

Autoecología de los castaños andaluces

V. Gómez Sanz ^{1*}, A. Blanco Andray ¹, O. Sánchez Palomares ²,
A. Rubio Sánchez ¹, R. Elena Roselló ¹, D. Graña Domínguez ¹

¹ Dpto. de Silvopascicultura. Universidad Politécnica de Madrid.
Ciudad Universitaria s/n. 28040, Madrid. España

² CIFOR-INIA. Ctra. La Coruña, km 7. Apdo 8111. 28040 Madrid. España
vgomez@forestales.upm.es

RESUMEN

Este trabajo presenta una caracterización paramétrica de los biotopos ocupados en la actualidad por formaciones de *Castanea sativa* Miller en la Comunidad Autónoma de Andalucía. A tal fin, se han evaluado un total de 23 localizaciones mediante la elaboración de 34 parámetros del biotopo de trascendencia fito-ecológica, junto con 7 más que caracterizan selvicolamente los castaños inventariados. La interpretación de esta información ha permitido la determinación de los hábitat fisioclimático y edáfico, central y marginal, del castaño en la región andaluza, así como la caracterización de la actual situación selvícola de sus masas. Los castaños andaluces presentan una elevada heterogeneidad tanto en los biotopos en los que se asientan como en el uso y manejo a los que se ven sometidos. El rango altitudinal de variación es superior a 1.000 m, si bien esto no se traduce en una heterogeneidad térmica –la temperatura media anual oscila ligeramente sobre los 15 °C–. Con una precipitación media anual próxima a 900 mm, las condiciones de aridez estival son patentes, extendiéndose en todas las localizaciones estudiadas a lo largo de más de tres meses. Los suelos, mayoritariamente Cambisoles y Luvisoles, presentan reacción moderadamente ácida, con una composición textural variada que deriva en comportamientos físicos y edafoclimáticos muy dispares. El diferente uso y estado de conservación de los castaños analizados lleva a una elevada heterogeneidad selvícola y dasométrica. Las mejores masas aparecen en Aracena (Huelva), mientras que, en el otro extremo, presentan clara recesión las masas ubicadas en el entorno de Sierra Nevada (Granada).

Palabras clave: *Castanea sativa* Miller, autoecología, biotopos, hábitat marginal, hábitat central, Andalucía.

* Autor para correspondencia
Recibido: 17-10-01
Aceptado para su publicación: 11-2-02

INTRODUCCIÓN

El castaño (*Castanea sativa* Miller) es un frecuente componente de los bosques mixtos de frondosas que integran el paisaje habitual de las zonas basales, más térmicas, del dominio floral eurosiberiano. Diferentes estudios palinológicos (García Antón *et al.*, 1990; Costa *et al.*, 1998) inducen a considerar esta especie como acompañante habitual de los robledales ibéricos desde el Terciario, lo que parece confirmar su carácter autóctono en la Península Ibérica y el papel de ésta como territorio refugio ante las difíciles condiciones que se presentaron a lo largo de las últimas glaciaciones.

La versatilidad de los bienes directos que su aprovechamiento ha venido ofreciendo a las sociedades humanas, quizá una de sus características más diferenciadoras respecto de otras especies forestales, ha llevado a que las masas de castaño adopten formas principales tanto de monte alto como de monte bajo. En el primer caso suele tratarse de masas puras, regulares y poco densas, dedicadas a la producción de fruto, donde los tratamientos parciales (muy próximos a la agricultura) juegan un papel muy destacado en su manejo. Las masas de monte bajo son también, por lo general, puras y regulares, pero con índices de espesura sensiblemente más elevados y dedicadas a la producción de madera como uso preferente, con tratamiento en cortas a hecho y turno variable en función, básicamente, de las dimensiones del producto a extraer.

El doble uso de los castañares ha centrado su localización en áreas de gran interés agrícola y pascícola. Esto ha derivado en una fuerte presión antrópica sobre estas masas que, con el paso del tiempo, ha llevado a su sobreexplotación y a una reducción y atomización superficial de sus áreas de ocupación. Asimismo, la más que frecuente falta de adecuada gestión selvícola ha llevado en muchos casos a primar la regeneración vegetativa frente a la sexual, con deficiente selección genética. Este hecho, junto con el abandono provocado por los cambios en las demandas sociales, ha propiciado un deficiente estado fitosanitario de muchas de estas masas, con acusado decaimiento del vigor vegetativo y aumento de su vulnerabilidad a la acción de agentes fitopatógenos, tales como los hongos *Phytophthora cambivora* (Petri) Buis, *Phytophthora cinnamomi* Rands. –tinta– y *Endothia parasitica* (Murr) A. & A. –chancro–, que han puesto en peligro su estabilidad y persistencia.

Resulta evidente, por tanto, el especial papel ecológico y socioeconómico que juega el castaño en los espacios donde se encuentra formando masas forestales, por lo que ha sido incluida en el Real Decreto 378/1993, de reforestación de tierras abandonadas por la agricultura dentro del Anexo 2, como especie cuya implantación tendrá como doble finalidad la restauración y creación de ecosistemas forestales estables. Asimismo, en el procedimiento establecido para la creación de la Red Natura 2000 de la Unión Europea, Directiva 92/43/CEE, se hace especial hincapié en la necesidad de incluir como puntos concretos de esta Red los bosques antiguos de *Castanea sativa* Miller.

La necesidad de conservar los castañares de alto valor ecológico y socioeconómico actualmente existentes, evitando los riesgos que derivan de su inadecuado manejo selvícola, así como la de ampliar sus actuales áreas de ocupación, hacen imprescindible disponer de un adecuado y preciso conocimiento de la autoecología de esta especie. Esta información posibilitaría desarrollar sólidos argumentos científico-técnicos que justifiquen y garanticen la idoneidad ecológica del lugar de desarrollo actual o de futura implantación, así como la viabilidad de las actuaciones selvícolas y/o restauradoras a realizar.

Ante esta necesidad, los requerimientos ecológicos del castaño no son todavía lo bastante conocidos a nivel general de especie. Las exigencias climáticas y fisiográficas en el

ámbito de la Península Ibérica han sido superficialmente estudiadas y acotadas (Ceballos y Ruiz de la Torre, 1971; Malato-Beliz, 1987; Berrocal *et al.*, 1997), convergiendo en su carácter bioclimático higrófilo, esciófilo, continental e huidizo de localizaciones en fondo de valles cerrados donde pueden persistir heladas tardías. La caracterización de sus requerimientos edáficos es, si cabe, bastante menos precisa; con carácter general se sabe que el castaño prefiere los sustratos silíceos, si bien puede aparecer sobre materiales calizos que se encuentren total o bastante descarbonatados, pero que difícilmente soporta falta de aireación edáfica bien por compactación o bien por encharcamiento.

Avanzar en el conocimiento de los requerimientos ecológicos del castaño implica, a nuestro entender, descender a nivel regional para caracterizar con mayor detalle la variabilidad del medio y ofrecer al gestor datos cuantificados que sean de utilidad a la hora de la toma de decisiones sobre el manejo forestal de esta especie. Con este fin se han venido desarrollando en los últimos años en España estudios parciales de carácter regional y comarcal (Blanco, 1985; Rubio, 1993a y 1993b; Rubio y Gandullo, 1994; Blanco y Rubio, 1996; Rubio *et al.*, 1997a y 1997b; Rubio *et al.*, 1999; Blanco *et al.*, 2000).

Formando parte de un proyecto más amplio, que con el objeto de conocer los requerimientos ecológicos del castaño a nivel paramétrico se está desarrollando para todo el Estado español, el presente trabajo se plantea como una profundización en el conocimiento de la autoecología del castaño a escala regional: (1) tipificando los valores de los principales parámetros definitorios de los biotopos en su actual área de distribución en Andalucía; (2) buscando relaciones entre estas y las variables selvícolas que ayuden en el adecuado manejo de los castañares andaluces.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

La presencia del castaño en Andalucía se encuentra, por las razones ya apuntadas, muy fragmentada, lo que dificulta sensiblemente su estimación superficial. Tomando como referencia el Plan Forestal Andaluz de 1989, la superficie total ocupada por masas puras de castaño en Andalucía se cifra en 9.035 ha, distribuidas de acuerdo a lo expresado en la Tabla 1. No se refleja presencia en las provincias de Cádiz y Córdoba, mientras que en Almería y Jaén ésta es testimonial, con 16 y 3 ha, respectivamente.

El área de estudio que define este conjunto de superficies presenta un sustrato integrado fundamentalmente por rocas metamórficas (cuarcitas, filitas, pizarras, esquistos...), de edades cámbricas y triásicas, si bien también aparecen, más o menos puntualmente, tanto materiales ígneos (migmatitas y rocas volcánicas) como sedimentarios detríticos (grauvacas y conglomerados) y organógenos carbonáticos (calizas y dolomías).

Incluida en la Iberia Parda, dentro de la subregión climática más continental (Font Tullot, 1983), las áreas con presencia de castaño en Andalucía presentan caracteres inequívocos mediterráneos (marcado período de aridez estival). La disposición orográfica del territorio lleva a acentuar las condiciones de continentalidad de las localizaciones granadinas (subregión continental extrema), mientras que en el resto son apreciables influencias oceánicas (subregión continental atenuada).

