

CARACTERIZACIÓN Y POTENCIALIDADES FITOCLIMÁTICAS DE ABETALES (*ABIES ALBA* MILL.) EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

JAVIER MARÍA GARCÍA LÓPEZ ¹ Y CARMEN ALLUÉ CAMACHO ¹

RESUMEN

Se realizan diversas aportaciones al conocimiento fitoclimático de los abetales (*Abies alba* Mill.) en la Península Ibérica. La caracterización fitoclimática se efectuó a partir del estudio de 161 puntos de muestreo procedentes del II Inventario Forestal Nacional con presencia de *Abies alba* como especie dominante de la formación forestal. El sistema fitoclimático utilizado fue el de Allué-Andrade, que se aplicó a un modelo factorial previo construido mediante variables regionalizadas sobre un modelo digital de elevaciones de toda la España peninsular. En base a la información factorial y fitoclimática extraída de los 161 puntos de muestreo, se aplicaron cinco niveles de filtrado de exigencia creciente a la base de datos territorial, las dos primeras aproximaciones de carácter 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 especies arbóreas forestales, todo ello con objeto de delimitar el área potencial de máxima viabilidad fitoclimática de esta especie. Los abetales de *Abies alba* se posicionan en los subtipos fitoclimáticos VIII(VI), VI y VI(VII) siendo el subtipo VIII(VI) el de mayor frecuencia y el de mayor índice de idoneidad. Las ternas (VIII(VI); -;-; -) son las de mayor frecuencia y mayor idoneidad. El área potencial de máxima adecuación fitoclimática después de aplicada la restricción más exigente es de 26.900 ha en el Pirineo de Lérida y Huesca principalmente. La presencia de la especie en ternas fitoclimáticas en las que el subtipo fitoclimático autoecológico asignado a *Abies alba* es el de mayor escalar de adecuación frente a las principales fagáceas arbóreas competidoras permite corroborar que los abetales se distribuyen prioritariamente en zonas con baja pujanza fitoclimática de otras especies, principalmente *Fagus sylvatica*, seleccionando las áreas fitoclimáticas más cercanas a *Pinus uncinata* como más aptas para el abeto. La base de datos geográfica de alta viabilidad fitoclimática está disponible en www.fitoclimoal.com.

Palabras clave: *Fitoclimatología, Abies alba, abeto, envolvente convexa.*

SUMMARY

This paper presents some contributions to the phytoclimatic characterization of stands of silver fir (*Abies alba* Mill.) in the Iberian Peninsula. For the phytoclimatic characterization, 161 sampling points from the 2nd National Forest Inventory of actual vegetation in which *Abies alba* was the

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

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 *Abies alba* 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. *Abies alba* stands are found in the phytoclimatic subtypes VIII(VI), VI and VI(VII). Subtype VIII(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 tern (VIII(VI); -;-; -; -). These terns are also the most prevalent of the species. In the strictest phase this calculation determined potential areas of high phytoclimatic viability for *Abies alba* totalling 26.900 ha in the Pirineos mountains (Huesca and Lérida provinces). The territorial highest suitability phytoclimatic data set is available at www.fitoclimoal.com.

Key words: *Phytoclimatology, Abies alba, fir, convex hull.*

INTRODUCCIÓN

El abeto común (*Abies alba* Mill.) es una especie propia de las cordilleras montañosas húmedas de Europa central y meridional, extendiéndose principalmente por los Pirineos, Selva Negra, Alpes, Vosgos, Jura, Cévennes, Cárpatos, Bohemia, Tatra, Rhódopes, Apeninos, Macedonia y Córcega (DEBAZAC, 1964). En España quedan circunscritos los abetales a la cordillera pirenaica, desde Navarra por el oeste a Gerona y Barcelona por el este, aunque sus mejores y más extensas masas se sitúan en Lérida (17.000) y en Huesca (RUIZ DE LA TORRE, 1979; COSTA *et al.*, 2001), más concretamente desde la cuenca del río Irati en Navarra hasta la cuenca del río Ter en Gerona, existiendo no obstante algunas pequeñas poblaciones alejadas de los núcleos principales en Peña Oroel, San Juan de la Peña y Sierra de Guara (Huesca) y otro en el Montseny, entre Gerona y Barcelona (MARTÍN *et al.*, 1998; DE BOLÒS, 1983).

Los factores climáticos parecen ser predominantes en la distribución de estas formaciones, dada la plasticidad edáfica de la especie, capaz de vivir tanto en sustratos ácidos como básicos. La competencia con otras especies forestales, en especial con el haya, jugaría también un

papel importante según opinión de la mayor parte de los autores que han estudiado aspectos ecológicos de la especie.

A pesar de ser relativamente abundantes los trabajos en los que se mencionan aspectos diversos sobre *Abies alba*, la faceta fitoclimática ha sido tradicionalmente poco estudiada y la información que suele ofrecerse en los escasos trabajos que han abordado el tema suele circunscribirse casi exclusivamente a exponer los límites máximos y mínimos estimados de un número generalmente reducido de factores fitoclimáticos.

Aunque sería muy prolijo el pasar revista a todos los antecedentes fitoclimáticos concretos, todos ellos parecen tener en común la identificación del fitoclima de los abetales de *Abies alba* con condiciones de axericidad, altas precipitaciones totales y estivales así como fuertes fríos invernales y oscilaciones térmicas no excesivas (GIACOBBE, 1949; CEBALLOS, 1958; SUSMEL, 1959; RUIZ DE LA TORRE, 1979; QUÉZEL, 1980; BRESSET, 1986; RIVAS-MARTÍNEZ, 1987; KRAMER, 1990; QUÉZEL & BARBÉRO, 1990).

RIVAS-MARTÍNEZ (1987) sitúa las 2 series de abetal pirenaico *Festuco altissimae- Abieto albae* sigmetum y *Goodyero-Abieto albae* sigmetum,

respectivamente basófila y acidófila en temperaturas anuales medias comprendidas entre los 7 y los 10 °C y en precipitaciones anuales medias entre 1.200 y 1.700 mm.

RUIZ DE LA TORRE (1979) cataloga estas formaciones como propias de climas fríos y húmedos, dando valores entre 0 y -3 °C para la temperatura media mensual más baja y de 15 a 18 °C para la temperatura mensual más alta, con precipitaciones estivales superiores a 300 mm y totales anuales superiores a 1.000 mm en las mejores masas. Estos mismos datos numéricos son también recogidos por COSTA *et al.* (2001).

