



5º CONGRESO FORESTAL
ESPAÑOL

5º Congreso Forestal Español

Montes y sociedad: Saber qué hacer.

REF.: 5CFE01-088

Editores: S.E.C.F. - Junta de Castilla y León
Ávila, 21 a 25 de septiembre de 2009
ISBN: 978-84-936854-6-1
© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Áreas potenciales del rebollo (*Quercus pyrenaica* Willd.) en la Comunidad de Madrid: aproximación a partir de la teoría de campos

RUIZ-PEINADO GERTRUDIX, R.¹; LÓPEZ SENESPLEDA, E.¹; ALONSO PONCE, R.²;
ROIG GOMEZ, S.¹; SÁNCHEZ PALOMARES, O.¹; MONTERO GONZÁLEZ, G.¹

¹ Departamento de Sistemas y Recursos Forestales. Centro de Investigación Forestal (CIFOR). Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA)

² Departamento de Investigación y Experiencias Forestales de Valonsadero. Junta de Castilla y León

Resumen

El estudio autoecológico de las principales especies arbóreas forestales constituye una línea de investigación bien definida en nuestro país que ha generado numerosos resultados de gran importancia tanto científica como técnica. Una de las utilidades derivada de la autoecología es la definición de las áreas potenciales de expansión de la especie, esto es, de aquellas zonas dónde potencialmente la especie podría vivir y regenerarse, formando una masa forestal. El método tradicional de cálculo ha incorporado recientemente una modificación a partir de la teoría de campos aplicada en la ecología, que le ha dotado de gran fortaleza y nuevas posibilidades.

Se presenta el estudio piloto para el rebollo (*Quercus pyrenaica* Willd.) en la Comunidad de Madrid, mediante la definición de hábitats y la creación de áreas potenciales de expansión según la metodología desarrollada basada en la teoría de campos en ecología y desarrollada en los últimos años.

El rebollo ocupa en la Comunidad de Madrid cerca de 30.000 ha, siendo una de las especies forestales más importantes. Estos rebollares presentan, en muchos casos, numerosos problemas ecológicos, selvícolas y socioeconómicos. La mejora y conservación de estas formaciones pasa por el conocimiento ecológico de sus masas y sus áreas de expansión potencial como paso previo para una gestión forestal sostenible.

Palabras clave

Autoecología, parámetros ecológicos, análisis multivariante, melojo, gestión forestal sostenible.

1. Introducción

Una de las cuestiones fundamentales para la gestión forestal es conocer las necesidades ecológicas de una determinada especie forestal para vivir y perpetuarse en una determinada área del territorio. La aproximación a la autoecología de las especies forestales a través del análisis del rango de variación de diversas variables ecológicas (autoecología paramétrica) ha abordado el estudio de numerosas especies arbóreas en las últimas cuatro décadas, estableciéndose como una línea de investigación que ha generado valiosos resultados aplicables a la ecología, selvicultura o repoblación forestal en España (i.e. NICOLAS y GANDULLO, 1967; GANDULLO et al., 1972; ELENA y SÁNCHEZ-PALOMARES, 1991; GANDULLO y SÁNCHEZ PALOMARES, 1994; SÁNCHEZ-PALOMARES et al, 2004;



SÁNCHEZ-PALOMARES et al., 2008). Durante estos años la metodología utilizada en estos estudios ha ido incorporando modificaciones ligadas al desarrollo de técnicas estadísticas multivariantes y nuevos programas informáticos, etc., ganando en potencia y posibilidades de análisis y aplicación. Una de las últimas modificaciones conceptuales de la metodología es la aplicación de la teoría de campos en la ecología, realizada por ALONSO PONCE (2007) y ALONSO PONCE et al. (2008). Esta incorporación a los estudios autoecológicos permite dar más relevancia a las unidades de muestreo y simultáneamente, considerar de forma global las correlaciones existentes entre parámetros ecológicos, que en ocasiones pueden tener un efecto importante.

