

LÍMITES Y CLASIFICACIÓN FITOCLIMÁTICA DE *QUERCUS PYRENAICA* WILLD. EN ESPAÑA

P. M. GIL¹, A. FERNÁNDEZ-CANCIO², S. SARDINERO³, I. PEREIRA⁴

Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), Centro de Investigación Forestal (CIFOR), carretera de La Coruña Km 7. 28040-Madrid.

E-mail: ¹pmgil@inia.es, ²fernand@inia.es, ³sardiner@inia.es, ⁴pereira@inia.es

RESUMEN

Este trabajo analiza la estructura fitoclimática de *Quercus pyrenaica* Willd. a partir de una matriz de datos compuesta por 981 estaciones meteorológicas y por 35 variables fitoclimáticas en cada una de ellas. Todas las estaciones están incluidas en el área de distribución de la especie en España. Se utiliza un análisis de componentes principales (PCA) para estudiar el espacio fitoclimático de existencia de la especie y un análisis de agrupación jerárquica (Ward con distancia euclídea) para estudiar la estructura fitoclimática de los datos.

PALABRAS CLAVE: Biogeografía, Fitoclimatología, *Quercus pyrenaica*.

SUMMARY

This study analyses a data matrix of 35 potential phytoclimatic variables covering the distribution of 981 meteorological stations where the presence of *Quercus pyrenaica* Willd. has been recorded in Spain. Principal Components Analysis (PCA) shows the climatic space inhabited by *Q. pyrenaica*. Hierarchical clustering (Ward with euclidean distance) show the phytoclimatic structure of the data.

KEY WORDS: Biogeography, Phytoclimatology, *Quercus pyrenaica*.

INTRODUCCIÓN

El género *Quercus* L. presenta una gran complejidad en la caracterización de especies debido los problemas taxonómicos causados por la hibridación, la introgresión y la tendencia a formar ecotipos, estando generalizada su distribución geográfica en la Península Ibérica (AMARAL FRANCO, 1989; RUIZ DE LA TORRE, 1971). Sin embargo, se han identificado especies diferenciadas que manifiestan adaptaciones muy variadas a las condiciones climáticas, pudiendo presentar esclerofilia, planicaducifolia marcescente o planicaducifolia completa (VICIOSO, 1950).

En este trabajo se presenta el estudio fitoclimático de *Quercus pyrenaica* Willd., que junto con *Quercus faginea* Lam., *Q. canariensis* Willd. y *Q. humilis* Miller constituyen las especies arbóreas marcescentes presentes en España (AMARAL FRANCO, 1989; BLANCO et al. 1997). *Quercus pyrenaica* se distribuye fundamentalmente por Galicia oriental, Cordillera Cantábrica, Sistema Ibérico, Gredos, Sierra de Guadarrama, Montes Oretanos, Sierra Morena oriental, Sierra Nevada y las Alpujarras. Su disposición principal es circumpolar y se instala sobre suelos más bien profundos y substratos silíceos de pH neutro o ácido (MARTÍN ALBERTOS et al., 1998). Con este análisis se pretende contribuir al conocimiento del comportamiento del taxon, en su distribución, frente a posibles cambios climáticos capaces de alterar los ecosistemas de los que forma parte.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se han estudiado 35 variables climáticas de cada una de las 981 estaciones meteorológicas incluidas en el área de distribución de la especie. Algunas de ellas (14 variables) se corresponden con las utilizadas en el Atlas Fitoclimático de España (ALLUÉ ANDRADE, 1990), otras, como los índices bioclimáticos, han sido desarrolladas en la Memoria del Mapa de Series de Vegetación de España (RIVAS-MARTÍNEZ, 1987) o están relacionadas con ellas, y las restantes han sido definidas por el equipo de Fitoclimatología del INIA (FERNÁNDEZ-CANCIO et al., 2000).

Los datos climáticos fueron proporcionados por el Instituto Nacional de Meteorología y los datos corológicos por la Dirección General para la Conservación de la Naturaleza, ampliando la información con los Mapas de Vegetación Forestal (RUIZ DE LA TORRE, 1990-1992) y otras fuentes bibliográficas (CEBALLOS, 1966; DE BOLÒS, 1998). Con estos datos se asignó a cada cita corológica una estación meteorológica, separadas por una distancia máxima de 2 Km.

Los límites fitoclimáticos de la especie se establecieron siguiendo un análisis estadístico de los datos climáticos obtenidos a partir de las estaciones meteorológicas. Se han hallado los percentiles para cada variable en un intervalo de confianza del 95% (FERNÁNDEZ-CANCIO et al., 2000).