Con motivo de la definición de regiones de procedencia para *Abies alba*, MARTÍN *et al.* (1998) aplicaron la clasificación fitoclimática de ALLUÉ-ANDRADE (1990), posicionaron los abetales en los subtipos X(VIII), VIII(VI), VI y VI(VII) y estimaron los siguientes límites factoriales: Precipitación anual media entre 754 y 1849 mm, temperatura media anual entre 6,8 y 14,1 °C y precipitación media mensual estival

mínima entre 45 y 97 mm. Los datos procedieron de extrapolación a partir de estaciones meteorológicas cercanas, sin especificarse en la metodología del trabajo el procedimiento de extrapolación y gradientes concretos utilizados.

IOVINO & MENGUZZATO (1990) dan para los abetales de *Abies alba* italianos de 5 a 13 °C para la temperatura media anual, de 4 a -4 °C para la temperatura media mensual más baja, de 15 a 22 °C para la temperatura media mensual más alta, de 17 a 18 °C para la oscilación térmica, de 1.100 a 2.000 mm para la precipitación media anual, más de 120 mm para la precipitación de los meses de junio, julio y agosto e Índice de Martonne superior a 60. También para los Apeninos italianos, DUCCI (1990) da valores de precipitación anual entre 945 y 1.838 mm, de precipitación estival de 85 a 158 mm y de temperatura anual media de 6,2 a 11,9 °C.

La escasez de estas formaciones en nuestro país revela la importancia científica del estu-

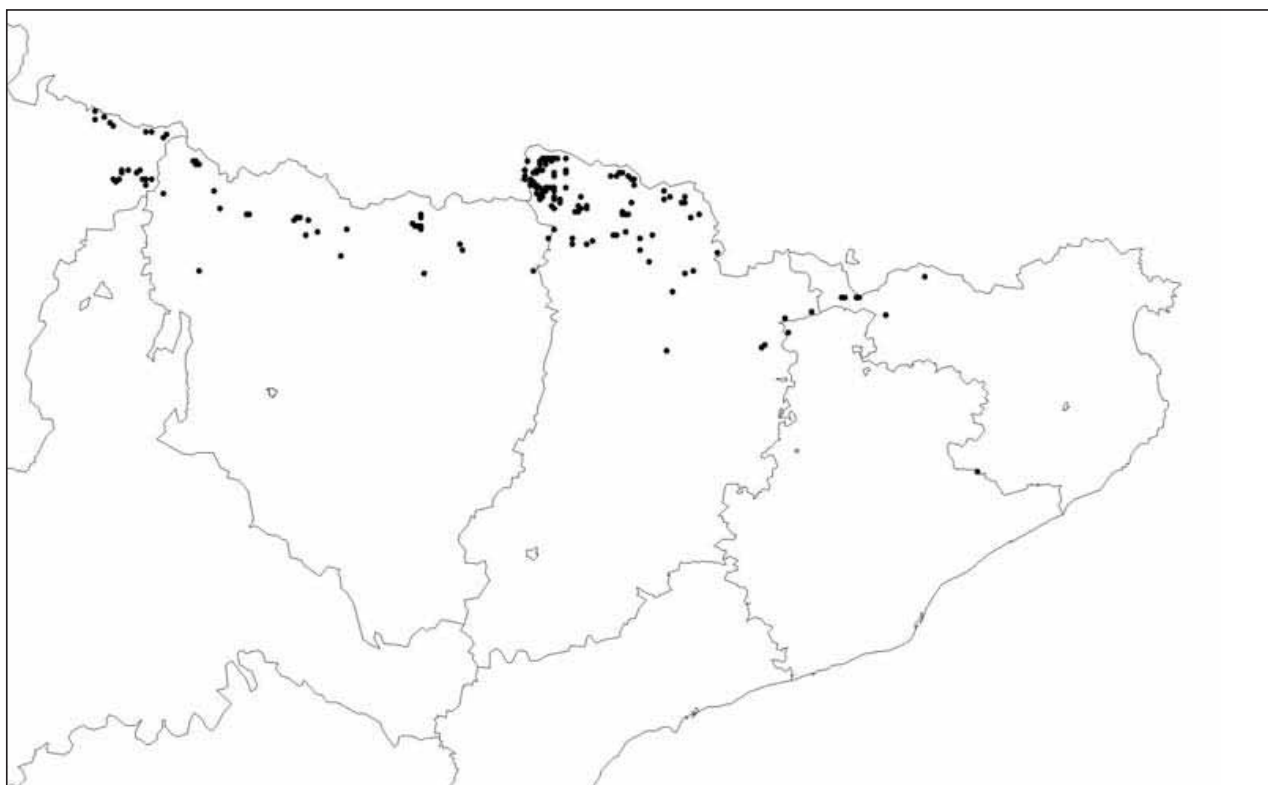


Figura 1 - Situación de los 161 puntos del II IFN con presencia de *Abies alba* Mill. como especie principal de la formación vegetal.

Figure 1 - Situation of 161 sampling points in II IFN where *Abies alba* is the dominant species, used in this study.

dio de la ecología de *Abies alba*. En el presente trabajo se pretende avanzar en el conocimiento fitoclimático de los abetales de *Abies alba* 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 territorial de los resultados más amplia posible 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 161 puntos con presencia natural de *Abies alba* como especie principal de la formación forestal. La selección de parcelas se hizo mediante la utilidad informática BASIFOR (DEL RÍO *et al.*, 2001) segregando aque-

llos registros con presencia natural del abeto como primera especie dominante de la formación. En la figura 1 puede observarse la distribución de los 161 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 & ALLUÉ CAMACHO (2003). Este sistema fitoclimático fue el elegido para la realización del presente estudio al ser en la actualidad el único sistema fitoclimático de carácter cuantitativo, es decir, que no 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 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 estrate-

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 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
OSC	Oscilación térmica. 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	A > 11			III(IV)		Sahariano		Espinales de azufaifo y cornicales
	3 <= A < 11	TMMF > 0	TMC >= 9,5	P <= 450	IV(III)	Mediterráneos	Subsahariano	Lentiscares
				P > 450	IV ₂			Acebuchales
			TMC < 9,5	P <= 400	IV ₁			Coscojares
				400 < P <= 500	IV ₃			Encinares secos
	TMMF <= 0	TMF <= 2	IV(VII)		Subestepario		Piñales espinosos almohadillados	
			TMF > 2	IV(VI) ₁			Encinares húmedos con quejigo o rebollo	
	1,25 <= A < 3	TMF >= 7,5	P <= 850		IV(VI) ₂		Subnemorales	Alsinares secos
			P > 850		VI(IV) ₃			Robledales pedunculados secos
		TMF < 7,5	P <= 725		VI(IV) ₁	Nemoromediterráneos	Genuinos	Quejigares y melojares secos con encina
			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		VI(V)	Nemorales	Genuinos	Robledales pedunculados húmedos
			TMMF <= 4	HS <= 3	VI			Hayedos
		HS > 3		VIII(VI)	Oroborealoides	Subnemoral	Pinares de silvestre con frondosa	
TMMF < 7	A = 0	TMC > 10		X(VIII)		Genuino	Pinares de silvestre o moro	
		TMC <= 10		X(IX) ₁	Termoxérico		Pastos alpinos	
	A > 0			X(IX) ₂	Oroarticoides	Termoxérico	Pastos alpinoideos	

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.

gias de vida vegetal de las cubiertas forestales dominantes basadas en los tipos vitales de WALTER & 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 abetales.