Tabla 1**Áreas de distribución de las principales masas de castaño en Andalucía (España)**

Provincia	Área de distribución
Granada	1.080 ha. Vertientes Norte (Güejar-Sierra, Marquesado de Zenete) y Sur (Las Alpujarras –Lanjarón, Busquistar, Trevélez...) de Sierra Nevada. Coordenadas (aprox.): 36 55' - 37 10' N, 3 00' - 3 30' W.
Huelva	5.011 ha. Sierra de Aracena (Aracena, Fuenteheridos, Castaño del Robledo) Coordenadas (aprox.): 38 50' - 38 55' N, 6 30' - 6 45' W.
Málaga	2.425 ha. Cuenca alta del Río Genal (Igualeja, Pujerra, Alpandeire, Cartajima, Juzcar, Alagatocín...) y estribaciones de la Sierra de las Nieves (Yunquera, Tolox). Coordenadas (aprox.): 36 30' - 36 50' N, 4 50' - 5 20' W.
Sevilla	500 ha. Parque Natural de la Sierra Norte (Constantina, Cazalla de la Sierra) Coordenadas (aprox.): 37 50' - 38 00' N, 5 30' - 5 45' W.

Sobre este patrón climático general, las particulares condiciones fisiográficas llevan a la aparición de modificaciones en las condiciones normales, estableciendo condiciones micro y mesoclimáticas de acusada trascendencia ecológica y que explican en parte la presencia actual del castaño en las distintas localizaciones incluidas en el área de estudio. Así, y dados los peculiares requerimientos hídricos del castaño (Ceballos y Ruiz de la Torre, 1971), fisiográficamente ocupa sobre todo localizaciones de umbría, en valles abiertos a la incidencia de las masas de aire oceánicas, huyendo de los fondos de los mismos para evitar las heladas tardías.

Las series de vegetación potencial asociadas al área de estudio (Rivas Martínez, 1987) se corresponden sobre todo con las faciasiones típicas (mesomediterráneas y silicícolas) de la encina (*Pyro bourgaeanae-Querceto rotundifoliae sigmetum*, en Sevilla y Huelva; *Adenocarpo decorticanti-Querceto rotundifoliae sigmetum*, en Granada –vertiente norte de Sierra Nevada–; *Paeonio coriaceae-Querceto rotundifoliae sigmetum*; en Granada también –vertiente sur de Sierra Nevada– y Málaga) y del alcornoque (*Sanguisorbo agrimonioidi-Querceto suberis sigmetum*, en Sevilla y Huelva; *Teucroio beatici-Querceto suberis sigmetum*, en Málaga). De extensión considerablemente inferior a las anteriores, también es posible encontrar en el área de estudio faciasiones basófilas del alcornoque, en Huelva, y de la encina junto con vegetación glicohidrófila –o de humedad dulce–, localizadas en sotos, galerías..., dentro de la provincia de Granada.

Métodos

Tomando como punto de partida la información contenida en el Mapa Forestal de Ceballos (1966), se procedió a la asignación de cada una de las superficies de distribución

del castaño en Andalucía a la Clase Territorial correspondiente de la Clasificación Biogeoclimática de Elena (1996). Los castañares se concentraban (78,2 % de la superficie de castañar recogida por Ceballos) en las clases 716, 720, 722 y 727 de la Ecorregión 7.^a, no aparecían en las primeras 11 clases (las comprendidas entre la 701 y la 711) ni en la 717, 719, 721, 723 y 726, y lo hacían marginalmente en el resto de las clases de la citada Ecorregión.

Sobre la base de esta distribución se consideró oportuno llevar a cabo la estratificación territorial, recogida en la Tabla 2, que sigue básicamente un gradiente altitudinal y en la que se apoyó el diseño del muestreo. Se decidió la localización de un total de 23 puntos, distribuidos proporcionalmente entre los diferentes estratos de acuerdo a la superficie de castañar incluida en cada uno de ellos. La Figura 1 muestra la disposición geográfica de los puntos de muestreo considerados.

Tabla 2
Estratos y puntos de muestreo

Estrato	Caracterización
I	Castañares marginales por termicidad que, localizados en la provincia de Málaga, representan menos del 2 % de la superficie total de ocupación en la región. Clases territoriales: 712 a 713. Puntos de muestreo: 1.
II	Castañares térmicamente más fríos que los del estrato I, que suponen el 23,1 % de la superficie total, ocupando las cotas más bajas de las localizaciones sevillanas y malagueñas y las más orientales de las onubenses Clases territoriales: 714, 715, 716 y 718. Puntos de muestreo: 4.
III	Incluye la mayor superficie de castañares, en torno al 44 % del total, comprendiendo las principales masas de la Sierra de Aracena (parte occidental) y la parte oriental de las localizaciones sevillanas. Clases territoriales: 720 y 722. Puntos de muestreo: 11.
IV	Castañares de las zonas más altas de la Sierra de Aracena y de las localizaciones malagueñas, ocupando el 8,4 % de la superficie total. Clases territoriales: 724 a 725. Puntos de muestreo: 2.
V	Incorpora el 23 % de la superficie del castaño en Andalucía, incluyendo la práctica totalidad de las manchas granadinas y las más orientales de las malagueñas. Clases territoriales: 727 y 728. Puntos de muestreo: 5.

Para la inventariación ecológica de las masas correspondientes a cada punto de muestreo se fijó una parcela circular de radio variable según la densidad del dosel (8 m de valor mínimo y 18 m de valor máximo), sobre la que posteriormente se llevó a cabo la reco-

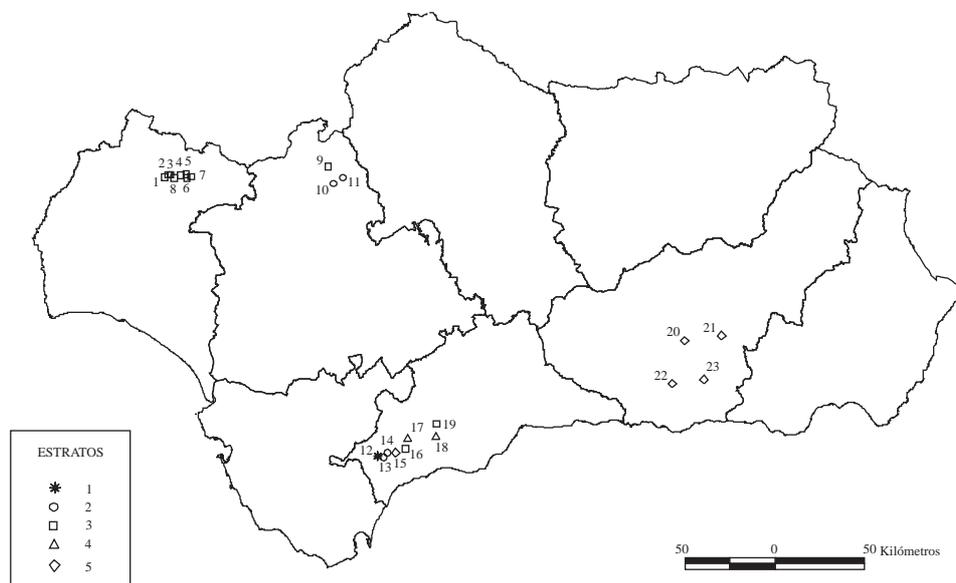


Fig. 1.—Mapa de localización de los puntos de muestreo

gida de información fisiográfica, botánica y selvícola. Asimismo, se procedió al estudio del perfil del suelo, abriendo la correspondiente calicata (hasta una profundidad máxima de 1,25 m si previamente no se había alcanzado la roca madre coherente y dura), identificando y describiendo los distintos horizontes edáficos y tomando una muestra representativa de cada uno de ellos.

Con la información del inventario de campo, los datos climatológicos adaptados a los distintos puntos de muestreo, según Sánchez Palomares *et al.* (1999), y los resultados de los análisis físicos y químicos de las distintas muestras de suelo extraídas, se elaboró un conjunto de parámetros definidores del hábitat tanto fisioclimático como edáfico del castaño en Andalucía (Gandullo y Sánchez Palomares, 1994), así como del estado dasométrico y selvícola de los castañares, completándose el trabajo de gabinete con la clasificación de los suelos sobre los que se asientan, según lo establecido por la FAO (1998).

El número total de parámetros elaborados, descriptivos de la estructura del biotopo, ha sido de 34 parámetros ecológicos, mientras que otros 7 caracterizan desde un punto de vista dasométrico y selvícola las masas estudiadas. La descripción de cada uno de estos parámetros, junto con su denominación y unidades de medida, aparece recogida en la Tabla 3.

