

FITOClimatología de *QUERCUS CANARIENSIS* Willd. EN ESPAÑA. POTENCIALIDADES Y ADECUACIONES FITO- CLIMÁTICAS

Javier María GARCÍA LÓPEZ (*), Julián GONZALO JIMÉNEZ (**) &
Carmen ALLUÉ CAMACHO(*)

(*) Unidad de Ordenación y Mejora del Medio Natural. Servicio Territorial de Medio Ambiente.
Junta de Castilla y León. C/ Juan de Padilla s/n. 09071-Burgos. garlopjv@bu.jcyl.es. y
allcamca@bu.jcyl.es.

(**) Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias. Avda. de Madrid, 57. 34071-Palencia.
jgonzalo@pvs.uva.es.

RESUMEN: En el presente trabajo se realizan aportaciones a la caracterización fitoclimática de *Quercus canariensis* Willd. mediante la utilización conjunta de técnicas de diagnóstico, de homologación y de evaluación de idoneidades fitoclimáticas así como de técnicas de cartografía digital y de evaluación de variables regionalizadas. *Quercus canariensis* se encuentra en las provincias Gaditano-onubo-algarviense (sector Gaditano) y Luso-extremadurese (Sector Mariánico-monchiquense) en los subtipos fitoclimáticos IV₂, IV₄ y VI(IV)₃, en la provincia Catalano-valenciano-provenzal (sector Vallesano-empordanés) en el subtipo IV(VI)₂ y en la provincia pirenaica (sector pirenaico occidental) en los subtipos VI(IV)₄ y VI(V). De ellos, el IV₂ es no sólo el de mayor presencia de la especie (70% de las estaciones estudiadas) sino el de mayor índice de idoneidad fitoclimática. Calculando los ámbitos fitoclimáticos factoriales de las estaciones de quejigar para las que el índice de idoneidad supere 0,70 (subtipos IV₂, IV₄, VI(IV)₃ y IV(VI)₂) se determina un área potencial de alta viabilidad fitoclimática de quejigar africano de 173.400 ha en la provincia Gaditano-onubo-algarviense (Cádiz y Málaga) y de 4.500 ha en la provincia Catalano-valenciano-provenzal (litoral de Gerona y Barcelona). Si se exigen al sistema restricciones factoriales conforme a la teoría de la envolvente convexa, dicho área se reduce a 90.800 ha. Estos resultados deben ser en todo caso interpretados y reducidos en función de las apetencias claramente silicícolas de la especie, descartando áreas con sustratos carbonatados. Asimismo, se resalta como condicionante en la interpretación de los resultados una cierta azonalidad edafohídrica de las masas de quejigo, especialmente en el sur de España.

SUMMARY: This paper addresses the phytoclimatic characterization of *Quercus canariensis* Willd. by a combination of techniques for diagnosis, homologation and evaluation of phytoclimatic suitability with digital cartography and assessment of regionalized variables. *Quercus canariensis* is found in the Gaditano-onubo-algarviense province (Gaditano sector) and the Luso-extremadurese province (Mariánico-monchiquense sector) in phytoclimatic subtypes IV₂, IV₄ and VI(IV)₃; in the Catalano-valenciano-provenzal province (Vallesano-empordanés sector) in subtype IV(VI)₂; and in the pirenaica province (Pirenaico occidental sector) in subtypes VI(IV)₄ and VI(V). Subtype IV₂ is both the most prevalent of the species (70% of stations studied) and the one with the highest index of phytoclimatic suitability. Factorial ambits were calculated for gall oak stations with a suitability index of more than 0.7 (subtypes IV₂, IV₄, VI(IV)₃ and IV(VI)₂). This calculation determined potential areas of high phytoclimatic viability for African gall oak totalling 173,400 ha in the Gaditano-onubo-algarviense prov-

ince (Cádiz and Málaga) and 4,500 ha in the Catalano-valenciano-provenzal province (coastal Gerona and Barcelona). This area is 90.800 ha with the application of the factorial convex hull. However, any practical interpretation of these results must take into consideration the species evident affinity for silicic soils, which rules out areas with carbonate substrates. Another major consideration for interpretation of the results is a tendency to hydroedaphic azonality of gall oak stands, especially in southern Europe.

INTRODUCCIÓN

La caracterización ecológica del ambiente en que vive una especie forestal tiene gran trascendencia desde el punto de vista de la gestión de sus poblaciones naturales. La determinación de los medios más recomendables para su utilización en labores de reconstrucción de la cubierta forestal, la identificación de lugares en los que a priori sean de esperar aplicaciones prácticas de los resultados de experimentación previa en las localidades de origen, la identificación de posibles factores de perturbación, la definición de programas de conservación de recursos genéticos de especies o poblaciones representativas, escasas o en peligro de desaparición, así como la identificación de factores ambientales presumiblemente responsables de la variación intraespecífica o de las principales interacciones genotipo-ambiente de estas especies, son algunas de las aplicaciones de este tipo de estudios.

De los robles españoles, quizá sea el quejigo africano (*Quercus canariensis* Willd.) uno de los de mayor interés biogeográfico y autoecológico. De distribución ibero-magrebí, los quejigares africanos son sin duda una de las formaciones marcescentes más singulares, repartidas desigualmente por el mediterráneo occidental, extendiéndose de forma espontánea por la península Ibérica, Marruecos, Argelia y Túnez. En la Península se halla presente en el sur de Portugal y en el suroeste y noreste de España. Las principales manifestaciones españolas se hallan en 2

núcleos disyuntos, el primero en la región de los alcornocales de Cádiz y Málaga y el segundo en la zona litoral catalana de La Selva. Entre las presencias menores de la especie, caben aquí destacar las de la Sierra de Aracena en Huelva y las de la comarca de Olot, en Gerona.