Posteriormente, se aplicó una técnica de clasificación secuencial aglomerativa, jerárquica y sin solapamiento (SNEATH & SOKAL, 1973) con el objeto de clasificar los datos. Se utilizó la distancia euclídea para calcular la distancia entre cada par de estaciones meteorológicas en la matriz de semejanzas, y un algoritmo (WARD, 1963) con el objetivo de minimizar la suma de las distancias de las estaciones al centroide de su grupo en el proceso de agrupación jerárquica. Los grupos diferenciados mediante el método de Ward se superpusieron sobre el diagrama de ordenación, generado mediante un análisis de componentes principales (PCA).

Los programas informáticos empleados son STATGRAPHICS 4.1 (MANUGISTICS, INC. 1994-1999) para el tratamiento estadístico de los datos y SURFER 6.0 (GOLDEN SOFTWARE, INC. 1995) para la representación geográfica de los grupos fitoclimáticos establecidos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de los límites fitoclimáticos globales de *Quercus pyrenaica* para las 35 variables estudiadas se expresan en la Tabla 1. Estos intervalos marcan los límites de existencia de la especie a los distintos factores climáticos con una confianza del 95%.

	K	A	P	PE	HS	TMF	T	TMC	TMMF	F	OSC	TMMC	C	HP
Min.	0.000	0.00	522	5	0	0.9	8.0	15.8	-3.5	-21.0	9.3	22.3	33.9	5
Máx.	0.223	3.48	1647	50	5	7.3	15.4	25.9	3.2	-6.2	14.2	34.4	45.0	10
	MM	IT	IO	IC	ICA	NPRI	NPRP	NPRV	NPRO	IOI	IOP			
Min.	5.2	100	0.36	11.8	45.3	0.60	0.57	0.19	0.55	1.09	0.43			
Máx.	12.1	295	1.53	19.7	60.2	2.39	1.76	0.77	1.90	8.45	1.96			
	IOV	IOO	IFOR	IOEST	IOFRI	IFOR1	IFVI	IEST	IIVER	ICORT				
Min.	0.07	0.36	1.01	0.17	-4.39	1.24	0.14	2.32	0.03	0.42				
Máx.	0.39	1.60	1.37	2.11	6.30	2.03	0.64	6.36	0.19	1.20				

Tabla 1. Valores de los límites de las variables fitoclimáticas para *Q. pyrenaica*. **K.** Intensidad de la aridez. **A.** Duración de la aridez. **P.** Precipitación media anual. **PE.** Precipitación estival mínima. **HS.** Número de meses de helada segura. **TMF.** Temperatura media del mes más frío. **T.** Tª media anual. **TMC.** Tª media del mes más cálido. **TMMF.** Tª media de las mínimas del mes más frío. **F.** Tª mínima absoluta. **OSC.** Media anual de la oscilación térmica diaria. **TMMC.** Tª media de las máximas del mes más cálido. **C.** Tª máxima absoluta. **HP.** Número de meses de helada probable. **MM.** Temperatura media de las máximas del mes de media más fría. **IT.** Índice de termicidad, $IT = (MM + TMMF + T) \cdot 10$. **IO.** Índice Ombrico, $IO = (P/T)/10$. **IC.** Índice de continentalidad, $IC = (TMC - TMF)$. **ICA.** Índice de continentalidad absoluto, $ICA = C - F$. **NPRI, NPRP, NPRV, NPRO.** Coeficientes estacionales de las precipitaciones invernales (diciembre, enero, febrero), primaverales (marzo, abril, mayo), estivales (junio, julio, agosto), y otoñales (septiembre, octubre, noviembre), respectivamente, normalizados a 250 mm de precipitación con el fin de observar el comportamiento de la estacionalidad de forma simple. **IOI, IOP, IOV, IOO.** Coeficientes ómbricos de invierno, primavera, verano y otoño. **IFOR.** Índice de forma, que divide la suma de las precipitaciones de los seis primeros meses del año por la de los seis últimos; trata de separar las áreas mediterráneas de las de influencia atlántica. **IOEST.** Índice ómbrico extremo de verano, $IOEST = PE/TMMC$, tiene relación con el máximo estrés hídrico que soporta la estación. **IOFRI.** Índice ómbrico extremo de la precipitación invernal, $IOFRI = PRI/TMMF$, tiene relación con el estrés hídrico invernal en zonas con inviernos cálidos y secos. **IFOR1.** Índice de forma desplazado, $IFOR1 = (PRI + PRP)/(PRV + PRO)$, está muy relacionado con IFOR, pero suele comportarse mejor en la separación de áreas mediterráneas. **IFVI.** Índice de forma extremo, $IFVI = (PRV/PRI)$, relaciona las precipitaciones de verano con las de invierno, suele separar las áreas con influencia centroeuropea. **IEST.** Índice ómbrico de forma desplazado, $IEST = (IOI + IOP)/(IOV + IOO)$, actúa en una dirección semejante a IFOR1. **IIVER.** Índice ómbrico de forma extremo, $IIVER = IOV/IOI$. **ICORT.** Índice de forma sobre IT, $ICORT = ((NPRI/NPRO)/IT) \cdot 100$, tiende a separar las zonas atlánticas frías de la submeseta norte de las zonas mediterráneas frescas.