Los 161 puntos de abetal fueron identificados por sus coordenadas UTM (Huso 30) y su altitud, y se trataron con el programa informático FITOCLIMOAL'2000 (GARCÍA-LÓPEZ & 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 calculó como TMC-TMF (tabla 1). En la tabla 2 se exponen los subtipos fitoclimáticos utiliza-

dos por el sistema, su clave dicotómica factorial y su significación fitológica principal.

La metodología aplicada en este estudio se basó en 5 fases o niveles de filtrado consecutivas y de exigencia creciente basadas todas ellas en el sistema fitoclimático de ALLUÉ-ANDRADE (1990) y en su modificación de GARCÍA-LÓPEZ & ALLUÉ CAMACHO (2003).

Las primeras 2 fases son de carácter 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 abetal 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.

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. 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 los 161 puntos de muestreo del II IFN, desechándose los puntos con ternas no coincidentes. 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. La última fase 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 contacto con el abetal, excluyéndose aquellos puntos en los cuales el abeto no sea la especie de mayor escalar de adecuación en el espectro de diagnosis.

RESULTADOS

Primera aproximación: Paralelepípedo Factorial

Una primera aproximación a la determinación del área fitoclimática potencial del abetal puede lograrse mediante la consideración de aquellas estaciones que sean internas al paralelepípedo formado por la nube de los 161 pun-

tos estudiados, en un hiperespacio factorial con tantas dimensiones como factores 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 (tabla 3).

En la figura 2 se expone el resultado de aplicar el método del paralelepípedo factorial, esto es, los ámbitos fitoclimáticos de la tabla 3 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 1.228.400 ha, superficie a todas luces excesiva, que engloba áreas peninsulares en que el abeto está excluido de forma natural y en las que no existe memoria histórica de su presencia preterita, especialmente del occidente peninsular, como es el caso de la cordillera cantábrica, sistema ibérico septentrional o zonas montañosas entre Zamora, León y Galicia.

Segunda aproximación: Envolvente convexa factorial

Un estudio factorial más detallado de los puntos reales de distribución de una especie

Factor	K	A	P	PE	T	TMF
Máx.	0	0	2442	112	10	2,8
Mín.	0	0	754	52	4,6	-1,9
Factor	TMC	TMMF	TMMC	HS	HP	OSC
Máx.	18,5	-0,9	24,4	6	5	17,7
Mín.	12,6	-5,3	18,2	3	2	13,8

Tabla 3 - Ambitos fitoclimáticos factoriales de abetal en España (primera aproximación)

Table 3 - Factorial ambits of silver fir stands in Spain (phase 1)



Figura 2 - Área fitoclimática factorial potencial del abetal en la Península Ibérica (aproximadamente 1.228.400 ha) mediante la utilización de la primera aproximación (Método del paralelepípedo factorial)

Figure 2 - Potencial phytoclimatic area of silver fir stands in the Iberian Peninsula (1.228.400 ha) with the factorial parallelepiped method (phase 1)

muestra que existen determinadas relaciones sinérgicas o antagónicas entre sus valores que quedan ocultos mediante la utilización del paralelepípedo factorial (GARCÍA-LÓPEZ & ALLUE 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 161 puntos reales de abetal los factores PE (Precipitación mensual estival mínima, mm) y OSC (Oscilación térmica media anual, °C). Como puede comprobarse, existe una clara tendencia de estos dos factores a alinearse, de tal forma que a menor oscilación térmica le corresponden precipitaciones veraniegas más

bajas y viceversa. Las áreas tipo A (escasa precipitación estival y oscilación térmica) excluyen al abetal al igual que las zonas B (precipitación estival y oscilación térmica acusados).

Por ello, la consideración factorial del paralelepípedo formado por los valores extremos de PE y OSC, y que queda reflejado en la figura 3 en trazo discontinuo parece ser una herramienta con ciertas limitaciones para la caracterización fitoclimática factorial del abeto. Más útil parece la consideración de una 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 161 puntos analizados.

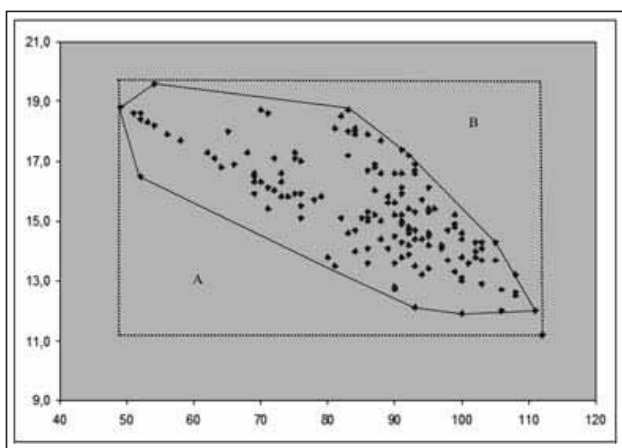


Figura 3 - Relación entre el factor PE (Precipitación mensual estival mínima, mm) en abscisas y el factor OSC (Oscilación térmica media anual, °C) en ordenadas para los 161 puntos reales de abetal analizados. En trazo discontinuo se ha dibujado el paralelepípedo factorial y en trazo continuo la envolvente convexa factorial.

Figure 3 - Relationship between factor PE (on the X axis) and factor OSC (on the Y axis). The 161 dots indicate II IFN sampling plots where *Abies alba* is the dominant species. The thick line is the convex hull and the dotted line is the parallelepiped.

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 & ALLUÉ CAMACHO (2003).

