI(IV) ₁ ; —; IV ₁ ; —)	4	(VI(IV) ₁ ; IV ₄ ; IVIV ₁ ; —; IV(VI) ₁ ; —)	1
(IV ₃ ; IV ₄ ; VI(IV) ₁ ; IV ₁ ; —; —)	8	(VI(IV) ₁ ; IV(VI) ₁ ; —; —; —; —)	9
(IV ₄ ; IV ₃ ; —; —; VI(IV) ₁ ; —)	1	(VI(IV) ₁ ; IV(VI) ₁ ; —; —; VI(IV) ₂ ; —)	3
(IV ₄ ; IV ₃ ; VI(IV) ₁ ; —; —; —)	2		

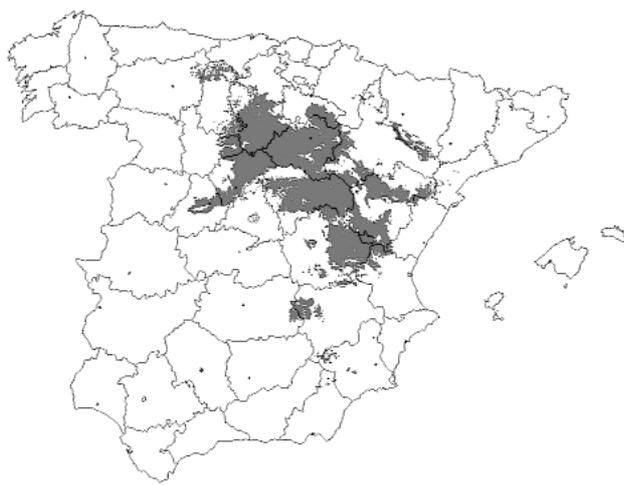


Figura 5. Área fitoclimática factorial potencial del sabinar albar en la Península Ibérica (4.506.000 ha) mediante la utilización de la tercera aproximación (identidad de ternas fitoclimáticas).

Por ello, como nivel de exigencia adicional, se filtró la tabla compuesta por los 51.175 puntos de sabinar procedentes de la segunda aproximación, de forma que quedasen seleccionados únicamente aquellos puntos con alguna de las ternas fitoclimáticas de la tabla 5. Resultaron seleccionados 45.060 puntos, cuyo área territorial correspondiente (aproximadamente 4.506.000 ha) se expone en la figura 5, y cuyos ámbitos factoriales de existencia se exponen en la tabla 6.

Cuarta aproximación: idoneidades fitoclimáticas

En esta cuarta fase, tras filtrar la tabla compuesta por los 45.060 puntos de sabinar procedente de la tercera aproximación, de forma que quedasen seleccionados únicamente aquellos puntos con Índice de Idoneidad Fitoclimática para sabinar superior o igual a 0,50, resultaron

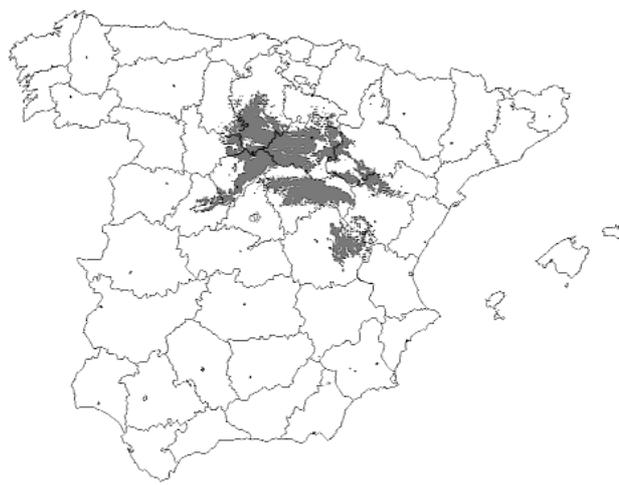


Figura 6. Área fitoclimática factorial potencial de alta viabilidad del sabinar albar en la Península Ibérica (2.345.800 ha) mediante la utilización de la cuarta aproximación (Método de las Idoneidades Fitoclimáticas).

seleccionados 23.458 puntos de alta idoneidad fitoclimática, cuyo área territorial correspondiente (aproximadamente 2.345.800 ha) se expone en la figura 6, y cuyos ámbitos factoriales de existencia se exponen en la tabla 7.