Son aún muy escasas las aportaciones a la caracterización fitoclimática de *Quercus canariensis*. Entre ellas cabe citar la de CEBALLOS & al. (1930), que cifra la temperatura anual media de las masas gaditanas en unos 15°C y la precipitación media entre 800 y 1000 mm así como su preferencia por ubicaciones con cierta azonalidad hídrica como bordes de arroyos, fondos de barrancos o umbrías. RUIZ de la TORRE (1979) destaca el carácter termófilo e higrófilo (incluso localmente edafófilo) de la especie respecto de otros robles marcescentes españoles y la exigencia de al menos 600 mm de precipitación anual en la comarca de La Selva, de los cuales 150 mm se producirían en verano y de 800 mm en la región del Estrecho, de los que únicamente 50 mm corresponderían al verano. Asimismo, según este autor las temperaturas medias de enero estarían entre los 10 y los 12°C y las temperaturas de agosto entre 20 y 24°C. RIVAS MARTÍNEZ (1987) sitúa las manifestaciones litorales catalanas en el piso mesomediterráneo húmedo y las andaluzas en los pisos termo y mesomediterráneo húmedo e hiperhúmedo, destacando igualmente una cierta edafohigrofilia de la especie. JIMÉNEZ & al. (1998) y MARTÍN & al. (1998), con motivo de la definición

y caracterización ecológica de regiones de procedencia de material genético de esta especie, definen una única región de procedencia "*Macizo del Aljibé*", situada en los subtipos fitoclimáticos IV₂ y IV₄ de ALLUÉ ANDRADE (1990), con temperaturas anuales medias entre 14,3 y 16,4° C, precipitaciones medias anuales entre 1244 y 1045 mm y precipitaciones medias del mes más seco entre 1 y 0 mm. Definen asimismo 2 procedencias de área restringida, la primera denominada "*Sierra de Aracena*" en el norte de Huelva, en el subtipo IV₄ y la segunda "*Cataluña*" en la comarca litoral gerundense, en los subtipos VI(IV)₄ y VI(IV)₂, sin valorar en estos 2 casos ningún factor fitoclimático.

En nuestro país se reconocen en la actualidad 2 series de vegetación de quejigar africano, la serie mesomediterránea vallesano-empordanesa (selvatana) silícicola húmeda *Carici depressae-Querceto canariensis* sigmetum y la serie termomesomediterránea gaditano-tangerina húmedo-hiperhúmeda *Rusco hypophylli-Querceto canariensis* sigmetum (RIVAS-MARTÍNEZ, 1987). En el caso de los quejigares selvatanos, el contacto principal se produce con los alcornocales de la serie mesomediterránea catalana subhúmeda *Carici depressae-Querceto suberis* sigmetum, mientras que en la región del Estrecho el contacto principal es con los alcornocales de la serie meso-termomediterránea gaditana y bética húmedo-hiperhúmeda *Teucrio baetici-Querceto suberis* sigmetum y también -a menor altitud- con los alcornocales de la serie termomediterránea gaditano-onubo-algarviense y marriánico-monchiquense subhúmeda *Oleo-Querceto suberis* sigmetum, todos ellos en condiciones de mayor xericidad que la existente en los quejigares africanos.

En el presente trabajo se realizan aportaciones a la caracterización fitoclimática de *Quercus canariensis* Willd. aplicable a la identificación de territorios potencial-

mente compatibles desde el punto de vista fitoclimático con esta especie como paso previo a cualquier política de conservación o fomento de los quejigares africanos motivada su gran valor biogeográfico, ecológico y paisajístico.

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 219 puntos con presencia natural de *Quercus canariensis*. La selección de parcelas se hizo mediante la utilidad informática BASIFOR (DEL RÍO & al., 2001) segregando aquellos registros con presencia natural de la especie en los campos ESPECIB1-3, es decir, como primera, segunda o tercera especie dominante de la formación.

La altitud de cada punto fue determinada mediante proyección sobre el Modelo Digital de Elevaciones a nivel Peninsular DEM-250-MONA-PRO (250 m.) del Joint Research Centre (European Commission), al considerar que la precisión de 100 m. de la base de datos inicial era insuficiente a nuestros efectos.

En la figura 1 puede observarse la distribución de los 219 puntos de muestreo utilizados en este estudio.

Los 219 puntos con presencia natural de *Quercus canariensis*, identificados por sus coordenadas UTM (transformadas en su caso al huso 30) y su altitud fueron tratados con el programa informático FITOCLIMOAL'2000 (GARCÍA LÓPEZ & ALLUÉ, 2000) para la obtención de los datos mensuales brutos de temperatura y precipitación conforme a los modelos de SÁNCHEZ PALOMARES & al. (1999). Posteriormente, con el mismo programa fueron hallados los factores fitoclimáticos de ALLUÉ ANDRADE (1990) a excepción de la oscilación térmica, que se

calculó como TMC-TMF (GARCÍA LÓPEZ, 2000a & 2000b).

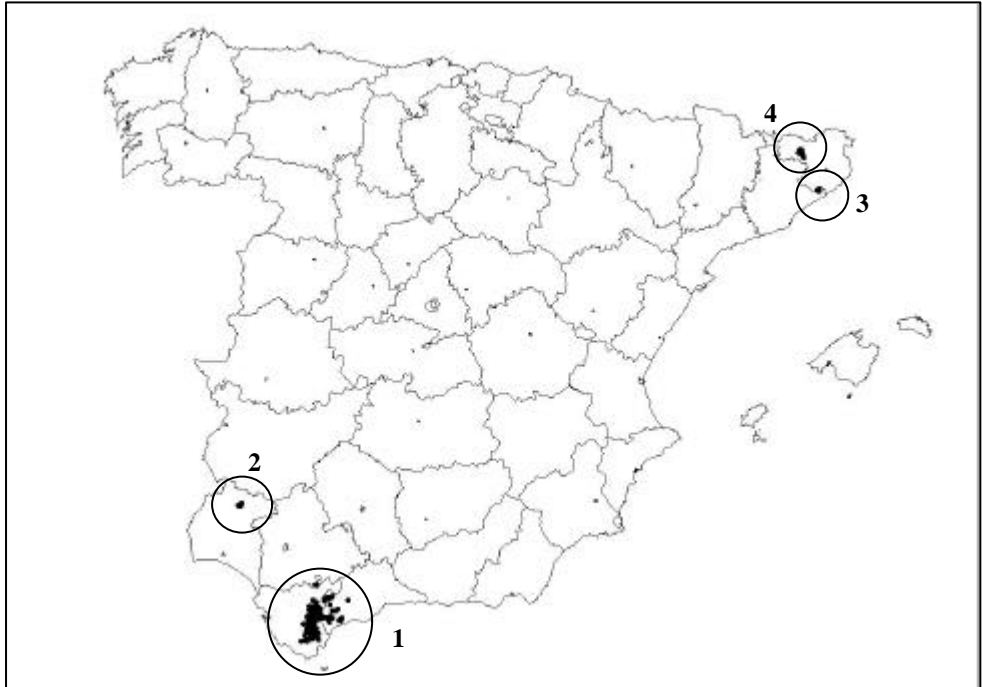


Figura 1: Puntos de muestreo con presencia natural de *Quercus canariensis*: 1: Macizo del Aljibe 2: Sierra de Aracena 3: Cataluña litoral (La Selva) 4: Cataluña interior (Olot)

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, como es el caso del resto de clasificaciones fitoclimáticas al uso, 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 “*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 & al. (1960). Todo ello permite algo importante en este estudio, como es la cuantificación numérica del grado de potencialidad fitoclimática de un territorio para albergar robledales moros.