En la figura 4 se expone el resultado de aplicar la teoría de la envolvente convexa factorial al Modelo Digital de Elevaciones GTOPO30. Como puede apreciarse por simple comparación con la figura 2, el área factorial potencial del abetal se ciñe mucho más a su situación geográfica actual, englobando aproximadamente 559.400 ha en lugar de las 1.228.400 ha obtenidas con la metodología del paralelepípedo factorial y quedando circunscrito a la cordillera pirenaica..

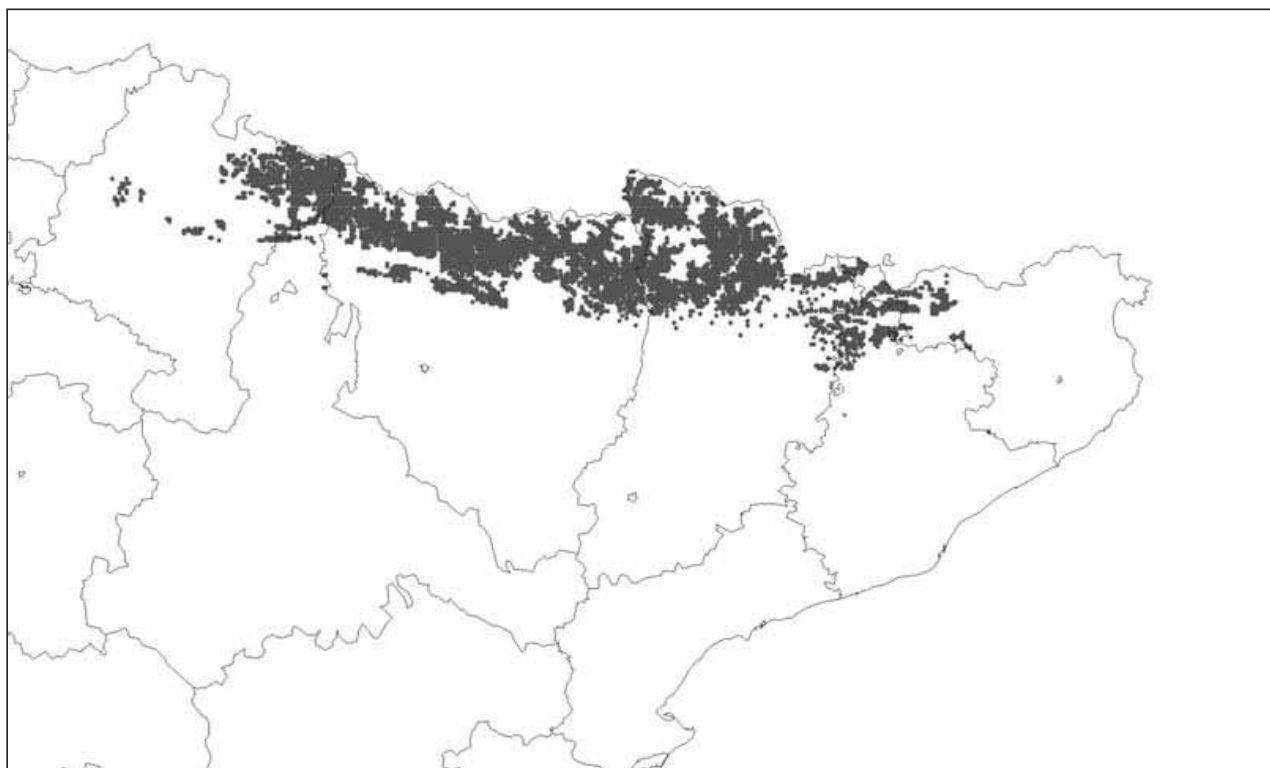


Figura 4 - Área fitoclimática factorial potencial del abetal en la Península Ibérica (aproximadamente 559.300 ha) mediante la utilización de la segunda aproximación (envolvente convexa factorial).

Figure 4 - Potencial phytoclimatic area of silver fir stands in the Iberian Peninsula (559.300 ha) with the factorial convex hull method (phase 2)

Tercera aproximación: Ternas fitoclimáticas

Una mayor aproximación adicional a la realidad fitoclimática de los abetales de la Península Ibérica puede lograrse mediante la consideración añadida de la dimensión fitoclimática frente a la meramente factorial, esto es, mediante el estudio de estaciones en un hiperespacio fitoclimático en lugar de en un hiperespacio factorial. 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. El resultado de esta diagnosis aplicada a los 161 puntos de abetal estudiados se expone en la tabla 4.

Tal como se expone en la tabla 4, los abetales de la Península Ibérica se sitúan en 3 subtipos fitoclimáticos: VIII(VI), VI y VI(VII). De ellos, la mayor parte de las estaciones estudiadas (96 de 161) corresponden al subtipo oroborealoides subnemoral VIII(VI). Desde un punto de vista politético, esto es, considerando la posición de las estaciones respecto del resto de subtipos que componen el sistema, los abetales se sitúan en 12 tipos de ternas fitoclimáticas. La terna más frecuente resulta ser la (VIII(VI) ; - ; - ; - ; - ; -), con casi la mitad de todas las estaciones estudiadas (81 de 161), seguida de la terna (VI ; - ; - ; - ; - ; -) con 29 estaciones. Entre estas 2 ternas quedan englobadas casi el 70% de las estaciones consideradas.

Como nivel de exigencia adicional, se filtró la tabla compuesta por los 5.593 puntos de abetal de procedente de la segunda aproximación, de forma que quedasen seleccionados únicamente aquellos puntos con alguna de las ternas fitoclimáticas de la tabla 4. Resultaron selec-

TERNA	PUNTOS
(13 ; 15 ; - ; - ; - ; -)	3
(13 ; 16 ; - ; - ; - ; -)	8
Total VI(VII)	11
(15 ; - ; - ; - ; - ; -)	29
(15 ; - ; - ; - ; 13 ; -)	3
(15 ; - ; - ; - ; 13 ; 14)	1
(15 ; - ; - ; - ; 16 ; -)	19
(15 ; 13 ; - ; - ; - ; -)	2
Total VI	54
(16 ; - ; - ; - ; - ; -)	81
(16 ; - ; - ; - ; 13 ; -)	3
(16 ; 13 ; - ; - ; - ; -)	4
(16 ; 15 ; - ; - ; - ; -)	7
(16 ; 15 ; - ; - ; 13 ; -)	1
Total VIII(VI)	96

Tabla 4 - Ternas fitoclimáticas correspondientes a los 161 puntos de muestreo de abetal del II Inventario Forestal Nacional.