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 con menor aridez y menor oscilación térmica.

Sometidos los 45.060 puntos de la tercera aproximación a diagnóstico fitoclimático se consiguió genuinidad en 42.998 estaciones, quedando 2.062 fuera de los ámbitos fitoclimáticos establecidos por el autor del sistema, por las mismas razones ya expuestas anteriormente. El resultado de esta diagnosis puede consultarse en la tabla 8. En ella puede comprobarse como los sabinares estudiados se sitúan en 7 subtipos fitoclimáticos, aunque de ellos casi el 75% (33.204 estaciones de 42.998) se sitúa en el subtipo nemoromediterráneo se-

Tabla 6. Ámbitos fitoclimáticos factoriales de sabinar albar en España (tercera aproximación)

Factor	K	A	P	PE	T	TMF	TMC	TMMF	TMMC	HS	HP	IC
Máx.	0,578	3,7	1.402	40	15	5,9	25	2	30,9	5	6	19,9
Mín.	0	0	418	6	6,1	-0,8	14,1	-4,3	19,7	0	3	13,7

Tabla 7. Ámbitos fitoclimáticos factoriales de sabinar albar en España (cuarta aproximación)

Factor	K	A	P	PE	T	TMF	TMC	TMMF	TMMC	HS	HP	IC
Máx.	0,258	2,99	982	35	13,4	4,7	23,3	0,9	29,2	4	5	19
Mín.	0,005	1,16	448	12	8,1	0,8	17,1	-2,8	22,6	0	3	15,8

Tabla 8. Ternas fitoclimáticas e idoneidad media correspondientes a los 51.175 puntos de sabinar fitoclimáticamente potencial de la tercera aproximación

Genuino	Análogo 1	Puntos	Idoneidad
VI(IV) ₂	—	3.651	43
VI(IV) ₂	VIII(VI)	187	27
VI(IV) ₂	VI(IV) ₁	3.560	49
VI(VII)	—	402	21
VI(VII)	VI(IV) ₁	135	29
VIII(VI)	—	81	21
VIII(VI)	VI(IV) ₂	176	39
IV ₃	IV ₄	1.390	21
IV ₄	IV ₃	183	29
IV(VI) ₁	VI(IV) ₁	29	23
VI(IV) ₁	—	8.615	47
VI(IV)₁	VI(IV)₂	20.390	50
VI(IV) ₁	VI(IV) ₄	43	32
VI(IV) ₁	IV ₁	297	39
VI(IV) ₁	IV ₃	907	40
VI(IV) ₁	IV ₄	205	48
VI(IV) ₁	IV(VI) ₁	2.747	49
Total VI(IV)₁		33.204	49
Total VI(IV)₂		7.398	45
Total VIII(VI)		257	33
Total IV₄		183	29
Total IV(VI)₁		29	23
Total VI(VII)		537	23
Total IV₃		1.390	21

co VI(IV)₁. Si consideramos el conjunto de los 2 subtipos nemoromediterráneos VI(IV)₁ y VI(IV)₂, más del 90% (40.602 de 42.998) de las estaciones de sabinar se situaría en alguno de estos 2 subtipos. Las ternas con genuino en VI(IV)₁ y primer análogo en VI(IV)₂, con 20.390 estaciones son con mucho las más frecuentes, seguidas de las también muy frecuentes con genuino en VI(IV)₁ y primer análogo en IV(VI)₁ y las que presentan genuino en VI(IV)₂ y primer análogo en VI(IV)₁.