La tabla de factores fitoclimáticos correspondiente a los 219 puntos con presencia de *Quercus canariensis* fue a su vez sometida a diagnóstico fitoclimático conforme a la metodología de ALLUÉ ANDRADE (1990) mediante el programa FITOCLIMOAL’2000.

En la tabla 1 se especifican estos factores, su abreviatura y su forma de cálculo.

| 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° de meses en que $TMMF \leq 0$ | meses |
| HP | Helada probable. Calculada como n° 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

RESULTADOS

Primera aproximación

En la tabla 2 se exponen los resultados de la diagnosis fitoclimática. *Quercus canariensis* tiene en principio presencia en un amplio abanico de subtipos fitoclimáticos. Sin embargo la presencia no es homogénea, puesto que el 70% de los puntos analizados (152 de 219) se corresponden con el subtipo IV_2 , y entre los subtipos mediterráneos IV_2 y IV_4 se contabilizan el 85% de los puntos de muestreo. El resto se distribuye entre los subtipos nemoromediterráneos $IV(VI)_2$, $VI(IV)_3$, $VI(IV)_4$ e incluso el nemorolauroide $VI(V)$.

Por otra parte, cabe destacar también la heterogeneidad del reparto de subtipos fitoclimáticos por procedencias. Las procedencias de mayor componente fitoclimática mediterránea son las situadas en las provincias biogeográficas Gaditano-onubo-algarviense y Luso-extremadurense, principalmente centradas en los subtipos IV_2 y IV_4 , mientras que las de componente fitoclimática más nemoral son las situadas en la provincia Pirenaica (que de hecho se enmarca en la región Eurosiberiana a diferencia del resto) que se corresponden con los subtipos $VI(IV)_4$ y $VI(V)$. En una posición intermedia se situarían las manifestaciones selváticas de la provincia Catalano-valenciano-provenzal, adscritas al subtipo $IV(VI)_2$.

| Procedencia | Nº | Región | Provincia | Sector | Subtipo | Puntos |
|-------------------|----|---------------|-------------------------------|------------------------|---------------------|--------|
| Sierra del Ajibe | 1 | Mediterránea | Gaditano-Onubo-Algarviense | Gaditano | IV ₂ | 152 |
| Sierra del Ajibe | 1 | Mediterránea | Gaditano-Onubo-Algarviense | Gaditano | IV ₄ | 35 |
| Sierra del Ajibe | 1 | Mediterránea | Gaditano-Onubo-Algarviense | Gaditano | VI(IV) ₃ | 7 |
| Sierra de Aracena | 2 | Mediterránea | Luso-extremadurens | Mariánico-Monchiquense | IV ₄ | 7 |
| Cataluña litoral | 3 | Mediterránea | Catalano-Valenciano-Provenzal | Vallesano-Empordanés | IV(VI) ₂ | 5 |
| Cataluña interior | 4 | Eurosiberiana | Pirenaica | Pirenaico oriental | VI(IV) ₄ | 8 |
| Cataluña interior | 4 | Eurosiberiana | Pirenaica | Pirenaico oriental | VI(V) | 5 |

Tabla 2: Número de parcelas del II Inventario Forestal Nacional consideradas por subtipos fitoclimáticos (ALLUE-ANDRADE, 1990) y tipología biogeográfica (RIVAS-MARTINEZ, 1987)

En la tabla 3 se exponen los ámbitos fitoclimáticos de las procedencias de

Quercus canariensis, pormenorizadas por subtipos fitoclimáticos.

| Proced. | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | Total |
|-------------|-----------------|-----------------|---------------------|-----------------|---------------------|---------------------|--------------|----------------------------|
| Subtipo | IV ₂ | IV ₄ | VI(IV) ₃ | IV ₄ | IV(VI) ₂ | VI(IV) ₄ | VI(V) | |
| K | 0,255 0,091 | 0,141 0,079 | 0,077 0,059 | 0,214 0,147 | 0,116 0,074 | 0 0 | 0 0 | 0,255 0 |
| A | 4,23 3,22 | 3,47 3,00 | 2,91 2,62 | 3,66 3,21 | 2,31 1,96 | 0 0 | 0 0 | 4,23 0 |
| P | 1385 796 | 1412 966 | 1536 1385 | 910 801 | 674 638 | 922 876 | 983 957 | 1536 638 |
| PE | 3 0 | 4 1 | 4 3 | 3 3 | 22 19 | 80 71 | 82 79 | 82 0 |
| T | 17,8 15,9 | 16,2 14,9 | 15,4 14,9 | 16,1 14,8 | 15,7 15,3 | 13,6 12,3 | 12,0 11,2 | 17,8 11,2 |
| TMF | 11,8 9,5 | 9,4 8,4 | 8,4 7,8 | 8,5 7,3 | 8,7 8,4 | 6,3 5,3 | 5,1 4,5 | 11,8 4,5 |
| TMC | 26,1 24,1 | 24,8 23,5 | 24,1 23,2 | 25,5 24,6 | 23,9 23,5 | 22,2 20,8 | 20,4 19,7 | 26,1 19,7 |
| TMMF | 7,5 5,4 | 5,3 4,4 | 4,4 3,8 | 4,5 3,3 | 4,6 4,4 | 2,4 1,5 | 1,3 0,7 | 7,5 0,7 |
| TMMC | 31,2 28,9 | 29,8 28,4 | 29,2 28,2 | 30,8 29,9 | 29,0 28,5 | 27,5 26,1 | 25,6 24,9 | 31,2 24,9 |

| | | | | | | | | |
|----------------|--------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------|
| HS | 0 0 | 0 0 | 0 0 | 0 0 | 0 0 | 0 0 | 0 0 | 0 0 |
| HP | 3 0 | 3 2 | 3 3 | 4 3 | 3 3 | 5 5 | 6 5 | 6 0 |
| OSC | 16,2 12,8 | 16 14,6 | 15,8 15,1 | 17,3 17,0 | 15,3 15,1 | 15,9 15,5 | 15,5 15,2 | 17,3 12,8 |
| Altitud | 639 37 | 882 488 | 810 704 | 898 629 | 121 38 | 670 416 | 865 729 | 898 37 |

Tabla 3: Ámbitos fitoclimáticos y rangos altitudinales de *Quercus canariensis* en España pormenorizados por procedencia y subtipo fitoclimático. Los números indicativos de las procedencias son los precisados en la leyenda de la Figura 1.