Table 4 - Phytoclimatic terns defined by 161 II IFN sampling points where *Abies alba* is the principal species.

cionados 5.397 puntos, cuyo área territorial correspondiente (aproximadamente 539.700 ha) se expone en la figura 5, y cuyos ámbitos factoriales o vértices del paralelepípedo máximo de existencia resultaron ser los mismos que los de la tabla 3.

Se sometieron los 5.397 puntos de la tercera aproximación a diagnosis fitoclimática conforme al sistema Allué-Andrade mediante el programa FITOCLIMOAL'2000, y el resultado de esta diagnosis puede consultarse en la tabla 5. En ella puede comprobarse como los abetales estudiados se sitúan en 3 subtipos fitoclimáticos oroborealoides subnemorales o nemorooides, VIII(VI), VI y VI(VII), siendo el subtipo VIII(VI) el de mayor frecuencia (2.802 estaciones de las 5.397 estudiadas), seguido del subtipo VI (1.958 estaciones), englobando entre ambos subtipos casi el 90% de las estaciones estudiadas.

Desde un punto de vista politético, es decir, desde la consideración de subtipos no sólo genuinos, sino también análogos y dispares, la terna genuinamente oroborealoides subnemoral

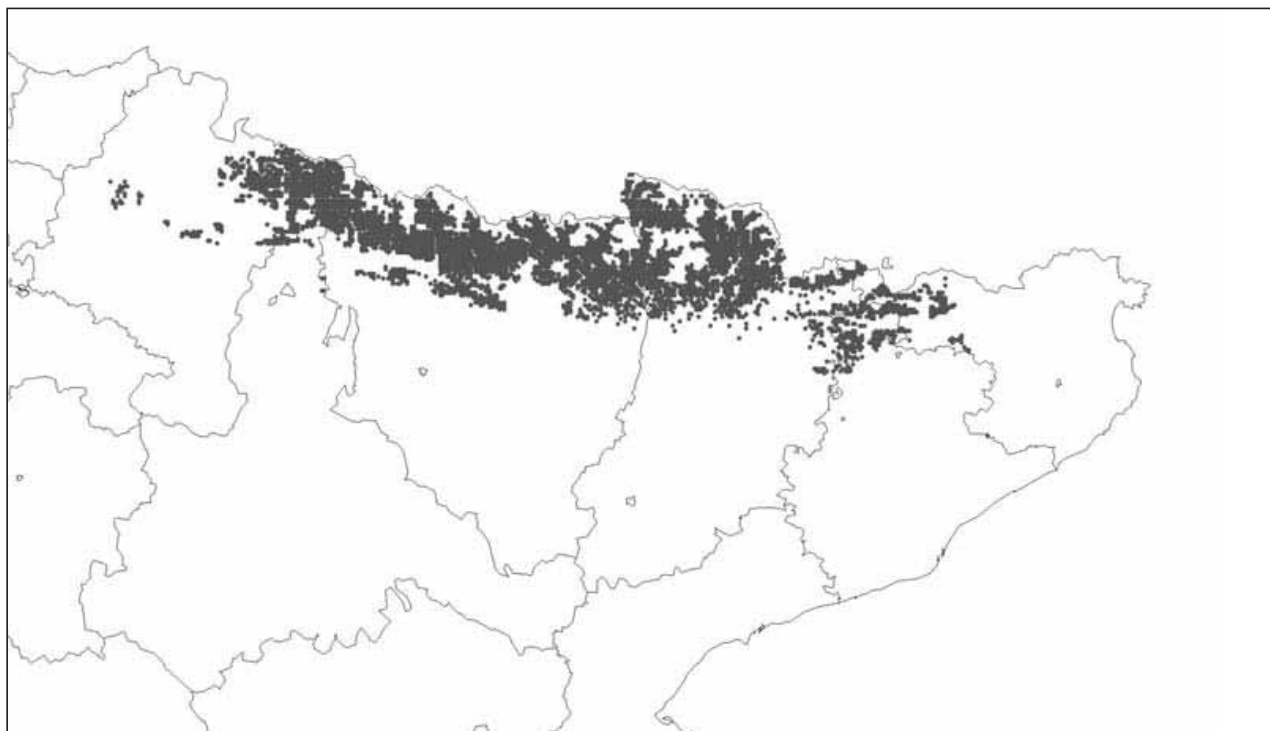


Figura 5 - Área fitoclimática factorial potencial de abetal en la Península Ibérica (539.700 ha) mediante la utilización de la tercera aproximación (identidad de ternas fitoclimáticas).

Figure 5 - Potencial phytoclimatic area of silver fir stands in the Iberian Peninsula (539.700 ha) with the identity phytoclimatic terns method (phase 3).

TERNA	ESTACIONES	IDONEIDAD MEDIA
(VI(VII) ; VI ; - ; - ; - ; -)	381	25
(VI(VII) ; VIII(VI) ; - ; - ; - ; -)	256	29
Total VI(VII)	637	27
(VI ; - ; - ; - ; - ; -)	484	22
(VI ; - ; - ; - ; VI(VII) ; -)	552	24
(VI ; - ; - ; - ; VI(VII) ; VI(V))	1	8
(VI ; - ; - ; - ; VIII(VI) ; -)	441	24
(VI ; VI(VII) ; - ; - ; - ; -)	480	26
Total VI	1958	24
(VIII(VI) ; - ; - ; - ; - ; -)	1660	42
(VIII(VI) ; - ; - ; - ; VI(VII) ; -)	357	35
(VIII(VI) ; VI(VII) ; - ; - ; - ; -)	369	35
(VIII(VI) ; VI ; - ; - ; - ; -)	282	32
(VIII(VI) ; VI ; - ; - ; VI(VII) ; -)	134	30
Total VIII(VI)	2802	38

Tabla 5 - Ternas fitoclimáticas e idoneidad media correspondientes a los 5.397 puntos de abetal fitoclimáticamente potencial de la tercera aproximación.

Table 5 - Phytoclimatic terns and phytoclimatic suitability index defined by 5.397 silver fir forests points from phase 3.

(VIII(VI) ; - ; - ; - ; - ; -) es la de mayor frecuencia de estaciones (1.660 de 5.397 estudiadas).

Considerando los Índices de Idoneidad Fitoclimática para abetal, desde un punto de vista monotético (única consideración de subtipo genuino), el subtipo de mayor idoneidad media es precisamente el VIII(VI), es de decir, el de mayor frecuencia de estaciones potenciales. Por otra parte, desde un punto de vista politético (consideración de genuinos, análogos y dispares), la mayor idoneidad corresponde también a la terna más frecuente (VIII(VI) ; - ; - ; - ; - ; -) mientras que la terna (VI ; - ; - ; - ; - ; -), a pesar de ser la segunda más frecuente, presenta una baja idoneidad.