En cuanto a la separación de los grupos por el método de Ward, se ha decidido diferenciar en el nivel jerárquico de 6 clases porque las estructuras biogeográficas asociadas eran fácilmente explicables. Estas estructuras se han representado geográficamente (Figura 1).

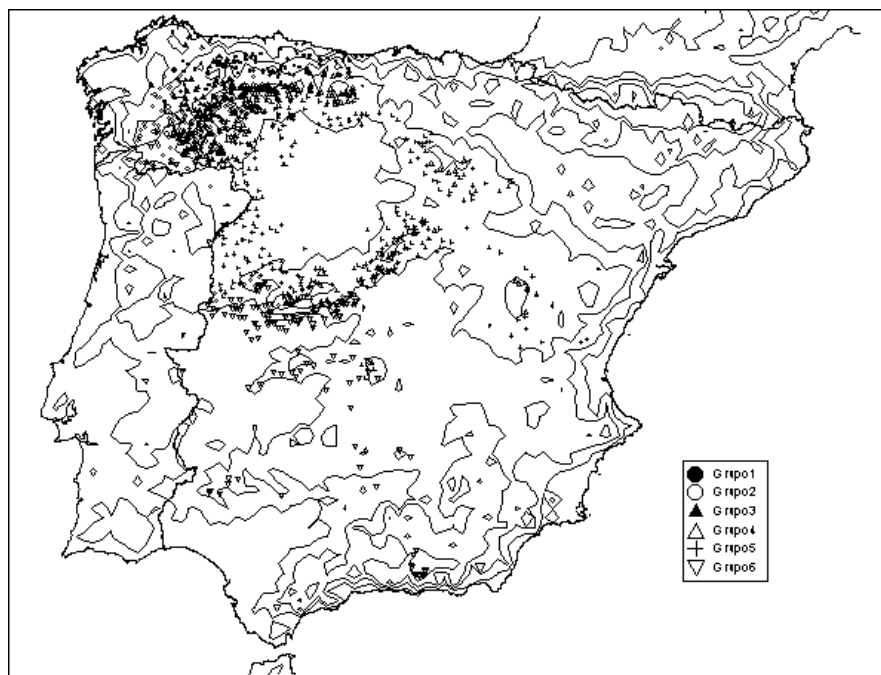


Figura 1. Distribución de estaciones meteorológicas próximas a territorios con *Quercus pyrenaica*, separadas en 6 grupos fitoclimáticos con entidad biogeográfica propia.

Mediante la aplicación de un análisis de componentes principales (PCA) sobre la matriz de datos, se ha creado un diagrama de ordenación en el que se han superpuesto los 6 grupos (Figuras 2 y 3). Ésto permite la observación de las relaciones existentes entre cada una de las clases y las variables fitoclimáticas.