Quinta aproximación: diagnosis fitoclimática de especies forestales en competencia

El resultado de diagnosticar mediante el sistema de especies forestales en competencia con la sabina los

23.458 puntos de sabinar seleccionados en la cuarta aproximación se expone en la tabla 9. En esta tabla cada terna (A; B; C; D; E; F; G) incluye los códigos de las especies de la tabla 3 en el interior de cuyos ámbitos fitoclimáticos definidos por envolvente convexa se incluye el punto analizado, en orden de escalar de adecuación descendente.

Como puede comprobarse en la tabla 9, todas las estaciones de sabinar albar analizadas comparten condiciones fitoclimáticas con otras especies arbóreas forestales.

Sin embargo, en más de un 80% de los casos (19.587 estaciones de 23.458 analizadas), *Juniperus thurifera* presenta mayor escalar de adecuación fitoclimática que el resto de especies presentes en el espectro, situándose por tanto después de la sabina en el orden de prelación de dicho espectro. Sólo en 3.871 estaciones *Juniperus thurifera* no es la especie de mayor escalar de adecuación, siendo en todas ellas el conjunto de robles marcescentes *Quercus faginea/Quercus pyrenaica* los primeros en la terna, aunque bien es cierto que también en todas estas estaciones la sabina se sitúa siempre en segundo lugar.

En las 23.458 estaciones estudiadas, es *Quercus ilex ballota* la especie de menor escalar de adecuación.

Como resultado de este análisis y como nivel de exigencia adicional a las 4 aproximaciones ya realizadas, se filtró la tabla compuesta por los 23.458 puntos de sabinar de procedente de la cuarta aproximación, de

Tabla 9. Espectros fitoclimáticos de especies procedentes de la diagnosis de los 23.458 puntos de sabinar albar de la cuarta aproximación de este estudio, formados con el sistema fitoclimático confeccionado a partir de las titulares forestales competencia con *Juniperus thurifera*

Espectro de especies	Estaciones
(Q _{fp} ; J _{th} ; F _{sy} ; Q _{ba} ;))	3
(Q _{fp} ; J _{th} ; Q _{pt} ; F _{sy} ; Q _{ba} ;))	21
(Q _{fp} ; J _{th} ; Q _{pt} ; Q _{ba} ;))	187
(Q _{fp} ; J _{th} ; Q _{ba} ;))	3.660
Total <i>Quercus faginea/pyrenaica</i>	3.871
(J _{th} ; Q _{pt} ; Q _{fp} ; Q _{ba} ;))	13
(J _{th} ; Q _{fp} ; Q _{ba} ;))	147
(J _{th} ; Q _{fp} ; F _{sy} ; Q _{pt} ; Q _{ba} ;))	17
(J _{th} ; Q _{fp} ; F _{sy} ; Q _{ba} ;))	89
(J _{th} ; Q _{fp} ; Q _{pt} ; F _{sy} ; Q _{ba} ;))	13
(J _{th} ; Q _{fp} ; Q _{pt} ; Q _{ba} ;))	3.462
(J _{th} ; Q _{fp} ; Q _{ba} ;))	15.846
Total <i>Juniperus thurifera</i>	19.587

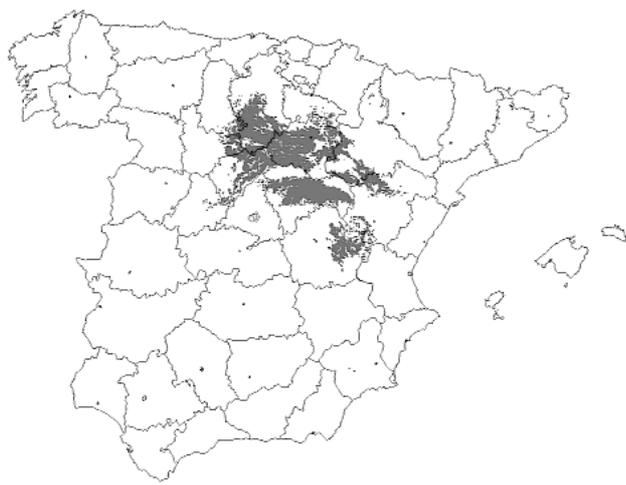


Figura 7. Área fitoclimática factorial potencial de alta viabilidad del sabinar albar en la Península Ibérica (1.958.700 ha) mediante la utilización de la quinta aproximación (Diagnosis fitoclimática de especies).