De forma paralela, han ido surgiendo aplicaciones tecnológicas que permiten una mejor interpretación y utilización de los resultados obtenidos, como es el caso de la cartografía de áreas potenciales de expansión para una especie (GUISAN & ZIMMERMANN, 2000). A partir de la información básica ecológica del territorio estas superficies potenciales muestran aquellas zonas del territorio donde cierta especie puede vivir y regenerarse formando una masa forestal, de acuerdo con sus requerimientos ecológicos, independientemente de si se encuentra presente o no en la actualidad. Con el establecimiento de diferentes niveles de potencialidad, se realizan zonificaciones de alta o baja idoneidad para la especie en función de la información sintetizada en los estudios autoecológicos (CISNEROS, 2004 para *Prunus avium* L.; SÁNCHEZ-PALOMARES et al., 2004 para *Fagus sylvatica* L.; ALONSO PONCE, 2007 para *Juniperus thurifera* L.).

El rebollo (*Quercus pyrenaica* Willd.) es una especie importante dentro de la Comunidad de Madrid, ya que cubre una superficie cercana a 30.000 ha como especie dominante. Sus masas, generalmente en el rango altitudinal entre los 800 y 1.700 m, tienen gran interés ecológico y económico. Según la tipificación selvícola realizada por ROIG et al. (2007) existen seis formaciones de rebollares en la zona centro peninsular: i) masas mixtas; ii) tallares jóvenes; iii) masas adehesadas; iv) masas degradadas y dos tipos más intermedios entre tallares desarrollados y estos dos últimos grupos. El estudio de alternativas de gestión de estas masas (restauración de masas degradadas, densificación de masas adehesadas en las que ha habido un cese de la actividad ganadera, resalveos de conversión en tallares, regulación de espesura o de la composición específica en masas mixtas, etc.) necesita disponer de herramientas que faciliten y justifiquen, basándose en el conocimiento de la especie, las opciones elegidas.

2. Objetivos

En este trabajo se plantea aplicar la metodología para la delimitación de áreas potenciales de expansión de una especie forestal propuesta por ALONSO PONCE et al. (2008, 2009), para el rebollo en la Comunidad Autónoma de Madrid y la identificación de zonas de mayor y menor idoneidad, para facilitar la toma de decisiones en la gestión forestal y recuperación de zonas degradadas.

3. Metodología

Se han utilizado 198 parcelas pertenecientes al Tercer Inventario Forestal Nacional pertenecientes a la Comunidad de Madrid (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 2004), donde el rebollo es la especie principal. El criterio para la elección de las parcelas donde el rebollo es la especie principal está integrado por la conjunción de los siguientes tres

supuestos: existencia de pies mayores de la especie, área basimétrica de rebollo mayor de 1 m²/ha y área basimétrica superior a cualquier otra especie.

Estas 198 parcelas seleccionadas son la base para el cálculo del hábitat potencial fisiográfico-climático para el rebollo en la Comunidad de Madrid. Este hábitat es calculado en base a los parámetros ecológicos más comúnmente utilizados en los estudios autoecológicos (GANDULLO y SANCHEZ-PALOMARES, 1994; SÁNCHEZ-PALOMARES, 2001): Altitud, insolación, precipitación total, precipitaciones estacionales (primavera, verano, otoño e invierno), temperatura media, temperatura media del mes más cálido y media del mes más frío, temperatura media de las máximas, temperatura media de las mínimas, suma de evapotranspiraciones, superávit, déficit anual, índice hídrico, índice de Vernet, temperatura media de verano y temperatura media de invierno. Estos parámetros fueron calculados para cada parcela utilizando un Modelo Digital del Terreno y aplicando los modelos de estimaciones termopluviométricos de SÁNCHEZ-PALOMARES et al. (1999). Los parámetros ecológicos para el territorio de la Comunidad de Madrid fueron calculados utilizando una malla de 250 m de lado. No fue posible realizar el cálculo de parámetros de naturaleza edáfica, puesto que no existe información territorial continua de los suelos forestales.

Con los parámetros fisiográficos y climáticos estimados se procede al cálculo de las distancias de Mahalanobis de cada observación al centro de gravedad del conjunto de observaciones (punto que tiene como coordenadas el valor medio de cada parámetro). Así, con la matriz de distancias, se define el hábitat central ampliado como el hipervolumen del espacio de 19-dimensiones (ya que se consideran ese número de parámetros) definido por los puntos situados a una distancia al centro de gravedad menor que la del percentil 80 en la distribución de distancias (ALONSO PONCE et al., 2008, 2009). Este conjunto de puntos que delimita el hábitat central ampliado, engloba aquella región paramétrica donde la especie encuentra mejores condiciones para desarrollarse. El resto de puntos, a una distancia mayor, se sitúan en el hábitat marginal.