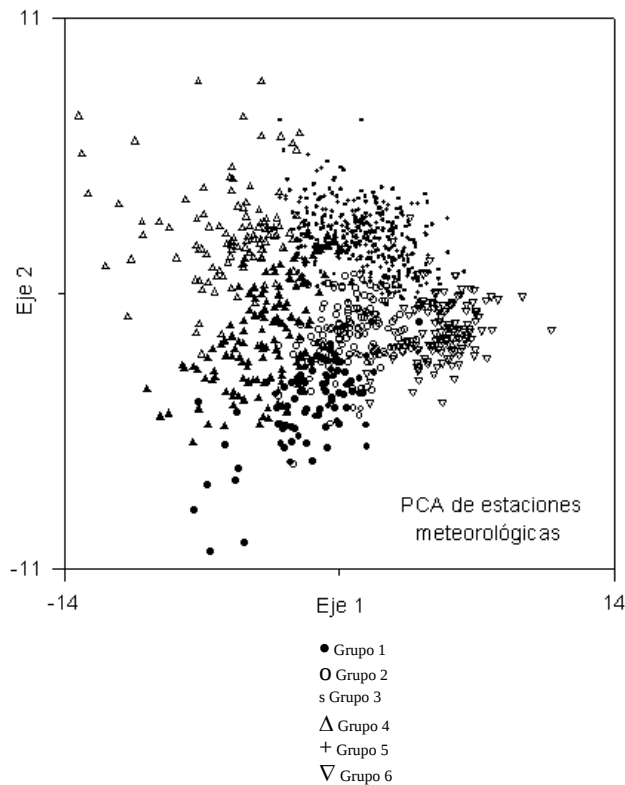


Figura 2. PCA de las estaciones meteorológicas. Se muestran los 6 grupos separados por el método de Ward y sus disposiciones según las variables fitoclimáticas.

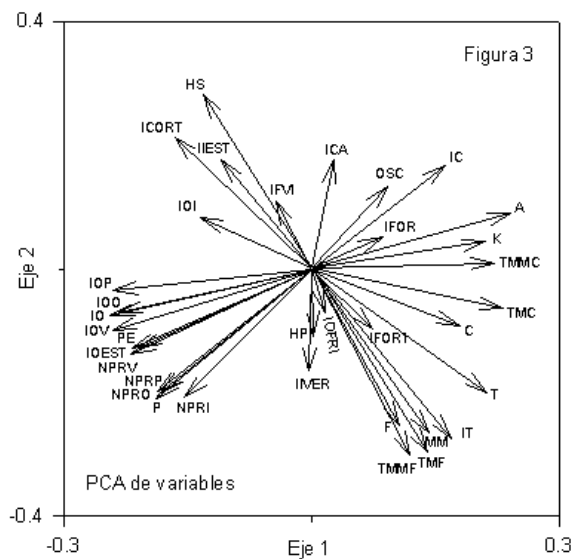


Figura 3. PCA de las 35 variables climáticas aplicadas. El Eje 1 marca el gradiente entre precipitación y aridez, mientras que el Eje 2 marca el gradiente de menor a mayor termicidad.

En su conjunto, se observa la preferencia de la especie por los climas húmedos y frescos, presentando su óptimo en el área de intersección entre los grupos 2, 3 y 5 (Figura 2). La estructura global se encuentra desplazada hacia los valores altos de las variables pluviométricas (IOI, IOP, IEST, IO...) y ligeramente separada de los valores altos de las variables indicadoras de termicidad (TMF, IT, MM, F...).

A continuación se explican las características de cada grupo:

Grupo 1. Formado por el 9.1% de las estaciones, se encuentra ocupando la zona más septentrional del área estudiada. La clase se distribuye por la costa cantábrica y los pisos colino y montano del oeste y centro de la Cordillera Cantábrica, interior de Lugo y cuatro estaciones dispersas. El resultado del PCA indica que este grupo toma valores bajos de las variables relacionadas con la aridez (K y A), de los índices de continentalidad (ICA e IC) y del factor de oscilación térmica (OSC), mostrando su tendencia a las temperaturas suaves, a una escasa continentalidad y a las altas precipitaciones.

Grupo 2. Lo constituye el 14.6% de las estaciones. Se distribuye en gran parte por las sierras de Galicia y Montes de León, alcanzando el Sistema Central occidental. Algunas de las estaciones meteorológicas de este grupo se solapan con el anterior, indicando su tendencia a los valores altos de los factores pluviométricos (P, NPRI, IIVER...). Sin embargo, en este caso, hay una cierta inclinación a la aridez, a temperaturas algo más elevadas (TMMC y TMC) y a la continentalidad (IC), reflejándose en él una mayor influencia del clima mediterráneo que en el grupo 1.

Grupo 3. Supone el 14.5% de las estaciones, que se distribuyen sobre todo por zonas montañosas del oeste de la Cordillera

Cantábrica, Sierra de los Ancares, Sierra del Caurel, Sierra de San Mamed, llegando de modo aislado al Sistema Central y a los Montes de Toledo. El PCA marca la tendencia del grupo hacia los climas húmedos y no excesivamente fríos. El grupo tiende a tomar valores bajos de las variables de aridez y de termicidad (IT, C, T...) mientras que muestra preferencia por los valores altos de los factores de precipitación, incluidos los de verano (IOV, IOEST, P...). Se trata del grupo más húmedo.