forma a que quedasen seleccionados únicamente aquellos puntos en los cuales *Juniperus thurifera* fuera la primera especie en el espectro de diagnosis. En la figura 7 se expone la distribución territorial de las aproximadamente 1.958.700 ha seleccionadas, cuyos ámbitos factoriales de existencia se exponen en la tabla 10.

Discusión

La metodología aplicada en el presente estudio ha permitido avanzar en algunas facetas concretas del conocimiento fitoclimático de los sabinares albares de la Península Ibérica y corroborar algunos resultados obtenidos en estudios anteriores, afianzando o matizando su validez.

En concreto, se ha establecido por primera un mapa de alta viabilidad fitoclimática potencial de *Juniperus thurifera* para todo el territorio nacional. Sólo existía hasta al momento el antecedente cartográfico de Alonso Ponce y Sánchez-Palomares (2001) de establecimiento de hábitats fisiográfico-climáticos óptimos y marginales circunscritos territorialmente a la Comunidad de Castilla y León.

Este avance en la visión global de las potencialidades fitoclimáticas territoriales de estas formaciones, y en concreto las 1.958.700 ha de máxima viabilidad resultantes, 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 la sabina no parece ser sino una parte mínima de los territorios potencialmente aptos para la especie, de los cuales a lo largo de la historia la sabina ha debido desaparecer en gran parte por la competencia de los cultivos agrícolas en las zonas de topografía más favorable a esta actividad humana (Costa *et al.*, 2001).

La metodología aplicada, basada en niveles crecientes de exigencia climática factorial y fitoclimática ha permitido asimismo el establecimiento de una cartografía polivalente, en la que cada estación presenta un nivel de viabilidad 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 5.117.500 ha de la aproximación factorial convexa, a las 1.958.700 ha de la aproximación más exigente.

La consideración, de factores fitoclimáticos territorializados para el conjunto de la Península, correspondientes a más de un millar 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, matizando y completando por tanto la aproximación realizada por Pereira *et al.* (1998).

El establecimiento de estos ámbitos permite también matizar algunas ideas corrientemente manejadas en la bibliografía sobre la especie, que la sitúan de forma algo exagerada en condiciones de sequías muy prolongadas, cuestión ésta que no parece corresponderse con la posición fitoclimática del sabinar albar en nuestro país, y que parecen proceder de extrapolación respecto del estatus que presentan estas formaciones en algunos países del Magreb (por ejemplo Alto Atlas). En nuestro país, la sabina albar no parece apetecer locali-

Tabla 10. Ámbitos fitoclimáticos factoriales de sabinar albar en España (quinta aproximación)

Factor	K	A	P	PE	T	TMF	TMC	TMMF	TMMC	HS	HP	IC
Máx.	0,258	2,99	979	34	13,4	4,7	23,3	0,9	29,2	4	5	19
Mín.	0,005	1,16	448	12	8,1	0,9	17,1	-2,7	22,6	0	3	15,9

dades de más de 3 meses de sequía en sentido de Gausen aunque existan sabinas en estas circunstancias como los de Albacete (Ruidera-Ossa de Montiel). Ello viene a corroborar las estimaciones de aridez de Pereira *et al.* (1998) y de Alonso Ponce y Sánchez-Palomares (2001) que se asocian a un comportamiento fitoclimático más cercano al de formaciones submediterráneas marcescentes que al de formaciones más genuinamente mediterráneas, descartando en particular ciertos tópicos sobre su carácter estepario o subestepario en la Península Ibérica.