Las procedencias pirenaicas se separan claramente del resto de quejigares africanos de España por su xericidad estival (A), que es nula, frente al resto de manifestaciones de la especie, que no parecen bajar de 2 meses de sequía. Esta menor xericidad estival se manifiesta también en la precipitación media del mes estival más seco (PE), que es muy elevada (superior a 70 mm) frente a sus valores casi nulos (inferiores a 4 mm) de las masas andaluzas. Se separan asimismo por su termofilia menos acusada, no subiendo de 14 °C la temperatura media anual (T) ni de 7 °C la temperatura media del mes más frío (TMF) a diferencia del resto de quejigares africanos. Las formaciones selvatanas parecen situarse en una posi-

ción intermedia respecto de las pirenaicas y gaditanas en cuanto a higrofilia principalmente, pues su xericidad aproximada estaría entre 2 y 2,5 meses frente a 2,5-4 meses de las masas gaditanas. Asimismo, la precipitación anual no sube en los quejigares de La Selva de 700 mm y no baja de 800 mm en las gaditanas. En cuanto a la precipitación estival (PE), no baja de 20 mm en las masas selvatanas y no sube de 4 mm en las gaditanas. En todos los casos es patente, como rasgo fitoclimático común, la acusada termofilia general, con periodo de helada segura (HS) inexistente.

En la tabla 4 se exponen los ámbitos fitoclimáticos de los subtipos fitoclimáticos con presencia natural de *Quercus canariensis*:

| Subtipo | IV ₂ | IV ₄ | VI(IV) ₃ | IV(VI) ₂ | VI(IV) ₄ | VI(V) | Total |
|-----------|-----------------|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------|----------------------------|
| K | 0,255 0,091 | 0,214 0,079 | 0,077 0,059 | 0,116 0,074 | 0 0 | 0 0 | 0,255 0 |
| A | 4,23 3,22 | 3,66 3,00 | 2,91 2,62 | 2,31 1,96 | 0 0 | 0 0 | 4,23 0 |
| P | 1385 796 | 1412 801 | 1536 1385 | 674 638 | 922 876 | 983 957 | 1536 638 |
| PE | 3 0 | 4 1 | 4 3 | 22 19 | 80 71 | 82 79 | 82 0 |
| T | 17,8 15,9 | 16,2 14,8 | 15,4 14,9 | 15,7 15,3 | 13,6 12,3 | 12,0 11,2 | 17,8 11,2 |

| | | | | | | | |
|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------|
| TMF | 11,8 9,5 | 9,4 7,3 | 8,4 7,8 | 8,7 8,4 | 6,3 5,3 | 5,1 4,5 | 11,8 4,5 |
| TMC | 26,1 24,1 | 25,5 23,5 | 24,1 23,2 | 23,9 23,5 | 22,2 20,8 | 20,4 19,7 | 26,1 19,7 |
| TMMF | 7,5 5,4 | 5,3 3,3 | 4,4 3,8 | 4,6 4,4 | 2,4 1,5 | 1,3 0,7 | 7,5 0,7 |
| TMMC | 31,2 28,9 | 30,8 28,4 | 29,2 28,2 | 29,0 28,5 | 27,5 26,1 | 25,6 24,9 | 31,2 24,9 |
| HS | 0 0 | 0 0 | 0 0 | 0 0 | 0 0 | 0 0 | 0 0 |
| HP | 3 0 | 4 2 | 3 3 | 3 3 | 5 5 | 6 5 | 6 0 |
| OSC | 16,2 12,8 | 17,3 14,6 | 15,8 15,1 | 15,3 15,1 | 15,9 15,5 | 15,5 15,2 | 17,3 12,8 |

Tabla 4: Ambitos fitoclimáticos de *Quercus canariensis* en España pormenorizados por subtipos fitoclimáticos.

Los ámbitos factoriales de los subtipos fitoclimáticos más genuinamente mediterráneos (IV₂ y IV₄) de los quejigares andaluces se corresponden con las facciones menos xéricas de estos subtipos a nivel nacional, cuya duración de la aridez (A) puede llegar respectivamente a 5,75 y 5,50 meses y cuya intensidad de la aridez (K) puede llegar respectivamente a 0,999 y a 0,750 (ALLUÉ ANDRADE, 1995). En el caso del subtipo nemoromediterráneo VI(IV)₃, por el contrario nos hallamos en la facción más xérica del mismo, que puede descender en España su duración de la aridez (A) hasta 1,5 meses y subir su precipitación estival (PE) hasta 31 mm.

Para los quejigares catalanes, la facción del IV(VI)₂ que les corresponde es la más seca del mismo, pues su duración de aridez (A) puede bajar a 1,25 meses, pero especialmente la más térmica, situándose su temperatura media (T) alrededor de los 15 °C, esto es, en el extremo superior del ámbito español, que puede bajar hasta los 6 °C (ALLUÉ ANDRADE, 1995). En el caso de las manifestaciones del interior,

correspondientes a los subtipos más nemorales VI(IV)₄ y VI(V), sus ámbitos particularizados para el quejigo africano responden a sus facciones menos lluviosas, con precipitaciones anuales (P) cercanas al límite inferior de los ámbitos nacionales y sus facciones más térmicas, con inexistencia de periodo de helada segura (HS), que puede llegar a 2 meses en los ámbitos nacionales (ALLUÉ ANDRADE, 1995).

Los ámbitos fitoclimáticos de la tabla 4 se aplicaron al modelo digital de elevaciones GTOPO30 del U.S. Geological Survey con una resolución de aproximadamente 1 km de lado, previamente tratado mediante FITOCLIMOAL'2000 para hallar el valor de los factores fitoclimáticos para cada uno de sus puntos. Este modelo consta aproximadamente de 50 millones de puntos.

El resultado de este proceso es la figura 2 adjunta, en que aparecen los puntos incluidos dentro de los ámbitos fitoclimáticos restringidos de los subtipos de la tabla 4. Según este mapa 402.000 ha se-

rían aptas, en principio, para albergar ensayos de *Quercus canariensis* desde el punto de vista fitoclimático, correspondiendo 247.500 al subtipo IV₂, 140.600 ha

al IV₄, 4.600 al VI(IV)₃, 4.500 al IV(VI)₂, 4.600 al VI(IV)₄ y 200 ha al VI(V), estos es, 392.700 ha al área andaluza y 9.300 ha al área catalana.

