

# CARTOGRAFÍA DEL HÁBITAT POTENCIAL CLIMÁTICO Y EDAFOCLIMÁTICO DE *QUERCUS SUBER* L. EN EL CENTRO-OESTE DE ESPAÑA: EFECTO DE LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA DEL SUELO

**Luis Carlos Jovellar Lacambra**

Dpto. de Construcción y Agronomía. Universidad de Salamanca. Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales. Avda. Filiberto Villalobos 119. 37007-SALAMANCA (España). Correo electrónico: lejovellar@usal.es

## Resumen

A partir de 18 variables características del hábitat actual de *Quercus suber* L. en el centro-oeste de España (Salamanca y Zamora), se ha cartografiado el área potencial climática para la especie así como los límites máximos de las áreas potenciales considerando no sólo los factores climáticos sino tres variables edafoclimáticas para dos hipótesis extremas de capacidad de retención de agua (CRA): CRA baja (50 mm) y CRA elevada (250 mm). Por último, se han tenido en cuenta las posibles limitaciones derivadas de la reacción del suelo. Los resultados obtenidos muestran la notable potencialidad climática de la zona para el alcornoque. Asimismo, se ha constatado que las áreas climática y edafoclimáticamente aptas para el alcornoque en el área española occidental de la cuenca del Duero presentan una notable dependencia de la CRA que condiciona no sólo su carácter central o marginal sino, en buena medida, su extensión. En la cuenca del Tajo, al sur de Salamanca, esta dependencia es notablemente menor.

Palabras clave: Áreas potenciales, Alcornocal, Autoecología, Sequía fisiológica, Evapotranspiración real máxima posible

## INTRODUCCIÓN

Los alcornocales del centro-oeste de España (Salamanca y Zamora) constituyen formaciones forestales singulares dentro de la distribución peninsular de la especie, con un elevado valor genético y ambiental. Varios autores han apuntado la posibilidad de que la extensión de estos alcornocales fuera, ya en tiempos históricos, considerablemente superior a la actual (ROMERO, 1993; UZQUIANO, 1996; DÍAZ FERNÁNDEZ et al., 1995). Actualmente, estos bosques se presentan en forma de masas dispersas y fragmentadas en

un entorno de intensa y antigua intervención antrópica, con una superficie total en torno a las 5.700 ha (JOVELLAR et al., 2005). En estas condiciones, resulta fundamental conocer cuáles son los valores de los parámetros ecológicos bajo los que se desarrollan estas masas. A partir de estos parámetros pueden cartografiarse las áreas potenciales de la especie y, consecuentemente, conocer sus posibilidades reales de expansión vía forestación o regeneración natural. La existencia de modelos de estimaciones termopluviométricas y de cartografía topográfica detallada o modelos digitales del terreno permiten delimitar

las áreas potenciales para los parámetros climáticos y fisiográficos. Más problemática resulta la determinación de las áreas potenciales edafoclimáticas y edáficas. En el primer caso es preciso elaborar un balance hídrico, lo que a su vez requiere conocer la capacidad de retención de agua del suelo. Este dato no está disponible actualmente, si bien algunos autores han optado por emplear un valor medio común de esta variable, incluso en estudios del orden de cientos de miles de km<sup>2</sup> (véase, por ejemplo, GAVIN & HU, 2006). En el caso de los parámetros estrictamente edáficos, la inexistencia de cartografía específica de suelos supone un escollo difícil de soslayar. Y sin embargo, los parámetros edafoclimáticos, en especial la sequía fisiológica y la evapotranspiración real máxima posible, pueden resultar determinantes a la hora de explicar la distribución y ecología de las especies (GANDULLO Y MUÑOZ, 1986; STEPHENSON, 1998). En este trabajo, a partir de una serie de parámetros climáticos y edafoclimáticos definitorios del hábitat actual de *Quercus suber* en el centro-oeste de España elaborados por JOVELLAR et al. (2005), así como de la reacción esperada de los suelos obtenida a partir de cartografía geológica detallada, se pretenden determinar los límites máximos de las áreas potenciales para la especie modelizando dos hipótesis extremas de capacidad de retención de agua: CRA baja (50 mm) y CRA elevada (250 mm).

## METODOLOGÍA

El área de estudio lo constituyen las provincias de Salamanca y Zamora, que abarcan 3 cuencas hidrográficas: la cuenca del Duero, que ocupa la mayor parte del territorio, la cuenca del Tajo, al sur de la provincia de Salamanca, y una pequeña porción de la cuenca del río Sil, al noroeste de la provincia de Zamora.