También el presente estudio ha permitido establecer todas las ternas fitoclimáticas que albergan sabinas albares en la Península Ibérica, avanzando por tanto sobre el conocimiento existente en esta materia, y corroborando su existencia en los subtipos VI(IV)₁, VI(IV)₂, IV(VI)₁, IV₃, IV₄, VI(VII) conforme a Pereira *et al.* (1998) pero detectando también alguna manifestación en VIII(VI), que no pudo estudiarse en trabajos anteriores por la falta de estaciones meteorológicas.

Se ha confirmado asimismo que el grueso de los sabinas albares se sitúa en áreas correspondientes al subtipo VI(IV)₁, que resulta ser también globalmente el de mayor idoneidad para la especie, confirmándose también tal y como establece Pereira *et al.* (1998) que el grupo de ternas con genuino en VI(IV)₁ y primer análogo en IV(VI)₁ o VI(IV)₂ son las más idóneas, aunque nuestros resultados permiten mejorar la precisión de estos estudios al combinarlos con la frecuencia de ocurrencia del sabinar, precisando que la terna con genuino en VI(IV)₁ y primer análogo en VI(IV)₂ no sólo es la más idónea, sino que es con mucho la más frecuente. También se avanza en el estado de conocimientos sobre idoneidad fitoclimática al detectar altas idoneidades en las ternas (G; A) del tipo (VI(IV)₂; VI(IV)₁) y (VI(IV)₁; IV₄).

El que todas las estaciones estudiadas de sabinar albar sean compatibles con ámbitos factoriales y tipos fitoclimáticos también propios de otras especies arbóreas forestales parece confirmar que no existen unas condiciones fitoclimáticas originales, propias y exclusivas de *Juniperus thurifera*. Además en la casi totalidad de los casos, las condiciones fitoclimáticas son compatibles con al menos 3 especies de fagáceas forestales distintas de la sabina, por lo que parece confirmarse desde el punto de vista experimental las impresiones repetidamente recogidas en la bibliografía sobre la importancia de la competencia con otras especies forestales en la distribución de los sabinas albares.

En cualquier caso, el grueso de las estaciones estudiadas presenta a la sabina como especie con mayor escalar de adecuación fitoclimática frente al resto de las especies de fagáceas compatibles, lo cual sugiere la preferencia de los sabinas albares por ubicaciones en donde las condiciones fitoclimáticas les sean más favorables que a las fagáceas, esto es, en que éstas presenten una capacidad de competencia mermada desde un punto de vista fitoclimático.

El hecho de que las cubiertas planiperennifolias esclerófilas (*Quercus ilex ballota*) sean sistemáticamente las de menor escalar de adecuación frente a las cubiertas marcescentes (*Quercus faginea/pyrenaica*) refuerza la idea ya expuesta en la fase de estudio de ternas y de idoneidades, de que la posición más favorable (y también más frecuente) de los sabinas es, desde un punto de vista fitoclimático, los porciones de los subtipos nemoromediterráneos menos favorables a la presencia de fagáceas arbóreas marcescentes, esto es, las porciones más secas de estos subtipos, en donde la capacidad competitiva de éstas es reducida y no los subtipos mediterráneos genuinamente ilicinos.

Parece por tanto también evidente a la vista de los resultados que, siendo en la realidad la mezcla sabina albar/encina la más frecuente en el territorio, gran parte de estas formaciones se sitúan sobre sustratos con fases apreciables de degradación que, a pesar de ser compatibles potencialmente con formaciones dominadas por quercíneas marcescentes (principalmente quejigos) en condiciones zonales, generen en la práctica cubiertas planiperennifolias esclerófilas de carácter secundario, en donde ni los quejigos ni las encinas presenten grandes capacidades competitivas.