La base de datos sobre el biotopo y la estructura selvícola de los castañares andaluces que suponen los parámetros considerados fue, en una primera fase, analizada estadísticamente de forma univariable, pasándose a continuación a determinar los siguientes valores característicos (Blanco *et al.*, 1989; Gandullo *et al.*, 1974, 1983 y 1991): *Límite Inferior* (LI), valor mínimo del parámetro en el total de los puntos de muestreo; *Umbral Inferior*

Tabla 3
Parámetros definitorios de las condiciones del biotopo y de las características selvícolas de las masas de castaño en Andalucía (España)

Parámetros del Biotopo	Fisiográficos:	<p><i>ALT.</i> Elevación (altitud) sobre el nivel del mar expresada en metros. <i>PND.</i> Pendiente del lugar expresada en porcentaje. <i>INS.</i> Parámetro adimensional que evalúa la cantidad de radiación solar incidente sobre un lugar en función de su pendiente y orientación (Gandullo, 1974).</p>
	Climáticos:	<p><i>PI.</i> Precipitación media en los meses de invierno, expresada en mm. <i>PP.</i> Precipitación media en los meses de primavera, expresada en mm. <i>PV.</i> Precipitación media en los meses de verano, expresada en mm. <i>PO.</i> Precipitación media en los meses de otoño, expresada en mm. <i>PA.</i> Precipitación media anual, expresada en mm. <i>TM.</i> Temperatura media anual en C. <i>TMC.</i> Temperatura media mensual más alta (mes más cálido), en C. <i>TMF.</i> Temperatura media mensual más baja (mes más frío), en C. <i>OSC.</i> Diferencia en C entre los valores de TMC y de TMF. <i>ETP.</i> Evapotranspiración potencial anual, en mm (Thornthwaite, 1948). <i>SUP.</i> Suma de superávits mensuales (Thornthwaite y Mather, 1955, 1957). <i>DEF.</i> Suma de déficit mensuales (Thornthwaite y Mather, 1955, 1957). <i>IH.</i> Índice hídrico (Thornthwaite y Mather, 1955, 1957), valor adimensional que se establece en función de SUP, DEF y ETP. <i>DSQ.</i> Duración de la aridez en meses, según criterio de Gausson –meses donde el doble de la temperatura media mensual es superior a la precipitación media mensual– (Walter y Lieth, 1960). <i>ISQ.</i> Intensidad de la aridez establecida por cociente entre el área seca y el área húmeda en los climodiagramas de Walter-Lieth.</p>
	Edáficos:	<p><i>TF.</i> Media ponderada con el espesor de cada horizonte de las partículas minerales mayores a 2 mm (Tierra Fina) expresada en porcentaje respecto del suelo natural (USDA, 1975). <i>ARE.</i> Media ponderada con el espesor de cada horizonte de las partículas minerales comprendidas entre 2 mm y 50 (Arena) expresada en porcentaje respecto a la Tierra Fina (USDA, 1975). <i>LIM.</i> Media ponderada con el espesor de cada horizonte de las partículas minerales comprendidas entre 50 y 2 (Limo) expresada en porcentaje respecto a la Tierra Fina (USDA, 1975). <i>ARC.</i> Media ponderada con el espesor de cada horizonte de las partículas minerales inferiores a 2 (Arcilla) expresada en porcentaje respecto a la Tierra Fina (USDA, 1975). <i>PER.</i> Media ponderada con el espesor de cada horizonte de la Permeabilidad, expresada en valores de 1 (muy poco permeable) a 5 (muy permeable) <i>HE.</i> Media ponderada con el espesor de cada horizonte de la Humedad Equivalente en mm de agua <i>CRA.</i> Suma en mm de agua de los valores de Capacidad de Retención de Agua para cada horizonte calculada <i>MO.</i> Media ponderada siguiendo el criterio de Russell y Moore (1968) del contenido de Materia Orgánica en cada horizonte (Walkley, 1946), expresada en porcentaje respecto de la Tierra Fina. <i>MOS.</i> Contenido en Materia Orgánica (Walkley, 1946) de los 25 cm superiores del suelo expresado en porcentaje respecto de la Tierra Fina. <i>PHA.</i> Media ponderada siguiendo el criterio de Russell y Moore (1968) del pH en H₂O (1:2,5) en cada horizonte. <i>PHK.</i> Media ponderada siguiendo el criterio de Russell y Moore (1968) del pH en ClK (1:2,5) en cada horizonte. <i>NS.</i> Contenido en Nitrógeno (Bremner, 1965) de los 25 cm superiores del suelo expresado en porcentaje respecto de la Tierra Fina. <i>CNS.</i> Relación Carbono/Nitrógeno de los 25 cm superiores del suelo. <i>ETRM.</i> Evapotranspiración Real Máxima posible anual en mm <i>SF.</i> Sequía Fisiológica anual en mm <i>DRJ.</i> Drenaje calculado del suelo anual en mm</p>
Parámetros selvícolas	<p><i>DENP.</i> Densidad de pies, en número de pies por hectárea. <i>DENC.</i> Densidad de cepas, en número de cepas por hectárea. <i>ABAS.</i> Área basimétrica en metros cuadrados por hectárea. <i>ALTD.</i> Altura media en metros de los pies dominantes. <i>FCCP.</i> Fracción de cabida cubierta de los pies de castaño, en tanto por ciento. <i>FCCT.</i> Fracción de cabida cubierta del total del arbolado, en tanto por ciento. <i>HARTC.</i> Índice de Hart (1928) por número de cepas.</p>	

(UI), valor mínimo del parámetro excluido el 10 % de los valores más bajos (percentil 10); *Media* (M), Valor medio del parámetro; *Umbral Superior* (US), valor máximo del parámetro excluido el 10 % de los valores más altos (percentil 90), *límite Superior* (LS), valor máximo del parámetro en el total de los puntos de muestreo. Este conjunto de valores característicos posibilitó la definición del hábitat del *Castanea sativa* Miller en Andalucía, basándose en los criterios siguientes:

Hábitat central u óptimo, respecto de un parámetro. Intervalo definido por los Umbrales Superior e Inferior. Incluye el valor medio del parámetro y el 80 % de los casos observados.

Hábitat marginal, respecto de un parámetro. Intervalos entre el Límite Inferior y Umbral Inferior y entre el Umbral Superior y Límite Superior. Incluye el 20 % restante de los casos observados.

La información selvícola fue sometida también a análisis bivariante (matriz de correlaciones) con el objeto de encontrar aquel parámetro mejor relacionado estadísticamente con los demás, tanto selvícolas como del biotopo. Esto posibilitó, a través de métodos multivariables (regresión paso a paso), identificar las relaciones lineales existentes entre los parámetros definitorios del biotopo y los parámetros selvícolas más explicativos de la situación actual de las masas, permitiendo, a la postre, valorar la posibilidad de construcción de ecuaciones de pronóstico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resultado del inventario de campo, seguido de la elaboración en gabinete de los parámetros con ellos relacionados, ha permitido disponer de un volumen de información que se considera adecuado para caracterizar a escala regional el hábitat del castaño en Andalucía.

La Tabla 4 recoge la descripción estadística univariable de los parámetros del biotopo considerados. Las mayores variabilidades, con coeficientes de variación superiores al 60 %, se presentan para los parámetros PND, IH y CRA, relacionados, sobre todo los dos últimos, con las disponibilidades hídricas. En el otro extremo, los parámetros con un comportamiento más homogéneo en el área de estudio son básicamente los relacionados con la eficacia térmica del clima (TMC y ETP).

En cuanto a su función de distribución, puede afirmarse que, salvo excepciones, los valores obtenidos para la mayor parte de los parámetros se ajustan relativamente bien a distribuciones normales. Únicamente se alejan de este comportamiento los valores correspondientes a los parámetros ALT, ISQ, ARC y CNS.

Las elevadas altitudes de tres de las muestras granadinas parecen ser las responsables de la distribución leptocúrtica de ALT, donde la mayor parte de los valores se sitúan entre 700 y 900 m. Motivo idéntico se puede aducir para el parámetro ISQ, valor de kurtosis positivo y más alto en términos absolutos, donde los valores especialmente altos que alcanzan algunas parcelas malagueñas y granadinas alejan la distribución de las condiciones de normalidad. Por último, en el caso de ARC y CNS, su claro comportamiento leptocúrtico ha de entenderse relacionado con la aparición de localizaciones «anormalmente» arcillosas, con valores muy superiores al 18 %, en el que se sitúa el valor medio para el área

Tabla 4

Medias, desviaciones estándar (DE), mínimo, máximo, sesgo, kurtosis y coeficiente de variación (CV) de los parámetros ecológicos de los castañares andaluces (n = 23). Las variables sin unidades son adimensionales