Posteriormente se realiza el cálculo del indicador aditivo de potencialidad (*IPA*) (ALONSO PONCE, 2007), en lugar del índice potencial factorial utilizado hasta ahora en la generación de áreas potenciales (SÁNCHEZ-PALOMARES et al., 2004; RUBIO y SÁNCHEZ-PALOMARES, 2005; RUBIO & SANCHEZ-PALOMARES, 2006; LÓPEZ SENESPLEDA y SANCHEZ-PALOMARES, 2008; RUIZ-PEINADO et al., 2008). Con el uso de este índice se evitan en gran medida discontinuidades en las clases de potencialidad debidas, en muchas ocasiones, a variaciones fisiográficas acusadas o cambios de modelo de estimaciones termopluviométricas.

4. Resultados

A partir del conjunto de parámetros ecológicos calculados para el rebollo en la Comunidad de Madrid se han identificado los valores que definen el hábitat marginal y el hábitat central ampliado, de acuerdo con lo expresado en el apartado anterior. Así, se identifican los posibles límites de aptitud ecológica, en relación con los parámetros, para que la especie pueda desarrollarse y reproducirse. En la tabla 1 se muestran para cada parámetro: los valores límite inferior (LI) y límite superior (LS) correspondiéndose con los valores mínimos y máximos encontrados; el umbral inferior ampliado (UIA) y el umbral superior ampliado (USA) indicando que las observaciones contenidas entre estos umbrales se

encuentran a una distancia menor del centro de gravedad que el percentil 80; la media (\bar{x}) para cada parámetro.

Tabla 1. Valores que definen el hábitat fisiográfico-climático para *Quercus pyrenaica* en la Comunidad de Madrid.

PARÁMETRO	LI	UIA	\bar{x}	USA	LS
ALT (m)	811	915	1234	1638	1762
INS	39	55	98	134	134
PT (mm)	650	685	859	1126	1238
PP (mm)	178	188	237	311	344
PV (mm)	63	69	92	117	126
PO (mm)	185	195	249	327	362
PI (mm)	211	223	280	371	406
TM (°C)	5,7	6,7	10,0	12,5	13,4
TMC (°C)	13,9	15,4	19,9	23,2	24,5
TMF (°C)	-1,0	-0,1	2,4	4,1	4,9
MMAX (°C)	21,7	23,0	27,0	30,1	31,0
MMIN (°C)	-4,3	-3,6	-1,7	-0,2	0,4
TVER (°C)	12,8	14,2	18,4	21,6	22,7
TINV (°C)	-0,3	0,4	2,8	4,6	5,4
ETP (mm)	479	521	632	716	750
SUP (mm)	299	329	498	771	911
DEF (mm)	152	176	272	364	391
IH	12,1	17,6	55,0	127,1	171,0
IV	-12,68	-9,43	-6,14	-4,00	-3,54

ALT: altitud; INS: insolación; PT: precipitación anual; PP: precipitación primavera; PV: precipitación verano; PO: precipitación otoño; PI: Precipitación invierno; TM: temperatura media anual; TMC: temperatura media mes más cálido; TMF: temperatura media mes más frío; MMAX: temperatura media de las máximas; MMIN: temperatura media de las mínimas; TVER: temperatura media verano; TINV: temperatura media invierno; ETP: evapotranspiración anual; SUP: superávit; DEF: déficit hídrico; IH; índice hídrico; IV: índice de Vernet.

Mediante el cálculo del indicador aditivo de potencialidad se ha realizado la cartografía de áreas potenciales fisiográfico-climáticas para *Quercus pyrenaica* en la Comunidad de Madrid (figura 1). Se ha establecido una graduación de potencialidad en cuatro categorías (óptima, alta, media y baja) para su representación en forma más clara y así poder ser utilizada de manera más sencilla en la práctica habitual.