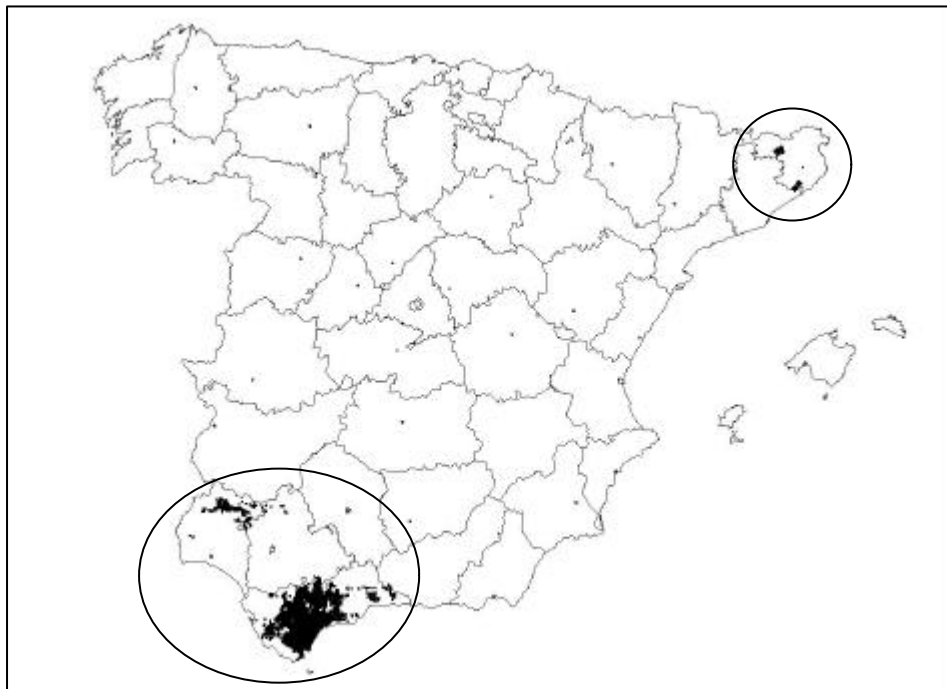


Figura 2: Áreas fitoclimáticas potenciales de *Quercus canariensis* en España (primera aproximación).

Las áreas incluidas en la figura 2 pueden considerarse como el máximo absoluto compatible con la especie, albergando, evidentemente, áreas de cierta marginalidad desde el punto de vista fitoclimático, dado que en la construcción de los ámbitos fitoclimáticos se ha adoptado un criterio amplio, en el sentido de considerar no sólo los puntos de muestreo en donde *Quercus canariensis* fuese la especie dominante, sino también aquéllos en los que la especie apareciese en segundo o tercer lugar de dominancia.

Segunda aproximación. Idoneidades fitoclimáticas

En este sentido, en orden a una mayor restricción del área de ensayo y, conse-

cientemente, mayor probabilidad de éxito en las futuras pruebas, se ha realizado un estudio de idoneidades basado en el cálculo del índice de idoneidad para cada una de las 219 estaciones, conforme a la metodología de ALLUÉ CAMACHO (1996), como indicativo del nivel de adecuación fitoclimática de la especie al sitio de ensayo.

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 otros taxa. 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 originales para conocer el detalle del modelo fitoclimático “*idoneidad*” ensayado para distintas especies y comunidades vegetales españolas desde 1993, como son entre otras CAÑELLAS (1993) para *Quercus coccifera*, ALLUÉ ANDRADE & al. (1994) para *Pinus pinea*, ALLUÉ CAMACHO (1995) para comu-

nidades pascícolas, CÁMARA (1997) para *Pinus halepensis* o GRAU & al. (1999) para *P. sylvestris*, *P. pinaster*, y *Quercus canariensis*.

Como puede verse en la tabla 5 las áreas correspondientes a los subtipos IV₂, IV₄, VI(IV)₃ y IV(VI)₂ son las de mayor índice de idoneidad medio, superior a 0,70, mientras que los subtipos más nemorales de la Cataluña interior VI(IV)₄ y VI(V) presentan índices de idoneidad fitoclimática inferiores a 0,50. Dentro del subtipo IV₂ destaca el elevado valor de su Desviación Estándar, cuestión ésta que será objeto de algún comentario posterior. Es de destacar no obstante que precisamente el subtipo de mayor idoneidad media (IV₂) sea también el que sustente el mayor número de estaciones con presencia natural de la especie.

| Subtipo | Estaciones | Idon. mín. | Idon. máx. | Idon. media | Desv. Est. |
|---------------------|------------|------------|------------|-------------|------------|
| IV ₂ | 152 | 42 | 83 | 73,7 | 7,9 |
| IV ₄ | 42 | 63 | 75 | 70,6 | 2,9 |
| IV(VI) ₂ | 5 | 69 | 72 | 70,1 | 1,4 |
| VI(IV) ₃ | 7 | 71 | 79 | 73,5 | 3,1 |
| VI(IV) ₄ | 8 | 43 | 47 | 45,2 | 1,3 |
| VI(V) | 5 | 14 | 36 | 25,4 | 1,8 |

Tabla 5: Valores medios y extremos del índice de idoneidad para las estaciones con presencia natural de *Quercus canariensis* agrupadas por subtipos fitoclimáticos.

Los valores de idoneidad fitoclimática media enmascaran, como es evidente, una cierta variabilidad interna más o menos acusada, dado que no se trata de subtipos específicamente adaptados en sus ámbitos a una estrategia fitológica aestidurilignosa exclusivamente basada en *Quercus canariensis*, sino que están basados en estrategias fisionómicas más generales a nivel mundial (WALTER & al., 1960). Por ello, con objeto de obtener una mayor finura en la delimitación de las áreas de ensayo de *Quercus canariensis*, y obtener por tanto áreas de mayor probabilidad de

adecuación fitoclimática de la especie, se seleccionaron aquellos puntos correspondientes a índices de idoneidad superiores a 0,70. Quedaron así seleccionados 171 puntos de muestreo del II Inventario Forestal Nacional, correspondiendo 125 al subtipo IV₂, 34 al IV₄, 7 al VI(IV)₃ y 5 al IV(VI)₂.

En la tabla 6 se incluyen los ámbitos fitoclimáticos correspondientes a los subtipos en los que para las estaciones seleccionadas el índice de idoneidad fitoclimática para *Quercus canariensis* es superior a 0,70:

| Subtipo | K | A | P | PE | T | TMF | TMC | TMMF | TMMC | HS | HP | OSC | Altitud |
|---------------------|--------------|-------------|-------------|-----------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|----------|----------|-------------|------------|
| IV ₂ | 0,218 | 3,98 | 1385 | 3 | 17,5 | 11,4 | 25,5 | 7,2 | 30,4 | 0 | 3 | 15,5 | 639 |
| | 0,091 | 3,22 | 873 | 0 | 15,9 | 9,5 | 24,1 | 5,4 | 28,9 | 0 | 0 | 13,3 | 170 |
| IV ₄ | 0,131 | 3,47 | 1412 | 3 | 16,2 | 9,4 | 24,8 | 5,3 | 29,8 | 0 | 3 | 16,0 | 882 |
| | 0,079 | 3,00 | 1055 | 1 | 14,9 | 8,4 | 23,5 | 4,4 | 28,4 | 0 | 2 | 14,6 | 488 |
| VI(IV) ₃ | 0,077 | 2,91 | 1536 | 4 | 15,4 | 8,4 | 24,1 | 4,4 | 29,2 | 0 | 3 | 15,8 | 810 |
| | 0,059 | 2,62 | 1385 | 3 | 14,9 | 7,8 | 23,2 | 3,8 | 28,2 | 0 | 3 | 15,1 | 704 |
| IV(VI) ₂ | 0,116 | 2,31 | 674 | 22 | 15,7 | 8,7 | 23,9 | 4,6 | 29 | 0 | 3 | 15,3 | 121 |
| | 0,074 | 1,96 | 638 | 19 | 15,3 | 8,4 | 23,5 | 4,4 | 28,5 | 0 | 3 | 15,1 | 38 |
| Andalu- cía | 0,218 | 3,98 | 1536 | 4 | 17,5 | 11,4 | 25,5 | 7,2 | 30,4 | 0 | 3 | 15,8 | 882 |
| | 0,059 | 2,62 | 873 | 0 | 14,9 | 7,8 | 23,2 | 3,8 | 28,2 | 0 | 0 | 13,3 | 170 |
| Cataluña | 0,116 | 2,31 | 674 | 22 | 15,7 | 8,7 | 23,9 | 4,6 | 29 | 0 | 3 | 15,3 | 121 |
| | 0,074 | 1,96 | 638 | 19 | 15,3 | 8,4 | 23,5 | 4,4 | 28,5 | 0 | 3 | 15,1 | 38 |
| Total | 0,218 | 3,98 | 1536 | 22 | 17,5 | 11,4 | 25,5 | 7,2 | 30,4 | 0 | 3 | 15,8 | 882 |
| | 0,059 | 1,96 | 638 | 0 | 14,9 | 7,8 | 23,2 | 3,8 | 28,2 | 0 | 0 | 13,3 | 38 |

Tabla 6: Ambitos fitoclimáticos de *Quercus canariensis* en España pormenorizados por subtipos fitoclimáticos con índice de idoneidad fitoclimática superior a 0,70.

El resultado de aplicar los ámbitos anteriores al modelo digital de elevaciones GTOPO30 previamente tratado con FITOCLIMOAL'2000 para hallar los valores de los factores fitoclimáticos correspondientes a cada uno de sus puntos se puede ver en la figura 3 adjunta. En esta figura se muestran las 177.900 ha correspondientes a áreas de alta viabilidad fitoclimática, de las cuales 173.400 corresponden al área andaluza (por encima de los 150 m de altitud) y 4.500 al área catalana litoral (por debajo de los 150 m de altitud).

Tercera aproximación. Envoltente factorial convexa

Una todavía mayor fiabilidad en la elección de posibles emplazamientos de ensayos para la reconstrucción de cubiertas vegetales dominadas por *Quercus canariensis* puede conseguirse mediante la novedosa aplicación de la teoría de la envoltente convexa en la mejora del Sistema Fitoclimático de Allué-Andrade. Los fundamentos concretos de esta teoría fitoclimática pueden consultarse en GAR-

CÍA LÓPEZ & ALLUÉ (2003), fuente bibliográfica a la que remitimos al lector por resultar demasiado prolija la explicación para los objetivos del presente artículo. No obstante lo anterior, el principio de la envoltente convexa aplicada al Sistema fitoclimático Allué Andrade consiste básicamente en la sustitución del paralelepípedo factorial, propio de la ecología clásica, que se calcula en el hiperespacio factorial formado por las estaciones que se utilizan para la construcción de los ámbitos y limitado por los valores extremos de los ámbitos factoriales de existencia de la fitología considerada por sólidos de contornos suaves (envoltente convexa) en lugar de angulosos y mucho más ceñidos a la nube de puntos anterior, lo que permite descartar como genuinas estaciones situadas dentro del paralelepípedo pero exteriores al sólido convexo y por tanto a la nube de puntos de partida con presencia segura de la fitología.

Mediante la previa construcción un sistema fitoclimático con ámbito único formado por la nube de los 219 puntos factoriales de partida, basado en la teoría

de la envolvente convexa, se realizó la diagnosis fitoclimática de los 1.779 puntos de alta genuinidad correspondientes a la segunda aproximación, obteniéndose como resultado 908 puntos genuinos, esto es, un área potencial de alta viabilidad

aproximada de 90.800 ha, de las cuales 83.100 ha corresponden al subtipo IV₂, 26.100 ha al subtipo IV₄, 2.900 ha al subtipo VI(IV)₃ y 2.700 ha al subtipo IV(VI)₂.



Figura 3: Areas potenciales de alta idoneidad fitoclimática (superior a 0,70) de *Quercus canariensis* en España (90.800 ha)

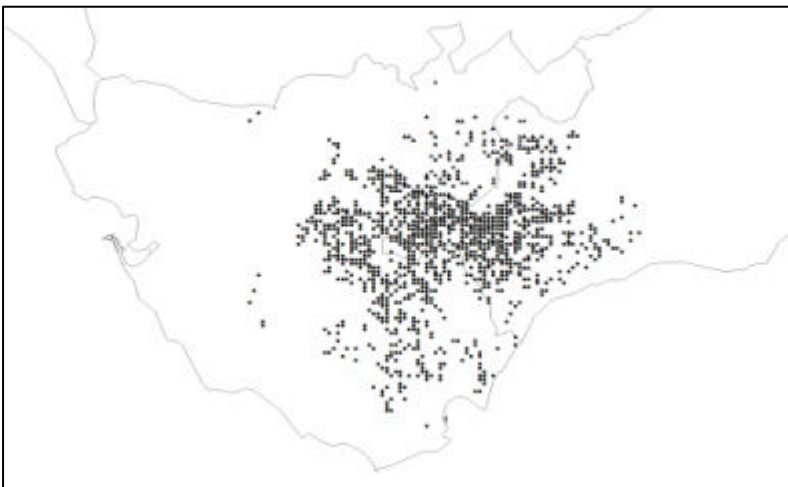


Figura 4: Potencialidad de alta idoneidad fitoclimática de *Quercus canariensis* en el sector Gaditano-Onubo-Algarviense. Los puntos corresponden al subtipo IV₂, los triángulos al subtipo IV₄ y las estrellas al subtipo VI(IV)₃

En la figura 4 puede observarse el detalle de la potencialidad fitoclimática de alta idoneidad de *Quercus canariensis* en el área del Estrecho.