El modelo utilizado parte de 15 variables climáticas y 3 variables edafoclimáticas utilizadas para caracterizar los hábitat centrales y marginales de los alcornocales de Salamanca y Zamora (JOVELLAR et al., 2005). Los valores característicos de estas variables y los criterios para la definición de hábitat se muestran en la tabla 1. Para la elaboración de la cartografía de estos parámetros,

se partió de un modelo digital del terreno, MDT, del Instituto Geográfico Nacional con información correspondiente a altitudes o cotas (modelo digital de elevaciones, MDE) en malla de resolución 25 m x 25 m. Este modelo se integró en un sistema de información geográfica (Arcview GIS ver. 3.1 de Environmental Systems Inc.). Con el fin de manejar una cantidad de información adecuada a la escala del trabajo, la resolución inicial del modelo digital se transformó, mediante interpolación bilineal, hasta un tamaño de celda de 450 m x 450 m o de 250 m x 250 m, dependiendo del tamaño y pendiente media de cada una de las dos cuencas presentes en el área de estudio. El paso siguiente consistió en el cálculo, para cada elemento o celda del MDE, de los correspondientes parámetros climáticos asociados. Los datos climáticos básicos para este fin se obtuvieron del modelo de estimaciones termopluviométricas del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (SÁNCHEZ PALOMARES et al., 1999), también empleado para el cálculo de los parámetros climáticos del hábitat actual de la especie. El cálculo para cada celda de las tres variables edafoclimáticas consideradas en el estudio (evapotranspiración real máxima posible, sequía fisiológica y drenaje) se llevó a cabo elaborando los correspondientes balances hídricos para dos hipótesis de capacidad de retención de agua: una capacidad de retención de agua de 50 mm, representativa de suelos con poca capacidad de almacenamiento hídrico y una capacidad de retención de agua de 250 mm, propia de suelos con capacidades elevadas (GANDULLO et al., 1998; THORNTHWAITE & MATTER, 1955). El método para la elaboración de los balances hídricos fue el desarrollado por GANDULLO (1994), sobre una modificación de THORNTHWAITE & MATTER (1955) y THORNTHWAITE et al. (1957). Obtenidos los valores de todas las variables para cada una de las celdas, se procedió a clasificar cada una de ellas según el siguiente criterio: si alguno de los parámetros quedaba en el hábitat extramarginal, la celda se clasificaba como área extramarginal (área no potencial); si ningún parámetro quedaba en el hábitat extramarginal pero existían parámetros tanto dentro del hábitat central como del hábitat marginal, la celda pasaba a ser considerada como perteneciente al área potencial marginal y por último, si todos los factores quedaban dentro del

Parámetro	LI	UI	M	US	LS	R	IC
PT	487,0	544,0	668,3	758,0	1247,0	760,0	214,0
PP	136,0	152,0	184,8	208,0	349,0	213,0	56,0
PV	50,0	55,0	59,1	64,0	66,0	16,0	9,0
PO	137,0	154,0	193,5	225,0	375,0	238,0	71,0
PI	157,0	178,0	230,9	269,0	458,0	301,0	91,0
TM	10,8	11,2	12,0	12,8	14,8	4,0	1,6
TMMC	28,7	29,2	30,2	31,0	33,7	5,0	1,8
TMMF	-1,7	-1,4	-0,6	-0,1	2,1	3,8	1,3
OSC	30,4	30,5	30,8	31,1	31,6	1,2	0,6
ETP	659,7	671,4	699,8	724,9	797,2	137,5	53,5
SUP	181,9	226,2	331,7	405,2	826,2	644,3	179,0
DEF	331,0	352,0	363,2	382,6	393,7	62,7	30,6
IH	-7,2	1,7	15,5	27,0	79,4	86,6	25,3
DSQ	2,44	2,65	2,85	3,05	3,15	0,71	0,4
ISQ	0,09	0,11	0,15	0,19	0,24	0,15	0,08
ETRM	371,2	424,1	487,2	558,0	577,8	206,6	133,9
SF	112,0	143,5	212,6	302,0	328,6	216,6	158,5
DRJ	0,0	5,2	172,5	320,7	788,9	788,9	315,5