La superficie potencial para el rebollo en la Comunidad de Madrid, de acuerdo con la cartografía fisiográfico-climática realizada, es de 278.594 ha, cercana al 35% del territorio autonómico. Las diferentes superficies de potencialidad se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Distribución de la potencialidad fisiográfico-climática para *Quercus pyrenaica* en la Comunidad de Madrid

Potencialidad	Superficie (ha)	Valor del IPA
Baja	78.456	$0,005 \leq IPA < 0,076$
Media	65.838	$0,076 \leq IPA < 0,170$
Alta	80.769	$0,170 \leq IPA < 0,262$
Óptima	53.531	$0,262 \leq IPA < 0,448$

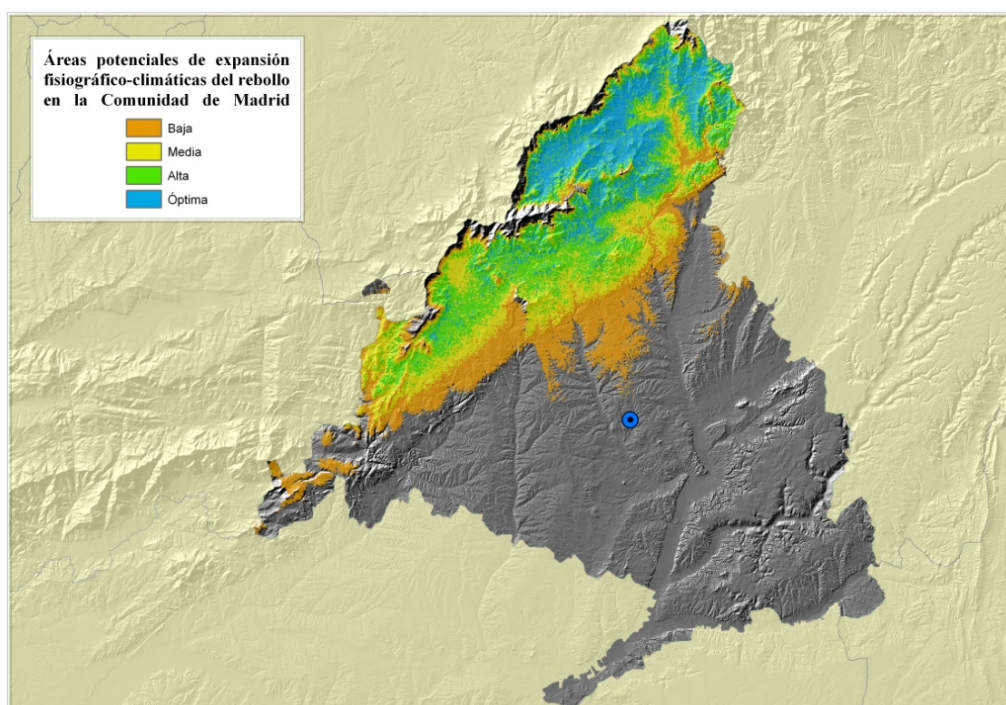


Figura 1. Áreas potenciales fisiográfico-climáticas para *Quercus pyrenaica* en la Comunidad de Madrid.

5. Discusión

La utilización del indicador aditivo de potencialidad en la delimitación de áreas potenciales de expansión propuesto por ALONSO PONCE (2007) da un mayor peso a las observaciones (parcelas) frente a los parámetros ecológicos. De esta forma, se permite la integración de observaciones que puedan estar alejadas del hábitat central, gracias a la posible existencia de fenómenos de compensación y que con el uso del índice potencial factorial estarían en el hábitat marginal. Esta marginalidad es debida a la situación de los parámetros bajo un enfoque univariante y no a las estaciones desde el punto de vista multivariante, como se realiza utilizando este indicador aditivo de potencialidad. Los fenómenos de compensación entre parámetros no eran considerados en los estudios autoecológicos forestales anteriores y, aunque eran observados, su interacción no era cuantificada (RUBIO & SÁNCHEZ-PALOMARES, 2006).

La cartografía realizada de las áreas potenciales fisiográfico-climáticas para el rebollo en la Comunidad de Madrid, establece una zonificación en relación con la aptitud para el desarrollo y la regeneración de esta especie según los parámetros ecológicos calculados. Esta cartografía puede utilizarse como un elemento más en la toma de decisiones en la gestión forestal sostenible, sobre todo para la identificación de alternativas tanto de recuperación como de regeneración.

Existe una gran diferencia entre el área potencial fisiográfico-climática calculada (278.594 ha) y la superficie actual que ocupa la especie en la Comunidad de Madrid. La superficie potencial estimada podría disminuir con la inclusión de parámetros edáficos y edafo-climáticos en su cálculo, pero esto no es posible debido a la no existencia de datos continuos de suelos forestales. Siguiendo lo expuesto por MEZQUIDA et al. (2009) se podría considerar solamente el tercio superior de la superficie potencial así calculada como más

adecuada para la expansión real, y con esta consideración la superficie estaría reducida a algo más de 90.000 ha.