CONCLUSIONES Y DISCUSION

Quercus canariensis Willd. presenta en nuestro país manifestaciones naturales en un variado abanico fitoclimático, pero principalmente, en más de un 85% de los casos, en los subtipos fitoclimáticos genuinamente mediterráneos IV₂ y IV₄. El resto se reparte entre los subtipos VI(IV)₃, IV(VI)₂, VI(IV)₄ y VI(V). Las manifestaciones de la especie en la provincia Gaditano-onubo-algarviense y Luso-extremadurenses se corresponden con los subtipos IV₂, IV₄ y VI(IV)₃, las de la provincia Catalano-onubo-algarviense con IV(VI)₂ y las de la provincia pirenaica con los más nemorales VI(IV)₄ y VI(V).

Los ámbitos fitoclimáticos particularizados para los puntos de presencia de la especie representan una superficie de potencialidad fitoclimática aproximada de 402.000 ha, correspondiendo 247.500 al subtipo IV₂, 140.600 ha al IV₄, 4.600 al VI(IV)₃, 4.500 al IV(VI)₂, 4.600 al VI(IV)₄ y 200 ha al VI(V), esto es, 392.700 ha al área andaluza y 9.300 ha al área catalana.

El subtipo IV₂ no sólo resulta ser el de mayor presencia de la especie, sino el de mayor índice medio de idoneidad fitoclimática. De las 402.000 ha mencionadas, 177.900 ha corresponden a áreas de alta viabilidad fitoclimática, con índices de idoneidad superiores a 0,70, de las cuales 173.400 corresponden Cádiz-Málaga y 4.500 al área catalana litoral. Las manifestaciones de *Quercus canariensis* de la sierra onubense de Aracena y de la comarca catalana interior de Olot muestran por tanto un cierto grado de marginalidad fitoclimática. Si se exige que las áreas potenciales se encuentre dentro de los

límites de la envolvente factorial convexa, las 177.900 ha se reducen a 90.800 de mayor fiabilidad, de las cuales 83.100 corresponden al subtipo IV₂ y 26.100 al IV₄.

Desde un punto de vista factorial, estos resultados parecen reafirmar el carácter hidrófilo y termófilo de *Quercus canariensis* repetidamente citado en la bibliografía existente, y desde un punto de vista de la diagnosis fitoclimática la vocación claramente mediterránea de *Quercus canariensis*. Su distribución biogeográfica ibero-magrebí, que es también la distribución de las facciones menos áridas y más termófilas de los subtipos IV₂ principalmente y también del IV₄ particularizados para esta especie. Sin embargo corrobora la marginalidad fitoclimática de las facciones más xéricas de estos 2 subtipos, además de los subtipos de carácter más nemoral, aunque sean sus facciones más termófilas, como el VI(IV)₄ y VI(V).

Todo ello refuerza el estado actual de investigación fitogeográfica serial, que únicamente reconoce series de vegetación con titularidad de *Quercus canariensis* en los sectores Gaditano (*Rusco hypophylli-Querceto canariensis* sigmetum) y Valle-sano-Empordanés (*Carici depressae-Querceto canariensis* sigmetum.).

La elevada variabilidad en los índices de idoneidad del subtipo IV₂ inducen a pensar en una posible segregación futura como subtipo propio de las facciones más térmicas e higrófilas del mismo, que presentan gran originalidad no sólo geográfica (pues sólo se presentan en nuestro país en el área gaditano-malagueña del Estrecho), sino fitológica, al corresponderse en gran medida con formaciones de gran singularidad como son las de *Quercus canariensis*, pudiendo así afinarse más las técnicas de diagnosis fitoclimática. En la tabla 7 se han seleccionado a modo de ejemplo 2 estaciones de *Quercus canariensis* pertenecientes ambas al sub-

tipo de mayor idoneidad media IV_2 , correspondiendo la primera a la idoneidad más alta (0,83) y la segunda a la idoneidad más baja (0,42) dentro del subtipo.

Como puede fácilmente apreciarse, la estación de mayor idoneidad fitoclimática es también la de mayor valor de P y menores valores de K y A.

| Altitud | Idon. | K | A | P | PE | T | TMF | TMC | TMMF | TMMC | HS | HP | OSC |
|---------|-------|------|------|------|----|------|------|------|------|------|----|----|------|
| 531 | 0,83 | 0,11 | 3,34 | 1278 | 1 | 16,3 | 10,0 | 24,4 | 5,9 | 29,2 | 0 | 0 | 14,4 |
| 147 | 0,42 | 0,25 | 4,23 | 811 | 1 | 17,6 | 11,7 | 24,8 | 7,5 | 29,3 | 0 | 0 | 13,1 |

Tabla 7: Ejemplo de estaciones de *Quercus canariensis* correspondientes al subtipo IV_2 con alta idoneidad fitoclimática (fila superior) y baja (fila inferior).

En las figuras 5 y 6 puede apreciarse como disminuye la idoneidad fitoclimática de las estaciones de *Quercus canariensis* pertenecientes al subtipo IV_2 conforme aumenta la duración o la intensidad de la aridez. En el caso de la intensidad de

la aridez, la disminución más brusca parece producirse a partir de valores superiores a 0,150, y en el caso de la duración de la aridez a partir de valores superiores a 3,7 meses.

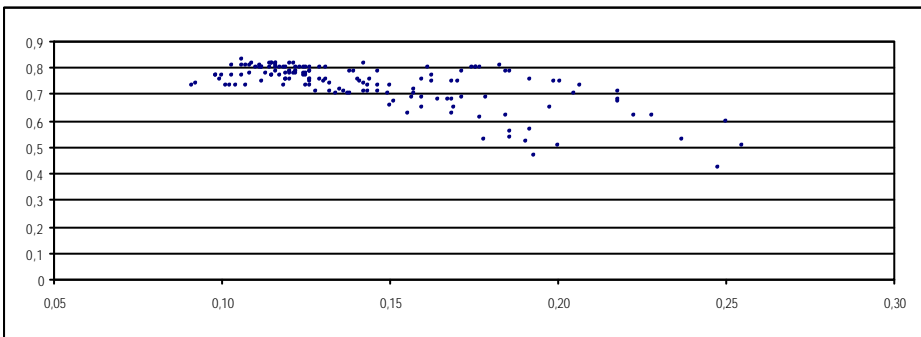


Figura 5: Evolución del Índice de Idoneidad Fitoclimática en función de la intensidad de la aridez (K) para estaciones de *Quercus canariensis* correspondientes al subtipo IV_2