**Tabla 1.** Valores característicos del hábitat climático y edafoclimático de *Quercus suber* en el ámbito del estudio según JOVELLAR et al. (2005). **LI:** Límite inferior o valor mínimo del parámetro **UI:** Umbral inferior valor mínimo del parámetro excluidos el 10 % de los valores más bajos **M:** Media **US:** Umbral superior o valor máximo del parámetro excluidos el 10 % de los valores más altos **LS:** Límite superior valor máximo del parámetro **R:** rango **IC:** Intervalo central. Los valores límites y umbrales definen tres intervalos dentro del hábitat de la especie: un hábitat central (HC), acotado por el Umbral Inferior y el Umbral Superior y dos hábitat marginales (HM), delimitados respectivamente por el Límite Inferior y el Umbral Inferior y el Límite Superior y el Umbral Superior. **PT:** Precipitación anual. **PP:** Precipitación de primavera. **PV:** Precipitación de verano. **PO:** Precipitación de otoño. **PI:** Precipitación de invierno. **TM:** Temperatura media anual. **TMMC:** Temperatura media de las máximas del mes más cálido. **TMMF:** Temperatura media de las mínimas del mes más frío. **OSC:** Oscilación térmica. **ETP:** Evapotranspiración potencial anual. **SUP:** Suma de superávit. **DEF:** Suma de déficit. **IH:** Índice hídrico anual. **DSQ:** Duración de la sequía. **ISQ:** Intensidad de la sequía. **ETRMP:** Evapotranspiración real máxima posible en el conjunto del año. **SF:** Sequía fisiológica **DRJ:** Drenaje calculado del suelo

hábitat central, la celda se consideraba dentro del área potencial central. Mediante este procedimiento se cartografiaron los siguientes hábitats potenciales para la especie: hábitat climático, hábitat edafoclimático para suelos de baja capacidad de retención de agua (CRA = 50 mm) y hábitat edafoclimático para suelos de elevada capacidad de retención de agua (CRA = 250 mm). La considerable cantidad de puntos y datos asociados, aconsejó realizar el procesado de la información subdividiendo la superficie total en cuencas y subcuencas. En total se calcularon los parámetros citados para un total de 178.622 puntos. La distribución de estos puntos por provincias y cuencas se muestra en la tabla 2. Obtenidos los hábitat potenciales, se analizó el carácter ácido o básico de los sustratos, al ser esta propiedad química del

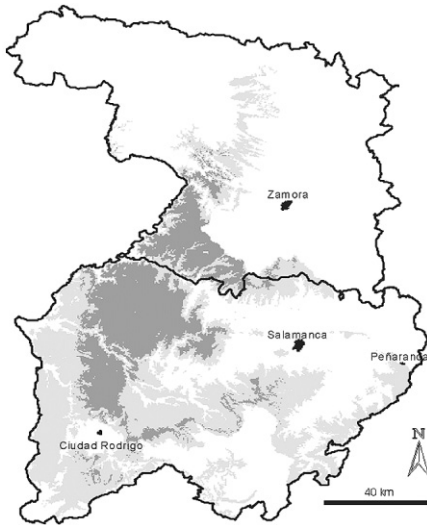
suelo la más determinante para esta especie. Ante la inexistencia de cartografía de suelos suficientemente detallada, este análisis se llevó a cabo empleando la cartografía litológica del Mapa Geológico de Castilla y León (CRESPO, 1998).

## RESULTADOS

La figura 1 representa el hábitat potencial climático para *Quercus suber* L. en el centro-oeste de España. Este mapa no varía cuando se consideran, además de los parámetros climáticos, aquellos edafoclimáticos para una CRA de 250 mm. Así pues, la misma figura 1 representa el hábitat climático y edafoclimático para este supuesto. Se puede observar cómo la mayor

Provincia	Cuenca	Resolución (m x m)	Nº de puntos
Salamanca	Tajo	150 x 150	51.219
	Duero	400 x 400	62.951
Zamora	Duero	400 x 400	58.567
	Norte	150 x 150	5.885

**Tabla 2.** Nº de puntos analizados para la elaboración de las áreas potenciales



**Figura 1.** Hábitat potencial climático para *Quercus suber* L. en el centro-oeste de España. Coincide con el área potencial climática y edafoclimática para una CRA de 250 mm puesto que, en esta hipótesis, los parámetros edafoclimáticos no imponen restricciones al hábitat climático. En gris oscuro: todos los parámetros dentro del hábitat central. En gris claro: algún parámetro dentro del hábitat marginal