Parámetro	Media	DE	Mínimo	Máximo	Sesgo	Kurtosis	CV (%)
ALT (m)	818,7	216,21	530,0	1470,0	1,725	3,292	26,4
PND (%)	29,5	17,81	5,0	60,0	0,302	-1,399	60,3
INS	0,856	0,1986	0,55	1,18	-0,099	-1,208	23,2
PI (mm)	369,0	93,15	149,0	532,0	-0,111	0,253	25,2
PP (mm)	246,2	42,81	138,0	316,0	-0,576	0,721	17,4
PV (mm)	32,5	7,48	21,0	41,0	-0,199	-1,733	23,0
PO (mm)	230,4	47,45	105,0	297,0	-0,926	1,048	20,6
PT (mm)	878,1	179,2	427,0	1160,0	-0,524	0,666	20,4
TM (C)	14,8	0,94	12,0	16,3	-1,217	2,123	3,4
TMC (C)	23,9	0,91	21,1	25,0	-1,243	0,706	3,8
TMF (C)	7,6	1,22	5,4	10,0	0,036	-0,522	16,0
OSC (C)	16,3	1,23	14,5	18,3	0,137	-1,539	7,6
ETP (mm)	778,2	33,8	679,1	829,0	-1,219	1,957	4,3
SUP (mm)	537,0	164,71	138,1	815,4	-0,283	0,453	30,7
DEF (mm)	437,1	29,96	375,4	474,4	-0,842	-0,488	6,9
IH	35,1	21,09	-17,3	72,6	-0,393	0,706	60,2
DSQ (meses)	3,54	0,261	3,14	4,14	0,466	0,188	7,4
ISQ	0,208	0,0725	0,15	0,49	3,002	10,653	34,8
TF (%)	51,8	26,51	10,39	86,89	-0,331	-1,383	51,2
ARE (%)	38,6	17,1	15,9	73,1	0,493	-1,123	44,3
LIM (%)	43,2	13,95	18,1	70,1	0,143	-0,85	32,3
ARC (%)	18,2	9,57	6,7	48,1	1,595	3,401	52,5
PER	2,83	0,93	1,48	4,48	0,491	-0,816	32,9
HE (%)	24,78	5,529	13,4	33,2	-0,406	-0,798	22,31
CRA (mm)	170,7	118,02	15,9	357,2	0,076	-1,461	69,2
MO (%)	1,88	0,939	0,45	3,60	0,22	-0,907	50,0
MOS (%)	3,07	1,56	0,63	6,16	0,379	-0,473	50,9
NS (%)	0,16	0,07	0,04	0,29	0,297	-0,723	43,2
CNS	10,74	2,034	7,5	17,1	1,136	3,3	18,9
PHA	5,83	0,558	4,69	6,86	0,143	-0,335	9,6
PHK	4,8	0,605	3,67	5,81	-0,308	-0,633	12,6
ETRM (mm)	480,7	97,91	308,9	602,0	-0,424	-1,328	20,4
SF (mm)	297,5	96,08	162,3	441,4	0,21	-1,383	32,3
DRJ (mm)	397,4	163,48	118,1	730,0	0,732	-0,796	41,1

de estudio, para el primero de los parámetros, y los muy dispares manejos del suelo en las distintas masas de castaño muestreadas, factor que determina en gran medida la cantidad y calidad de la materia orgánica superficial, para el segundo.

Las Figuras 2 y 3 recogen la representación gráfica de los hábitat fisioclimático y edáfico de los castañares andaluces. El hábitat central define, en principio, el área ecológicamente más apta para el *Castanea sativa* Miller en Andalucía, mientras que, en el hábitat marginal, la condición no óptima de algún parámetro hace más dudosa la idoneidad de la estación para el castaño, si bien su actual presencia puede deberse a una serie de compensaciones diversas entre los factores ecológicos, o incluso a otros parámetros no considerados en este trabajo (Gandullo y Sánchez Palomares, 1994).

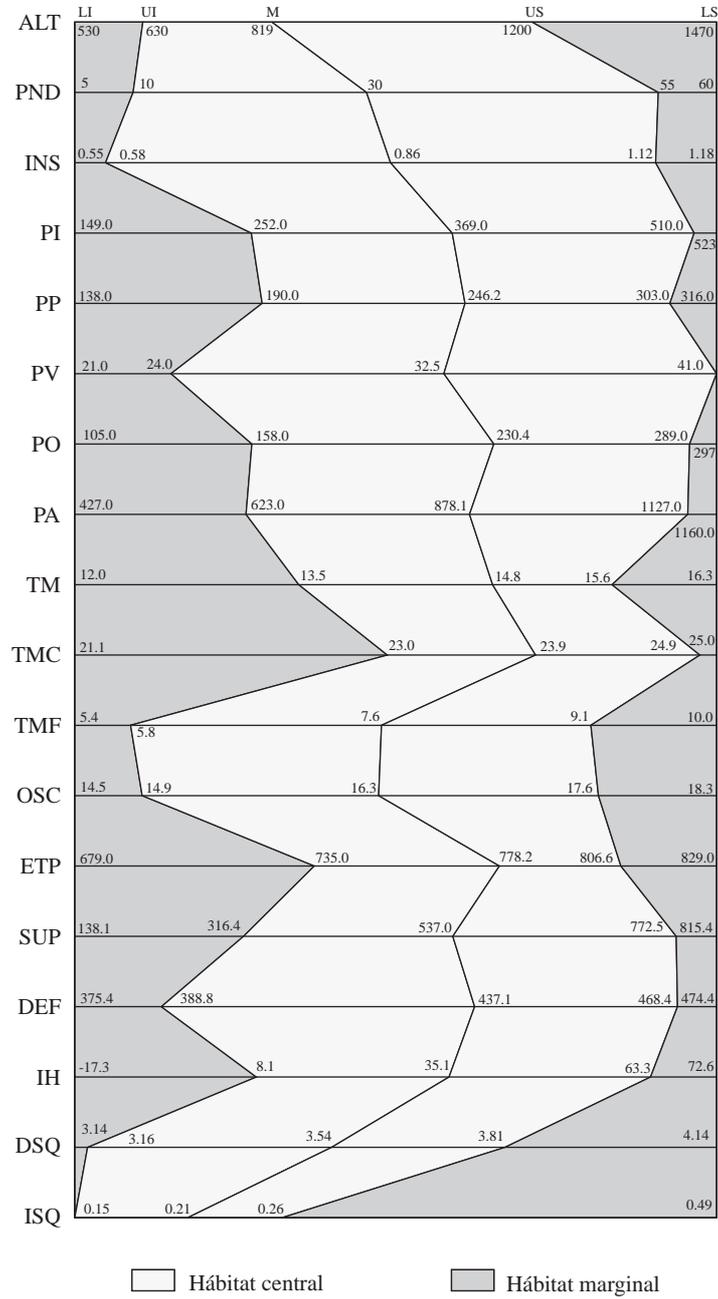


Fig. 2.—Hábitat fisioclimático del castaño en Andalucía

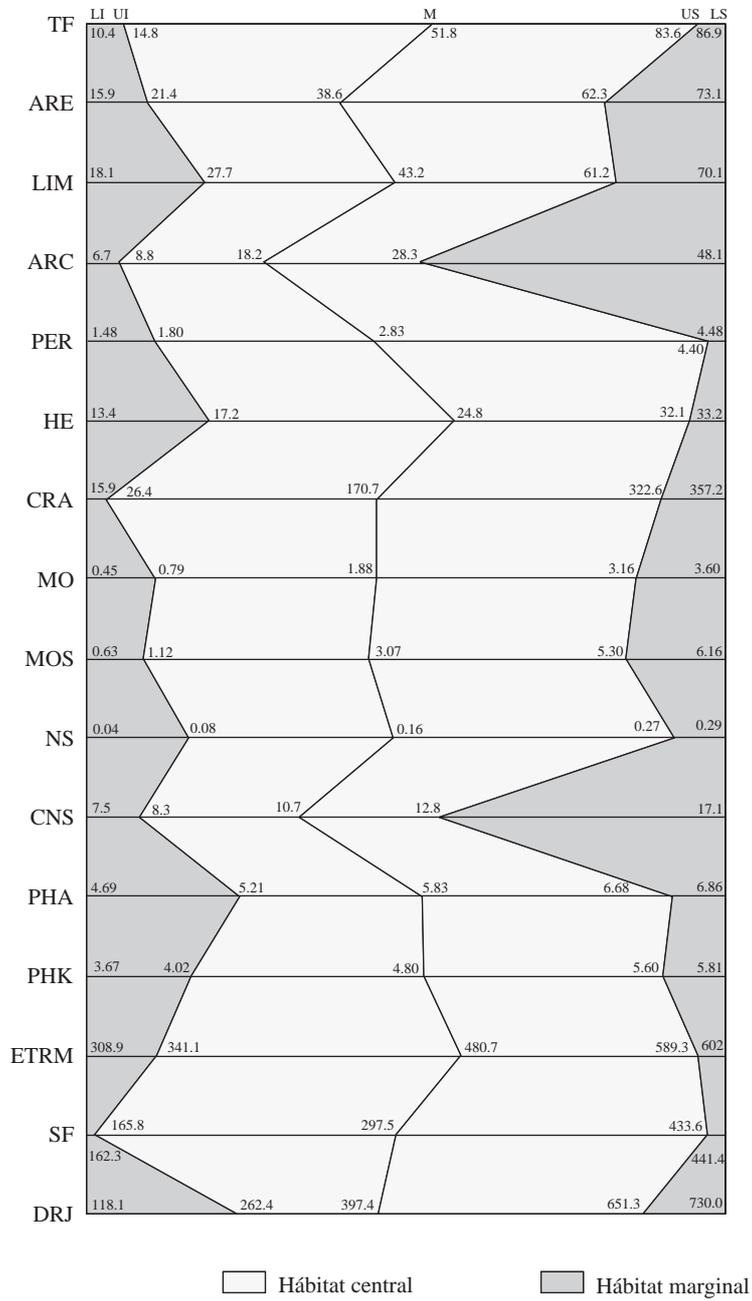


Fig. 3.—Hábitat edáfico del castaño en Andalucía

Hábitat fisioclimático

Fisiográficamente, las masas de castaño estudiadas presentan un rango de variación altitudinal muy elevado, próximo a los 1.000 m. Si bien mayoritariamente ocupan elevaciones entre los 700 y 900 m, altitudinalmente oscilan desde unos 500 m en las localizaciones malacitanas y sevillanas más bajas, hasta sobrepasar los 1.400 m en las alpujarras granadinas, lo que amplía considerablemente el hábitat marginal superior del parámetro ALT.