Cuarta aproximación: Idoneidades Fitoclimáticas

Una mayor concreción de la adecuación del abetal al área fitoclimática potencial puede



Figura 6 - Área fitoclimática factorial potencial de alta viabilidad del abetal en la Península Ibérica (26.900 ha) mediante la utilización de la cuarta aproximación (Método de las Idoneidades Fitoclimáticas).

Figure 6 - Potential phytoclimatic high viability area of silver fir stands in the Iberian Peninsula (26.900 ha) with the suitability phytoclimatic index method (phase 4).

lograrse mediante la utilización de la teoría de la idoneidad fitoclimática (ALLUÉ CAMACHO, 1996). 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. 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” ensayado para distintas especies y comu-

nidades vegetales españolas desde 1993, como son entre otras CAÑELLAS (1993) para *Quercus coccifera*, ALLUÉ-ANDRADE & MARTÍN (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*.

Como nivel de exigencia adicional a las 3 aproximaciones ya realizadas, se filtró la tabla compuesta por los 5.397 puntos de abetal procedente de la tercera aproximación, de forma que quedasen seleccionados únicamente aquellos puntos con Índice de Idoneidad Fitoclimática para abetal superior o igual a 0,50, valor medio entre los posibles (mínimo 0 y máximo 1). Resultaron seleccionados 269 puntos de alta idoneidad fitoclimática, cuyo área territorial correspondiente (aproximadamente 26.900 ha) se expone en la figura 6, y cuyos ámbitos factoriales de existencia se exponen en la tabla 6.

Factor	K	A	P	PE	T	TMF
Máx.	0	0	1499	108	5,8	-0,5
Mín.	0	0	972	84	4,4	-2,0
Factor	TMC	TMMF	TMMC	HS	HP	OSC
Máx.	13,9	-4,0	19,4	6	4	15,2
Mín.	12,4	-5,4	17,9	5	2	14,2

Tabla 6 - Ámbitos fitoclimáticos factoriales de abetal en España (cuarta aproximación).

Table 6 - Factorial ambits of silver fir stands in Spain (phase 4).

Como puede comprobarse en la figura 6, los abetales de alta viabilidad fitoclimática se sitúan principalmente en el este de la provincia de Huesca y oeste de la provincia de Lérida, con algún pequeño núcleo aislado en Gerona y Barcelona y quedando excluidos los abetales de Navarra.

Comparados los ámbitos factoriales de la tabla 6 con los de la tabla 3 de la anterior aproximación, puede comprobarse como han quedado excluidas las estaciones menos frías y de mayor oscilación térmica.

Quinta aproximación: Diagnósis fitoclimática de especies forestales en competencia

Como se ha dicho en la introducción del presente trabajo, junto con el fitoclima, la competencia con otras especies arbóreas forestales y muy especialmente con las fagáceas (principalmente *Fagus sylvatica*) suele ser identificada como una causa importante en la distribución y estado de los abetales (RUIZ DE LA TORRE, 1979; COSTA *et al.*, 2001). Con objeto de evaluar la originalidad de los ámbitos fitoclimáticos en los que existe *Abies alba* como masa forestal, esto es, si entre otras cuestiones existe realmente un fitoclima propio de los abetales 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 & ALLUÉ CAMACHO (2003).

Este sistema fitoclimático se estableció mediante la formación previa de los ámbitos fitoclimáticos autoecológicos de una serie de especies forestales arbóreas capaces de formar habitualmente masas que entran en contacto con los abetales. Cada uno de estos ámbitos se estableció con una metodología análoga a la empleada para *Abies alba*, 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 basado en ámbitos factoriales modelados con envolventes convexas. Las especies consideradas, con sus correspondientes puntos del II IFN, se incluyen en la tabla 7.

Una vez formado el sistema, esto es, no sólo establecidos sus ámbitos factoriales, sino sus

Código	Especie	Nº de puntos II IFN
F _{sy}	<i>Fagus sylvatica</i>	1.795
Q _{pt}	<i>Quercus petraea</i>	666
Q _{rb}	<i>Quercus robur</i>	1.687
A _{ab}	<i>Abies alba</i>	161
Q _{pu}	<i>Quercus pubescens</i>	52
P _{un}	<i>Pinus uncinata</i>	536
P _{sy}	<i>Pinus sylvestris</i>	4.942

Tabla 7 - Titulares forestales utilizadas en la construcción del modelo fitoclimático de análisis de especies en competencia con *Abies alba*.

Table 7 - Forest species used in the phytoclimatic autoecological system construction.

correspondientes tablas de escalares máximos, poderes caracterizadores, centroides y vértices (GARCÍA-LÓPEZ & ALLUÉ CAMACHO, 2003), fueron diagnosticados mediante este sistema los 161 puntos de abetal del II IFN considerados en este estudio. El resultado de este análisis se expone en la tabla 8 (Cada terna (A; B; C; D; E; F;G) incluye los códigos de las especies de la tabla 8 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 8, las condiciones fitoclimáticas en que se desarrollan los abetales estudiados parecen compatibles con otras especies como *Fagus sylvatica*, *Pinus sylvestris*, *Pinus uncinata*, *Quercus petraea*, *Quercus pubescens* y *Quercus robur*. Además, el grueso de las estaciones consideradas (155 sobre 161) presenta a *Abies alba* en primer lugar del espectro fitoclimático de especies, es decir, con escalar de adecuación superior al del resto de especies que forman parte del espectro.

La especie que con más frecuencia aparece en los espectros junto a *Abies alba* y que por tanto es fitoclimáticamente compatible con el abeto es *Fagus sylvatica* (143 estaciones sobre 161). Además, en más de la mitad de los casos (86 sobre 161) el haya es la segunda especie en el espectro, seguida por *Pinus uncinata* (41 estaciones).

Sólo en 2 estaciones la primera especie del espectro es *Fagus sylvatica* y en otras 2 estaciones *Quercus pubescens*.