Así, el rebollo ha sido una especie que no ha sido beneficiada, en términos comparativos con otras especies. Así, las coníferas han sido muy utilizadas en reforestación de manera extensiva y han sustituido a los rebollares sobre todo en la zona superior del rango altitudinal. También, se han favorecido los encinares en las zonas bajas gracias a la preferencia del ganado por su fruto y las leñas para carbón (SÁNCHEZ-PALOMARES et al., 2008). De igual manera, las formaciones de esta especie están muy antropizadas desde hace mucho tiempo, ya que los rebollares han sido una fuente de leñas y carbón para uso doméstico fundamental (calor y cocina) y han sido y son muy utilizados como zonas de pastoreo del ganado doméstico y fauna silvestre, asociados a formaciones muy abiertas donde el pasto se agosta tarde en verano en zonas frescas y por el aporte de ramón para el ganado. La ausencia de regeneración en muchos montes pastados, sobre todo en las zonas más cercanas a los núcleos de población, ha incidido también en la disminución de la superficie de rebollares.

Aún así, el cese en los usos tradicionales, fundamentalmente de las cortas a matarrasa y la disminución, en ciertas masas, de la carga ganadera ha hecho que el rebollo haya aumentado algo su superficie en la Comunidad de Madrid (SAN MIGUEL et al., 2004).

6. Conclusiones

El empleo de índices de potencialidad aditivos en la realización de cartografía de áreas potenciales de expansión de una especie mejora la definición de éstas, dotándola de mayor fortaleza en su delimitación. Se da un mayor protagonismo a las estaciones de muestreo, debido que el tratamiento de la información de los parámetros ecológicos se hace desde un enfoque multivariante, considerándose las correlaciones entre parámetros.

El territorio de la Comunidad de Madrid cuenta con una gran potencialidad fisiográfico-climática para la expansión del rebollo, existiendo una superficie mayor de 50.000 ha de potencialidad óptima y más de 80.000 ha con potencialidad alta.

La cartografía con las clases de potencialidad elaborada para el rebollo presenta gran utilidad práctica gracias a la escala de trabajo utilizada y a gran cantidad de parámetros utilizados. La aplicación de esta herramienta puede realizarse, por ejemplo, a la restauración de zonas degradadas del territorio con la introducción de la especie o bien en la recuperación de rebollares degradados y en el establecimiento de sistemas de gestión forestal de acuerdo con las condiciones ecológicas donde viva la especie.

7. Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado en el marco de diversos convenios de colaboración para la realización de estudios autoecológicos de especies forestales españolas entre la Dirección General de Medio Natural y Política Forestal del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino y el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria del Ministerio de Ciencia e Innovación.

8. Bibliografía

ALONSO PONCE, R.; 2007. Autoecología paramétrica de *Juniperus thurifera* L. en Castilla y León. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.

ALONSO PONCE, R.; LÓPEZ SENESPLEDA, E.; SÁNCHEZ-PALOMARES, O.; 2008. Aplicación de la teoría de campos a la definición y cartografía de las áreas potenciales fisiográfico-climáticas de las especies forestales españolas. *Cuad. Soc. Esp. Cien. For.* 25, 47-54.

ALONSO PONCE, R.; LÓPEZ SENESPLEDA, E.; SÁNCHEZ-PALOMARES, O.; 2009. A novel application of the ecological field theory to the definition of physiographic and climatic potential areas of forest species. *Eur. J. Forest Res.* doi: 10.1007/s10342-008-0254-2

ELENA ROSSELLÓ, R.; SÁNCHEZ-PALOMARES, O.; 1991. Los pinares españoles de *Pinus nigra* Arn.: Síntesis ecológica. Colección Monografías INIA nº 81.MAPA-INIA. 110 p. Madrid.

CISNEROS, O.; 2004. Autoecología del cerezo de monte (*Prunus avium* L.) en Castilla y León. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.

GANDULLO, J.M.; NICOLAS, A.; MORO, J.; SÁNCHEZ-PALOMARES, O.; 1972. Ecología de los pinares españoles III. *Pinus halepensis* Mill. I.F.I.E. 307 p. Madrid.