Las pendientes moderadas predominan en los castañares andaluces analizados. El parámetro PND muestra un amplio hábitat central, con valores medios que se sitúan en torno al 30 %. Los relieves más suaves se presentan en las masas onubenses, mientras que las localizaciones más abruptas vienen asociadas a las masas granadinas. La orientación dominante es umbría, si bien también aparecen exposiciones claramente de solana (13 %) y situaciones intermedias entre ambas (26 %).

Las condiciones mesoclimáticas que derivan de estas características fisiográficas quedan inmersas en un ámbito climático netamente mediterráneo, siendo tres los subtipos fitoclimáticos de Allué (1990) presentes en las localizaciones muestreadas. La mayor parte de ellas se inscriben claramente en el subtipo IV₃, mediterráneo genuino, mientras que aquellas más frías, con heladas probables, pueden considerarse dentro del subtipo IV₄ y las más áridas del subtipo IV₂, si bien ambas situaciones son también calificables como mediterráneas genuinas.

El régimen térmico es bastante homogéneo, a pesar del rango de variación altitudinal, pudiéndose calificar como templado-cálido en su conjunto. Los valores máximos de las temperaturas medias mensuales no son en ningún caso inferiores a los 20,0 °C (el mes más cálido es frecuentemente julio), mientras que los valores mínimos a lo largo del año (enero suele ser el mes más frío) no descienden nunca por debajo de los 5,0 °C, por lo que los inviernos son frescos o tibios, pero no fríos (Gandullo *et al.*, 1998) y el riesgo de helada segura es prácticamente nulo. La oscilación térmica es moderada, lo cual es un indicio de continentalidad, con valores de temperatura media anual que oscilan ligeramente en torno a los 15,0 °C. Esto lleva a una eficacia térmica del clima para la evapotranspiración próxima a los 800 mm, permitiendo caracterizar todas las masas analizadas como mesotérmicas (Thornthwaite, 1948) y enclavarlas dentro del piso bioclimático mesomediterráneo (Rivas Martínez, 1987).

Desde el punto de vista pluviométrico, las precipitaciones se concentran en invierno (42 % de la precipitación anual), ratificando la influencia oceánica sobre los territorios estudiados, con un acusado descenso estival (sólo se recoge el 3,7 % de la precipitación anual), lo cual determina unas notables condiciones de aridez (mediterraneidad). El rango de variación de la precipitación media anual es llamativamente amplio, con valores inferiores a 500 mm en las localizaciones granadinas y superiores a los 1.000 mm para las de Málaga y Huelva, si bien el valor medio se sitúa próximo a los 900 mm, definiendo un ombroclima subhúmedo (Rivas Martínez, 1987).

El balance hídrico es claramente deficitario en las localizaciones analizadas durante los meses de verano. Aunque la duración media de la aridez (según criterio de Gausson) es de 3 meses y medio, con un moderado rango de variación de 0,5 meses, la intensidad de la misma sí presenta diferencias importantes entre localizaciones, siendo destacables los altos valores (ISQ > 0,3) de dos de las localizaciones granadinas, que vienen acompañados de un IH bajo, por lo que pueden ser calificadas como semisecas (Thornthwaite,

1948). Exceptuadas éstas, los valores de IH permiten considerar un régimen de humedad predominantemente húmedo con acusado período de aridez estival para las masas de castaño andaluz, sensiblemente superior en cuanto en intensidad y duración al de las masas cántabro-astures (Rubio y Gandullo, 1994), catalanas (Rubio *et al.*, 1999), extremeñas (Rubio, 1993a), gallegas (Blanco *et al.*, 2000) y navarras (Blanco y Rubio, 1996).

Hábitat edáfico

Las características generales de los puntos de muestreo, con indicación de su localización, tipo de perfil edáfico, grupo y unidad de suelo FAO (1998), material mineral original y clase textural, se presentan en la Tabla 5.

Todos los suelos muestreados presentan materiales parentales de naturaleza ácida, en su gran mayoría de origen metamórfico; los esquistos predominan en Huelva y Sevilla, mientras que las micacitas son más frecuentes en las localizaciones de Málaga y Granada. Materiales sedimentarios detríticos como roca madre han sido también encontrados bajo castañares de Huelva (areniscas) y Málaga (grauvacas), y excepcionalmente una de las parcelas onubenses muestreadas presentaba sus suelos edificados sobre vulcanitas. No se han localizado masas sobre litofacies integradas por materiales carbonatados.

El total de los suelos analizados muestra un ambiente edafogenético bastante similar. Son, en su gran mayoría, medios suficientemente aireados, con ausencia de encharcamiento prolongado en el tiempo, roca madre sin abundancia especial de insolubilizadores químicos, bajo régimen térmico dominante templado-cálido y régimen de humedad no claramente percolante, con marcado período de aridez. El proceso edáfico preponderante, asociado a estas condiciones de formación, es el de fersialitización, con «argilización *in situ*» de los horizontes profundos y aparición de tonalidades rojizas en los materiales minerales edáficos consecuencia de procesos más o menos intensos de rubefacción.

Este proceso edáfico sólo deja de ser dominante en aquellas localizaciones donde la altitud amortigua el régimen térmico (pasa a ser templado-frío), tomando relevancia los procesos de empardecimiento, donde la especial abundancia de aluminio en la roca madre (vulcanitas) lleva a un proceso edáfico de andosolización, o donde la acción humana modifica el drenaje natural del agua (abancalados), induciendo una dinámica edáfica netamente diferenciada.

Los suelos estudiados, de acuerdo con la clasificación propuesta por la FAO (1998), se incluyen mayoritariamente (57 %) dentro del grupo de los *Cambisoles*, siendo también reseñable la frecuente aparición de *Luvsoles* (30 % de los suelos analizados). Así, los suelos de las localizaciones del entorno de Aracena se clasifican en su gran mayoría como *Luvsoles* o *Cambisoles crómico-dístricos* (localizaciones con mayores posibilidades de lavado y con condiciones más patentes de fersialitización), mientras que en las masas de castaño de Sevilla y Granada son dominantes los *Cambisoles*, todos ellos *crómicos* en las sevillanas, incluyéndose, a su vez, en este grupo todos los suelos con carácter *eútrico* y la mayoría de los *lépticos*. La mayor diversidad en cuanto a suelos la presentan las localizaciones de la Serranía de Ronda, si bien el carácter *dístrico* (oligotrófico) se presenta como claramente dominante. Con carácter puntual se han identificado también suelos de los grupos *Alisol* (aparece sobre filitas muy arcillosas en la provincia de Málaga, presentando un carácter *férrico*), *Andosol* (desarrollado sobre vulcanitas en Aracena) y *Phaeozem* (te-

Tabla 5
Características generales de las parcelas estudiadas: estrato territorial, roca madre, textura, perfil del suelo y tipo de suelo, según FAO (1998)

Parcela	Provincia	Estrato	Roca Madre	Textura	Perfil del suelo	Unidad de suelo FAO
A01	Huelva	III	Esquistos	Franca-limosa	A; Bt; Bt/C	Luvisol crómico-dístrico
A02	Huelva	III	Esquistos	Franca-limosa	A; E; Bt	Luvisol crómico-dístrico
A03	Huelva	III	Esquistos	Franca-limosa	A; Bt; Bt/C	Luvisol crómico-dístrico
A04	Huelva	III	Esquistos	Franca-limosa	A; Bs; Bs/C	Cambisol crómico-dístrico
A05	Huelva	III	Pizarras	Franca-limosa	A; Bw1; Bw2; C	Cambisol crómico-dístrico
A06	Huelva	III	Areniscas	Franca-limosa	A; Bw; Bw/C	Cambisol crómico-dístrico
A07	Huelva	III	Esquistos	Franca	A; Bt; Bt/C	Luvisol crómico-dístrico
A08	Huelva	III	Vulcanitas	Franca-limosa	A; Bw; Bw/C	Andosol háplico
A09	Sevilla	III	Esquistos	Franca-limosa	A; Bw1; Bw2; R	Cambisol léptico-crómico-dístrico
A10	Sevilla	II	Esquistos	Franca-arcilloso-limosa	A; Bw; C	Cambisol crómico-eútrico
A11	Sevilla	II	Esquistos	Franca-limosa	A; Bw; Bw/C	Cambisol crómico-dístrico
A12	Málaga	I	Filitas	Franca- arcillosa	A; Bts1; Bts2	Cambisol crómico-dístrico
A13	Málaga	II	Micacitas	Franca	A; Bt; R	Cambisol léptico-dístrico
A14	Málaga	II	Cuarcitas	Franca	A; Bt; Bt/C	Luvisol háplico
A15	Málaga	V	Micacitas	Franca	A; Bw; Bw/C	Cambisol móllico
A16	Málaga	III	Grauvacas	Franca-arenosa	A; Bw; Bw/C	Cambisol dístrico
A17	Málaga	IV	Filitas	Arcillosa	Ae; Bts; Bts/C	Alisol férrico
A18	Málaga	IV	Micacitas	Franca	Ae; Bts; Bts/C	Luvisol crómico-dístrico
A19	Málaga	III	Micacitas	Franca-arenosa	A; Bw; C/R	Cambisol dístrico
A20	Granada	V	Micacitas	Franca-arenosa	A; Bw; Bw/C	Cambisol eútrico
A21	Granada	V	Micacitas	Franca-arenosa	A; Bw; C/R	Cambisol léptico-eútrico
A22	Granada	V	Micacitas	Franca-arenosa	A; Bw; C	Phaeozem háplico
A23	Granada	V	Micacitas	Franca	A; Bt; Bt/C	Luvisol dístrico

rreno abancalado sometido a riegos eventuales en la provincia de Granada), quedando incluidos estos dos últimos a unidades *háplicas*.