Como puede comprobarse en la tabla 8, todas las estaciones de abetal analizadas comparten condiciones fitoclimáticas con otras especies arbóreas forestales (*Fagus sylvatica*, *Quercus petraea*, *Pinus uncinata* y *Pinus sylvestris*). Sin embargo, en la totalidad de estaciones analizadas, *Abies alba* presenta mayor escalar de adecuación fitoclimática que el resto de especies presentes en el espectro. También en la casi totalidad de los

Espectros de especies	Estaciones
(Aab;)	1
(Aab;Fsy;)	1
(Aab;Fsy;Psy;)	8
(Aab;Fsy;Psy;Qrb;)	3
(Aab;Fsy;Pun;Qpt;Psy;)	6
(Aab;Fsy;Pun;Qpt;Psy;Qrb;)	13
(Aab;Fsy;Qpt;Psy;)	5
(Aab;Fsy;Qpt;Psy;Qrb;)	13
(Aab;Fsy;Qpt;Pun;Psy;)	2
(Aab;Fsy;Qpt;Pun;Psy;Qrb;)	5
(Aab;Fsy;Qpt;Qpu;Psy;Qrb;)	1
(Aab;Fsy;Qpt;Qrb;Psy;)	17
(Aab;Fsy;Qpu;Qpt;Psy;Qrb;)	1
(Aab;Fsy;Qpu;Qpt;Qrb;Psy;)	4
(Aab;Fsy;Qrb;)	1
(Aab;Fsy;Qrb;Qpt;Psy;)	6
(Aab;Psy;Fsy;Qpt;)	1
(Aab;Psy;Qpt;Qpu;)	1
(Aab;Pun;)	3
(Aab;Pun;Fsy;Psy;)	2
(Aab;Pun;Fsy;Psy;Qpt;)	6
(Aab;Pun;Fsy;Psy;Qpt;Qrb;)	1
(Aab;Pun;Fsy;Qpt;Psy;)	1
(Aab;Pun;Fsy;Qpt;Psy;Qrb;)	7
(Aab;Pun;Psy;)	8
(Aab;Pun;Psy;Fsy;)	8
(Aab;Pun;Psy;Fsy;Qpt;)	15
(Aab;Pun;Psy;Fsy;Qpt;Qrb;)	1
(Aab;Pun;Psy;Qpt;)	3
(Aab;Qpt;Fsy;Psy;Qrb;)	1
(Aab;Qpu;Fsy;Qpt;Psy;Qrb;)	4
(Aab;Qpu;Fsy;Qpt;Qrb;Psy;)	5
(Aab;Qpu;Fsy;Qrb;Qpt;Psy;)	1
(Fsy;Aab;Qpt;Qrb;Psy;)	1
(Fsy;Qpu;Qpt;Aab;Psy;Qrb;)	1
(Pun;Aab;Psy;)	2
(Qpu;Fsy;Aab;Qpt;Qrb;Psy;)	1
(Qpu;Fsy;Qpt;Qrb;Psy;Aab;)	1

Tabla 8 - Espectros fitoclimáticos de especies procedentes de la diagnosis de los 161 puntos de abetal del II IFN considerados en este estudio, formados con el sistema fitoclimático confeccionado a partir de las titulares forestales competencia con *Abies alba*.

Table 8 - Forest species autoecological phytoclimatic spectrum defined by the 161 II IFN sampling points used in this study.

casos (267 sobre 269) la segunda especie del espectro con mayor escalar de adecuación es *Pinus uncinata*.

Aplicado el sistema fitoclimático autoecológico de especies a las 269 estaciones procedentes de la cuarta aproximación, se obtuvieron los espectros de la tabla 9. Como puede comprobarse por simple comparación con la tabla 8,

Espectros de especies	Estaciones
(Aab;Fsy;Psy;)	1
(Aab;Fsy;Pun;Psy;)	1
(Aab;Pun;Fsy;Psy;)	6
(Aab;Pun;Fsy;Qpt;Psy;Qpt;)	13
(Aab;Pun;Psy;)	8
(Aab;Pun;Psy;Fsy;)	63
(Aab;Pun;Psy;Fsy;Qpt;)	177

Tabla 9 - Espectros fitoclimáticos de especies procedentes de la diagnosis de los 269 puntos de abetal de la cuarta aproximación de este estudio, formados con el sistema fitoclimático confeccionado a partir de las titulares forestales competencia con *Abies alba*.

Table 9 - Forest species autoecological phytoclimatic spectrum defined by the 269 points used in phase 4

los espectros del tipo (Aab ; Pun ; * ; * ; *) dominan abrumadoramente (267 estaciones sobre 269) en lugar de los espectros del tipo (Aab ; Fsy ; * ; * ; *) que eran las más frecuentes en la tabla 8.

El espectro (Aab;Pun;Psy;Fsy;Qpt;) es el de mayor frecuencia de estaciones de alta viabilidad fitoclimática de abetal.

El que *Abies alba* aparezca en todas las ternas como especie de mayor adecuación fitoclimática hace innecesario e imposible un quinto filtrado de las 269 estaciones para descartar espectros en los que el abeto no encabezase el espectro, y que por tanto tuviese menos potencial de competencia fitoclimática frente a otras especies.

DISCUSION

La metodología aplicada en el presente estudio ha permitido avanzar en algunas facetas concretas del conocimiento fitoclimático de los abetales 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 *Abies alba* para todo el territorio nacional, asociado a una base de datos geográfica.

Este avance en la visión global de las potencialidades fitoclimáticas territoriales de estas formaciones, y en concreto las 26.900 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 el abetal es inferior a los territorios potencialmente aptos para la especie (COSTA et al., 2001).

La metodología aplicada, basada en niveles crecientes de exigencia 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 559.300 ha de la aproximación factorial conveja a las 26.900 ha de la aproximación más exigente.

La consideración de factores fitoclimáticos territorializados para el conjunto de la Península, correspondientes a más de un centenar de estaciones de abetal 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.

También el presente estudio ha permitido por primera vez establecer todas las ternas fitoclimáticas que albergan abetales en la Península Ibérica, avanzando por tanto sobre el conocimiento existente en esta materia, y corroborando su existencia en los subtipos oroborealoides subnemorales VIII(VI) y nemoroides VI y VI(VII). No se han detectado estaciones correspondientes al subtipo X(VIII) tal y como se desprende de los antecedentes de MARTÍN *et al.* (1998). Esta circunstancia puede deberse a la propia metodología de extrapolación factorial utilizada por estos autores, pues de hecho los rangos altitudinales máximos manejados para las regiones "Pirineo Central" y "Pirineo Oriental", de 1800 y de 1600 m respectivamente es poco probable que generen valores de TMMF inferiores a -7°C propios del subtipo X(VIII). En cualquier caso, tal y como resulta de nuestro trabajo, existe una porción de abetal de alta viabilidad muy cercana a pinares de *Pinus uncinata*, propios del subtipo X(VIII), por lo que parece más que probable la presencia puntual de algunos ejemplares de abeto en el seno de formaciones dominadas por el pino negro, cuestión que no se tiene en cuenta en nuestro trabajo, que parte de estaciones con presencia del abeto como especie principal de la formación.