Referencias bibliográficas

- ALIFRIQUI M., 2000. Le Génévrier Thurifère dans le Haut Atlas occidental marocain: Répartition, écologie et relation avec d'autres peuplements naturels. Les Dossiers Forestiers (Actes du Colloque International de Marignac, 26-27 septembre 1997). pp. 74-81.
- ALONSO PONCE R., SÁNCHEZ-PALOMARES O., 2001. Hábitat fisiográfico-climático de *Juniperus thurifera* L. en Castilla y León. Actas III Congreso Forestal 1, 83-88. Granada.
- 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., MARTÍN 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.
- BOUDY P., 1950. Economie forestière nord-africaine. Tome II. Fascicule II. Editions Larose. Paris.
- CÁMARA OBREGÓN A., 1997. Idoneidades fitoclimáticas para el pino carrasco. Actas del I congreso Forestal Hispano-Luso 1, 15-20. Gobierno de Navarra.
- 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. Inédita. 574 pp.
- CEBALLOS L., 1934. Notas sobre los sabinas de *Juniperus thurifera* L., con especial referencia a los montes de Soria. Boletín de la Sociedad Española de Historia Natural 34, 465-474.
- COSTA M., GÓMEZ F., SAIZ-OLLERO H., MORLA C., 1993a. Caracterización fitoecológica de los sabinas albares de la Península Ibérica. *Orsis* 8, 79-93.
- COSTA M., SAIZ-OLLERO H., MORLA C., 1993b. Estudio fitoecológico de los sabinas albares (*Juniperus thurifera*) de la provincia de Teruel. Inst. Estudios turolenses. Diputación de Teruel.
- 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.
- DJELLOULI Y., GHARZOULI R., 2001. Répartition géographique et conditions écologiques des *génévriers* d'Algérie. Communication au 2^{ème} Colloque International: Le *Génévrier Thurifère* (*Juniperus thurifera* L.) et les forêts d'altitude dans les montagnes du pourtour méditerranéen. Marrakech, 17-22 avril 2001.
- EMBERGER L., 1939. Aperçu général sur la végétation du Maroc. Commentaire de la carte phytogéographique du Maroc au 1/50.000. *Véröff. Géobot. Inst. Rübel in Zürich* 14, 40-157.
- GARCÍA-LÓPEZ J.M., ALLUÉ CAMACHO C. 2000. FITOCLIMOAL'2000, un programa para la diagnóstico, homologación y estudio de dinámicas e idoneidades fitoclimáticas. *Montes* 67, 9-18.
- 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.
- GAUQUELIN T., ASMÓDÉ J.F., LARGIER G., 2000. Le *génévrier thurifère* (*Juniperus thurifera* L.) dans le bassin occidental de la Méditerranée: Répartition et enjeux. Les Dossiers Forestiers (Actes du Colloque International de Marignac, 26-27 septembre 1997). pp. 14-24.
- GÓMEZ MANZANEQUE F., 1991. Los sabinas de *Juniperus thurifera* de la Península Ibérica: Cartografía, tipificación y consideraciones biogeográficas. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Madrid (inédita).
- 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.
- PEREA S., 2003. La sabina albar (*Juniperus thurifera* L.): revisión bibliográfica, estatus actual de sus poblaciones y principales líneas de investigación. Proyecto Fin de Carrera. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal. Madrid. 306 pp.
- QUÉZEL P., BARBÉRO M., 1981. Contribution à l'étude des formations pré-estepiques à *génévriers* au Maroc. *Bull Soc Brot Coimbra* 13, 1137-1160.
- PEREIRA I., FERNÁNDEZ A., MANRIQUE E., 1998. Ámbito fitoclimático de existencia de *Juniperus thurifera* L. y separación de sus sintaxones. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales 7, 61-67.
- 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 termoplumiométricas para la España peninsular. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Madrid. 192 pp.
- TORRECILLA I., 1990. La sabina albar (*Juniperus thurifera* L.) en la provincia de Segovia. Cartografía, situación y tendencias. Tesis Doctoral. E.T.S. Ingenieros de Montes. Madrid.
- WALTER H., LIETH H., 1960. Klimadiagramm Welt atlas - Fisher. Viena.