Las texturas francas son dominantes en el conjunto de los suelos caracterizados, y en especial en los suelos de las masas malagueñas. Texturas más ligeras, francas-arenosas, aparecen concentradas en Granada, siendo con mucho los más sueltos de todos los suelos estudiados (contenido medio de Arenas del 57 % frente a sólo un 9,2 % de contenido medio en arcillas). En las localizaciones onubenses y sevillanas, el tipo textural preponderante es el franco-limoso, mientras que las texturas más pesadas se presentan en dos localizaciones malagueñas, donde la abundancia de elementos finos derivada de la alteración de filitas da lugar a suelos con textura franco-arcillosa o arcillosa. Esta circunstancia hace que el parámetro ARC presente un elevado hábitat marginal superior (similar en amplitud al hábitat central), si bien, esto no oculta que, de forma general y en comparación con otros castañares ibéricos, los suelos muestreados en Andalucía sean claramente más arcillosos –18,2 % de media, con un contenido máximo en arcilla del 48,1 %– que los muestreados en estudios similares del castaño en Galicia –media de 13,6 % y máximo de 25,1 %– (Blanco *et al.*, 2000) o en Cataluña –media de 11,6 % y máximo de 20,4 %– (Rubio *et al.*, 1999).

Asociada a la variabilidad textural de los suelos muestreados, los parámetros evaluadores de las propiedades físicas de permeabilidad (PER) y capacidad de retención de agua máxima (CRA) presentan, asimismo, un considerable rango de variación. No obstante, considerados conjuntamente, y en comparación a los suelos de castañar en Galicia (Blanco *et al.*, 2000) y Cataluña (Rubio *et al.*, 1999), los suelos de los castañares andaluces son claramente menos permeables y con una mayor capacidad de retención de agua. En sus valores medios las diferencias rondan el valor de 100 mm, cantidad que puede ayudar a reducir de forma efectiva el importante estrés hídrico que aparece en los meses de verano.

Desde un punto de vista bioquímico, el hábitat central para MO oscila entre valores relativamente bajos, calificables como deficientemente humíferos. El valor de la materia orgánica superficial (MOS) varía con mayor amplitud, si bien tampoco alcanza cifras que puedan considerarse como elevadas, sensiblemente inferiores a las obtenidas para los castañares gallegos (Blanco *et al.*, 2000). La respuesta a estos hechos puede estar en los muy diferentes manejos que de la vegetación accesoria (especialmente herbácea) se han observado en las distintas localizaciones, íntimamente asociado al estado de uso y conservación de los castañares.

El tipo de humus dominante es un mull forestal oligotrófico de mediana calidad, mientras que humus tipo moder, de peor calidad, aparece puntualmente asociado a valores NS inferior a 0,1 % y pH fuertemente ácido. En el otro extremo, en aquellas localizaciones más áridas, con menor lavado de bases, los valores más elevados de la relación C/N (CNS) indican la existencia de humus tipo mull forestal eutrófico de mediana-buena calidad, estabilizado físico-químicamente.

En cuanto a las propiedades químicas, la reacción del suelo se mueve entre valores de pH en agua ligeramente superiores a 4,5 –fuertemente ácidos– e inferiores a 7,0 –neutros–, según la clasificación de Wilde. El hábitat marginal inferior del parámetro PHA presenta una amplitud considerable (el 35,4 % de la amplitud del hábitat central), incluyendo valores de reacción del suelo fuertemente ácida. Es de destacar que, en relación a los hábitat edáficos catalán y gallego del castaño, las masas andaluzas de esta especie se asientan sobre suelos sensiblemente menos ácidos, muy próximos a la neutralidad.

Finalmente, y desde un punto de vista edafoclimático, el aspecto más relevante es la elevada amplitud que presenta el parámetro SF, con valor medio en torno a los 300 mm y hábitats marginales, tanto superior como inferior, especialmente bajos. Esto supone que la sequía fisiológica provoca una reducción en la actividad vegetativa potencial que por término medio puede evaluarse en un 38,2 %. Los valores más bajos de SF se concentran en las localizaciones onubenses (valor medio próximo a los 200 mm), mientras que los más elevados aparecen asociados a los suelos de las masas granadinas (con unos 400 mm de valor medio). La concentración de precipitaciones en invierno origina que los drenajes calculados (DRJ) no sean nada bajos, por lo que en torno al 45 % de la precipitación anual es incorporada, por término medio, a la red natural de drenaje.

Aspectos selvícolas

La principal característica selvícola de los castañares de Andalucía es su alta heterogeneidad, consecuencia de los diferentes usos y estado de conservación a los que las masas han sido sometidas en el tiempo. Esta circunstancia puede apreciarse del análisis de los estadísticos descriptivos de las siete variables selvícolas manejadas y que aparecen recogidos en la Tabla 6.

Tabla 6

Medias, desviaciones estándar (DE), mínimo, máximo, sesgo, kurtosis y coeficiente de variación (CV) de los parámetros selvícolas de los castañares andaluces (n = 23)

Parámetro	Media	DE	Mínimo	Máximo	Sesgo	Kurtosis	CV (%)
DENP (n.º · Ha ⁻¹)	433,5	701,28	20,0	2550,0	2,102	3,565	161,8
DENC (n.º · Ha ⁻¹)	194,8	230,19	20,0	750,0	1,527	0,914	118,2
ABAS (m ² · Ha ⁻¹)	24,32	13,98	3,67	53,47	0,305	-0,7	57,5
HARTC	97,42	44,66	23,89	186,71	0,302	-0,022	45,8
ALTD (m)	13,0	4,34	6,0	20,0	-0,181	-1,193	33,3
FCCP (%)	43,5	20,58	10,0	90,0	0,341	-0,247	47,3
FCCT (%)	45,7	19,5	10,0	90,0	0,154	0,197	42,7

Salvo el parámetro DENP, el cual presenta claro leptocurtismo y sesgo a la derecha derivado del impacto de las tres parcelas sevillanas (las de mayor densidad dado su uso maderero), y el DENC, con sesgo importante también hacia la derecha y muy elevado coeficiente de variación, el resto de las variables selvícolas consideradas se aproximan suficientemente a la distribución normal. Los altos valores que presentan los coeficientes de variación son reflejo de la falta de homogeneidad de las masas inventariadas.

Selvicolamente, sólo las localizadas en la Sierra Norte (provincia de Sevilla) responden morfológicamente a lo que puede considerarse como masas forestales. Con uso preferente la producción de madera, fundamentalmente para duelas y ebanistería, son masas de monte bajo relativamente densas que presentan fracciones de cabida cubierta superiores al 70 %, densidades que superan los 1.750 pies/ha, con más de 660 cepas/ha, e índices de Hart por cepa inferiores al 20 %.

El resto de las localizaciones presentan masas con producción preferente de fruto, respondiendo a cultivares claros y muy irregulares. Los índices de espesura corroboran este hecho: fracciones de cabida cubierta inferiores al 40 %, alturas dominantes escasas, densidades inferiores a los 500 pies/ha e índices de Hart generalmente superiores al 50 %.

De este último conjunto de masas, las localizadas en la Sierra de Aracena son las que presentan un mejor desarrollo y estado de conservación, con áreas basimétricas que superan los 25 m²/ha y una producción de fruto que puede calificarse globalmente como buena. Las localizaciones malagueñas son por el contrario plantaciones sensiblemente menos densas y jóvenes, áreas basimétricas en algunos casos inferiores a 4 m²/ha, con alturas dominantes reducidas que oscilan entre los 6 y 10 m. En el otro extremo, las masas granadinas y una de las localizaciones malagueñas presentan castaños viejos, ya decrépitos, con un estado fitosanitario muy deficiente, resultado del abandono de su uso frutero, y que en la actualidad tienen muy comprometida su pervivencia futura, dada la total ausencia de regenerado y la indefinición de su uso preferente por parte de sus propietarios.

La decisión sobre cuál de las variables selvícolas manejadas explica mejor las situaciones actuales de las masas analizadas y su relación con los parámetros del biotopo resulta especialmente compleja, dado que la mayor parte de las mismas son cultivares de castaño con edades y estructuras impuestas por su manejo humano y que se alejan sensiblemente de las esperables en condiciones naturales.