En cuanto a los límites factoriales, los resultados encontrados parecen coherentes con los que habitualmente se ofrecen en las fuentes bibliográficas consultadas, a excepción de los valores máximos de temperatura media estimados en nuestro estudio (tabla 3), que parecen coherentes con los de RIVAS-MARTÍNEZ (1987) pero se apartan algo más de los aportados para nuestro país por MARTÍN *et al.* (1998) que estiman este límite en $14,1^{\circ}\text{C}$ discrepancia que pueda deberse a las mismas razones ya apuntadas relativas al método de extrapolación. En cualquier caso, los ámbitos fitoclimáticos y especialmente los relativos a las estaciones de abetal de alta viabilidad fitoclimática parecen confirmar la preferencia de estas formaciones por las porciones más frías, húmedas y de menor oscilación térmica dentro de su ámbito de existencia axérico.

En cualquier caso, el grueso de las estaciones estudiadas presenta al abeto como especie con mayor escalar de adecuación fitoclimática frente al resto de las especies de fagáceas compatibles, lo cual sugiere la preferencia de los abetales 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, prefiriendo la cercanía de formaciones menos agresivas como los pinares negros de *Pinus uncinata* frente a las más competitivas hayas, a pesar de ser la mezcla abeto/haya la más frecuente en el territorio. Así parece corroborarlo el hecho de que en la aproximación más exigente, las estaciones de alta viabilidad fitoclimática se sitúen abrumadoramente en espectros fitoclimáticos de especies del tipo (Aab ; Pun ; * ; * ; *) en lugar de (Aab ; Fsy ; * ; * ; *), a pesar de corresponder a este último grupo de espectros casi la mitad de las 161 estaciones de abetal estudiadas. Esta aparente contradicción ya fue denunciada por DE BOLÒS (1983), quien a pesar de reconocer el óptimo del abeto en la transición entre los pisos subalpino y montano y por tanto en contacto con los pinares negros, señala las importantes infiltraciones del abetal en altitudes inferiores más propias del hayedo, llegando a calificar esta situación de "ambigua".

Por tanto parece que las condiciones de alta viabilidad para los abetales se encuentran más próximas a los pinares de *Pinus uncinata*, es decir, en sus límites altitudinales superiores que a los hayedos de *Fagus sylvatica*, es decir, en sus límites altitudinales inferiores. Esta preferencia fitoclimática por la mezcla con coníferas (*Pinus uncinata* y *Pinus sylvestris*), menos competitivas, en lugar de fagáceas (*Fagus sylvatica* y *Quercus petraea*), más agresivas, parece confirmarse como principal interpretación de los resultados, en los que el espectro (Aab;Pun;Psy;Fsy;Qpt;) es con mucho el más frecuente para las estaciones de alta viabilidad fitoclimática. Este resultado resulta asimismo coherente con la presencia mayoritaria y de alta idoneidad de los abetales en el subtipo oroborealoides VIII(VI) y en

las ternas genuinamente oroborealoides (VIII(VI) ; - ; - ; - ; - ; -).

Desde un punto de vista territorial, se confirman experimentalmente las impresiones repetidamente recogidas en la bibliografía

consultada sobre la rápida pérdida de idoneidad de los abetales hacia el oeste del Pirineo, pérdida que no parece tan acusada hacia el este de la cordillera, llegando pequeños retazos de alta viabilidad fitoclimática hasta Gerona y Barcelona.

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: Diagnósis, 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.
- BRESSET, V., 1986. Contribution à l'étude phyto-écologique des sapinières oriento-pyrénéennes. Tesis Doctoral. Universidad de Niza.
- CAMARA 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., 1958. Los abetos del mundo. *Montes* 80: 1-12.
- COSTA, M.; MORLA, C. & SAINZ-OLLERO, H. (eds.), 2001. Los bosques ibéricos: Una interpretación geobotánica. Ed. Planeta Periplo. 597 pp.
- DEBAZAC, E.F., 1964. Manuel des conifères. École Nationale des Eaux et Forêts. Nancy.
- DE BOLÒS, O., 1983. La vegetació del Montseny. Diputació de Barcelona. Servei de Parcs Naturals. 170 pp. Barcelona.
- DEL RÍO M., RIVAS, J., CONDES, S., MARTINEZ-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.
- DUCCI, F., 1990. Silver fir (*Abies alba* Mill.) of central-southern Apennines. Morphometrical variability in 1 year old seedlings. Séminaire International sur les sapins méditerranéens. Avignon 11-15 juin 1990. INRA-CIHEAM-IUFRO. 59-76.

- 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.
- GARCIA-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.
- GIACOBBE, A., 1949. L'ecologia dell abete bianco. Nota II. Ricerche storiche e bibliografiche. S.A.C. Stab. Tip. Valbonesi. Forli. 61 pp.
- 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.; CAMARA, 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.
- IOVINO, F. & MENGUZZATO, G., 1990. Ecological factors and silver fir distribution in southern Italy. Séminaire International sur les sapins méditerranéens. Avignon 11-15 juin 1990. INRA-CIHEAM-IUFRO. 151-162.
- KRAMER, W., 1990. Études et observations sur l'écologie des sapins méditerranéens. Séminaire International sur les sapins méditerranéens. Avignon 11-15 juin 1990. INRA-CIHEAM-IUFRO. 195-203.
- 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.
- QUÉZEL ; P., 1980. Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen. In *Pesson : Actualités d'écologie forestière*. Edit. Bordas. 205-256. Paris.
- QUÉZEL, P. & BARBÉRO, M., 1990. Caractéristiques écologiques, dynamiques et structurales des populations naturelles de sapins du pourtour méditerranéen. Séminaire International sur les sapins méditerranéens. Avignon 11-15 juin 1990. INRA-CIHEAM-IUFRO. 3-25.
- 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.
- SANCHEZ PALOMARES, O. SANCHEZ SERRANO, F. & CARRETERO CARRERO, M.P. ; 1999. Modelos y cartografía de estimaciones climáticas termopluviométricas para la España peninsular. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Madrid. 192 pp.
- SUSMEL, L., 1959. Ecologia, biologia e possibilità attuali di coltivazione dell'abete bianco (*Abies alba* Mill.) nell'Appennino centro-meridionale. *Italia Forestale e Montana*. Firenze XIV(3): 89-111.
- WALTER, H. & LIETH, H., 1960. Klimadiagramm Welt atlas. Fisher. Viena.