GANDULLO, J.M.; SÁNCHEZ-PALOMARES, O.; 1994. Estaciones ecológicas de los pinares españoles. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación – ICONA. 188 p. Madrid.

GUISAN, A.; ZIMMERMANN, N.E.; 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecol. Model.* 135, 147-186.

LÓPEZ SENESPLEDA, E.; SÁNCHEZ-PALOMARES, O.; 2008. Caracterización del hábitat y áreas potenciales fisiográfico-climáticas del quejigo (*Quercus faginea* Lamk.) en la provincia de Guadalajara. *Cuad. Soc. Esp. Cien. For.* 25, 267-272.

MEZQUIDA, E.; RUBIO, A.; SÁNCHEZ-PALOMARES, O.; 2009. Evaluation of the potential index model to predict habitat suitability of forest species: the potential distribution of mountain pine (*Pinus uncinata*) in the Iberian peninsula. *Eur. J. Forest Res.* En prensa.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE; 2004. Tercer Inventario Forestal Nacional 1997-2007. Comunidad de Madrid. Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Secretaría General de Medio Ambiente. 402 p. Madrid.

NICOLAS, A.; GANDULLO, J.M.; 1967. Ecología de los pinares españoles I. *Pinus pinaster* Ait. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias. 311 p. Madrid,

ROIG, S., RÍO, M.; RUIZ-PEINADO, R.; CAÑELLAS, I., 2007. Tipología dasométrica de los rebollares (*Quercus pyrenaica* Willd.) de la zona centro de la Península Ibérica. En: *Actas XLVI Reunión Científica de la SEEP*, pp 535-542. Vitoria

RUBIO, A.; SÁNCHEZ-PALOMARES, O.; 2005. Definición de áreas potenciales paramétricas de especies forestales. El caso de *Pinus uncinata*. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 20 271-283.

RUBIO, A.; SÁNCHEZ-PALOMARES, O.; 2006. Physiographic and climatic potential areas for *Fagus sylvatica* L. based on habitat suitability indicator models. *Forestry* 79, 439-451.

RUIZ-PEINADO, R.; SÁNCHEZ-PALOMARES, O.; MONTERO, G.; 2008. Cartografía de las áreas potenciales fisiográfico-climáticas del rebollo (*Quercus pyrenaica* Willd.) en La Rioja. *Cuad. Soc. Esp. Cien. For.* 25 401-406.

SÁNCHEZ-PALOMARES, O.; 2001. Los estudios autoecológicos paramétricos de especies forestales: Modelos digitales. En: SECF-Junta de Andalucía (ed.), *Actas del III Congreso Forestal Español, Montes para la sociedad del nuevo milenio*. Coria Gráficas, Sevilla.

SÁNCHEZ-PALOMARES, O.; ROIG, S.; RIO, M.; RUBIO, A.; GANDULLO, J.M.; 2008. Las estaciones ecológicas actuales y potenciales de los rebollares españoles. Monografías INIA: Serie Forestal, nº 17. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Ministerio de Ciencia e Innovación. 343 p. Madrid.

SÁNCHEZ-PALOMARES, O.; RUBIO, A.; BLANCO, A.; 2004. Definición y cartografía de las áreas potenciales fisiográfico-climáticas de hayedo en España. *Invest. Agrar.: Sist. Recur. For.* Fuera de serie, 13-62.

SÁNCHEZ-PALOMARES, O.; SÁNCHEZ, F.; CARRETERO, M.P.; 1999. Modelos y cartografía de estimaciones climáticas termopluviométricas para la España peninsular. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 192 p. Madrid,

SAN MIGUEL, A.; ROIG, S.; ALZUETA, C.; CAÑEQUE, V.; ORTUÑO, S.; CAÑELLAS, I.; MALO, J.; MARTÍNEZ, T.; RODRIGUEZ, M.P.; MONLEÓN, J.L.; SÁNCHEZ, D.; BARBEITO, I.; MUÑOZ, J.; MARTÍNEZ, M.; GEA, G.; 2004. Informe final del proyecto "Tipificación, cartografía y evaluación de los pastos de la Comunidad de Madrid". 264 pp. Consulta en internet: <http://www.montes.upm.es/Dptos/DptoSilvopascicultura/SanMiguel/>