Ante esta situación, el índice de Hart (HARTC) es poco efectivo, dado que pierde significación cuando las densidades son especialmente bajas. La altura dominante (ALTD) está muy determinada por los cuidados culturales (podas) que, especialmente en las masas dedicadas a la producción de fruto, hayan podido ser realizadas por el hombre, por lo que tampoco resulta ser un buen indicador. El área basimétrica (ABAS) depende de forma muy acusada de la edad de la masa y de los tratamientos parciales que sobre ella se hayan venido realizando; en este caso, la densidad, quizá el factor más determinante sobre esta variable, no juega aquí un papel destacado (a excepción de las masas sevillanas), dado los escasos valores que el elevado marco de plantación utilizado conlleva. Finalmente, la estimación de las fracciones de cabida cubierta (FCCP y FCCT) viene condicionada tanto por la densidad derivada del marco de plantación empleado como por la subjetividad del observador (no ha sido la misma persona en todos los casos), por lo que su fiabilidad se presenta también bastante comprometida.

Ante estas restricciones, la decisión de elaborar un modelo de regresión responde únicamente a un objetivo descriptivo, discernir aquellos parámetros del biotopo que en mayor medida pueden ayudar a explicar la heterogeneidad dasométrica de los castaños inventariados. Las importantes limitaciones que el manejo humano de los castaños andaluces introduce ha llevado a desestimar cualquier intención predictiva de las variables selvícolas en función de los parámetros del biotopo, de tal forma que el modelo de regresión elaborado no debe ser interpretado en ningún caso como ecuación de pronóstico.

En el modelo construido se ha seleccionado como variable dependiente aquella que resulta tener un menor grado de correlación con el resto de las distintas variables selvícolas consideradas. La Tabla 7 recoge los coeficientes de correlación lineal de Pearson de las variables selvícolas entre sí, junto con su nivel de significación, excluidas aquellas que no presentan una clara distribución normal. De las cinco variables consideradas, la que presenta una menor relación lineal con la demás es ABAS, por lo que se puede considerar la más independiente y la que puede explicar en mejor medida la variabilidad dasométrica

y selvícola actual de las masas estudiadas. A esta decisión ayuda también el hecho de ser una variable eficaz, de uso frecuente para caracterizar y comparar la estructura de distintas masas forestales (Serrada, 1999).

Tabla 7
Coefficientes de correlación lineal entre los parámetros selvícolas
(nivel de significación $p < 0,05$)

	ABAS	HARTC	ALTD	FCCP	FCCT
ABAS	X	-0,46	0,572	-	-
HARTC	-0,46	X	-0,541	-0,761	-0,776
ALTD	0,572	-0,541	X	-	0,473
FCCP	-	-0,761	-	X	0,957
FCCT	-	-0,766	0,473	0,957	X
\Sigma	1,032	2,528	1,586	1,718	2,206

La aplicación del método de regresión paso a paso, en sentido ascendente, ha permitido elaborar la siguiente ecuación de regresión del área basimétrica de las masas de castaño andaluz, en función de aquellos parámetros del biotopo que participan en mayor medida en explicar su variabilidad actual en el área de estudio. Algunos de estos parámetros han sido modificados buscando las condiciones, dentro de su variabilidad, que permiten explicar en mayor medida su relación lineal con la variable seleccionada:

$$ABAS = \beta_1 \cdot |DJR - 300| + \beta_2 \cdot TMC + \beta_3 \cdot TF + \beta_4 \cdot HE + \beta_5 \cdot |PND - 30| + \beta_6 \cdot NS + \beta_7$$

En esta expresión los distintos coeficientes toman los valores siguientes: $\beta_1 = -0,06378$; $\beta_2 = -9,11741$; $\beta_3 = -0,28013$; $\beta_4 = 0,95827$; $\beta_5 = 1,08763$; $\beta_6 = 47,19270$; $\beta_7 = 231,62300$. Las variables incluidas son:

ABAS: Área basimétrica en metros cuadrados por hectárea.

DRJ: Drenaje calculado del suelo anual en mm.

TMC: Temperatura media mensual más alta (mes más cálido), en $^{\circ}C$.

TF: Media ponderada con el espesor de cada horizonte de Tierra Fina expresada en porcentaje respecto del suelo natural

HE: Media ponderada con el espesor de cada horizonte de la Humedad Equivalente en mm de agua.

PND: Pendiente del lugar expresada en porcentaje.

NS: Contenido en Nitrógeno de los 25 cm superiores del suelo expresado en porcentaje respecto de la Tierra Fina.

Esta ecuación de regresión absorbe el 81,29 % de la varianza observada de ABAS en el área de estudio, presentando un error estándar de 6,05 m²/ha, lo que puede considerarse como bastante aceptable desde un punto de vista estadístico.

Los parámetros del biotopo que resultan ser más explicativos de las diferencias entre áreas basimétricas de las masas estudiadas son, por tanto, aquellos relacionados con la efi-

cacia térmica del clima (TM) y el régimen hídrico del suelo (PDT, TF, HE, CRA y DRJ), junto con su contenido superficial en nitrógeno (NS).

En este sentido, puede considerarse, respecto de la situación actual de las castaños en Andalucía, que aquellos de mayor ABAS se encuentran relacionados con lugares de eficacia térmica del clima en verano moderada, de escasas o suaves pendientes, sobre los que se han desarrollado suelos con una buena capacidad de retención de agua (valores bajos de PDT y altos de HE), no especialmente ricos en tierra fina (que favorecen los valores escasos de DRJ) y con buen contenido en nitrógeno superficial.

CONCLUSIONES

En consecuencia con lo hasta aquí expuesto, las conclusiones más relevantes que se pueden extraer sobre la autoecología del *Castanea sativa* Miller en Andalucía son:

1. Los castaños andaluces presentan una marcada heterogeneidad en el uso y manejo al que se han visto y se ven sometidos, circunstancia que ha llevado a una elevada dispersión espacial, con cuatro áreas de presencia discontinua, una acusada falta de uniformidad selvícola y un muy dispar estado de conservación y estabilidad.
2. Los parámetros evaluadores del biotopo que presentan un carácter más limitante dentro del área actual de distribución de los castaños andaluces son los relacionados con aspectos térmicos (temperatura media anual en torno a los 15 °C) y con la reacción del suelo (moderadamente ácida, íntimamente asociada a la naturaleza no carbonatada de la roca madre generadora del suelo).
3. Desde un punto de vista fisiográfico, las masas de castaño en Andalucía se distribuyen dentro de un amplio rango altitudinal (superior a 1.000 m), centrado en torno a los 700 m, con pendientes moderadas y exposición dominante de umbría.
4. Climáticamente, los castaños se ubican en un ámbito claramente mediterráneo, mesotérmico y predominantemente subhúmedo (valor medio de la precipitación anual en torno a 900 mm). Dentro de estas condiciones medias sobresalen dos rasgos: la homogeneidad térmica y las marcadas condiciones de aridez estival. Respecto de este último, la duración e intensidad de la aridez estival es superior a la encontrada para otras localizaciones del castaño en la Península Ibérica.
5. En cuanto a los suelos, son resultado, en su gran mayoría, de un proceso edáfico de fersialitización, con *Cambisoles* y *Luvisoles* como grupos de suelos más abundantes y presencias puntuales de *Alisol*, *Andosol* y *Phaeozem*, dominando en el conjunto total las unidades *dístricas* y *crómicas*.

Presentan una gran heterogeneidad textural que deriva en condiciones muy variadas en cuanto a su permeabilidad, capacidad de retención de agua y comportamiento edafoclimático. El tipo textural más frecuente es el franco-limoso, si bien también se han encontrado localizaciones netamente arcillosas. Considerados conjuntamente, los suelos andaluces con presencia de castaño son más arcillosos que los de otros castaños peninsulares.

Desde el punto de vista químico o bioquímico, la uniformidad edáfica de los biotopos de castaño es sensiblemente mayor, con suelos deficientemente humíferos, con humus mull forestal oligotrófico dominante y moderadamente ácidos.

6. En el aspecto selvícola, las masas de castaño estudiadas presentan una importante diversidad de uso y estados de conservación que se traducen en una elevada heterogeneidad selvícola y dasométrica. De entre todas las localizaciones, las mejores masas se sitúan en la Sierra de Aracena, con una buena producción de fruto, mientras que, en el otro extremo, las masas granadinas están integradas por castaños viejos, con un muy deficiente estado fitosanitario, consecuencia de su estado general de abandono.
7. Por ámbitos geográficos, los biotopos de castaño en Andalucía más dispares, en relación con el resto de las áreas de distribución actual de esta especie, son los granadinos. Las condiciones de elevada altitud (> 1.000 m), fuerte intensidad de sequía y texturas más arenosas de los suelos allí desarrollados, llevan a unas condiciones patentes de marginalidad ecológica para la instalación efectiva del castaño, condiciones que comprometen seriamente su continuidad en el tiempo, más, si cabe, sin la protección que una vuelta a su explotación supondría.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la CICYT-INIA (Proyecto FOA 97-1649). El equipo de investigación quiere agradecer la necesaria e inestimable colaboración prestada por la Dirección Técnica y el personal adscrito al Parque Natural de la Sierra Norte (Sevilla), a la Delegación Provincial de Medio Ambiente de Málaga y al Parque Nacional de Sierra Nevada (Granada), así como por los Excmos. Ayuntamientos de Aracena y Fuenteheridos (Huelva).

SUMMARY

Autoecology of sweet-chestnut stands in Andalucía (Spain)

This paper is a characterization of the chestnut stand biotopes in Andalucía (Spain). The distribution of these stands is quite irregular, with four areas of chestnut tree dominant presence, located in Granada, Huelva, Malaga y Sevilla respectively, totalling over 9.000 ha.