parte de este hábitat central se distribuye en tres manchas prácticamente contiguas y muy bien delimitadas: una primera mancha al suroeste de la provincia de Zamora, una gran mancha en el cuadrante noroccidental de la provincia de Salamanca y una mancha más pequeña al sur del río Huebra, también en la provincia de Salamanca. Áreas de menor extensión superficial aparecen al suroeste de Salamanca capital y en una estrecha franja que, con dirección suroeste-noreste bordea sensiblemente la depresión de Ciudad-Rodrigo. El hábitat marginal aparece orlando el hábitat central y ocupa una extensión considerable, especialmente en la provincia de Salamanca, de la que únicamente quedan excluidas tres grandes zonas: el cuadrante nororiental, el entorno de Ciudad Rodrigo y la zona de la sierra salmantina (Béjar, Francia y cotas superiores de la sierra de Gata). La figura 2 se obtiene a partir del hábitat climático, restringido por las 3 variables edafoclimáticas resultantes de elaborar

el balance hídrico para una capacidad de retención de agua de 50 mm. De esta forma, considerando suelos de escasa CRA, el hábitat potencial se reduce sensiblemente y todo él pasa a ser marginal. Este hecho pone de manifiesto la notable dependencia de la especie del parámetro CRA para suelos con bajos valores de este parámetro. La interpretación de estos resultados es clara: para suelos con elevadas capacidades de retención de agua, no existe restricción al hábitat climático derivada de la disponibilidad de agua. Ahora bien, el hábitat climático se ve notablemente restringido en la cuenca del Duero cuando consideramos suelos de baja capacidad de retención. Estas restricciones, por el contrario, son mínimas en la parte de la cuenca del Tajo ubicada al sur de la provincia de Salamanca. Ambos mapas ponen de manifiesto la importancia de considerar suelos con CRA medias o altas a la hora de plantear masas estables desde el punto de vista climático, especialmente en la cuenca del

Duero. Finalmente, dentro de las áreas potenciales obtenidas, no son esperables restricciones derivadas de la reacción básica de los suelos.

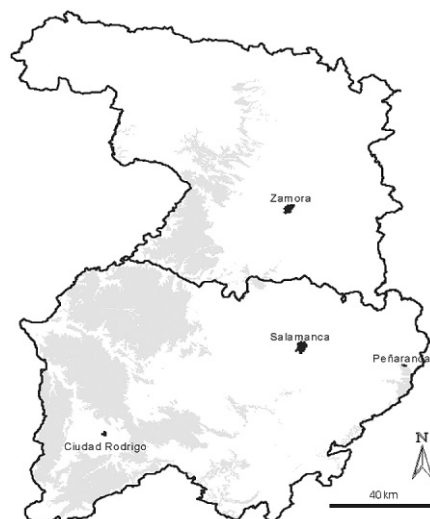
## DISCUSIÓN

Referente a la cartografía de hábitat potenciales, no conocemos trabajos análogos para la especie en la zona de estudio realizados a escala comparable. MONTTOYA (1980), elaboró un mapa de áreas potenciales de *Quercus suber* para toda España con criterios climáticos y litológicos pero sin utilizar las variables edafoclimáticas de nuestro estudio. En este mapa, se observa una coincidencia parcial de las áreas potenciales señaladas con las obtenidas en nuestro trabajo, especialmente las correspondientes al hábitat central del oeste de la provincia de Salamanca. No obstante, la diferente escala, concepción y metodología de ambos trabajos los hacen difícilmente comparables. Con distinta metodología a la empleada en este trabajo, GONZÁLEZ et al. (1994) elaboraron el mapa de las áreas potenciales para *Quercus suber* en Extremadura, utilizando algunos de los parámetros que se consideran en nuestro trabajo y sin tener en cuenta ninguno de los parámetros edafoclimáticos analizados aquí. Por otra parte, la importancia de las variables deducidas del balance

hídrico, en especial de la sequía fisiológica y de la evapotranspiración máxima posible, ha sido mostrada en estudios de distribuciones reales y potenciales de diversas especies forestales, generalmente a través de modelos bioclimáticos (véase, por ejemplo, GAVIN & HU 2006, SYKES 2001 o SYKES et al., 1996) si bien ninguno de ellos muestra la influencia de la capacidad de retención de agua en la distribución potencial de las especies estudiadas.