Grupo 4. Está formado por el 11% de las estaciones. Su distribución está asociada a los sistemas montañosos y climas más fríos, ubicándose en el piso montano de la Cordillera Cantábrica, Montes de León, Sierra de la Cabrera, Sistema Ibérico, alcanzando el este del Sistema Central. El PCA explica esta distribución mostrando la preferencia del grupo por las bajas temperaturas (ICORT y HS) y por los valores altos de precipitación de invierno (IOI e IUEST).

Grupo 5. Presenta el mayor porcentaje de estaciones, un 36.8%. Constituye el grupo más continental, situándose en el pie de monte de los sistemas montañosos que bordean la Submeseta Norte. También se extiende de forma dispersa por el sur del Sistema Ibérico y los Montes de Toledo. Las variables más determinantes para esta clase son las relacionadas con la continentalidad (IC, ICA y OSC), inclinándose hacia valores bajos de las variables que indican temperaturas mínimas altas (F, TMMF y TMF). Se observa además preferencia por las precipitaciones de invierno (IOI) frente a las de verano (IOV y PE).

Grupo 6. Formado por el 14.1% de las estaciones, se distribuye por el suroeste del Sistema Central, Montes de Toledo, Sierra Morena y Sierra Nevada. Constituye geográficamente la clase más meridional de las obtenidas y en el PCA se distingue como el grupo más térmico (C, TMMC y TMC) y más resistente a la aridez (K). Las variables pluviométricas (IO, PE, IOV, IOP...) son en este caso las más limitantes para este grupo puesto que se sitúan en el extremo opuesto del Eje 1.

BIBLIOGRAFÍA

- ALLUÉ ANDRADE, J. L. 1990. *Atlas Fitoclimático de España. Taxonomías*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. INIA. Madrid. 225 pp.
- AMARAL FRANCO, J. (1990) in CASTROVIEJO et al. (eds.). *Flora Iberica*. Real Jardín Botánico. C.S.I.C. Vol.II.: 15-36.
- BLANCO CASTRO, E. & al. (eds.); (1997). *Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica*. Ed. Planeta. 572 pp.
- CEBALLOS, L. (1966). *Mapa Forestal de España*. Memorias de la Dirección General de Montes, Caza y Pesca Fluvial. Ministerio de Agricultura.
- DE BOLÓS I CAPDEVILA, O. (1998). *Atlas Corològic de la Flora Vascular dels Països Catalans*. Part II. Institut d'Estudis Catalans. Orca: Volum Extraordinari. Secció de Ciències Biològiques. Barcelona.
- GOLDEN SOFTWARE, INC. (1995). *SURFER 6.01 for Windows, User's guide*. Golden, Colorado.
- FERNÁNDEZ CANCIO, A; SARDINERO, S.; ROMERA, E.; PEREIRA, I & MANRIQUE, E.; (2000). Límites y clasificación de *Pinus pinea* L. *Actas del 1^{er} Simposio del Pino Piñonero (Pinus pinea)*, Vol. 1: 47-75.
- MANUGISTICS, INC. Statistical Graphics Corp. (1994-1999). *STATGRAPHICS Plus 4.1 for Windows*. Maryland.
- MARTÍN ALBERTOS, S; DÍAZ FERNÁNDEZ, P.M. & DE MIGUEL, J. 1998. *Regiones de Procedencia de las Especies Forestales Españolas. Géneros Abies, Fagus, Pinus y Quercus*. Publ. Del Organismo Autónomo Parques Naturales, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. 1987. *Memoria del Mapa de las Series de Vegetación de España*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. ICONA. Madrid. 268 pp.
- RUIZ DE LA TORRE, J. (Dir.) (1990-1992). *Mapa Forestal de España*. ICONA. Madrid.
- RUIZ DE LA TORRE, J. 1971. *Árboles y Arbustos de la España Peninsular*. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias. E.T.S.M. Madrid. 496 pp.
- SNEALTH, P. & SOKAL, R. (1973). *Numerical taxonomy*. Free, San Francisco.
- VICIOSO, C. (1950). *Quercus* L. in Bol. Inst. Forest. Invest. Exp. 51: 1-194.
- WARD, J. H. (1963). Hierarchical grouping to optimize an objective function. *J. Amer. Stat. Ass.* 58: 239-244.