In these locations, 23 forest sites have been evaluated by computing a set of 34 phytoecological parameters and 7 silvicultural parameters. The sampling design was based on the Spanish Forest Map (Ceballos, 1966) overlaid on the Biogeoclimatic Classification of the Peninsular and Balearic Spain (Elena, 1996).

This information has made it possible to establish the physioclimatic and edaphic habitat of the chestnut stands in Andalucía and to characterize their current silvicultural situation. As result, chestnut forest sites in Andalucía show the following features:

1. Chestnut woodstands display strong heterogeneity, as a result of their human use, with four areas of discontinuous presence, absence of forestry uniformity and very different conservation and stability conditions.
2. The most restrictive parameters in the chestnut stand biotopes have turned out being those related to thermic conditions (over 15 °C of annual temperature average) and to the soil reaction (moderately acid in all the cases).
3. Chestnut stands occupy heterogeneous biotopes, with a high elevation range, marked summer aridity conditions and very varied edaphic textures that produce highly different conditions of permeability, soil water holding capacity and edaphoclimatic behaviour.
4. The analysed soils are mainly classified as Cambisols and Luvisols, with predominant dystric and chromic units.

5. Geographically, the most singular chestnut stand biotopes are located in Granada where high elevation, strong drought and soils with sandy textures make the chestnut tree grow into a patent state of being excluded. On the other hand, the best stands are located in the «Sierra de Aracena» (Huelva) with a very high chestnut production.

Key words: *Castanea sativa* Miller, autoecology, biotopes, marginal habitat, central habitat, Andalucía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLUÉ J.L., 1990. Atlas fitoclimático de España. Taxonomías. Col. Monografías INIA, n.º 69. M.A.P.A. Madrid.
- BERROCAL M., GALLARDO J.F., CARDEÑOSO J.M., 1997. El castaño. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- BLANCO A., 1985. Estudio comparativo de los hábitats de *Castanea sativa* y *Pinus pinaster* en la Sierra de Gredos. Boletín de la Estación Central de Ecología. Año XIV, núm. 27, pp. 35-45.
- BLANCO A., CASTROVIEJO M., FRAILE J.L., GANDULLO J.M., MUÑOZ L.A., SÁNCHEZ PALOMARES O., 1989. Estudio ecológico del pino canario. ICONA, serie Técnica, 6. Madrid.
- BLANCO A., RUBIO A., 1996. Caracterización del hábitat edáfico de los castaños de Navarra. Comunicación al IV Congr. Soc. Española de la Ciencia del Suelo, 333-338. Lérida.
- BLANCO A., RUBIO A., SÁNCHEZ O., ELENA R., GÓMEZ V., GRAÑA D., 2000. Autoecología de los castaños de Galicia (España). Invest. Agr. Sist. Recur. For., Vol. 9 (2), 337-361.
- BREMMER J.M., Methods of soil analysis. Part. 2. 1162-1164. American Society of Agronomy.
- CEBALLOS L., 1966. Mapa forestal de España. Escala 1:400.000. Ministerio de Agricultura. Madrid.
- CEBALLOS, L., RUIZ DE LA TORRE, J., 1971. Árboles y arbustos de la España Peninsular. I.F.I.E. y E.T.S.I.M. Madrid.
- COSTA M., MORLA C., SAINZ H. (Eds). 1998. Los bosques ibéricos. Una interpretación paleobotánica. Ed. Planeta S.A. Barcelona. 597 pp.
- ELENA ROSELLÓ R., 1996. Clasificación biogeoclimática de España peninsular y balear. MAPA. Madrid.
- F.A.O., 1998. World reference base for soil resources. Worl soil resources reports 84. Rome.
- FONT TULLOT I., 1983. Atlas climático de España. Instituto Nacional de Meteorología. Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones. Madrid.
- GANDULLO J.M. (Ed.), 1972. Ecología de los pinares españoles. III. *Pinus halepensis* Mill. INIA. Madrid.
- GANDULLO J.M., 1974. Ensayo de evaluación cuantitativa de la insolación en función de la orientación y de la pendiente del terreno. An. INIA, ser. Recursos Naturales, 1: 95-107.
- GANDULLO J.M., 1994. Climatología y ciencia del suelo. Fundación Conde del Valle de Salazar, E.T.S.I. Montes, Univ. Politécnica de Madrid. Madrid. 404 pp.
- GANDULLO J.M., BAÑARES A., BLANCO A., CASTROVIEJO M., FERNÁNDEZ LÓPEZ A., MUÑOZ L., SÁNCHEZ PALOMARES O., SERRADA R., 1991. Estudio ecológico de la Laurisilva
- GANDULLO J.M., GONZÁLEZ ALONSO S., SÁNCHEZ PALOMARES O., 1974. Ecología de los pinares españoles IV. *Pinus radiata* D. Don. Monografías INIA, n.º 13. Madrid.
- GANDULLO J.M., SÁNCHEZ PALOMARES O., 1994. Estaciones ecológicas de los pinares españoles. ICONA, MAPA. Madrid, 188 pp.
- GANDULLO J.M., SÁNCHEZ PALOMARES O., GONZÁLEZ ALONSO S., 1983. Estudio ecológico de las tierras altas de Asturias y Cantabria. Monografías INIA, n.º 49. Madrid.
- GANDULLO J.M., SÁNCHEZ PALOMARES O., MUÑOZ L.A., 1998. Una nueva clasificación climática para España. Ecología, 12: 67-77.
- GARCÍA ANTÓN M., MORLA C., SAINZ H., 1990. Consideraciones sobre la presencia de algunos vegetales relictos terciarios durante el cuaternario en la Península Ibérica. Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat. (Sec. Biol.) 86(1-4): 95-105.
- HART H.M.F., 1928. Stamtal en dunning; een orienteerend onderzoek naar de beste plantwijdte en dunning-swijze voor den djati. Veenman & Zonen. Wageningen.
- JUNTA DE ANDALUCÍA, 1989. Plan Forestal Andaluz. Sevilla.
- MALATO-BELIZ J., 1987. O castanheiro na Economia e na Paisagem. Edição de Camara Municipal de Castelo de Vide. Castelo de Vide.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S., 1987. Memoria del mapa de series de vegetación de España. 1:400.000. Ser. Técnica ICONA. M.A.P.A. Madrid.

- RUBIO A., 1993a. Estudio ecológico de los castaños de Extremadura. Tesis doctoral. E.T.S. de Ingenieros de Montes. U.P.M. Madrid.
- RUBIO A., 1993b. Caracterización del hábitat edáfico de los castaños extremeños. Actas del I Congreso Forestal Español, tomo I, 423-428. Lourizan.
- RUBIO A., BLANCO A., SÁNCHEZ PALOMARES O., 1997a. Aportaciones al estudio ecológico de los castaños navarros: suelos, clima y fisiografía. *Edafología*, 3(2): 479-490.
- RUBIO A., ELENA R., SÁNCHEZ O., BLANCO A., SÁNCHEZ F., GÓMEZ V., 1999. Autoecología de los castaños catalanes. *Invest. Agr. Sist. Recur. For.*, Vol. 8 (2), 387-405.
- RUBIO A., ESCUDERO A., GANDULLO J.M., 1997b. Sweet chestnut silviculture in an ecological extreme of its range in the West of Spain (Extremadura). *Ann. Sci. For.*, 54, 667-680.
- RUBIO A., GANDULLO J.M., 1994. Análisis ecológico comparativo de los castaños de Extremadura y de la región cantabro-astur (España). *Invest. Agrar. Sist. Recur. For.* Vol. 3:111-124.
- RUSSELL J.S., MOORE A.W., 1968. Comparison of different depth weightings in the numerical analysis of anisotropic soil profile data. *Proc. 9th. Int. C. Soil Sci.*, 4: 205-213.
- SÁNCHEZ PALOMARES O., BLANCO A., 1985. Un modelo de estimación del equivalente de humedad de los suelos. *Montes*, 4: 26-30.
- SÁNCHEZ PALOMARES, O., SÁNCHEZ SERRANO, F., CARRETERO CARRERO, M.ª P., 1999. Modelos y cartografía de estimaciones climáticas termopluviométricas para la España peninsular. INIA, col. Fuera de serie, 184 pp.
- SERRADA HIERRO R., 1999. Avance de apuntes de Selvicultura - I. Servicio de publicaciones de la E.U.I.T. Forestal. Madrid.
- THORNTHWAITE C.W., 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Rev.*, 38: 55-94.
- THORNTHWAITE C.W., MATHER J.R., 1955. The water balance. *Climatology*, 8: 1-104.
- THORNTHWAITE C.W., MATHER J.R., 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balances. *Climatol.* 10(3): 185-311. Elmer.
- U.S.D.A., 1975. Soil taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Handbook n.º 436. Soil Conservation Service, Soil survey staff, U.S. Department of Agriculture, Washington, DC.
- WALKLEY A., 1946. A critical examination of a rapid method of determining organic carbon in soils-effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. *Soil Sci.*, 63: 251-263.
- WALTER H. & LIETH H., 1960. Klimadiagramm Wetatlas. Veb. Gustav Fischer. Jena.