## CONCLUSIONES

El centro-oeste de España presenta una considerable potencialidad climática para la extensión de las actuales masas de alcornocal. Ahora bien, cuando se consideran conjuntamente las variables climáticas con aquellas más importantes derivadas del balance hídrico se observa que, en la cuenca del Duero, las áreas potenciales presentan una notable dependencia de la capacidad de retención de agua. Este factor condiciona, no sólo la naturaleza de dichas áreas (centrales o marginales), sino su extensión. En este sentido, debería considerarse como un factor determinante de primer orden para la viabilidad de las forestaciones con la especie la profundidad útil de los suelos. En la cuenca del Tago, al sur de de la provincia de Salamanca esta dependencia es nota-



**Figura 2.** Hábitat potencial climático y edafoclimático (CRA=50 mm) para *Quercus suber* L. en el centro-oeste de España. Se observa cómo se ha reducido la superficie respecto a la de la figura 1. En toda la zona, uno o más parámetros adoptan valores marginales

blemente menor. La reacción esperada de los suelos en las áreas potenciales obtenidas no es previsible que constituya una limitación de importancia a las áreas potenciales de la especie. Finalmente, el elevado número de parámetros utilizado, así como la detallada resolución del modelo y su carácter altamente restrictivo, constituyen un aval de los resultados de cara a su posible utilización práctica.

## BIBLIOGRAFÍA

- CRESPO, J.L. (Coord.); 1997. *Mapa Geológico y Minero de Castilla y León. Síntesis Geológica*. Siemcalsa. Valladolid.
- DÍAZ-FERNÁNDEZ, P.M.; GALLARDO MUÑOZ, M.I. Y GIL, L.; 1996. Alcornocales marginales de España. Estado actual y perspectivas de conservación de sus recursos genéticos. *Ecología* 10: 21-47.
- GANDULLO, J.M.; 1994. *Climatología y ciencia del suelo*. Fundación Conde del Valle de Salazar. E.T.S.I. Montes. Madrid.
- GANDULLO, J.M. Y MUÑOZ, L., 1986. Dos parámetros ecológicos de interés: evapotranspiración real máxima y sequía fisiológica. *Montes* 9: 4-7.
- GANDULLO, J.M.; SÁNCHEZ PALOMARES, O. Y MUÑOZ, L.A., 1998. Una nueva clasificación climática para España. *Ecología* 12: 67-77.
- GAVIN, D.G. & HU, F.S.; 2006. Spatial variation of climatic and non-climatic controls on species distribution: the range limit of *Tsuga heterophylla*. *J. Biogeogr.* 33 1384-1396.
- GONZÁLEZ, J.R.; ELENA, R Y TELLA, G., 1994. *Atlas del alcornoque en Extremadura*. IPROCOR-Consejería de Agricultura y Comercio. Junta de Extremadura. Badajoz
- JOVELLAR, L.C.; BLANCO, A. Y SANTOS, F.; 2005. Caracterización edáfica y climática de *Quercus suber* L. en las provincias de Salamanca y Zamora. En: S.E.C.F.-Gobierno de Aragón (eds.), *Actas IV Congreso Forestal Español*. CD-ROM. Imprenta Repes, S.C. Zaragoza.
- MONTOYA, J.M.; 1980. Áreas potenciales reales y óptimas de *Quercus suber* L. en España. *Convención Mundial del Corcho. Comunicaciones INIA*. Madrid.
- ROMERO, C.M.; 1993. IV. Vegetación. En: J. Ruiz de la Torre (Dir.), *Mapa forestal de España: Hoja 3-5: Vitigudino*. ICONA. Madrid.
- SÁNCHEZ PALOMARES, O., SÁNCHEZ, F. Y CARRETERO, M.P., 1999. *Modelos y cartografía de estimaciones climáticas termopluriométricas para la España peninsular*. INIA. Col. Fuera de Serie. Madrid.
- SYKES, M.T.; 2001. Modelling the potential distribution and community dynamics of lodgepole pine (*Pinus contorta* Dougl. ex. Loud.) in Scandinavia. *Forest Ecol. Manage.* 141: 69-84.
- SYKES, M.T.; Prentice, I.C. & Cramer, W.; 1996. A bioclimatic model for the potential distribution of northern European tree species under present and future climates. *J. Biogeogr.* 23: 203-233.
- STEPHENSON, N.L.; 1998. Actual evapotranspiration and deficit: biologically meaningful correlates of vegetation distribution across spatial scales. *J. Biogeogr.* 25: 855-870.
- THORNTHWAITE, C.W. & MATTER, J.R.; 1955. The water balance. *Publications in Climatology* 8: 1-104.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATTER, J.R. & CARTER, D.B.; 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. *Publications in Climatology* 10: 181-311.
- UZQUIANO, P.; 1995. El Valle del Duero en la Edad de Hierro: el aporte de la antracología. En: G. Delibes, F. Romero y A. Morales (eds.), *Arqueología y Medio Ambiente. El primer milenio AC en el Duero Medio*. Junta de Castilla y León. Valladolid.