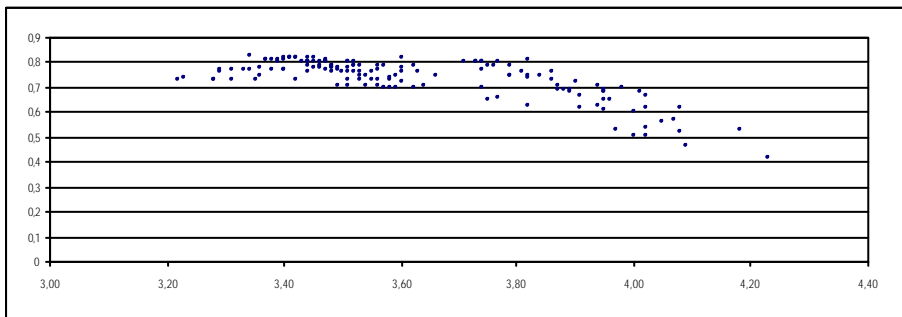


Figura 6: Evolución del Índice de Idoneidad Fitoclimática en función de la duración aridez (A) para estaciones de *Quercus canariensis* correspondientes al subtipo IV_2

Asimismo, es necesario resaltar la importancia de completar lo aquí iniciado con futuros estudios sobre el papel de los factores edáficos que son de gran importancia en la caracterización de una especie silicícola como *Quercus canariensis*, muy centrada en su área de mayor ocurrencia sobre suelos silíceo-arcillosos procedentes de la descomposición de las areniscas oligocenas del Aljibe. Es evidente que el área potencial de alta adecuación fitoclimática de 173.400 ha en Cádiz-Málaga deberá ser reducida en la medida en que afecte a sustratos carbonatados, como sucede en la actualidad en el noreste de Cádiz, en que la serie del quejigo africano es sustituida, principalmente por encinares y quejigares basófilos de las series *Paeonio coriaceae-Querceto rotundifoliae* sigmetum y *Daphno latifoliae-Querceto fagineae* sigmetum respectivamente.

Por lo que respecta a la forma de manifestarse la especie sobre el territorio, también merece la pena resaltar que los resultados numéricos de este estudio parecen reforzar el pretendido carácter de azonalidad edafohigrófila de *Quercus canariensis*, especialmente en buena parte de su área de distribución en la provincia Gaditano-onubo-algarviense. La mayoritaria adscripción de las manchas de quejigar gaditano a subtipos como el IV₂ y el IV₄ (y IV(VI)₂ del litoral catalán) de vocación esclerófila en condiciones de zonalidad parecen confirmar en parte esta hipótesis. Las elevadas precipitaciones anuales podrían compensar una elevada sequía estival en sustratos y ubicaciones topográficas especialmente favorables, pudiendo por tanto explicar parcialmente la presencia de *Quercus canariensis* en porciones tan originales del ámbito de subtipos fitoclimáticos propios de fisionomías esclerófilas y no marcescentes. Solamente las escasas manifestaciones de *Quercus canariensis* sobre VI(IV)₃ podrían ser interpretadas con pocas dudas

como plenamente zonales. Precisamente VI(IV)₃ sería el subtipo teórico al que se adscribirían el grueso de las estaciones gaditanas y malagueñas si se rebajase numéricamente por debajo de 3 meses el ámbito del factor A correspondiente a IV₂ y IV₄. Por ello, cualquier ensayo de utilización de esta especie en el interior del área potencial de alta adecuación fitoclimática establecida en este estudio deberá realizarse sobre la base de un riguroso estudio geobotánico y serial previo que detecte a través de la presencia de especies del cortejo florístico y de la posición topográfica las condiciones de hábitat potencial idóneo.

BIBLIOGRAFÍA

- ALLUÉ ANDRADE, J.L. (1990) *Atlas fitoclimático de España. Taxonomías*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Madrid. 221 pp.
- ALLUÉ ANDRADE, J.L. (1995) El cambio climático y los montes españoles. *Cuad. Soc. Española Cien. Forestales* 2: 35-64.
- ALLUÉ ANDRADE, J.L. & M.T. MARTÍN BLAS (1994) Indicador de idoneidad de lugar para las masas forestales. Aplicación a *Pinus pinea* L. Conferencia Universidad de Castilla la Mancha. Inédita.
- 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. E. T. S. 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.
- CÁMARA OBREGÓN, A. (1997) Idoneidades fitoclimáticas para el pino carrasco. *Actas del I congreso Forestal Hispano-Luso* 1: 15-20. Gobierno de Navarra.
- CANELLAS, I. (1993) *Ecología, características y usos de los coscojares (Quercus coc-*

- cifera* L.) en España. Tesis Doctoral. E. T. S. Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. 574 pp.
- CEBALLOS, L. & M. MARTÍN BOLAÑOS (1930) *Estudio sobre la vegetación forestal de la provincia de Cádiz*. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias. 353 pp. Madrid.
- DEL RÍO M., & al. (2001) BASIFOR: Aplicación Informática para el manejo de bases de datos del Segundo Inventario Forestal Nacional. *III Congreso Forestal Español, Granada*. 3: 49-54.
- DGCONA (1986-1995) *II Inventario Forestal Nacional*. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- GARCÍA LÓPEZ, J.M. (2000a) Taxonomía fitoclimática de Turquía. *Ecología* 13: 25-53.
- GARCÍA LÓPEZ, J.M. (2000b) Equivalencias fitoclimáticas entre la vegetación de Turquía y de España. *Lazaroa* 20: 71-94.
- GARCÍA LÓPEZ, J.M. & C. ALLUÉ CAMACHO (2000) FITOCLIMOAL'2000, un programa para la diagnosis, homologación y estudio de dinámicas e idoneidades fitoclimáticas. *Montes* 67: 9-18.
- GARCÍA LÓPEZ, J.M. & C. ALLUÉ CAMACHO (2003) Aplicación de la teoría de la envolvente convexa a la mejora del Sistema Fitoclimático Allué-Andrade. *Ecología* 17: 329-343.
- GRAU, J.M., A. CÁMARA & J.L. MONTOTO (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.
- JIMÉNEZ, P., P. DÍAZ-FERNÁNDEZ, S. MARTÍN & L. GIL (1998) *Regiones de procedencia de Quercus pyrenaica Willd., Quercus faginea Lam. y Quercus canariensis Willd. en España*. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Madrid.
- MARTÍN, S., P.M. DÍAZ-FERNÁNDEZ & J. De MIGUEL (1998) *Regiones de Procedencia de las especies forestales españolas. Géneros Abies, Fagus, Pinus y Quercus*. Dir. Gen. Conservación de la Naturaleza. Serv. de Material Genético. Madrid.
- RIVAS MARTINEZ, 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. ETSIM. Madrid.
- SÁNCHEZ PALOMARES, O., F. SÁNCHEZ SERRANO & M.P. CARRETERO (1999) *Modelos y cartografía de estimaciones climáticas termoplumiométricas para la España peninsular*. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Madrid. 192 pp.
- WALTER, H. & H. LIETH (1960) *Klimadiagramm Welt Atlas*. Fisher. Viena.

(Recibido el 20-VII-2004)